ISBN 978-5-905138-05-8

ОАО «ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПО ИНЖЕНЕРНЫМ ИЗЫСКАНИЯМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»
НП СРО «АССОЦИАЦИЯ ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»

ООО «ГЕОМАРКЕТИНГ»

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ОАО «ПНИИИС» — 50 ЛЕТ

МАТЕРИАЛЫ IX ОБЩЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ

28–29 НОЯБРЯ 2013 Г.

МОСКВА
2013

Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации. Материалы Девятой Общероссийской конференции изыскательских организаций. М.: ООО «Геомаркетинг». 2013. 204 с.

ISBN 978-5-905138-05-8

В сборнике материалов Девятой Общероссийской конференции изыскательских организаций опубликованы доклады, посвященные различным аспектам инженерных изысканий. Материалы представлены сотрудниками научно-исследовательских и проектно-изыскательских институтов, крупнейших производственных организаций, вузов.

Сборник предназначен для широкого круга специалистов в области инженерных изысканий, проектирования, строительства, экологии, для студентов и аспирантов профильных вузов.

Редакционная группа: к.г.-м.н. О.П.Павлова, к.г.н. И.И.Шаманова, Н.А.Журавлева

ОАО «ПНИИИС» — 50 лет **8**
Болгова Г.Р.
ОАО «ПНИИИС», Москва
Геокриологические исследования в ОАО «ПНИИИС» **13**
Шаманова И.И.
ОАО «ПНИИИС», Москва

СЕКЦИЯ «ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ»

Инженерные изыскания и геотехника История становления и современное взаимодействие **12**
Здобин Д.Ю.
Охотинское общество грунтоведов, Санкт-Петербург
Свертилов А.А.
ГП МО «Мособлгеотрест», Москва
ГОСТ 25100-2011 и новое в построении расчетной геомеханической модели объекта **13**
Хансиварова Н.М.
Геолого-географический факультет Южного федерального университета, Ростов-на-Дону
Скнарина Н.А.
Филиал «АИИС-Ростов-на-Дону», Ростов-на-Дону
Карстовый риск в свете требований федеральных законов России **16**
Толмачёв В.В.
ОАО «Противокарстовая и береговая защита», Дзержинск
Методические и нормативные недостатки в документах, регламентирующих гидрографические работы и инженерно-геологические изыскания для строительства на морских акваториях **17**
Миронюк С.Г., Чуркин О.Ф.
ООО «Питер Газ», Москва
К вопросу об определении модуля деформации грунтов **17**
Зиангиров Р.С.
ООО «ГрандГЕО», Москва
Каширский В.И.
ООО «ГрандГЕО», Пушкино, Московской обл
Некоторые проблемы испытаний грунтов **24**
Смоляницкий Л.А.
Центр экспертизы ООО УК «Жилпроект», Воронежский филиал МИИТа, Воронеж
Актуальные проблемы берегозащиты морского побережья Калининградской области (включая Куршскую косу) **26**
Кофф Г.Л., Борсукова О.В.
Институт водных проблем РАН, Москва
Басс О.В., Цекоева Ф.К.
Институт природопользования, территориального развития и градостроительства Балтийского Федерального университета им И.Канта, Калининград
Роль техногенных факторов в дестабилизации оползневых массивов г Саратова **27**
Ваньшин Ю.В.
Геологический факультет Саратовского госуниверситета им Н.Г.Чернышевского, Саратов
О причинах деформаций грунтовой насыпи и качестве инженерных изысканий на участке «Сурский спуск» автодороги М-7 «ВОЛГА» **30**
Петров Н.Ф., Павлов А.Н.
ФГБОУ ВПО «Чувашский госуниверситет им И.Н.Ульянова», Чебоксары
Прокопьева Н.А., Яковлев В.Г.
ЗАО «Институт «Чувашгипроводхоз», Чебоксары
Метод среза целиков грунта в редакции ГОСТ 20276-2012: основные требования и новые возможности **36**
Широков В.Н., Куринов М.Б.
Геологический факультет МГУ им М В Ломоносова, Москва
Укрепление аллювиальных суглинков основания деформируемого здания защелачиванием **39**
Волков Ф.Е.
ГУП институт «БашНИИстрой», Уфа
Техника, технологии и методы изысканий шведской геотехнической фирмы GEOTECH AB **43**
Каширский В.И., Дмитриев С.В
ООО «ГрандГЕО», Пушкино, Московской обл.
Зиангиров Р.С.
ООО «ГрандГЕО», Москва
О взаимодействии изыскателей и проектировщиков **51**
Барвашов В.А., Болдырев Г.Г., Каширский В.И., Озмидов О.Р.
Изменение инженерно-геологических условий под действием микроорганизмов **58**
Максимович Н.Г., Хмурчик В.Т.
ЕНИ ПГНИУ, Пермь
Прогнозные оценки устойчивости сводов подземных карстовых полостей с помощью алгоритмов распознавания образов **59**
Шешеня Н.Л.
ОАО «ПНИИИС», Москва
Инженерно-геологическое районирование как первый этап надежного и безопасного строительства **62**
Водопьянова О.Г.
ООО «ГеоАрхСтройПроект», Краснодар
Анализ современных методов прогнозирования процесса переработки берегов водохранилищ **63**
Шешеня Н.Л.
ОАО «ПНИИИС», Москва

СЕКЦИЯ «ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА В КРИОЛИТОЗОНЕ»

Инженерно-геокриологические особенности криолитозоны арктического шельфа России **67**
Шполянская Н.А.
Географический факультет МГУ им М.В Ломоносова, Москва
Дешифровочные признаки крупных залежей подземных льдов западной части российской Арктики **72**
Стрелецкая И.Д.
Географический факультет МГУ им М.В Ломоносова, Москва
Опасности, возникающие при сооружении и эксплуатации трубопроводов в пределах сильнольдистых массивов выпуклобугристых торфяников **75**
Васильчук А.К., Васильчук Ю.К.
Географический и геологический факультеты МГУ им М.В Ломоносова, Москва
Система мониторинга температур протяженных объектов в вечномерзлых грунтах **80**
Кропачев Д.Ю., Амосова Е.В.
ОАО НПП «Эталон», Омск
Паздерин Д.С.
НПО «Фундаментстройаркос», Тюмень
Анализ состояния дорожного полотна транспорной сети по итогам зимы 2012-2013 года в Уссурийском районе Приморского края **84**
Прохорова Н.Н.
ОАО «Дальвостокагропромпроект», Уссурийск, Приморского края

Дистанционные данные в изучении динамики криогенных процессов аккумулятивных равнин северо-востока России 84
Пижанкова Е.И., Гаврилов А.В., Тарасенко Т.В.
Геологический и географический факультеты МГУ им М.В.Ломоносова, Москва
Экспериментальное изучение коррозии в мерзлых грунтах 88
Курчатова А.Н.
Институт криосферы Земли СО РАН,
Тюменский государственный нефтегазовый университет, Тюмень
Рогов В.В.
Географический факультет МГУ им М.В Ломоносова, Москва,
Тюменский научный Центр, Тюмень
Учет зональных мерзлотных характеристик Большеземельской тундры при организации инженерно-геологических изысканий 92
Осадчая Г.Г.
Ухтинский государственный технический университет, Ухта,
Ситников А.В.
Филиал ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в г Ухта
Ястребов Д.Н.
ООО «НИПИ нефти и газа УГТУ», Ухта
Инженерно-геологические изыскания для мостового перехода через озеро Солдатское в г. Якутск....94
Сальва А.М.
Северо-Восточный федеральный университет им М.К Аммосова, Якутск

СЕКЦИЯ «ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СОСТАВЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ»

Гидрогеологические особенности и оценка оползневой устойчивости обводненных склонов Программа SLUMP....96
Лехов М.В.
Геологический факультет МГУ им М.В Ломоносова, Москва
Опытно фильтрационные работы как сопутствующий элемент при инженерно-геологических изысканиях....97
Норватов Ю.А., Петрова И.Б., Савельев Д.И., Шамшев А.А.
ООО НПФ «Гидростим», Санкт-Петербург
Повышение информативности опытных откачек, проводимых при инженерных изысканиях, при помощи численного геофильтрационного моделирования 99
Норватов Ю.А., Петрова И.Б., Сергутин М.В., Шамшев А.А.
ООО НПФ «Гидростим», Санкт-Петербург
О перспективах применения морфометрических исследований рельефа местности для обоснования проектов дренажа на застраиваемых территориях г Саратова....102
Пантелеев В.П.
МУП «Водосток», Саратов
Ваньшин Ю.В.
Геологический факультет СГУ им Н.Н.Чернышевского, Саратов
Оценка водопритоков подземных и поверхностных вод к проектным карьерам на Левобережном месторождении 103
Потапова Е.Ю.
Геологический факультет МГУ им М.В Ломоносова, Москва

СЕКЦИЯ «ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ»

Применение комплекса геофизических методов для оценки прочностных характеристик сплошных фундаментов 106
Хмельницкий А.Ю., Капустин В.В.
ООО «НИИ ГЕОТЕХ», Москва
Возможности индукционной электроразведки для решения инженерно-геологических задач в различных климатических условиях....107
Коротков Ю.В.
АНЦ УрО РАН, Архангельск
Опыт применения методов активной и пассивной сейсморазведки для исследования протяженных грунтовых и железобетонных сооружений....110
Капустин В.В., Хмельницкий А.Ю.
ООО «НИИ ГЕОТЕХ», Москва
О сейсмической опасности нижнего Приамурья (Дальний Восток) 113
Овсюченко Н.И.
ЗАО «НИПИ «ИнжГео», Краснодар
Овсюченко А.Н., Рогожин Е.А., Лутиков А.И.
ИФЗ РАН, Москва
Уточнение сейсмичности площадки на территории выполнения дренажных работ....114
Акбашев Р Р., Константинова Т.Г.
Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский
Бубнов А.Б.
Камчатский госуниверситет им В Беринга, Петропавловск-Камчатский
Тараканов А.И.
ООО «Изыскатель», Петропавловск-Камчатский

СЕКЦИЯ «ИНЖЕНЕРНО-ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ»

Влияние олимпийского строительства на состояние рек г Сочи....119
Косицкий А.Г., Айбулатов Д.Н., Колесникова М.С.
Географический факультет МГУ им М.В Ломоносова, Москва
Перспективы применения гидрологических моделей для расчета стока с малоизученных водосборов в практике инженерных изысканий 120
Айзель Г.В.
Институт водных проблем РАН, Москва
Современные методы инженерных изысканий при строительстве и ремонте переходов через водные преграды....121
Жуков Г.Д., Жуков И.Г., Каргаполова И.Н.
ООО «ЭКОНГинжиниринг», г Дзержинский, Московская область
Особенности проведения инженерных гидрометеорологических изысканий для объектов электрификации и электроснабжения железных дорог....122
Айбулатов Д.Н., Косицкий А.Г.
Географический факультет МГУ им М.В Ломоносова, Москва
Федорченко А.В.
«Трансэлектропроект» — филиал ОАО «Росжелдорпроект», Москва
Ледниковые озёра Анадырской низменности: перспективы водоснабжения....122
Рузанов В.Т.
ФГБУ науки Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им Н.А Шило ДО РАН, Анадырь-Магадан

Гидрометеорологические изыскания в северной части Обской губы для трасс трубопроводов на основе архивных источников 126
Виноградов Р.А.
ФГБУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» («ААНИИ»), Росгидромет, Санкт-Петербург

СЕКЦИЯ «ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ»

О квазискачкообразных движениях земной поверхности без землетрясений в сейсмоактивных районах 127
Магуськин М.А., Магуськин В.М.
Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский
Исследование суточного движения Шуховской башни спутниковыми методами 127
Лапшин А.Ю., Староверов С.В., Фялковский А.Л.
Геодезический факультет МИИГАиК, Москва
Геодезические аспекты геотехнического мониторинга деформационных процессов 130
Федосеев Ю.Е.
Геодезический факультет МИИГАиК, Москва
Современное состояние координатной основы России 135
Ефимов Г.Н.
ФГБУ «Центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных», Управление геодезических исследований, Москва
Изыскательские геодезические сети и местные системы координат....154
Федосеев Ю.Е.
Геодезический факультет МИИГАиК, Москва
Выполнение комплекса работ по созданию системы геодезического и картографического обеспечения республики Абхазия (СГО РА)....158
Гаврилов В.С.
ООО «Геометр-Центр», Москва
Опыт работы с сетью базовых станций НСО в ООО «НИЦа» 162
Аникин А.С., Тимофеев А.Н.
ООО «Новосибирский инженерный центр» (НИЦа), Новосибирск

СЕКЦИЯ «ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ»

Инженерно-экологические изыскания на водохранилищах....164
Косинова И.И., Соколова Т.В.
Филиал «АИИС-Воронеж»
Сейдалиев Г.С.
Управление Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (РОСПРИРОДНАДЗОРА) по Воронежской области, Воронеж
Особенности инженерно-экологических изысканий при проектировании рекреационных зон водных объектов....167
Ланцова И.В.
ОАО ПНИИИС, Москва
Григорьева И.Л.
ФГБУ науки Институт водных проблем РАН, Москва
Инженерно-экологические изыскания в пределах техногенно-измененных территорий медных месторождений Урала 170
Гуман О.М., Макаров А.В., Антонова И.А.
ООО «Уралгеопроект», Екатеринбург
Исследования почвенного покрова в составе комплексных инженерно-экологических изысканий: современная практика и перспективы развития 170
Чернянский С.С.
«Аналитический Центр МГУ», Москва
Касатенкова М.С.
ЗАО «Институт экологического проектирования и изысканий», Москва
Геоиндикаторы преобразования грунтов зоны аэрации в районах инфраструктуры по добыче и переработке карбонатного сырья 174
Косинова И.И.
Филиал «АИИС-Воронеж»
Заридзе М.Г.
Геологический факультет Воронежского госуниверситета, Воронеж
Тамбуканское месторождение лечебных грязей: современное положение, пути устранения угроз деградации....176
Запорожченко Э.В., Скок Л.Л.
ОАО «Севкавгипроводхоз», Пятигорск
Эколого-геологические аспекты рекультивации нефтезагрязненных территорий 179
Григорьева И.Ю., Баранов Д.Ю.
Геологический факультет МГУ им М.В.Ломоносова, Москва
О потенциальных геоэкологических ресурсах Европейской части России 180
Орлов М.С.
Геологический факультет МГУ им М.В Ломоносова, Москва

СЕКЦИЯ «ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ ПАМЯТНИКОВ КУЛЬТУРЫ»

Противооползневые мероприятия на западном склоне Саввино-Сторожевского монастыря 182
Демкин И.А., Кувшинников В.М.
Гидрогеологический факультет РГГРУ, Москва
Роль антропогенного фактора в разрушении памятников археологии....182
Вязкова О.Е.
Гидрогеологический факультет РГГРУ, Москва
Инженерно-геологические изыскания и оценка устойчивости западного склона Саввино-Сторожевского монастыря 183
Бондарев М.В., Буфеев Ф.К., Кюнтцель В.В.
Гидрогеологический факультет РГГРУ, Москва
Хартия Виктория-Фоллз и проблемы ее адаптации к Российским нормативам инженерно-геологических изысканий исторических территорий 183
Никифоров А.А.
Руководящий комитет по культурному наследию и ландшафтам Совета Европы (СЕ), Москва
Идеология инженерно-геологической диагностики деформации памятников архитектуры 184
Пашкин Е.М.
Гидрогеологический факультет РГГРУ, Москва

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Концепция геотехнического мониторинга на территории объектов расположенных на хребтах Псехако и Аибга 186
Бершов А.В.,
МГУ им.М.В.Ломоносова, Геологический факультет, ООО «Петромоделинг», Москва
Томс Л.С.,
Институт Геоэкологии им.Е.М.Сергеева РАН, Москва

Болгова Г.Р.
ОАО «ПНИИИС», Москва, mail@pniiis.ru

ОАО «ПНИИИС» 50 ЛЕТ

Открытое акционерное общество «Производственный и НИИ по инженерным изысканиям в строительстве» имеет более чем полувековую историю.

У истоков его создания стояли крупнейшие ученые России: академики В.А. Обручев, Ф.П. Саваренский, П.И. Мельников, члены-корреспонденты АН СССР А.Н. Цитович, П.Ф. Швецов, В.А. Приклонский, профессора И.В. Попов, М.И. Сумгин.

Основы института закладывались с 1929 по 1944 гг., когда формировались структуры, вошедшие впоследствии в состав ПНИИИСа. ПНИИИС образован во исполнение Постановления Совета Министров СССР от 10.10.1963 г. на базе Института мерзлотоведения им. В.А. Обручева АН СССР, Лаборатории гидрогеологических проблем им. Ф.П. Саваренского АН СССР и Государственного института инженерных изысканий при ВСНХ. Ведомственное подчинение ПНИИИС — Госстрой СССР, с 1987г. — Госстрой РСФСР. В 2006 г. институт приобретает статус Открытого акционерного общества, в котором продолжает существовать по настоящее время.

Деятельность ПНИИИС с 1963 по 2003 гг. подробно освещена в Монографии, вышедшей к сорокалетнему юбилею института.

В настоящей публикации основное внимание уделено периоду 2004-2013 гг. С процессом приватизации и смены руководства (2004-2005 гг.) связан новый этап в развитии ПНИИИС: модернизируются существующие и появляются новые направления работ, преобразуется финансовая система, молодеет коллектив, значительно расширяются международные контакты.

Основные направления деятельности института за последние десятилетия:

- научное и методологическое сопровождение всех видов инженерных изысканий для строительства, включая строительство особо опасных и технически сложных объектов;
- осуществление контроля качества производства инженерных изысканий(полевые, камеральные, лабораторные работы);
- проектирование инженерной защиты территорий, зданий, сооружений;
- разработка новых, высокоэффективных методов, технологий и технических средств для производства инженерных изысканий;
- комплексные исследования свойств грунтов лабораторными и полевыми методами;
- участие в разработке и реализации Федеральных целевых научно-технических программ;
- экспертиза изыскательской продукции;
- совершенствование и актуализация нормативной базы инженерных изысканий;
- подготовка высококвалифицированных научных кадров, повышение квалификации руководящих работников и специалистов отрасли;
- информационное обеспечение изыскательской деятельности.

ОАО «ПНИИИС» сегодня — это профессиональные руководители, инженеры-геологи, геокриологи, геофизики, сейсмологи, экологи, геодезисты, грунтоведы, разработчики полевого и лабораторного оборудования, нормативных и методологических документов для производства инженерных изысканий.

Комплексный подход к решению проблем инженерных изысканий позволяет выполнять сложнейшие проекты на высоком уровне. Большое внимание уделяется привлечению и подготовке молодых специалистов из лучших профильных вузов страны. Постоянно повышается профессиональный уровень сотрудников.

Кадровый состав организации — 196 человек, в т.ч. 162– специалистов с высшим образованием, 12 докторов, 9 кандидатов наук.

ОАО «ПНИИИС» имеет государственные лицензии на осуществление:

- геодезической и картографической деятельности;
- образовательной деятельности;
- работ со сведениями, составляющими государственную тайну;
- деятельности в области защиты информации;

Институт имеет:

- Свидетельство о допуске к работам, оказывающим влияние на безопасность объектов капитального строительства, включая особо опасные и технически сложные.

Сертификаты

- системы менеджмента качества организации, соответствующий стандарту ГОСТ Р ИСО 900001 — 2008;
- системы экологического менеджмента, соответствующего требованиям ГОСТ Р ИСО 1400t — 2007;

В институте действуют:

- аспирантура по специальностям:25.00.08 — инженерная геология, мерзлотоведение, грунтоведение (геолого-минералогические и технические науки); 25.00.07 — гидрогеология (геологоминералогические науки);
- курсы повышения квалификации по программе «Инженерные изыскания для строительства», включающей все шесть видов инженерных изысканий, в соответствии с классификацией Градостроительного кодекса РФ

Наши партнеры и заказчики:

- Минрегионразвития РФ
- ОАО АК «Транснефть»
- ООО «Проектгенплан»
- ОАО «Гипротрубопровод»
- ОАО «ЦУП ВСТО»
- ОАО «Росиан Интернешнл»
- ОАО «Красная поляна»
- ОАО «ВНИПИгаздобыча»
- ООО «ПермНИПИнефть»
- ООО «ВНИИГАЗ»
- ООО «НК «Роснефть»
- ОАО «Гипротюменнефтегаз»
- ОАО «Гипроспецгаз»
- ОАО «Ленгипротранс».

Со дня основания и до настоящего времени институт, следуя сложившимся традициям, занимает ведущие позиции в области инженерных изысканий и инженерной защиты территорий, зданий и, сооружений от опасных природных и природно-техногенных процессов.

За последние десятилетия ПНИИИС работает на крупнейших строительных объектах страны: газовые, нефтяные месторождения, железные дороги; магистральные трубопроводы и трубопроводные системы протяженностью многие тысячи километров, атомные станции, сейсмоопасные объекты Краснодарского края, Дальнего Востока; олимпийские объекты г. Б.Сочи и др.

Для нефтегазовых месторождений Западной Сибири и полуострова Ямал, таких как Бованенково, Харасавей, Варандей,

Южное Хыльчую ПНИИИС проводит работы по комплексному обустройству отдельных участков, дает специализированный инженерно-геокриологический прогноз, разрабатывает регламент инженерно-геологического мониторинга с рекомендациями по проектированию и строительству сооружений, со стоимостной оценкой организации и проведения мониторинговых наблюдений; определяет полный комплекс физических и механических свойств грунтов, включая степень пучинистости и засоленности, состав поровых растворов, коррозионную активность по отношению к бетону и стали; осуществляет проверку материалов инженерных изысканий.

В период с 2006 по 2011 гг. ПНИИИС активно участвует в инженерных изысканиях и осуществлении геотехнического мониторинга на завершенных строительством и строящихся железнодорожных линиях севера Западной Сибири и полуострова Ямал.

На одной из самых сложных в мире по условиям строительного освоения новой железнодорожной трассе на полуострове Ямал от **ст. Обская до месторождения Бованенково**, общей протяженностью более 500 км, институт выполнял работы по геотехническому мониторингу земляного полотна и водопропускных сооружений в период строительства. Была организована наблюдательная сеть за состоянием грунтов, развитием деструктивных процессов на земляном полотне и территории, прилегающей к железнодорожной трассе; выполнено математическое моделирование температурного режима мерзлых грунтов, предложена конструкция и технология возведения земляного полотна, обеспечивающая максимальную устойчивость насыпи и защиту территории от опасных процессов; составлена карта в м-бе 1:1000 техногенной нарушенности территории при строительстве железнодорожной линии.

При строительстве железной дороги **Салехард — Надым** институтом проводилась научно-методическое сопровождение инженерных изысканий на стадии ТЭО (проект), осуществлена экспертиза материалов инженерных изысканий на трассе.

По новой железнодорожной линии **Полуночное — Обская — Салехард** произведена оценка степени пораженности экзогенными геологическими процессами территории прохождения трассы, составлены: серия тематических карт для разработки ТЭО (проект) масштаба 1:25 000; карта районирования по развитию опасных геологических процессов в масштабе 1:100 000.

В течение всего последнего десятилетия одно из основных направлений деятельности института — работа на трассах магистральных трубопроводов.

По трубопроводной системе Восточная Сибирь — Тихий Океан (ВСТО), составлен комплекс карт северного (в обход Байкала) и южного вариантов трассы в масштабе 1:25 000; даны расчеты тепловых осадок при оттаивании льдистых грунтов, рекомендации по способам прокладки нефтепровода, определены мероприятия по защите от термокарста и термоэрозии.

С 2005 г. по настоящее время ПНИИИС проводит экспертизу материалов изысканий по всей трассе трубопровода, осуществляет контроль качества изыскательских работ по отдельным участкам трассы.

По газопроводу «Алтай» разработана серия тематических карт масштаба 1:200 000 и технических решений по инженерной защите от опасных геологических процессов площадных и линейных сооружений трассы. Карты составлены на цифровой топооснове в программе Mapinfo для коридора трассы длиной 2622 км и шириной 20 км.

Для обоснования инвестиций в газотранспортную систему **«Сахалин — Хабаровск — Владивосток»** составлен комплект тематических карт масштаба 1:200 000 на цифровой топооснове коридора трассы длиной 1586 км, шириной 20 км.

При строительстве нефтепроводной системы «Харьяга — Индига» ПНИИИС проводил анализ геокриологических условий региона с оценкой факторов, осложняющих строительное освоение, с полевыми и лабораторными исследованиями физико-механических свойств грунтов на трассе нефтепровода.

Для трассы конденсатопровода и газопровода «Пелятkинское месторождение — г. Дудинка» осуществлено инженерно-геологическое обоснование проектирования трассы, составлены обзор опыта строительства и эксплуатации газопроводов на Крайнем Севере при наземной, надземной, подземной прокладках трубопроводов с отрицательной и положительной температурой транспортного газа.

По нефтепроводной системе «Западная Сибирь — побережье Баренцева моря» ПНИИИС выполнил инженерно-геокриологическое районирование от предгорий Урала до терминала в пос. Индига и разработал мероприятия по защите нефтепровода от опасных процессов.

Начиная с 2009 г. институт активно включается в работы по контролю качества материалов инженерных изысканий и надзору за производство полевых работ на трассах магистральных трубопроводов.

На магистральном нефтепроводе «Куюмба — Тайшет» институт осуществляет полевой технический надзор за выполнением инженерных изысканий, экспертизу отчетных материалов, проводит проверку видов и объемов полевых работ на их соответствие программе работ, техническому заданию, действующим нормативным документам.

По объекту «Нефтепроводная система Ямал» осуществляется контроль качества инженерных изысканий и проверка их соответствия действующим нормативным, документам, экспертиза отчетных материалов.

По объекту «Трубопроводная система «Заполярное — НПС Пур-Пе» разработана программа контроля качества инженерных изысканий, согласно которой проверяются технические задания на выполнение работ, качество полевых работ, осуществляется экспертиза отчетных материалов.

Кроме линейных объектов институт активно работает на строительстве ответственных сооружений по всей территории страны.

На Нижегородской АЭС выполнялись исследования по оценке карстоопасности с оценкой карстового риска и предложениями по проведению защитных противокарстовых мероприятий.

Для проектирования **горноклиматического курорта «Альпика — Сервис»**, включающего канатные дороги, горнолыжные спуски, объекты инженерной и транспортной инфраструктур г. Сочи, институт выполнял комплексные инженерные изыскания с оценкой оползневой опасности территории и суффозионной устойчивости грунтов, с рекомендациями по проектированию мероприятий инженерной защиты от опасных процессов.

По заказу **Администрации Президента РФ** выполнялись инженерно-геологические изыскания на объекте **«Пансионат»** (г. Геленджик Краснодарского края) с целью выявления оползнеопасных участков территории строительства; проведены расчеты по устойчивости склонов, прогноз их состояния в условиях повышенной обводненности, даны рекомендации по проектированию противооползневых мероприятий.

По заказу **ОАО «Красная Поляна»** институт разрабатывает программу геотехнического мониторинга для олимпийских объектов в районе **Красной поляны г. Сочи** (комплекс горнолыжных трамплинов). Цель работы — создание мониторинговой системы, позволяющей следить за медленно развивающимися склоновыми деформациями в основаниях трамплинов, фиксировать моменты активизации деформационных процессов, выявлять зоны скольжения оползневых тел.

По инициативе генерального директора ОАО «ПНИИИС» М.И. Богданова к выполнению этой ответственной работы привлечены самые современные приборы и оборудование,

позволяющие улавливать малейшие подвижки и смещения пластов пород относительно оси скважины. В исследованиях принимает участие итальянская фирма RockSoil, применяющая космические методы слежения за подвижками и смещениями грунтовых масс с точностью до нескольких миллиметров.

На объекте **«Транспортная развязка (тоннели) Ленинградского и Волоколамского шоссе** в р-не ст. м. Сокол» г. Москва проводился комплекс изысканий с привлечением больших объемов геофизических работ для выявления зон повышенной опасности прорыва подземных вод в тоннели и штольни, для оценки влияния строительства и эксплуатации объекта на прилегающие застроенные территории. В рамках этих работ проводился уникальный комплекс исследований по изучению влияния различных факторов на физико-химические свойства грунтоцементного материала.

По заказу Регионального агентства природопользования и охраны окружающей среды **Ленинградской области** проведена оценка эколого-геохимического состояния территории области, включая выявление деградированных и загрязненных земель с рекомендациями по организации мониторинга состояния и контроля качества почвенного покрова в 2012-2014 гг.

Начиная с 2009 г. по заказу Минрегионразвития Российской Федерации институт принимал участии в выполнении работ **по Федеральной целевой программе «Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах Российской Федерации 2009-2014 гг.».**

1 Работа велась по 4 основным направлениям:
2 Разработка порядка и процедур осуществления мониторинга сейсмического риска на критически важных объектах;
3 Разработка территориальных схем оценки уровня риска и сейсмоустойчивости заданий и сооружений;
4 Создание и обеспечение функционирования единой информационной системы «Сейсмобезопасность России»;
5 Подготовка предложений по совершенствованию механизмов страхования критически важных объектов.

Работы продолжались в течение 2-х лет, успешно завершены, материалы переданы заказчику.

ПНИИИС всегда был основным разработчиком нормативной базы в области инженерных изысканий и инженерной защиты территорий, зданий, сооружений от опасных природных процессов. За 40 лет существования институт разработал 98 нормативных и нормативно-методических документов, среди которых СНиПы, ГОСТы, СП, СН, ВСН, сборники базовых цен на изыскательские работы. 48 документов из общего количества были действующими.

В последние годы активизировалась деятельность по созданию нормативно-методических документов, актуализации существующей нормативной базы. В 2008 г. по договору с ОАО «НК «Роснефть» разработан стандарт «Инженерные изыскания. Правила проведения инженерно-геологических изысканий для строительства объектов ОАО «НК «Роснефть».

В 2009 г. по договору с ОАО «Гипротрубопровод» в рамках переработки РД (ВСН) «Инженерные изыскания для строительства магистральных трубопроводов институт разработал раздел «Требования к проведению инженерных изысканий в районах распространения многолетнемерзлых грунтов и сложных гидрогеологических условий».

В 2009 г. по договору с НП СРО «АИИС» ПНИИИС выполнял работы по актуализации СП «Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие требования».

В 2010 г. по договору с ОАО «НК «Роснефть» разработан проект положения «Инженерные изыскания. Правила проведения инженерно-экологических изысканий для строительства объектов ОАО «НК «Роснефть».

В 2011-2012 гг. в институте разработан актуализированный вариант СНиП II-02-96.

В течение 2012-2013 гг. актуализируются: ГОСТ 26262-201 Грунты. Методы полевого определения сезонного оттаивания. ГОСТ 24847-201 Грунты. Методы определения сезонного промерзания.

В соответствии с приказом Минрегионразвития РФ № 249 от 11.06.2013 на ПНИИИС возложена актуализация 7-ми Сводов правил по инженерным изысканиям для строительства, в числе которых: инженерно-геологические, изыскания на континентальном шельфе; изыскания в районах распространения ММП; инженерно-экологические; инженерно-геодезические; инженерно-гидрометеорологические изыскания, изыскания на закарстованных территориях;.

Имея большой опыт изысканий в 34 странах мира за счет кредитов СССР, ПНИИИС в последние годы проводит совместные исследования с фирмами США, Канады, Китая, Германии, Исламской республики Иран, Италии.

В рамках обмена опытом российских специалистов со специалистами ведущих стран мира в области инженерных изысканий ПНИИИС выступал в роли организатора выездных научно-практических семинаров в США, Нидерланды, Сингапур, Чехию, Бразилию, Китай, Корею, Италию, Норвегию.

Большое внимание в последние годы уделяется в институте совершенствованию существующих и разработке новых технологий и технических средств производства инженерных изысканий.

Отдел разработки программно-апаратных средств ОАО «ПНИИИС» разрабатывает и производит системы измерения температурных полей грунтовых оснований инженерных сооружений. Отдел освоил также производство штампов для полевых испытаний грунтов, предназначенных для определения модуля деформации грунтов в условиях их естественного залегания. Здесь же создан прибор для лабораторного определения пучинистости грунтов по значению относительной деформации морозного пучения. Все показания датчиков наблюдаются в режиме реального времени. Штампы и пучиномеры в институте ранее не производились.

В институте имеется установка по статическому зондированию грунтов на базе автомашины КАМАЗ повышенной проходимости. Выбор параметров исследований и единиц измерения зондирования осуществляется с ноутбука с установленным программным обеспечением. Результаты зондирования сохраняются в файле и выводятся на экран, или бумагу в цифровом или графическом виде.

В последнее время геофизиками института освоен новый метод изучения строения оползневых тел — электротомография. По сравнению с классическим

методом ВЭЗ электротомография позволяет существенно увеличить

плотность измерений и значительно повышает информативность исследований.

Грунтовая лаборатория ПНИИИС выполняет широкий спектр испытаний для определения физико-механических характеристик и деформационных характеристик талых грунтов, а также механических свойств мерзлых грунтов.

Аналитическая лаборатория ПНИИИС определяет содержание тяжелых металлов, а также нефтепродуктов, фенолов и других загрязняющих веществ в грунтах, почвах и природных водах.

В завершение обзора необходимо осветить совершенно новые для института направления деятельности, которые получили активное развитие с приходом в ПНИИИС М.И. Богданова (нового руководителя).

Это, прежде всего, организация ежегодных научно-практических конференций «Перспективы развития инженерных изысканий в РФ» объединяющих все изыскательское сообще-

ство. В 2013 г., юбилейном для ПНИИИС году, Конференция собирается в 9-й раз. Она уже имеет свой стиль, свои традиции, свою постоянную аудиторию. На конференцию собирается от 500 до 800 участников из всех регионов России и стран СНГ. Помимо чисто профессиональной значимости, обмена информацией и опытом в рамках 9 секций, работающих по все основным направлениям изыскательской деятельности, конференция представляет несомненный интерес как организационно-политическое мероприятие, позволяющее изыскателям страны общаться с руководителями министерств и ведомств, с представителями крупных компаний, выслушать мнения известных политиков и экономистов о перспективах развития отрасли.

По своим масштабам и значимости Конференция давно достигла уровня международной, ее постоянно посещают отдельные специалисты из США, Италии, Канады. Можно надеяться, что в свой 10-ый юбилейный созыв, Конференция действительно приобретет статус международной.

Еще один из важнейших аспектов деятельности, зародившийся в ПНИИИС по личной инициативе М.И. Богданова — издание журнала «Инженерная геология», явившегося предвестником всех последующих журналов: «Инженерные изыскания», «Гориск», «Геотехника». Регистрация «Инженерной геологии» как печатного издания произошла именно в ПНИИИС, здесь же были заложены основы формата, научно-технического содержания, иллюстративного оформления журнала. Первые номера «Инженерной геологии» также вышли в ПНИИИС. Сегодня — все это переросло в крупное издательское дело, широко известное и популярное в изыскательской среде, однако, корни идут из ПНИИИСа и М.И. Богданов по-прежнему курирует каждый из выходящих номеров.

И, наконец, нельзя не упомянуть деятельность по созданию НП СРО «АИИС». Сегодня это самая крупная в стране саморегулируемая организация изыскателей. Начало ее существования также было заложено в ПНИИИС, где прорабатывались структура, формат организации, основные направления деятельности, условия приема, права и обязанности участников, решались финансовые вопросы. Инициатором и организатором всей этой большой и сложной работы также был М.И. Богданов.

Итак, последнее десятилетие существования института было насыщено разносторонней активной деятельностью. Бывали в нем сложные периоды, но в целом, институт сохранил свой потенциал и заложил основы для развития новых, современных структур.

ОСНОВНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

- Дальнейшее совершенствование научного сопровождения всех видов инженерных изысканий, в т.ч. для строительства особо ответственных объектов и в особо сложных природных условиях.
- Актуализация нормативной базы инженерных изысканий, совершенствование, дополнение, уточнение нормативно-методических, нормативных документов.
- Осуществление надзорных и контрольных функций за изыскательской деятельностью в полевых условиях, экспертиза отчетных материалов.
- Дальнейшее развитие теоретической и практической базы геотехнического мониторинга; применение новой аппаратуры и технических средств для его осуществления.
- Расширение производства существующих и создание новых программно-аппаратных средств для инженерных изысканий
- Новая аппаратура и методы испытаний свойств грунтов в полевых и лабораторных условиях.
- Повышение квалификации кадров.

Шаманова И.И.
ОАО «ПНИИИС», Москва, mail@pniiis.ru

ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОАО «ПНИИИС»

Отдел геокриологических исследований ОАО «ПНИИИС» является прямым наследником Института мерзлотоведения им. В.А. Обручева АН СССР, в связи с чем необходим исторический экскурс.

В конце XIX — начале XX в. началось промышленное освоение восточных районов России — области распространения вечной мерзлоты. Первые письменные сведения о ее существовании стали поступать в научный мир еще в начале XXVII в. Необходимость специального изучения вечной мерзлоты и глубокого сезонного промерзания впервые выяснилась во время строительства Транссибирской железнодорожной магистрали в Забайкалье и Амурской области. При проектировании дороги в Русском техническом обществе специально обсуждался вопрос: является или нет мерзлота препятствием при строительстве; высказывалось мнение, что она станет прочным основанием с высокой несущей способностью. Управление железной дороги просит Географическое общество составить инструкцию для изучения вечной мерзлоты. Представительная комиссия под председательством И.В. Мушкетова в составе известных ученых А.И. Воейкова, В.А. Обручева, Э.А. Толя, Ю.М. Шокальского, Л.А. Ячевского, К.И. Богданова и др. в 1895 г. составила такую инструкцию. Это был первый документ по изысканиям при строительстве на Севере.

Первый опыт строительства на мерзлых грунтах получили инженеры-путейцы (А.В. Ливеровский и др.). При строительстве Транссиба и сопутствующих зданий оказалось, что 80% всех сооружений, возводимых в то время без учета мерзлого состояния оснований, вскоре после постройки деформировалось или совсем разрушилось.

Целенаправленное всестороннее изучение вечной мерзлоты начинает М.И. Сумгин в 1912 г. Возглавляемое им метеобюро Благовещенска становится, по существу, первым в стране учреждением по изучению вечной мерзлоты. Год издания монографии М.И. Сумгина «Вечная мерзлота почвы в пределах СССР» принято считать годом рождения мерзлотоведения, а ее автора основоположником новой науки. М.И. Сумгин становится во главе изучения вечной мерзлоты не только как теоретик, определивший содержание науки и ее развитие на многие годы вперед, но и как организатор академического научного центра, объединивший специалистов и производственников самого широкого профиля.

В 1939 г. на базе Комитета по изучению вечной мерзлоты создается Институт мерзлотоведения (ИНМЕРО) им. В.А. Обручева при Отделении геолого-географических наук АН СССР. Директором нового института становится В.А. Обручев, его заместителем М.И. Сумгин. Научное направление, программа и структура нового института разрабатываются под руководством М.И. Сумгина. Мерзлотоведение рассматривается как комплексная, но единая отрасль знания, включающая естественноисторические вопросы существования вечной мерзлоты, физико-механические свойства мерзлых грунтов и сложную систему инженерно-строительных проблем и проблем сельскохозяйственного использования земель.

Собственно мерзлотоведы по образованию приходят в ИНМЕРО только в середине 50-х годов после образования специальных кафедр в Московском университете, когда Институт мерзлотоведения был уже признанным лидером науки мерзлотоведения и в нашей стране, и за рубежом.

Классики нашей науки Н.А. Цытович, П.А. Шумский, С.С. Вялов, Г.В. Порхаев, И.Я. Баранов, В.А. Кудрявцев, А.И. Попов возглавляли многие советские и международные организации. В стенах ИНМЕРО оформились новые научные направления: механика мерзлых грунтов, криолитология, реология мерзлых грунтов, криогенез; сформулирован закон фазового равновесия воды и льда, принципы и теплофизические основы строительства на мерзлых грунтах; создана теоретическая база инженерно-геокриологических исследований для изысканий и безаварийного строительства, составления нормативно-методических документов.

В 1957 г., когда с мерзлотоведения был снят гриф секретности, созывается VII межведомственное совещание по мерзлотоведению, проходит широкое обсуждение проблем мерзлотоведения, особенно инженерных вопросов, как это практиковалось при М.И. Сумгине.

В 1963 г. было принято постановление о расформировании Института мерзлотоведения им. В.А. Обручева. Во вновь созданный ПНИИИС переданы ряд крупных подразделений института.

За 50 лет существования структура отдела геокриологических исследований (ОГИ) неоднократно менялась, однако, оставались неизменными основные направления исследований:

- Региональная и историческая геокриология,
- Инженерная геокриология и механика мерзлых грунтов.
- Геокриологический прогноз и мониторинг.

В 70-90-е годы XX века достаточно быстро и безболезненно завершается переход от академической к отраслевой науке, что обусловлено многими исследованиями, начатыми еще в ИНМЕРО, направленными на решение первоочередных задач хозяйственного освоения районов Крайнего Севера. Доля бюджетного финансирования к середине 80-х годов падает до 50%, а к началу 90-х годов — сходит на нет. В этот период для отдела характерны комплексные многоплановые исследования, в числе первоочередных — обеспечение строительства в сложных мерзлотно-грунтовых условиях, в том числе на льдонасыщенных, засоленных, просадочных, набухающих, слабых грунтах и при активно развивающихся криогенных процессах.

В 80-90-е годы XX века в планах НИР отдела одно из важных мест занимает разработка нормативно-методических документов, обеспечивающих проведение единой технической политики в проектно-изыскательских работах строительной отрасли на Севере России.

Основные направления деятельности отдела:

- комплексные инженерно-геокриологические исследования для всех стадий проектирования инженерных сооружений в районах распространения многолетне и сезонно-мерзлых грунтов в России и за рубежом;
- создание инженерно-геокриологических и специальных оценочных карт методами ГИС;
- прогноз изменения геокриологических условий при техногенных воздействиях и вероятном потеплении климата;
- оценка допустимых техногенных нагрузок на мерзлые грунты;
- исследования состояния и свойств мерзлых, промерзающих, оттаивающих грунтов, в том числе засоленных;
- геокриологический мониторинг;
- разработка нормативно-методических документов по инженерным изысканиям на мерзлых грунтах;
- разработка и реализация федеральных и отраслевых научно-технических программ.

Геокриологические исследования проводились отделом на всей территории страны, но основным регионом, где отрабатывались и совершенствовались методы исследований для изысканий при строительном освоении территорий, стала Западная Сибирь.

К моменту своего основания ПНИИИС имел большой фондовый материал, обобщающие опубликованные работы о мерзлых породах Западной Сибири. Это позволило институту занял ведущее положение среди научно-исследовательских организаций, работающих в Тюменской области.. За время своего существования отдел проводил научные исследования и инженерные изыскания в Западной Сибири по заказам более чем 150 организаций, в том числе ВНИИИГАЗ, ЮжНИИГИПРОГАЗ, Ленгипротранс и др.

Изучение геокриологических условий велось с акцентом на специфические особенности мерзлых грунтов и криогенных процессов, с которыми изыскатели и проектировщики в других районах не сталкивались (пластовые залежи подземного льда, засоленность мерзлых грунтов, криопэги, криогенные оползни и сплывы грунта на пологих (1-5°) склонах, современные и реликтовые мерзлые и охлажденные породы на шельфе).

В результате исследований в различных районах криолитозоны была разработана методика инженерно-геокриологического и геоэкологического районирования и картирования на разных стадиях проектирования. Эта методика предусматривает последовательное решение следующих задач: типизация природных комплексов; прогнозные расчеты изменения геокриологических условий при различных видах техногенных воздействий; определение допустимых техногенных нагрузок на многолетнемерзлые породы; типизация инженерно-геокриологических участков по условиям строительного освоения; рекомендации по природоохранным мероприятиям и инженерной защите территории; оценка устойчивости геологической среды к техногенным воздействиям.

Забайкалье и Дальний Восток — регионы, в которых отдел также широко проводил геокриологические исследования для обеспечения изысканий в сложных условиях пересеченного рельефа с частой сменой инженерно-геокриологических условий. Работы сосредотачивались, главным образом, вдоль трассы Байкало-Амурской магистрали.

Европейский Северо-Восток — регион, на примере которого исследовались особенности изысканий на высокотемпературных пластичномерзлых грунтах как сплошного, так и прерывистого распространения.

Много лет отдел вел инженерно-геокриологические исследования в Монгольской народной республике. В результате этих работ была составлена Геокриологическая карта МНР мбов 1:1 500 000 и 1:2 500 000 (1986 г.).

К концу XX столетия отдел имеет детально разработанную методику инженерно-геокриологических исследований для изысканий на всех стадиях проектирования, строительства и эксплуатации инженерных сооружений и осуществляет переход на новейшую компьютерную технологию отбора, анализа, обобщения и хранения материалов исследований.

В ПНИИИСе, отраслевом институте Госстроя России, составление нормативно-методических документов было важнейшей задачей. Все крупные тематические исследования заканчиваются составлением рекомендаций, указаний, нормативных документов.

Работы отдела не ограничивались исследованиями по обоснованию инженерно-геологических изысканий для строительства. Решались многие теоретические вопросы геокриологии, о чем свидетельствует печатная научная продукция отдела.

Сотрудники отдела участвовали в написании коллективных многотомных обобщающих монографий, таких как:

«Гидрогеология СССР», «Инженерная геология СССР», «Гляциологический словарь», «Геокриологический словарь», пятитомник «Геокриология СССР», шеститомник «Основы

геокриологии», «Геокриологические опасности России», монографии «Геокриологические условия освоения Бованенковского месторождения» и «Геокриологические условия Харасэвеского и Крузенштерновского газоконденсатных месторождений (п-ов Ямал)» и др. Многие монографии вскрывают научные проблемы не только геокриологии, но и четвертичной геологии, палеогеографии, инженерной геологии, гидрогеологии.

Отдел имеет обширные деловые контакты с организациями, занимающимися изучением мерзлых пород в нашей стране (РАН, МГУ, НИИОСП, ВСЕГИНГЕО, Фундаментпроект, ВНИИСТ и др.) и за рубежом (Китай, Монголия, Канада, США, Япония).

Из наиболее крупных работ отдела геокриологических исследований в последнее десятилетие следует отметить следующие работы:

- проведены геокриологические исследования, составлена серия тематических карт (ландшафтного районирования, инженерно-геокриологического районирования, карта защищенности подземных вод, карта сейсмогрунтовых условий) в масштабе 1:25 000 для разработки ТЭО (проект) трубопроводной системы Восточная Сибирь — Тихий океан (ВСТО). Даны рекомендации по способам прокладки нефтепровода на всей трассе, определены мероприятия по защите от термокарста и термоэрозии при подземной прокладке нефтепровода;
- выполнен геотехнический мониторинг земляного полотна на строящейся железнодорожной линии Обская-Бованенково (полуостров Ямал). Организована наблюдательная сеть и проведены режимные наблюдения за основными параметрами геокриологических условий (глубинами оттаивания грунтов в теле насыпи, динамикой положения верхней границы ММП, проявлениями опасных инженерно-геологических процессов); установлена динамика развития «мерзлого ядра» в теле насыпи; составлена крупномасштабная карта техногенной нарушенности территории при строительстве железнодорожной линии; определены физико-механические свойства грунтов насыпи и подстилающих отложений; проведены полевые экспериментальные исследования по противоэрозионному закреплению грунтов на откосах насыпи водным раствором полимерного спирта; выполнено математическое моделирование температурного режима грунтов насыпи и ее основания для оценки эффективности защитных мероприятий, обеспечивающих устойчивость земляного полотна; выполнены геофизические работы с целью оценки изменения геокриологических условий в притрассовой зоне; разработаны рекомендации по инженерной защите насыпи от проявления опасных инженерно-геологических процессов; предложена усовершенствованная конструкция и технология возведения земляного полотна, обеспечивающая устойчивость насыпи;
- разработана серия тематических карт масштаба 1:200 000 и технических решений по инженерной защите площадных и линейных сооружений газопровода «Алтай» от опасных геологических процессов;
- выполнено научно-методическое сопровождение, проведены полевые работы, составлена серия тематических карт в масштабе 1:25 000, дан прогноз развития опасных инженерно-геологических процессов на трассе новой железнодорожной линии Полуночное-Обская-Салехард;
- составлен комплект тематических карт в масштабе 1:200 000, содержащий оценку инженерно-геологических, геокриологических, гидрогеологических, сейсмогрунтовых условий трассы газопровода «Сахалин-Хабаровск-Владивосток» (в составе проекта «Обоснование инвестиций в создание газотранспортной системы);
- выполнено геокриологическое обоснование проектирования трассы конденсатопровода и газопровода Пеляткинское месторождение — г. Дудинка, составлена карта инженерно-геокриологического районирования по трассам масштаба 1:25 000, проведено моделирование температурного режима грунтов основания и дан инженерно-геокриологический прогноз для выбора и обоснования проектных решений, разработаны рекомендации по выбору способов прокладки трубопроводов;
- проведены инженерно-геологические изыскания с целью разработки рабочей документации по водохранилищу, водоводу и насосной станции на месторождении «Майское» (Чукотка), составлена карта инженерно-геологических условий водохранилища в масштабе 1:2 000, дан прогноз изменения теплового состояния грунтов под плотиной и ложем водохранилища, расчет осадок оттаивающих грунтов;
- выполнены комплексные инженерно-геокриологические исследования на линейных и площадных объектах нефтяных месторождений Европейского Севера (Инзырейского, Тобойского, Южно-Хыльчуюсского, им. Россихина и др.), на Варандейском нефтяном отгрузочном терминале. Составлены крупномасштабные карты инженерно-геокриологических условий, разработан прогноз изменения геокриологических условий при строительстве и эксплуатации объектов, даны предложения по организации и проведению геокриологического мониторинга;
- разработана методика и составлена карта районирования территории Бованенковского ГКМ (п-ов Ямал) по прочностным и деформационным свойствам мерзлых грунтов в масштабе 1:25 000;
- произведены контроль качества полевых работ при проведении инженерных изысканий и экспертиза отчетных материалов по инженерным изысканиям в криолитозоне (по объектам «Трубопроводная система Заполярье — НПС Пурпе», «Расширение трубопроводной системы ВСТО», «Магистральный нефтепровод Куюмба — Тайшет»», «УПН Сузунского месторождения» и др.);
- в отделе в настоящее время производится актуализация свода правил «Инженерные изыскания для строительства в районах распространения многолетнемерзлых грунтов», а также ГОСТов 26262-84 «Грунты. Методы полевого определения сезонного оттаивания» и 24847-81 «Грунты. Методы определения глубины сезонного промерзания».

ПЕРСПЕКТИВЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОТДЕЛА ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Инженерно-геокриологические исследования в районах первоочередного освоения (Европейский Северо-Восток, север Западной Сибири, Средняя Сибирь и др.).
2. Разработка методики изучения инженерно-геокриологических условий, прогноза их техногенного изменения, оценки допустимых техногенных воздействий на природную среду.
3. Разработка проектов геокриологического мониторинга и участие в их реализации.
4. Контроль качества полевых работ и экспертиза отчетных материалов по инженерным изысканиям в криолитозоне.
5. Актуализация нормативных документов (ГОСТов, Сводов Правил, методических рекомендаций) по инженерным изысканиям в криолитозоне.
6. Разработка электронной базы данных, программных модулей для построения инженерно-геокриологических карт и разрезов.
7. Исследование теплофизических и физико-механических свойств мерзлых грунтов.

Здобин Д.Ю.[1], Свертилов А.А.[2]
[1]Охотинское общество грунтоведов, Санкт-Петербург, zdobin_soil@mail.ru
[2] ГП МО «Мособлгеотрест», Москва, MOGT@yandex.ru

ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ И ГЕОТЕХНИКА. ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ И СОВРЕМЕННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

Конец XIX — начало XX вв. характеризуется в России бурным экономическим ростом промышленного производства, возведением новых заводов, фабрик, рудников, приисков, проектированием и строительством железных дорог, портов, возникновением совершенно новых промышленных центров в отдаленных районах страны.

Колоссальные пространства России способствовали формированию своего особого взгляда на изучение и освоение отдаленных регионов страны. Первыми специалистами на массовом строительстве инженерных, прежде всего линейных, сооружений были классические геологи (И.В. Мушкетов,

В.А. Обручев, А.П. Павлов, Д.Л. Иванов, К.И. Богданович). В их задачу входило всестороннее географическое, геологическое, климатическое, биологическое и хозяйственно-экономическое изучение отдаленных территорий, установление оптимального пути прокладывания дорог и расположение поселений на вновь выявленных месторождениях. Отметим, что все вышеназванные замечательные русские геологи были широко образованными академическими учеными, прекрасно понимавшими важность комплексного (уместнее применить термин ***государственного***) изучения страны.

Необходимо отметить, что в мировой геологической и строительной практике того времени начали формироваться два направления в подходах изучения геологической среды для строительства сооружений, которые определялись практическими задачами стоящими перед специалистами стран типа монархий Бенилюкса и империями уже десятилетиями осуществлявшими активную территориальную и экономическую экспансию (Великобритания, Франция, Россия). Эти направления условно обозначим как **«имперский»** и **«европейский»**. Большое значение имело различия инженерных и геологических школ этих стран.

По «имперскому» сценарию развивалось изучение территорий колоний в Британской империи (Канада, Индия, Австралия) и отчасти во Французской республике (ее африканские заморские территории). В силу того, что империи рассматривали свою периферию, прежде всего как сырьевые придатки, они имели сильные геологические школы с многолетними традициями и мощный инженерный корпус.

Естественно, геологи, вовлеченные в «строительное проектирование», прежде всего, занимались стратиграфией, палеонтологией, литологией и поиском месторождений полезных ископаемых. Не могли они игнорировать и геоморфологию, в том числе, современные геологические процессы: оползни, обвалы, карст, вечную мерзлоту, инженерную геодинамику в современном понимании этого термина. Поэтому их отчеты по результатам исследований были по существу геологическими, и лишь в конце давалась краткая справка о возможности строительства того или иного объекта и практические рекомендации по их осуществлению. Впрочем, региональные, а порой и межрегиональные задачи, стоящие перед геологами, такой подход оправдывал.

Классическим представителем этого направления был один из первых инженеров-геологов России Дмитрий Львович Иванов, который на втором съезде практических геологов в 1912 г. впервые применил термин «инженерная геология».

«Европейское» направление характерно для стран северной и центральной Европы: Швеции, Нидерландов, Бельгии, и отчасти Германской империи. Эти страны ограничивались, как правило, локальными задачами в пределах своих территорий и за исключением Германии своей геологической школы не имели. Небольшие пространства, схожесть геологического строения страны, хорошая геологическая изученность территории и отсутствие задач по поиску полезных ископаемых выдвигали на первый план вопросы узкоспециальные: свойства грунтового основания, его взаимодействие с фундаментом сооружения и другие специфические вопросы строительного дела. Соответственно, обоснование строительства ранжировалось по совершенно другому принципу: минимум геологии и максимум информации по расчетам фундамента и осадкам.

Следует отметить, что под геотехникой в изначальном смысле этого термина подразумевались технические методы безопасного строительства фундамента либо, в меньшей степени, устройства полотна железных дорог, и развивалось это направление в основном в крупных городах при строительстве ответственных сооружений. Одним из первых отечественных геотехников был профессор института путей сообщения Валериан Иванович Курдюмов, который в 1889 г. в монографии «Краткий курс оснований и фундаментов» говорил о них как об одном из направлений строительного искусства.

Ярчайшим представителем европейского направления в России был один из основоположников мировой геотехники профессор института путей сообщения Л.Н. Бернацкий, который в 1916 г. опубликовал классический труд «Деформации земляного полотна», в котором попытался объединить геологию и строительство в новую науку — геотехнику. Итогом его работ стала выпущенная в 1935 г. монография «Прикладная геотехника».

Мощнейший импульс развитию геотехники, безусловно, дали работы К.Терцаги, обобщенные в фундаментальной монографии «Механика грунтов» (1923 г.). Разрабатываются и внедряются в практику лабораторные и полевые методы определения механических и физических свойств. Классическим примером геотехнического подхода можно назвать метод динамического зондирования (SPT), появившийся из задачи знать глубину внедрения свай или одометры и приборы плоскостного среза. Отличает эти методы эмпирический подход, а в подтянутые к ним теоретические формулы авторы всегда включают эмпирические коэффициенты.

Параллельно с геотехническим подходом в российской геологической школе развивается общее представление о геологии применительно к строительству — инженерная

геология, которая в общих чертах сформированная трудами академика Федора Петровича Саваренского, который в 1939 г. писал: «Инженерная геология является отраслью геологии, трактующая вопросы приложения геологии к инженерному делу». Как альтернатива механическому подходу в исследовании грунтов, по мере систематического накопления информации знания об их составе, строении и свойствах выделились в отдельную дисциплину, и в России впервые в мире сформировалась новая наука геологического цикла — грунтоведение. Ее становление с 1923 г. связано именами выдающихся русских ученых минералога П.А. Земятченского и почвоведов В.В. Охотина и М.М. Филатова.

В России, в силу уникальности своего географического положения, сложились и параллельно развивались оба эти направления. Геотехника в крупных городах европейской части России (Санкт-Петербург, Москва, Киев, Харьков), а инженерная геология при последовательном изучении и освоении всей территории страны и планировании комплексного развития той или иной территории. Развитию этих двух взаимосвязанных, но несколько различных подходов в середине 30-х годов положил конец выбор самобытного социально-экономического пути развития СССР.

Окончательно инженерно-геологический подход в СССР возобладал в конце 40-х гг. XX в., когда произошло разделение объектов и субъектов изучения верхней части земной коры для строительства зданий и сооружений. Инженерная геология в составе грунтоведения, инженерной геодинамики и региональной инженерной геологии вполне естественно заняла свое законное место в системе наук о Земле (естественные науки). Весь комплекс вопросов, связанных с проектированием и расчетом оснований и фундаментов, а также механика грунтов — строительная дисциплина, изучающая грунты основания и их взаимодействие с сооружениями вполне естественно отнеслись к техническими науками.

В соответствии с этим, инженерными изысканиями в СССР с 1962 г. стали заниматься в основном в мощной системе территориальных трестов инженерно-геологических изысканий (ТИСИЗ). А собственно геотехникой (не называя ее этим термином) в многочисленных специализированных ГипроНИИ (Гидропроект, ЛенморНИИпроект и др.), которые помимо отделов инженерных изысканий имели своем составе большие проектные подразделения.

Такое разделение привело к серьезному отрыву инженеров геологов от задач проектирования, а с учетом того, что профильные кафедры ВУЗов более полувека не ведут крупных проектно-изыскательских работ, студентов они готовят не столько как инженеров-геологов, а как геологов инженеров.

В настоящее время в связи с актуализаций основного руководящего нормативного документа в сфере практической деятельности СП 47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» в состав изысканий наряду с основными ее видами (инженерно-геодезическими и инженерно-геологическими) введено понятие «инженерно-геотехнические изыскания», что вызвало резко негативную реакцию подавляющего числа ведущих ученых и части специалистов производственных организаций, работающих в области инженерных изысканий.

Очевидно, вопрос заключается в определении геотехники как науки со всеми вытекающими отсюда последствиями: предмет, объект исследования, решаемые задачи и т.д.

Совершенно необходимо инициировать максимально широкую дискуссию по этому вопросу с привлечением самого широкого круга специалистов, непосредственно занимающимися инженерными изысканиями, включая инженеров-проектировщиков.

Хансиварова Н.М.[1], Скнарина Н.А.[2]
[1]Геолого-географический факультет Южного федерального университета,
[2]филиал «АИИС-Ростов-на-Дону», Ростов-на-Дону,
n.khansivarova@yandex.ru

ГОСТ 25100-2011 И НОВОЕ В ПОСТРОЕНИИ РАСЧЕТНОЙ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА

Приказом № 190-ст от 12 июля 2012 г. введен актуализированный стандарт **ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация.**

Новая редакция классификации грунтов, в основу которой положен характер структурных связей, несомненно, имеет огромное научное значение и открывает широкие возможности для изыскателей-практиков. Однако, некоторые новые положения ГОСТа требуют серьезного научного осмысления и пересмотра организации и проведения инженерно-геологических изысканий. Особое внимание изыскателей южного региона России, в пределах которого широко распространены просадочные грунты, привлекли изменения в разделе «Б.2 Разновидности дисперсных грунтов».

В окончательной редакции стандарта по относительной деформации просадочности e_{sl} (ГОСТ 23161) глинистые грунты подразделяют согласно таблице Б.22. по пяти градациям (таблица 1).

Таблица 1

Разновидность грунтов	**Относительная деформация просадочности ε_{sl}, д. е.**
Непросадочный	$\varepsilon_{sl} < 0,01$
Слабопросадочный	$0,01 \le \varepsilon_{sl} \le 0,03$
Среднепросадочный	$0,03 < \varepsilon_{sl} \le 0,07$
Сильнопросадочный	$0,07 < \varepsilon sl \le 0,12$
Чрезвычайно просадочный	$\varepsilon_{sl} > 0,12$

До утверждения нового стандарта просадочные грунты по данному показатель разделялись только на две разновидности: просадочные ($e_{sl} > 0,01$) и непросадочные ($e_{sl} < 0,01$). Таким образом, ранжирование грунтов по по просадочным свойствам существенно усложнилось. В настоящем сообщении авторы попытались продемонстрировать, насколько значительные изменения произошли в существующей расчетной геомеханической модели, при новом подходе к выделению разновидностей дисперсных грунтов по относительной деформации просадочности e_{sl}.

Для достижения поставленной цели нами был проведен сравнительный анализ существующей расчетной геомеханической модели объекта и новой — построенной для этого же объекта.

Инженерно-геологические условия площадки изысканий

В качестве примера выбрана проектируемая трасса газопровода расположеного между населенными пунктами Кагальник и Взаимообрыв Азовского района Ростовской области. В геоморфологическом отношении изучаемая территория расположена в пределах левобережной долины р. Дон и приурочена к левобережной надпойменной террасе р.Кагальник и прибрежной зоне Таганрогского залива. Рельеф полого-на-

клонный. Абсолютные отметки поверхности понижаются в юго-восточном напрвлении в сторону Таганрогского залива от 36,20 до 20, м.

В геологическом строении площадки до глубины 5,0–13,0 м принимают участие четвертичные делювиальные суглинки; в южной части террасы распространены аллювиальные глины, суглинки, подстилаемые песками. На площадке изысканий выделено 6 инженерно-геологических элементов.

ИГЭ-1н (tQ_{IV}) — насыпной грунт — суглинок темно-серый, твердый с галькой (10–20 %), Мощность слоя 0,5–1,8 м;

ИГЭ-1 (aQ) — глина серая, зеленовато-серая, легкая, пылеватая, тугопластичная, непросадочная, незасоленная, с включениями карбонатов, гипса;

ИГЭ-2 (aQ) — суглинок серый, тяжелый, пылеватый, полутвердый, непросадочный, незасоленный, ненабухающий, с включениями карбонатов, гипса;

ИГЭ-3 (dQ) — суглинок желто-бурый, пылеватый, твердый, просадочный, с включением карбонатов, гипса;

Таблица 2

Нормативные и расчетные значения физико-механических свойств грунтов РГЭ-3

Характеристики грунтов	Ед. измерения	Число определений	Нормативное значение	Расчетное значение при вероятности		Минимальное	Максимальное	Среднее квадр. отклонение.	Коэф.вариации
				0,85	0,95				
Влажность	%	42	17,8			14,2	22,0	0,019	0,105
Плотность	г/см^3								
частиц грунта	г/см^3	42	2,69			2,69	2,69	0	0
грунта	г/см^3	42	1,69	1,68	1,67	1,510	1,810	0,073	0,043
сухого грунта	г/см^3	42	1,43			1,32	2,69		
Пористость	%	42	46,7			43,2	50,9		
Коэффициент пористости	д.е.	42	0,878			0,762	1,038		
Коэффициент водонасыщения	д.е.	42	0,549			0,369	0,728		
Показатель текучести	д.е.								
природного грунта		42	-0,225			-0,562	0,055		
при Sr =0,9		42	0,636			0,338	0,984		
при Sr =1,0		42							
Пределы пластичности	%								
граница текучести		42	34,3			29	39,8	0,025	0,073
граница раскатывания		42	20,9			18,4	23,5	0,012	0,057
число пластичности		42	13,4			10,6	16,3		
Общий модуль деформации	МПа								
природного грунта		21	16	15,0		10	23,34	3,041	0,27
водонасыщенного грунта		19	4,6	4,3		2,86	6,67	1,074	0,28
Степень изменчивости сжимаемости	д.е.		3,5						
Неконсолидированный срез									
удельное сцепление	МПа	8	14	13	12	10	18	0,003	0,19
угол внутреннего трения	град.	8	23,3	22,3	21,6			0,050	0,11

ИГЭ-4 (dQ) — суглинок бурый, тяжелый, пылеватый, твердый, непросадочный, ненабухающий.

ИГЭ-5 ((dQ) — песок

Грунтовые воды вскрыты только в южной части трассы проектируемого газопровода на глубине 1,6–3,0 м (абс. от. –0,70 – +1,5 м). На остальной территории грунтовые воды вскрыты не были.

Специфические грунты — просадочные суглинки РГЭ-3 распространены от ПК 47 + 50 до конца трассы проектируемого газопровода.

В соответствии с приложением Б СП 11-105-97 по совокупности факторов и преимущественному влиянию просадочных свойств грунтов (I тип), площадка относится к III категории сложности инженерно-геологических условий.

Расчетная геомеханическая модель объекта № 1 (существующая)

Для получения нормативных и расчетных значений показателей свойств грунтов выполнены статистические расчеты в соответствие с ГОСТ 20522-96. При этом учитывался характер пространственной изменчивости показателей свойств грунтов. В качестве критерия степени их изменчивости использованы коэффициенты вариации, рекомендованные ГОСТ 20522-96. На основании результатов статистической обработки показателей свойств грунтов и в соответствии с классификацией их (ГОСТ 251000-95) выделены следующие расчетные грунтовые элементы (РГЭ):

- в пределах ИГЭ-1н расчетный элемент не выделялся. Насыпной грунт — суглинок темно-серый, твердый с галькой (10 - 20 %);

Таблица 3

Относительная деформация просадочности грунтов РГЭ-3

Скважина	Глубина, м	Относительная деформация просадочности ε_{sl}, д. е.	Разновидность грунтов (ГОСТ 25100-2095)	Разновидность грунтов (ГОСТ 25100-2011)
22	2,0	0,052	просадочный	среднепросадочный
22	3,0	0,057	просадочный	среднепросадочный
22	4,0	0,053	просадочный	среднепросадочный
22	5,0	0,039	просадочный	среднепросадочный
34	1,0	0,059	просадочный	среднепросадочный
34	2,0	0,075	просадочный	сильнопросадочный
34	3,0	0,079	просадочный	сильнопросадочный
34	4,0	0,062	просадочный	среднепросадочный
34	5,0	0,034	просадочный	среднепросадочный
38	1,0	0,093	просадочный	сильнопросадочный
38	2,0	0,062	просадочный	среднепросадочный
38	3,0	0,086	просадочный	сильнопросадочный
38	4,0	0,074	просадочный	сильнопросадочный
46	1,0	0,051	просадочный	среднепросадочный
46	2,0	0,054	просадочный	среднепросадочный
46	3,0	0,060	просадочный	среднепросадочный
46	4,0	0,017	просадочный	слабопросадочный
46	5,0	0,029	просадочный	слабопросадочный
46	6,0	0,027	просадочный	слабопросадочный
46	7,0	0,031	просадочный	среднепросадочный
46	8,0	0,011	просадочный	слабопросадочный

Таблица 4

Нормативные и расчетные значения РГЭ-3 (1, 2, 3)

Характеристики грунтов	Ед. измерения	РГЭ-3		РГЭ-3 (1)слобопросадочные		РГЭ-3 (2)среднепросадочные		РГЭ-3 (3)сильнопросадочные	
		Количество определений	Нормативне значение	Количество определений	Нормативне значение	Количество определений	Нормативне значение	Количество определений	Нормативне значение
Влажность	%	44	17,8	7	18,9	26	17,0	10	16,0
Плотность	г/см^3								
частиц грунта	г/см^3	42	2,69	7	2,69	26	2,69	10	2,69
грунта	г/см^3	42	1,69	7	1,72	26	1,68	10	1,64
сухого грунта	г/см^3	42	1,43	7	1,44	26	1,43	10	1,41
Пористость	%	42	46,7	7	46,3	26	46,7	10	47,4
Коэффициент пористости	д.е.	42	0,878	7	0,86	26	0,88	10	0,91
Коэффициент водонасыщения	д.е.	42	0,549	7	0,59	26	0,52	10	0,47
Показатель текучести	д.е.								
природного грунта		42	-0,225	7	-0,15	26	-0,30	10	-0,35
при Sr =0,9		42	0,636	7	0,58	26	0,62	10	0,76
при Sr =1,0		42		7	0,82	26	0,86	10	1,02
Пределы пластичности	%								
граница текучести		42	34,3	7	34,6	26	34,7	10	33,3
граница раскатывания		42	20,9	7	21,0	26	21,1	10	20,4
число пластичности		42	13,4	7	13,6	26	13,6	10	12,9
Общий модуль деформации	МПа								
природного грунта		21	16	4		11		6	
водонасыщенного грунта		19	4,6	4		9		6	
Степень изменчивости сжимаемости	д.е.		3,5						
Неконсолидированный срез									
удельное сцепление	МПа	8	14	2		4		2	
угол внутреннего трения	град.	8	23,3	2		4		2	

- в пределах ИГЭ-1 выделен РГЭ-1 — глина легкая пылеватая тугопластичная, непросадочная, незасоленная, ненабухающая;
- в пределах ИГЭ-2 выделен РГЭ-3 — суглинок тяжелый пылеватый полутвердый, непросадочный, незасоленный, ненабухающий;
- в пределах ИГЭ-3 выделен РГЭ-3 — суглинок тяжелый, пылеватый, твердый, просадочный, ненабухающий, незасоленный;
- в пределах ИГЭ-4 выделен РГЭ-4 — суглинок тяжелый, пылеватый, твердый, непросадочный, незасоленный.
- в пределах ИГЭ-5 выделен РГЭ-5 — песок

В связи с тем, что целью сообщения является анализ изменений геомеханической модели только в просадочной ее части, нормативные и расчетные значения показателей свойств грунтов приведены только для просадочных грунтов РГЭ-3. В соответствии с ГОСТ 25100-95 грунты не засолены. Компрессионный модуль деформации просадочных грунтов РГЭ-3 расчитан по результатам лабораторных исследований в интервале давлений 0,05–0,15 МПа. Для получения значений модуля общей деформации в значение компрессионного модуля введен коэффициент mk принятый из корреляционной зависимости $m_k = f(E_k; I_l)$ (методика «РостовДонТИСИЗ»). Удельное сцепление и угол внутреннего трения этих грунтов приняты по результатам лабораторных определений по схеме неконсолидированного-недренированного среза.

Нормативные и расчетные значения физико-механических свойств и относительная просадочность грунтов РГЭ-3 приведены в таблицах 2 и 3. На рисунке 1 приведено графическое построение геомеханическое модели.

Расчетная геомеханическая модель объекта № 2 (новый подход)

По результатам проведенных исследований просадочных свойств грунтов РГЭ-3 и в соответствие с ГОСТ 25100-2011 выделенный ранее единый РГЭ-3 разделился на 3 РГЭ. Таким образом выборка, содержащая 44 частных значения распадается на 3, что вызывает необходимость пересчета всех классификационных показателей и возможно, выделение новых разновидностей грунта. На основании результатов статистической обработки показателей свойств грунтов и в соответствии с классификацией их (ГОСТ 251000-11) выделены следующие расчетные грунтовые элементы (РГЭ):

- в пределах ИГЭ-1н расчетный элемент не выделялся. Насыпной грунт — суглинок темно-серый, твердый с галькой (10 - 20 %);
- в пределах ИГЭ-1 выделен РГЭ-1 — глина легкая пылеватая тугопластичная, непросадочная, незасоленная, ненабухающая;
- в пределах ИГЭ-2 выделен РГЭ-3 — суглинок тяжелый пылеватый полутвердый, непросадочный, незасоленный, ненабухающий;
- в пределах ИГЭ-3 выделен:
- РГЭ-3 (1) — суглинок тяжелый, пылеватый, твердый, **слабопросадочный**, ненабухающий, незасоленный;

- РГЭ-3 (2) — суглинок тяжелый, пылеватый, твердый, **среднепросадочный**, ненабухающий, незасоленный;
- РГЭ-3 (3) — суглинок тяжелый, пылеватый, твердый, **сильнопросадочный**, ненабухающий, незасоленный.
- в пределах ИГЭ-4 выделен РГЭ-4 — суглинок тяжелый, пылеватый, твердый, непросадочный, незасоленный.
- в пределах ИГЭ-5 выделен РГЭ-5 — песок

Следовательно, в новом варианте расчетной геомеханической модели объекта добавились 2 дополнительных РГЭ. Всего 7 РГЭ.

Нормативные и расчетные значения вновь выделенных РГЭ-3 (1, 2, 3) приведены в таблице 4. На рисунке 2 приведено графическое построение новой геомеханическое модели.

Выводы:

На основании сравнительного анализа существующей расчетной геомеханической модели объекта и новой, построенной с учетом новых критериев выделения разновидностей дисперсных грунтов по относительной деформации просадочности получено следующее.

1. РГЭ-3, характеризующийся в существующей модели как суглинок тяжелый, пылеватый, твердый, **просадочный**, ненабухающий, незасоленный в новой модели разделился на 3 разновидности, а именно:

РГЭ-3 (1) — суглинок тяжелый, пылеватый, твердый, **слабопросадочный**, ненабухающий, незасоленный;

РГЭ-3 (2) — суглинок тяжелый, пылеватый, твердый, **среднепросадочный**, ненабухающий, незасоленный;

РГЭ-3 (3) — суглинок тяжелый, пылеватый, твердый, **сильнопросадочный**, ненабухающий, незасоленный.

2. По всем классификационным показателям (кроме относительной деформации просадочности) выделенные новые разновидности соответствуют ранее выделенному РГЭ-3.

3. Наблюдается усложнение расчетной геомеханической модели. Новые выделеные разновидности грунта требуют дополнительного исследования и уточнения некоторых свойств. Например, не представляется возможным достоверно охарактеризовать прочностные и деформационные свойства грунтов РГЭ-3 (1) и РГЭ-3 (3) из-за недостатка полевых и лабораторных исследований. Таким образом, более детальное ранжирование просадочных толщ грунтов по относительной деформации просадочности потребует дополнительного опробования грунтовых массивов и проведения лабораторных исследований прочностных и деформационных свойств просадочных грунтов.

Толмачёв В.В.
ОАО «Противокарстовая и береговая защита», Дзержинск, altolm@sinn.ru

КАРСТОВЫЙ РИСК В СВЕТЕ ТРЕБОВАНИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ЗАКОНОВ РОССИИ

Проблема оценки карстовых рисков в России является весьма актуальной. Здесь имеются регионы, где из природных процессов карст представляет основную опасность для строительных объектов. Закарстованные территории в России существуют в 90% регионов. Наиболее карстоопасными являются Нижегородская, Тульская области, Пермский край, республики Мари Эл, Башкортостан и Татарстан. Примерно 30% городов страны существенно подвержены негативному влиянию карстовых процессов. Повреждения и разрушения промышленных и жилых зданий имели место в Москве, Нижнем Новгороде, Дзержинске, Казани, Уфе, Туле, Березниках, Кунгуре и в других населённых пунктах.

Аварийные ситуации неоднократно происходили на железных дорогах (Горьковская, Свердловская, Куйбышевская, Московская ж.д. и др.). При реализации программы высокоскоростного движения поездов негативное влияние карста должно приниматься во внимание как один из важных факторов, влияющих на безопасность.

Карстовые процессы создают серьёзную и весьма специфичную проблему при проектировании и эксплуатации, а также при ликвидации полигонов хранения промышленных и бытовых отходов. Основная опасность здесь заключается в высокой вероятности интенсивного и глубокого загрязнения геологической среды. Мало того, имеют место случаи несанкционированного заполнения отходами карстовых воронок, что вызывает проблемы не только экологического, но и юридического характера.

Серьёзные аварии вследствие карстовых деформаций имели место при эксплуатации магистральных трубопроводов. Их специфика заключается в том, что аварии могут произойти не столько вследствие провалов, сколько вследствие постепенных обширных оседаний. При этом чаще всего основной ущерб связывается с вероятностью загрязнения окружающей среды. В связи с этим полезно вспомнить дискуссию вокруг проектирования нефтепровода ВСТО.

Целый комплекс специфичных проблем возникает при расположении атомных электростанций (АЭС) на закарстованных территориях. Например, оценка карстовой опасности для основных сооружений АЭС просто не имеет смысла без должного учёта техногенных воздействий на геологическую среду. Достаточно жёсткие нормативные требования национальных и международных стандартов (МАГАТЭ) по проектированию АЭС в карстовых районах в принципе гарантируют обеспечение безопасности, соответствующей чрезвычайно низкому допустимому риску. Однако, в настоящее время проблема заключается в практической реализации нормативных требований на всех стадиях жизненного цикла атомной электростанции, прежде всего, на стадиях выбора участка для размещения АЭС, инженерных изысканий и объективной оценки карстового риска. Именно на этих стадиях имеют ошибки принципиального характера.

Оценка карстового риска имеет смысл лишь в рамках единой системы «Карстовый процесс — инженерная, экономическая и природоохранная деятельность».

В Федеральном законе «О техническом регулировании» под понятием «риск» понимается вероятность причинения вреда жизни или здоровью людей, имуществу, окружающей среде с учётом тяжести этого вреда. Это определение в значительной мере соответствует концепции ООН «Sustainable development», декларируемой в “Градостроительном кодексе Российской Федерации» как «устойчивое развитие». С учётом этого, под **карстовым риском** понимается вероятность причинения вреда жизни или здоровью людей (социальный ущерб), сооружениям и имуществу (экономический ущерб) и окружающей среде (экологический ущерб) вследствие негативного влияния карстового процесса. Негативное влияние карста при инженерно-строительном освоении закарстованных территорий может иметь несколько аспектов, или типов карстовой опасности (см. СП 116.13330.2012).

В таких Федеральных законах, как «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и «Об охране окружающей среды», содержатся требования о необходимости оценки природных и природно-техногенных («экологических») рисков и сравнения их с допустимыми рисками.

Для реализации этих требований в проектно-изыскательской практике необходимо проведение специальных научных исследований применительно к различным природным опас-

ностям с учётом особенностей тех или иных строительных объектов. К сожалению, целенаправленная программа такого рода научно-исследовательских работ пока отсутствует. При проведении исследований, по мнению автора, следует ответить на такие частные вопросы, как:

-Как назначать расчётный срок прогнозирования риска опасных процессов с учётом этапов жизненного цикла сооружений и интересов настоящего и будущего поколений?
-Как назначать допустимый риск?
-Допустимо ли понятие «остаточный риск» и если «да», то какие требования необходимо устанавливать к проектно-изыскательской деятельности, собственнику строительного объекта, страховой компании и другим заинтересованным организациям?

В связи с этими, или подобными вопросами, ещё раз следует поставить вопрос о целесообразности **обязательного страхования** строительных объектов на карстовые риски, как это делается, например, в наиболее карстоопасных штатах США (Флорида, Теннеси). На основе американского опыта можно ожидать, что страховые компании могут быть даже заинтересованы в финансировании специальных «карстологических» исследований. В нашей стране разработаны принципы оценки **карстово-провального риска**, что может быть (согласно Федеральному закону «Об организации страхового дела в РФ») условием страхования строительных объектов на территориях, где основная опасность обусловлена **вероятностью** образования карстовых провалов. Несмотря на это, к сожалению, опыта страхования на карстовые риски в России нет.

Практика хозяйственного освоения территорий с опасными природными процессами настоятельно требует активизации научно-практической деятельности в этом направлении. В последнее время Правительство России неоднократно обращало внимание на это обстоятельство. При необходимости, мы можем внести посильную лепту в этом направлении.

Миронюк С.Г., Чуркин О.Ф.
ООО «Питер Газ», Москва, mironyuk.sg@petergaz.com

МЕТОДИЧЕСКИЕ И НОРМАТИВНЫЕ НЕДОСТАТКИ В ДОКУМЕНТАХ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИХ ГИДРОГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА НА МОРСКИХ АКВАТОРИЯХ

Рассмотрено современное состояние вопроса об обеспеченности организаций, выполняющих морские инженерные изыскания нормативными документами, регламентирующими гидрографические работы и инженерно-геологические изыскания, в том числе в глубоководных зонах Мирового океана. Учитывая ведущиеся и планируемые широкомасштабные инженерные изыскания для строительства морских газо- и нефтепромысловых сооружений, прокладки оптоволоконных кабелей, вопросы их навигационно-гидрографического и инженерно-геологического обеспечения весьма актуальны.

В сложившейся ситуации практически полного отсутствия нормативов по изысканиям на континентальном склоне и абиссали, российские компании, выполняющие заказы на проведение работ названных видов, вынуждены разрабатывать для каждого конкретного проекта специальные технические условия (СТУ). За основу СТУ часто принимают зарубежные стандарты, а также Свод правил СП 11-114-2004 «Инженерные изыскания на континентальном шельфе для строительства морских нефтегазопромысловых сооружений». Но, указанный документ, во-первых, не распространяется на инженерные изыскания для строительства подводных трубопроводов, и, во-вторых, область его применения ограничена шельфом. Создание СТУ становятся нормой, что категорически неправильно.

Предлагается обновить (актуализировать) указанный Свод правил, с учетом разрабатываемого в настоящее время международного стандарта «Marine Soil Investigation» (Исследование морских грунтов), изменений в области стадийности проектирования, актуализированных редакций СНиП, ужесточения требований в области охраны окружающей среды при производстве инженерных изысканий на акватории, зарубежного и отечественного опыта глубоководных изысканий.

В обновленном СП необходимо расширить область применения документа (шельф и исключительная экономическая зона РФ), распространить его действие не только на инженерные изыскания для строительства площадных морских сооружений, но и на таковые для постройки линейных объектов.

В разделе «Инженерно-геологические изыскания» целесообразно обосновать необходимость дорогостоящих буровых работ в глубоководных зонах Мирового океана и условия их заменяемости пробоотбором, более четко описать технологию отбора и методы определения прочностных параметров скальных грунтов, залегающих на больших глубинах и крутых склонах, аргументировать дополнительные требования к изысканиям в районах распространения гидратоносных пород. Имеет смысл включить в состав рассматриваемого раздела рекомендации о применении в инженерных изысканиях необитаемых подводных аппаратов. Раздел «Дополнительные требования к изысканиям в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов» должен содержать требования к организации геодинамического мониторинга на месторождениях нефти и газа, а также рекомендации по изучению вторичных сейсмических эффектов. В указанный раздел следует включить также положение о необходимости оценки частоты (повторяемости) опасных экзогенных процессов (оползней, гравитационных потоков). При определенной величине данного параметра тот или иной геологический процесс можно не учитывать в проекте (СТО Газпром 2-3. 7-050-2006 (DNV –OS-F-101)).

Зиангиров Р.С.- Каширский В.И.[2]
[1] ООО «ГрандГЕО», Москва, grandgeo @grandgeo.ru
[2] ООО «ГрандГЕО», Пушкино, Московской обл. kvi4908@gmail.com. kvi@grandgeo.ru

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦИИ ГРУНТОВ

Статья посвящена проблемам определения модуля деформации грунтов полевыми и лабораторными методами. Выполнен сравнительный анализ методов и методик проведения испытаний и зависимостей, предлагаемых различными авторами, а также предлагается введение новых коэффициентов и

поправок для учета, размеров фундамента, изменения свойств грунтов с глубиной и по горизонтали, временных поправок, учитывающих продолжительность опыта и эксплуатации сооружения. Обращается внимание на необходимость разработки нормативной документации по дочетвертичным грунтам, а также предлагается переход к разработке региональной нормативной документации по инженерным изысканиям для строительства.

Введение

Модуль деформации характеризует способность тел деформироваться (изменять свои размеры и форму) под действием механических напряжений. В основе определения модуля деформации лежит закон Гука, связывающий для упругих тел в условиях одноосного сжатия (растяжения) величину относительной деформации ε_Z и приложенное механическое напряжение σ_Z:

$$\sigma_Z = E\,\varepsilon_Z,$$

где E — модуль деформации, обычно выражаемый в *МПа.*

В практике инженерных изысканий существуют прямые и косвенные методы определения величины модуля деформации, которые в свою очередь делятся на полевые и лабораторные методы, в зависимости от условий нагружения (напряженного состояния).

На рис. 1 показаны кривые зависимости «деформация-напряжение» для трех основных видов испытаний грунтов и определения параметров деформируемости — модулей дефор-

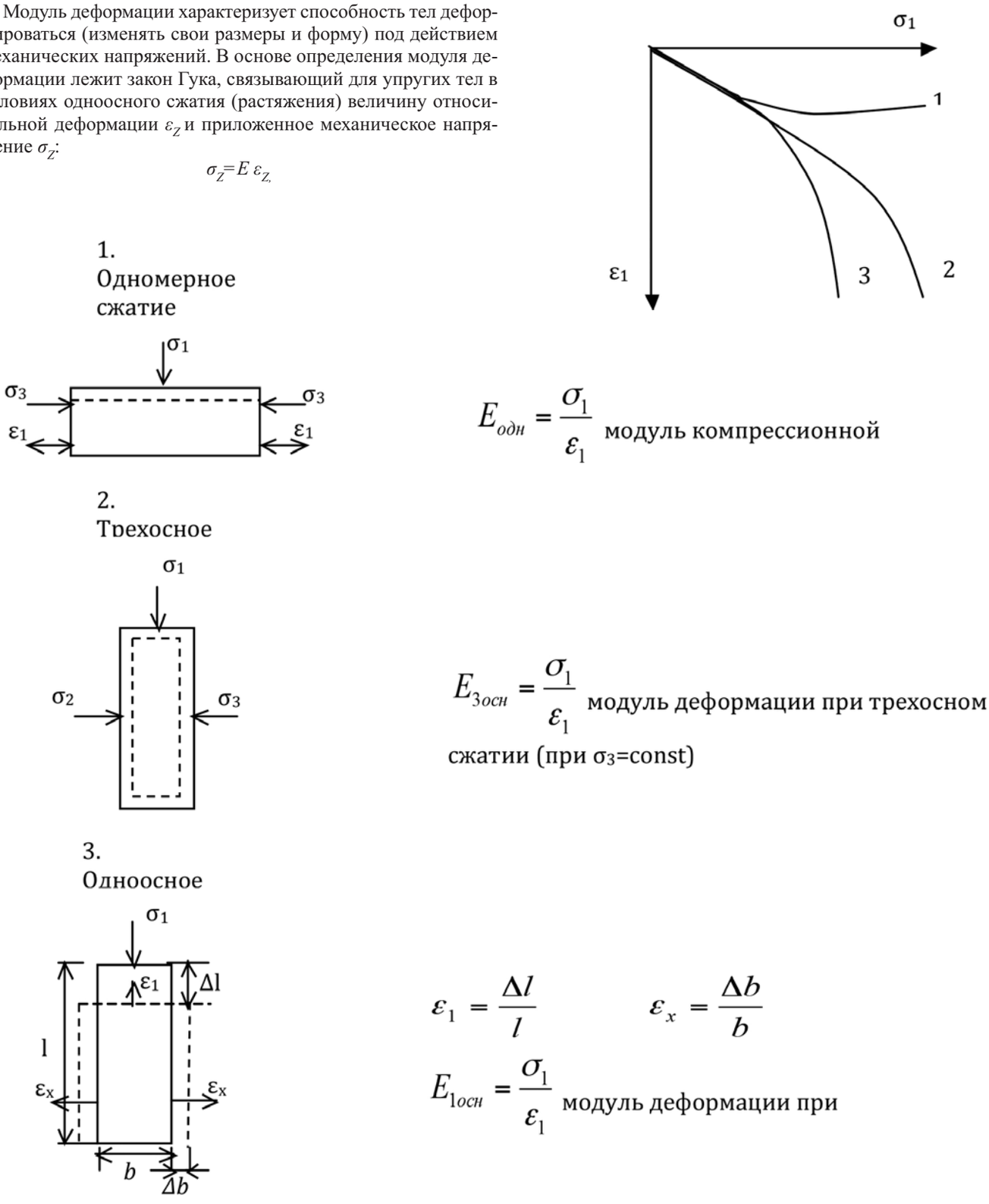


Рис. 1. Кривые "деформация-напряжение" для трех видов испытаний и определение параметров деформируемости грунтов для линейной части кривых ε — σ

мации. Получаемые при таких испытаниях значения модулей деформации не равны друг другу, хотя в пределах линейной зависимости ε — σ могут быть близки по величине.

Кривая зависимости ε — σ 1 соответствует условию компрессионного сжатия, т.е. деформации без возможности бокового расширения и в первом приближении отвечает деформации слоя грунтов, когда толщина слоя значительно меньше размеров загружаемого фундамента — основание плитного фундамента, плотины и т.п.

Кривая зависимости *ε — σ 2* соответствует случаю нагружения грунтового основания фундаментом, размеры которого соизмеримы с толщиной слоя грунтов, что делает возможным боковые деформации грунта. Это наиболее общий случай деформирования грунтового массива как основания фундамента.

Кривая зависимости *ε — σ 3* соответствует условию одноосного нагружения, возникающего при нагружении образца твердого тела (грунта). Данное напряженное состояние не имеет места в основании фундаментов зданий и сооружений и используется для определения модуля деформации скальных грунтов и твердых глин с целью получения корреляционных зависимостей с другими параметрами, характеризующими строение и свойства грунтов.

Прямые методы определения модуля деформации грунтов делят на полевые и лабораторные.

К лабораторным методам определения модуля деформации относят перечисленные на рисунке 1 методы.

К полевым методам определения *E* относят два основных метода: метод нагружения штампа E_{pl} и прессиометрический метод E_{pr}.

При помощи нагружения жесткого штампа, устанавливаемого на определенной глубине в массиве грунта, получают модель работы грунтового массива основания фундамента, в связи с чем этот метод считается эталонным и получаемый модуль деформации используется для прогноза осадок фундаментов и для установления корреляционных зависимостей с модулями деформации, определяемыми другими методами.

Модуль деформации E_{pl} по штамповым испытаниям, рассчитываемый для линейного участка зависимости *S — P* (абсолютная деформация — давление на штамп) по формуле Шлейхера:

$$E_{pl} = (\omega p b\,(1 - \mu)) / s, \quad (1), \qquad (1)$$

где ω — коэффициент формы круглого штампа, равный 0,79;
P– давление;
b — ширина (диаметр) штампа;
μ– коэффициент Пуассона;
S — осадка штампа.

Следует отметить, что различными авторами формула Шлейхера представляется с применением различных поправочных коэффициентов, не оказывающих существенного влияния на расчет модуля деформации [3, с. 84; 5, с. 330; 6, с. 304; 8, с. 308; 9, с. 177]

В настоящее время, в соответствии с п. 5.5.2 ГОСТ 20276-2012 введенного в действие с 1 июля 2013 г. модуль деформации E рекомендуется вычислять по формуле (2)

$$E_{pl} = (1 - v^2)\, K_p K_l\, D(\Delta P / \Delta S) \qquad (2)$$

где *v* — коэффициент поперечного расширения (Пуассона),
K_p — коэффициент, принимаемый в зависимости от заглубления штампа *h/D* (h –глубина расположения штампа относительно дневной поверхности грунта, *см; D* — диаметр штампа, *см*);
K_1 — коэффициент, принимаемый для жесткого круглого штампа равным 0,79;
Δ*P* — приращение давления на штамп, *МПа*
Δ*S* — приращение осадки штампа, соответствующее Δ*P, см* (ГОСТ 20276-2012 «Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости»).

Модуль деформации грунтов прессиометрический E_{pr} рассчитывается для линейного (квазилинейного) участка зависимости изменения объема грунта Δ*V* — давление *P* по формуле:

$$E_{pl} = K_r r_0(\Delta P / \Delta S r), \qquad (3)$$

где K_r — корректирующий коэффициент, определяемый по результатам сопоставительных испытаний грунта штампами типов I-IV и радиальным прессиометром, проводимых не менее чем с двукратной повторностью;
Δ*P* — приращение давления на стенку скважины между двумя точками, взятыми на осредняющей прямой, *МПа*;
Δ*r*– приращение перемещения стенки скважины (по радиусу), соответствующее Δ*P, см* (ГОСТ 20276-2012 «Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости»).

В связи с тем, что при прессиометрическом испытании грунтовый массив (стенки скважины) нагрузки создаются в горизонтальном направлении, для получения величины модуля, сопоставимого с величиной E_{pl} , необходимо вводить поправку на анизотропию, которая действующим ГОСТ 20276-2012, в зависимости от вида грунта может достигать 2 ÷ 5 для грунтов с выраженными анизотропными свойствами при определении коэффициента *Kr* (ГОСТ 20276-2012 «Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости»).

Сопоставление компрессионного модуля деформации E_{oed} с штамповым (эталонным) модулем деформации грунтов E_{pl}

Компрессионный модуль деформации грунтов E_{oed} определяется в лабораторных условиях на образцах грунта, вырезанных из монолитов, отобранных из массива грунтов. Как показывает сравнение фактических осадок фундаментов с рассчитанными с использованием компрессионного модуля деформации, величина осадки оказывается завышенной, что обусловлено тем, что E_{oed}, определенный на образцах в лабораторных условиях, дает заниженное значение модуля деформации. Тогда как расчет осадки фундамента, выполненный с использованием величины штампового модуля деформации

E_{pl} , в большей степени отражает фактическую осадку фундамента.

В связи с этим в практике отечественных изысканий принято приводить компрессионный модуль деформации к штамповому с использованием поправочных коэффициентов:

$$E_{pl} = \beta m_k E_{oed}\,, \qquad (4)$$

где E_{oed} — компрессионный модуль деформации для определенного давления;
β — коэффициент, учитывающий напряженное состояние ;
m_k — эмпирический коэффициент, зависящий от вида грунта, показателя текучести (I_L) и коэффициента пористости *(e)* (обычно от 2 до 6).

Поправка m_k позволяющая приблизить значение E_{oed} к E_{pl}, по умолчанию характеризующему деформацию грунта — основания фундамента, не полностью отражает реальные деформационные свойства грунтов в массиве и нуждается в уточнении.

Так помимо $m_k = f(I_L, e)$ необходимо вводить ряд других поправок.

Таблица 1

Модули деформации, полученные различными методами и коэффициенты перехода от сопротивления грунта внедрению конуса к модулю деформации для верхнеюрских (J_3) глинистых грунтов 2-го квартала микрорайона «Южный» (г. Домодедово)

Наименование грунта	Модуль деформации *E*, МПа						Сопротивление грунта внедрению конуса, qc	Переходный коэффициент, $k = E_p / q_c$
	Компрессионные испытания	Трехосные испытания	Статическое зондирование	Штамповые испытания*	СП22.13330.2011	Рекомендованные значения		
Суглинки полутвердые и тугопластичные	21	-	20	1722	-	21	2,81	7,47
Глины твердые и полутвердые	32	40	27	2737	22	27	3,9	6,92

*Сверху — по 1-й ветви, снизу — по 2-ой ветви нагружения

1. Масштабную поправку m_b — влияние размера фундамента и изменение свойств грунтов с глубиной.

2. m_{str} — структурная поправка, учитывающая изменение свойств грунтов по латерали (в горизонтальном направлении), что может быть очень важно для протяженных фундаментов и для глубоких котлованов.

3. m_t — временная поправка, учитывающая продолжительность опыта и эксплуатации сооружения. Опыт показывает, что значение опытного модуля деформации к значению модуля деформации при длительной осадке фундамента, скажем 50 лет, может быть уменьшено в зависимости от вида грунта на 30–50%.

Принятая во многих инструкциях поправка m_k не является универсальной, пригодна только для корректировки E_{oed} глинистых грунтов в ограниченном диапазоне давлений (0,1–0,2 *МПа*). Для получения m_k в другом диапазоне давлений, что необходимо для современных зданий и сооружений, требуется установление новых значений поправки m_k.

В связи с тем, что такая работа централизованно не выполняется, задача выбора оптимального значения модуля деформации грунтов в массиве становится весьма сложной, и не всегда может быть оптимально решена только силами изыскателей — практиков, которые работают строго по принятым нормативно-методическим документам. Хотя в последние годы по требованию проектировщиков, а нередко и по собственной инициативе изыскатели иногда самостоятельно проводят исследования, позволяющие устанавливать величину поправки m_k для каждой отдельной площадки и учитывать реальные значения действующих напряжений в основании фундамен-

Таблица 2

Региональные корректировочные коэффициенты m_k для четвертичных супесей и суглинков на территории г. Томска

Вид грунта	Показатель текучести IL	Значения m_k при коэффициенте пористости e			
		0,55	0,65	0,75	0,85
Супеси	IL < 0	2,3	2,1	1,8	1,5
	0 ≤ IL ≤ 1	1,7	1,6	1,5	1,2
Суглинки	IL < 0	2,6	2,2	1,9	1,7
	0 ≤ IL ≤ 0,25	2,4	2,1	1,8	1,5
	0,25 < IL ≤ 0,50	2,3	2,0	1,7	1,4
	0,50 < IL ≤ 0,75	2,2	1,9	1,6	1,3
	0,75 < IL ≤ 1	1,9	1,7	1,4	1,2

тов. Так, например ООО «ГрандГЕО» при выполнении комплексных инженерных изысканий в жилом комплексе «Новое Домодедово» (микрорайон «Южный») сверх договорных отношений был выполнен значительный объем полевых работ (параллельные испытания штампами и статическим зондированием) и лабораторных исследований (компрессионные и 3-хосные испытания, с полным комплексом физических свойств) юрских глинистых отложений. Анализ результатов этих исследований показал, что имеется разброс значений поправочных коэффициентов перехода (k) от лобового сопротив-

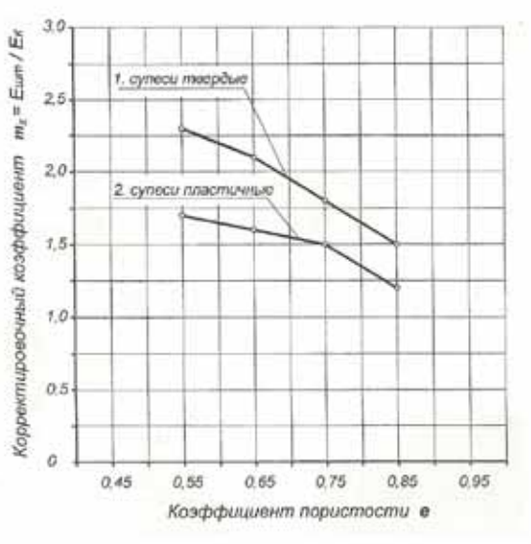


Рис. 2. Графики зависимости корректировочного коэффициента m_k от пористости грунта e для супесей: 1 — твердых; 2 — пластичных

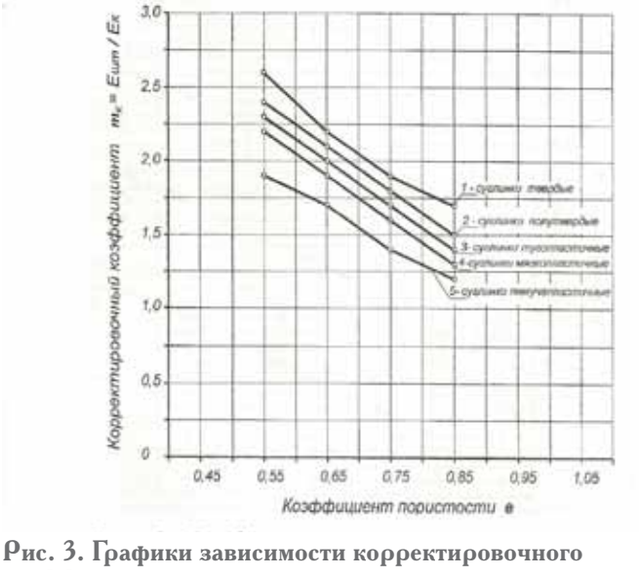


Рис. 3. Графики зависимости корректировочного коэффициента m_k от пористости грунта e для суглинков: 1 — твердых; 2 — полутвердых; 3 — тугопластичных; 4 — мягкопластичных; 5 — текучепластичных

ления (q_c) к модулям деформации (E), полученных различными методами, а также относительно рекомендованных действующим нормативам (см. табл. 1). Более подробно результаты исследований представлены в [4].

Авторами настоящей публикации также неоднократно указывалось на необходимость регионального (территориального) подхода к изысканиям, который должен превалировать над административно-командными способами назначения единых норм без учета местных инженерно-геологических условий от Калининграда до Берингова пролива и от заполярья до субтропиков.

Мы приводили положительный пример рационального подхода к обеспечению инженерно-геологических изысканий нормативной документацией с учетом местных условий на примере региональных нормативов градостроительного проектирования Томской области [7]. На базе длительных и детальных исследований авторы рекомендаций показали, что значения корректировочных коэффициентов m_k могут существенно отличаться от рекомендованных «общесоюзными» нормативными документами и нуждаются в уточнениях с учетом региональных особенностей генезиса, состава, свойств грунтов [7].

Томскими учеными и специалистами представлены региональные m_k, характерные для томских четвертичных супесей и суглинков (табл. 2) [7]. Следует отметить, что авторами не приведены сведения о глинах, которые также должны быть широко распространены в регионе. Несомненно, что при более детальном изучении свойств можно выявить и характерные закономерности для других видов грунтов данной территории, в том числе и для нечетвертичных.

На рисунках 2, 3 представлены графики зависимости корректировочных коэффициентов m_k от коэффициентов пористости e супесей (см. рис. 2) и суглинков (см. рис. 3), характерных для территории г. Томска. Следует отметить, что российские специалисты предпочитают модуль деформации, полученный по результатам штамповых испытаний обозначать «*Ешт*», а модуль деформации, полученный в результате компрессионных испытаний «*Ек*» (см. *рис. 2 и 3*).

Исходя из многочисленных исследований и накопившегося опыта, многие специалисты считают, что необходимо широко внедрять региональный поход к нормотворчеству и вводить в практику изысканий территориальные нормативные документы, естественно, создаваемые на базе федеральных подзаконных актов.

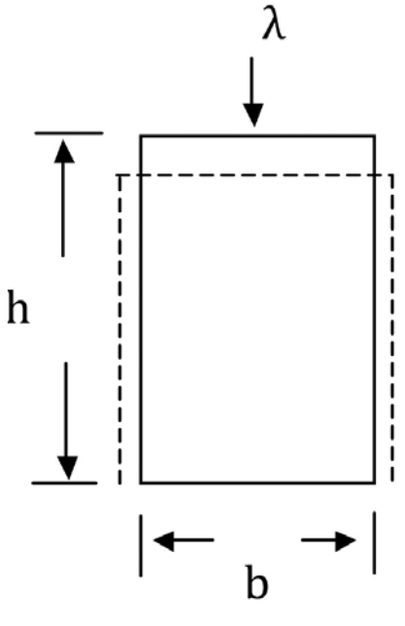


Рис. 4. Схема определения коэффициента Пуассона при одноосном раздавливании.

Значения модуля деформации грунтов

В практике инженерных изысканий следует различать четыре значения E:

Частные значения модуля деформации E_i, получаемые опытным путем.

Нормативные или средние значения модуля деформации

$$E^N = E_m = \frac{\sum_{n}^{n} E_i}{n} \quad (5)$$

Расчетные значения модуля деформации

$$E^R = E_N / K'_3, \quad (6)$$

где K'_3 зависит от доверительной вероятности, обычно $К_3 >$ 1(1,2–1,5);

Значения E принятые в проекте

$$E^{prj} = E^R / K''_3, \quad (7)$$

где K — учитывает уровень ответственности сооружения, сложность инженерно-геологических условий и обычно выбирается проектировщиком после консультаций с геотехниками и изыскателями.

На стадии инженерных изысканий обычно определяют значения E^N и E^R (если это указано в техническом задании).

Коэффициент Пуассона

Коэффициент Пуассона или коэффициент поперечной деформации обозначается буквой греческого алфавита ν (ню) или μ (мю).

Одноосное раздавливание (квадратная призма)

$\varepsilon_2 = \Delta h / h$ вертикальная относительная деформация

$\varepsilon_x = \varepsilon_y = \Delta b / b$ горизонтальная относительная деформация

$\nu = \varepsilon_x = \varepsilon_y = 0 \div 0{,}5$

Коэффициент Пуассона является показателем способности изменения объема грунта в процессе деформирования под действием напряжений. Применяемый в расчетах коэффициент Пуассона относится к упругой деформации. В скальных грунтах ν изменяется в узких пределах $\nu = 0{,}1 – 0{,}3$. В кварцсодержащих грунтах (кварциты) $\nu = 0{,}09 – 0{,}14$. В трещиноватых скальных грунтах ν может быть близок к нулю. В пробке (губке) $\nu \approx 0$. В свинце $\nu = 0{,}5$. В дисперсных грунтах $\nu = 0{,}1 – 0{,}5$ [2; 10].

Н.А. Цытович предложил формулу, связывающую ν с показателем текучести (I_L) $\nu = 0{,}05 + 0{,}45 I_L$ при $I_L 0$.

Основная и конечная цель инженерно-геологических изысканий (ИГИ) —

исследование строения, состава, состояния и свойств массива грунтов строительной площадки и прогноз изменения их в результате различных природных и техногенных процессов и деятельности человека.

Эта цель достигается путем проведения соответствующих исследований — бурение, лабораторные и полевые испытания, включая и геофизические исследования, а также путем применения других методов — в частности метода аналогий и др., таких как, моделирование физическое и математическое. При проведении исследований мы получаем информацию по образцам и (или), изучая свойства в немногих точках грунтового массива (зондирование, штампы, прессиометрия), но лишь метод откачек и геофизические исследования (сейсмика) позволяют получить информацию о массиве в целом. И только примерно.

Таблица

Изменчивость параметров состава, строения и свойств дисперсных грунтов в пределах инженерно-геологического элемента грунтового массива

Характеристика изменчивости	Коэффициент вариации. СКО / Ā	Показатель
малоизменчивые	до 5-15	ρ_s, ρ_d, ρ_r, φ
среднеизменчивые	до 15-30	e, I_p, I_L, C
сильноизменчивые	до 30-50	E, q_c, I_D, R_c
очень сильноизменчивые	до 50-90	K_f

Примечание:ρ_s, ρ_d, ρ_r — плотность минеральных частиц воздушно-сухого и природного грунта; φ — угол внутреннего трения; e — коэффициент пористости; I_p — число пластичности; I_L — показатель текучести; E — модуль деформации; q_c — лобовое сопротивление при статическом зондировании; I_D — относительная плотность сложения; R_c — сопротивление одноосному раздавливанию; K_f — коэффициент фильтрации.

Традиционно и исторически сложилась практика оценки свойств массива грунта путем исследования образцов грунта, отобранных из скважин и на этой основе производится выделение ИГЭ как составных частей массива грунтов. Считается, что если произведена оценка свойств ИГЭ, то таким образом мы имеем характеристику массива грунтов, что естественно является грубым приближением к истине. И другого решения пока нет. Следует отметить, что выделение ИГЭ зависит от принятых для его выделения параметров, которые имеют существенную изменчивость (см. таблицу 3).

СКО / Ā, где СКО — среднеквадратическая ошибка, Ā — среднее значение параметра.

Оценка модуля деформации (E) по корреляционным уравнениям по данным статического зондирования является косвенным методом и пригодна для регионов, хорошо изученных в инженерно-геологическом отношении по результатам статического зондирования (см. табл. 4) [1].

Необходимо различать: 1) точность метода определения E и 2) реальный разброс значений E in situ в силу неоднородно-

Таблица 4

Модуль деформации штамповый E_{pl} песков разной плотности $R_f = f/q_c < 1–2$

	Характеристика плотности сложения песков (крупные, средней крупности, мелкие, пылеватые)	I_D д.е.	q_c ,МПа	Диапазон E_{pl}, МПа	Корреляционное уравнение	
1	очень рыхлый	<0	2-4	12-19	$E_{pl} = 3q_c$ $E_{pl} = 1{,}4q_c + 4$	коэф. корреляции τ = 0,5 – $0{,}75q_c$ = 1 – 8 МПа
2	рыхлый	0-0,33	4-8	20-29	$E_{pl} = 2q_c$ + 9ср.	
3	средней плотности	0,33-0,66	9-16	30-39	$E_{pl} = 3q_c + 10$	
4	плотный	0,66-1,0	9-16	40-49	$E_{pl} = 3q_c$ + 10(1,5–2,0)	
5	очень плотный	>1,0	16-25 > 25	50-65 > 50	$E_{pl} = q_c + 40$ $E_{pl} = 2q_c$	меловые моренные. пески на глубине>20 м

Таблица 5

Влияние влажности песков на модуль деформации E_{pl}

Пески		Степень плотности песков, I_D	Epl влажный МПа (зона аэрации)	E_{pl} sat МПа	Примечание
Крупность	Плотность				
крупные и средней крупности	оч. пл.	> 1	70-100	50-70	Штамп плоский, А = 600см2Влажность не оказывает влияния на Е к.з. и с.з. песков. Отмечаемая разница между Ew и E saf обусловлена не влажностью, а тем, что Ew определяется в песках зоны аэрации, грунтах подсушенных и обладающих цементационными связями и повышенной плотностью, т.е. влияние влажности кажущееся, непрямое, а отражающее прочность связей песков в массиве.В механике грунтов имеют дело с моделями грунтов.В массиве грунты неоднородные по своей природе и в этом их принципиальное отличие от бетона и других строительных материалов, которые однородные, изотропные, а грунты неоднородные и анизотропные, их плотность зависит от глубины, т.е. от текущего состояния.
	пл.	0,67-1,0	60-75	40-50	
	ср. пл.	0,33-0,67	35-60	25-35	
	рых.	0,0-0,33	25-35	20-30	
	оч. рых.	< 0	15-25	15-20	
мелкие	оч. пл.	> 1	-	-	
	пл.	0,67-1,0	50-75	30-45	
	ср.пл.	0,67-0,33	20-35	15-25	
	рых.	0,33-0,00	20-35	15-25	
	оч. рых.	< 0	-	-	
пылеватые	оч. пл.	> 1	60-75		
	пл.	0,67-1,0	40-60	25-35	
	ср.пл.	0,67-0,33	25-40	18-25	
	рых.	0,33-0,00	15-25	12-18	
	оч. рых.	< 0	10-15		
средней крупности	оч. пл.	> 1	35-80	25-70	
	пл.	0,67-1,0	25-55	25-45	
	ср.пл.	0,67-0,33	20-55	15-40	
	рых.	0,33-0,00		20-30	
	оч. рых.	< 0			

сти структуры и состава даже внешне однородных толщ песков. Реальный разброс значений *E* в несколько раз превышает точность метода.

Разброс *E* даже в «однородных» по виду песках может достигать 3–5 *МПа*, что составляет ((3 ÷ 5) · 100 / 30) ≅ (10–20 %) от среднего. Поэтому, когда приводят значения *E* с цифрами после запятой, это может вызвать недоверие к автору заключения и естественно смысла не имеет, т.е. не надо писать 10,2 *МПа,* а следует писать 10 *МПа*). Надо иметь в виду, что когда приводится нормативное, т.е. среднее значение, то даже для однородных песков допустимо колебание модуля деформации. Так, когда приводятся значение $E^{н}$ = 10МПа ± 3МПа, что значит *E* изменяется от 7 *МПа* до 13 *МПа* (см. табл. 5).

Влияние качества образцов грунтов на величину модуля деформации

При отборе образцов-монолитов из массива грунтов при помощи грунтоносов из буровых скважин, происходит неизбежное изменение напряженного состояния и нарушение структурных связей, и изменение плотности. При этом, в случае «слабых» грунтов, обычно происходит уплотнение грунтов, а в случае плотных грунтов, происходит разуплотнение и, как следствие этого, модуль деформации в первом случае оказывается завышенным, а во втором случае — заниженным по сравнению с модулем деформации грунта в массиве, определенном либо методом обратных расчетов, либо при тщательно выполненных штамповых испытаниях.

На рис. 5 показана компрессионная зависимость *e — lgP* для глинистого грунта для случая хорошего качества образца (1) и неудовлетворительного качества (2)

По величине соотношения между *Pstr* и *Pzg*, называемого коэффициентом переуплотнения, грунты делят на две большие группы: нормально уплотненные (КПУ = 1) и переуплотненные (КПУ > 1)

$$OCR = Pstr / Pzg \qquad (8)$$

где *Pzg* = *Yh* — природное давление на глубине отбора монолитов грунта, *Pstr* — структурная прочность грунта при компрессионном сжатии.

Переуплотнение глинистых грунтов — результат действия процессов диагенеза (изменения плотности при усадке-набухании, замерзании-оттаивании, изменения химического состава поровой воды, цементация частиц грунта при выпадении

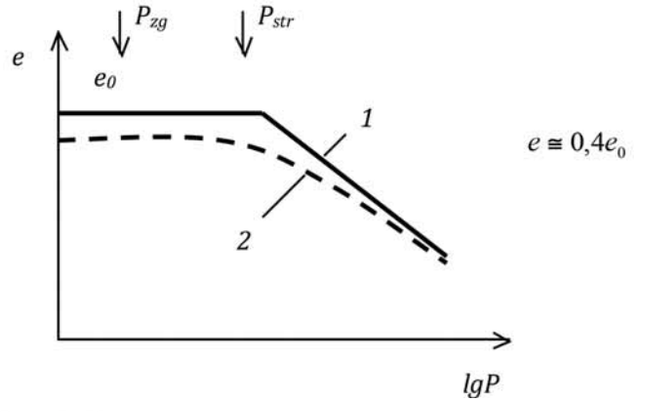


Рис. 5. Компрессионные кривые для образцов глинистого грунта разного качества: 1 — с ненарушенными структурными связями; 2 — с нарушенными структурными связями после отбора образцов при помощи грунтоноса. P_{zg} — действующее в массиве вертикальное давление; P_{str} — давление переуплотнения (структурная прочность при компрессионном сжатии)

осадков, действия толщи ледников и т.п.) По величине КПУ (OCR — over consolidation Ratio) глинистые грунты условно делят на:

нормально уплотненные OCR =1
легко переуплотненные OCR= 1,2–1,5
сильно переуплотненные OCR =1,5–3 (5)

Величина коэффициента бокового давления глинистых грунтов (нормально уплотненных $K^{н.у}$, переуплотненных $K^{п.у}$) связана с углом внутреннего трения и КПУ следующими эмпирическими зависимостями:

для OCR =1 $K^{н.у.}$=1 – Sin φ
для OCR > 1 $K^{п.у.} = K^{н.у.} \cdot OCR$.

Модуль деформации и фактор времени

Понятие о модуле деформации пришло в механику грунтов из механики сплошных изотропных твердых тел, в которых деформации при приложении внешних нагрузок протекает практически мгновенно. Но в дисперсных, особенно глинистых водонасыщенных грунтах, для достижения равновесных деформаций под действием давления требуется определенное время и обычно за равновесное состояние принимается такое состояние, которое удовлетворяет определенному критерию скорости деформации, регламентированному нормативными документами.

В связи с этим, квазиравновесное состояние (деформация-давление) в полевом или лабораторном опыте, особенно в глинистых водонасыщенных грунтах, не означает, что все деформации в грунте произошли за время опыта. А так как здания или сооружения передают нагрузки длительное время, порядка 50–100 лет, и деформации оснований фундаментов продолжаются в виде так называемых, «вековых» осадок.

При прогнозе осадок на грунтовом основании обычно используется величина модуля деформации без учета фактора времени. Если же учесть влияние фактора времени на величину модуля деформации с учетом длительного периода эксплуатации здания (сооружения), то неизбежно оказывается, что при прочих равных условиях, модуль деформации, особенно глинистых водонасыщенных грунтов, с течением времени будет уменьшаться, так как деформации грунтового основания продолжаются при постоянном давлении от сооружения.

Изменение деформации дисперсных грунтов во времени, под постоянным по величине давлением, может быть аппроксимировано эмпирической формулой:

$$St = So\ (1 + C\lg\ (t / to)) \qquad (9)$$

Где *St* — осадка грунтового основания за время t при P = const;
So — осадка грунтового основания (массива) во время опыта to при P = const;
C — эмпирический коэффициент.

Учет длительных деформаций грунта во времени, соизмеримом со временем эксплуатации здания (сооружения), приводит к уменьшению модуля деформации глинистых водонасыщенных грунтов до 30–50%. В связи с этим необходимо вводить в практику инженерных изысканий значение модуля деформации на определенный период времени, модуль деформации, например, за 1 и 10 лет эксплуатации здания (сооружения).

Влияние диаметра штампа на модуль деформации грунтов

Из теории упругости, как указывалось выше, штамповый модуль деформации E_{pl} определяется по одной из модификаций формулы Шлейхера:

$$E_{pl} = d_p / S(1 - \nu^2) \qquad (10)$$

где ω = 0,79;
d — диаметр штампа;
p — давление на штамп;
S — осадка;
v — коэффициент Пуассона.

Для однородной, изотропной и ненапряженной среды модуль деформации E_{pl} прямо пропорционален отношению d /s, т.е. E_{pl} = const. И с ростом величины d возрастает лишь предел пропорциональности при неизменном значении модуля деформации. Это положение подтверждается результатами опытов в лотке большого размера на песчаном грунте.

Но массивы грунтов, даже внешне однородных, как по горизонтали, так и по вертикали характеризуются неоднородностью строения, наличием напряженного состояния и в связи с этим, зависимость *E-d* для массива грунтов будет иной, чем для однородной изотропной ненапряженной среды. Так для внешне однородных массивов грунтов модуль деформации с ростом диаметра штампа будет изменяться в результате того, что с ростом d в среду воздействия напряжений будет вовлекаться больший объем грунтов различной плотности, а также слои грунтов более жесткие, чем залегающие под штампом. В данном случае испытания штампами разного диаметра позволяет оценить структурную неоднородность грунтов в массиве.

В связи с этим для реальных грунтовых массивов, испытываемых с помощью штампов, модуль деформации должен рассчитываться как средневзвешенное значение,

$$E_{ср.\ взв.} = \frac{\sum_{n} h_i}{\sum \frac{h_i}{E_i}} \qquad (11)$$

где n — число слоев грунта, отличающихся, как по строению, плотности, так и по напряженному состоянию;
h_i — мощность слоев грунта;
E_i — модуль деформации слоя грунта мощностью h_i.

Обычно принимается, что зона влияния штампа не превышает двух-трех значений диаметра штампа. Более строгий критерий однородности слоя связан с величиной коэффициента вариации величины модуля деформации 0,3–0,5. В пределах слоев грунта, принимаемых за условно однородные, модуль деформации $E = const$. С глубиной модуль деформации возрастает и график зависимости $E = f(h)$ имеет ступенчато возрастающий характер.

В случае неоднородности грунтового массива по вертикали, для больших по площади фундаментов целесообразно строить карты-срезы для глубин в пределах активной зоны влияния фундамента.

Выводы:

Определение модуля деформации полевыми и лабораторными методами требует взвешенного подхода, дополнительного изучения и выведения новых зависимостей с учетом различных коэффициентов и поправок:

1 Масштабной поправки (m_b), которая обусловлена размерами фундамента и изменением свойств грунтов с глубиной;

2 Структурной поправки (m_{str}), учитывающей изменение свойств грунтов по латерали (в горизонтальном направлении), что может быть очень важно для протяженных фундаментов и для глубоких котлованов;

3 Временной поправки (m_t), учитывающей продолжительность опыта и эксплуатации сооружения.

Хорошо известно, что дочетвертичные грунты (например в Московском регионе меловые, юрские и карбоновые отложения) практически не нормированы, поэтому необходимы комплексные исследования по определению их физико-механических свойств, в том числе и по обоснованию определения модуля деформации.

На основании изучения свойств грунтов различных регионов авторами предлагается переход к разработке региональных нормативных документов, в том числе модуля деформации и различных поправочных коэффициентов.

Литература:

1.*Зиангиров Р.С., Каширский В.И.* Оценка деформационных свойств дисперсных грунтов по данным статического зондирования. М., Основания, фундаменты и механика грунтов, №1, 2005, с. 12-16.

2. *Зиангиров Р.С., Каширский В.И.* Оценка модуля общей деформации воскресенских глин с использованием метода статических нагрузок. Инженерная геология, март 1/2009, с. 44-50.

3. *Каширский В.И.* Методика исследований состава и свойств дисперсных грунтов полевыми методами в условиях мегаполиса (на примере г. Москвы). Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. М.; ПНИИИС, 2005, 197 с.

4. *Каширский В.И.* Особенности испытаний четвертичных и дочетвертичных дисперсных грунтов полевыми и лабораторными методами. Инженерные изыскания. №5, 2013, с. 34-42.

5. *Пешковский А.М., Перескокова Т.М.* Инженерная геология. Под общ. ред. Ланге О.К. –М:, Высшая школа. 1971, 369 с.

6. *Пешковский А.М., Перескокова Т.М.* Инженерная геология. Издание второе переработанное и дополненное. — М: Высшая школа. 1982, 341 с.

7. Рекомендации по определению значений модуля деформации грунтов по результатам компрессионных испытаний с использованием региональных корректировочных коэффициентов. Томск: 2007. 22 с.

8. Справочник по инженерной геологи. Под общей редакцией Чуринова М.В. — М:, Недра,1968, 540 с.

9. *Цытович Н.А.* Механика грунтов. М.: Высшая школа, 1983, 528 с.

10. *Ziangrov R. S., Kashirskiy V.I., Barvashov V.A., Dmitriev S.V.* Determination of Defjrmation modulus in Excavations by Static Plate Tests // 3rd International Geotechnical Symposium on Geotechnical Engineering for Disaster Prevention end Reduction. Harbin Institute of Technology, July 22~24, 2009. Harbin, China, pp. 98~103.

Смоляницкий Л.А.
Центр экспертизы ООО УК «Жилпроект»,
Воронежский филиал МИИТа, Воронеж,
l.smol37@list.ru

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПЫТАНИЙ ГРУНТОВ

Вступление в силу с 1 июля 2013 года СП 47.13330, требующего обязательное выполнение штамповых испытаний для каждого ИГЭ, повысит качество инженерно-геологических изысканий, так как известно, что определение модуля деформации грунта по результатам компрессионных испытаний дает большую погрешность в сторону занижения характеристики, которая тем больше, чем ниже показатель консистенции грунта и выше его плотность. Коэффициент $M_к$ необходимо рассчитывать для каждого ИГЭ путем сопоставления результатов лабораторных и штамповых испытаний. В компрессионном приборе при любой консистенции грунта из образца удаляется часть воды (грунт консолидируется) и уплотняется. При этом увеличивается кривизна менисков воды в порах грунта, а, следовательно, возрастает капиллярное давление, прижимающее частицы грунта друг к другу, конечно, в мягко- текучепластичном грунте при сте-

пени водонасыщения близком к единице, капиллярное давление ничтожно, но тогда и сжимаемость грунта в приборе соответствует сжимаемости его под штампом. Значению капиллярного давления в грунтах было посвящено множество работ различных ученых, начиная еще с первой половины прошлого века. Было показано, что капиллярное давление в грунтах может достигать 400 *кПа*, а величины 50–100 *кПа* вполне реальны. Достаточно подробно капиллярное давление рассмотрено в работах [1-2]; для определения капиллярного давления автором были разработаны приборы [3, 4]. Фактическое, сжимающее грунт, давление значительно выше, чем показывается на графиках испытаний. То есть, измеренная в опытах, относительная деформация грунта соответствует большим значениям давления, чем внешнее давление, приложенное на образец в приборе. Лабораторные компресионные испытания грунтов плохо моделируют работу грунта основания под нагрузкой.

Автор в течение многих лет участвовал в обследовании оснований многочисленных зданий и сооружений (в основном в г. Воронеже), некоторые из них эксплуатируются уже 50–150 лет. Было установлено, что даже, когда грунт под фундаментом уплотнился на величину 0,03–0,05 *г/см*^{3}, его влажность оставалась практически неизменной. Исключением являлись объекты, на которых происходили утечки техногенных или бытовых вод. На одном объекте (промплощадка старинной кордовой фабрики в г. Воронеже) при реконструкции в 60-х годах прошлого века часть территории была покрыта асфальтобетоном, а на другой части устроены, постоянно поливаемые, цветники. Первоначально полутвердый грунт в природном состоянии (покровный суглинок) под водонепроницаемым покрытием подсох — стал твердым, а под фундаментами около цветников увлажнился, стал — тугопластичным (глубина заложения подошвы фундаментов 2–3 метра).

На территории крупных населенных пунктов построены сотни тысяч зданий разной этажности, которые в подавляющем большинстве случаев, когда в основании под подошвой фундаментов не залегали специфические грунты, не учтенные при проектировании, или не было долговременного замачивания грунтов техногенной водой или атмосферными осадками, находятся в хорошем состоянии.

С целью повышения качества и удешевления изысканий для таких территорий необходимо разработать местные нормативы с таблицами характеристик «условных ИГЭ» с учетом геоморфологии, стратиграфии, гипсометрии, генезиса грунтов, их плотности и консистенции. Однако, эта задача существенно усложнена двумя факторами: отсутствием финансирования и полным развалом региональной системы накопления фондовых материалов. Отчеты по изысканиям не сдаются в архивы местных органов архитектуры и не доступны. Необходимо в законодательном порядке создать общедоступные сайты в интернете, в которых должны размещаться результаты всех новых изысканий и оцифрованные отчеты прошлых лет. Во многих странах издаются общедоступные бюллетени, в которых публикуются результаты изысканий.

Важным вопросом при испытаниях грунтов является статистическая обработка результатов, а конкретно, определение коэффициента надежности по грунту. Отметим сначала, что методы расчетов оснований и фундаментов, устойчивости земляных сооружений, откосов и природных склонов, являются достаточно приближенными. Незнание многих факторов, влияющих на деформации (осадку) и устойчивость компенсируются для сооружения коэффициентами перегрузки, а для грунтов — коэффициентами надежности. Поэтому, в отчетах по инженерно-геологическим изысканиям на конкретных объектах в таблицах нормативных и расчетных характеристик значения плотностей грунта следует округлять до 0,01 *г/см*^{3}, модуля общей деформации до целых значений *МПа*, удельного сцепления до целых значений *кПа*, угла внутреннего трения до целых значений градусов. При экспертизе отчетов по инженерно-геологическим изысканиям, обнаруживаются два случая определения расчетных характеристик грунтов. В первом случае (это отчеты квалифицированных организаций, в которых коэффициенты надежности по грунтам рассчитывались программой) иногда разница между нормативными и расчетными характеристиками настолько мала, что приводятся значения удельного сцепления и угла внутреннего трения до второго знака после запятой, потому, что при округлении получатся одни и те же цифры для нормативных и расчетных характеристик. Во втором случае (в слабых организациях) расчетные значения произвольно без расчетов уменьшают на несколько процентов. Плох и первый случай и второй. Нами, с учетом известных положений математической статистики, с использованием кривой нормального распределения ошибки в зависимости от заданной вероятности, предлагается следующий предельно простой и достаточно точный для практических целей алгоритм определения нормативных и расчетных значений характеристик грунтов.

Задаемся (для конкретного ИГЭ) рекомендованным нормативами количеством частных значений плотности не менее 10, механических характеристик — не менее 6. Расчет выполняются в следующем порядке.

1. Рассчитываются среднее значение плотности $\mathrm{r}_{ср}$, модуля $E_{ср}$, для прочностных характеристик — (по графикам среза) средние значения сцепления $c_{ср}$ и угла внутреннего трения $\varphi_{ср}$.
2. Рассчитываются среднеквадратичные отклонения (стандарт) σ для всех характеристик.
3. Частные значения характеристик, для которых разница со средним значением больше 3σ, отбрасываются.
4. Заново рассчитываются по оставшимся частным значениям средние значения, которые теперь являются **нормативными** значениями характеристик: $\mathbf{r}_{н}$, $\boldsymbol{E}_{н}$, $\boldsymbol{c}_{н}$ и $\boldsymbol{\varphi}_{н}$.
5. Задаемся величиной ξ — количества стандартов σ, которые соответствуют заданной доверительной вероятности. При заданной доверительной вероятности 0,85 (по таблице нормального распределения) значение ξ = 1,43 и ошибка измерения составит

$\xi_{0,85}\,\sigma = 1{,}43\sigma$, а при заданной доверительной вероятности 0,95, значение $\xi_{0,95} = 2{,}00$, и ошибка измерения составит $\xi_{0,95}\,\sigma = 2{,}00\sigma$.

Таким образом:

$$\mathbf{r}_{II} = \mathbf{r}_{н} - 1.43\sigma_{r},\ \mathbf{r}_{I} = \mathbf{r}_{н} - 2{,}00\sigma_{r};$$
$$c_{II} = c_{н} - 1.43\sigma_{c},\ c_{I} = c_{н} - 2{,}00\sigma_{c};$$
$$\varphi_{II} = \varphi_{н} - 1.43\,\sigma_{\varphi},\ c_{I} = c_{н} - 2{,}00\,\sigma_{\varphi}.$$

Здесь σ_{r}, σ_{c}, σ_{φ} — значения среднеквадратичных отклонений по плотностям, удельным сцеплениям и углам внутреннего трения. Нормативные и расчетные значения характеристик округляются: для плотностей до 0,01 *г/см*^{3}, модуля деформации до 1 *МПа*, удельного сцепления до 1 *кПа*, угла внутреннего трения до одного градуса.

Литература:

1. *Смоляникий Л.А.* Прогноз состояния земляного полотна. НИИ Геологии ВГУ, вып.40, г. Воронеж, 2006, 143 с.

2. *Смоляникий Л.А.* Деформации земляных сооружений под действием капиллярного давления. Ж. Основания, фундаменты и механика грунтов, № 2, 2007. — С. 22-25.

3. *Смоляницкий Л.А.* Устройство для определения длительной прочности и давления набухания в глинистом грунте. Патент № 66814, Бюлл.№ 27, 27.09.2007.

4. *Смоляницкий Л.А.* Способ определения длительной прочности и давления набухания в глинистом грунте. Патент № 2337343. Бюл. № 30, 27.10.2008.

Кофф Г.Л.[1], Басс О.В.[2], Цекоева Ф.К.[2], Борсукова О.В.[1]
[1]Институт водных проблем РАН, Москва,
[2]Институт природопользования, территориального развития и градостроительства Балтийского Федерального университета им. И.Канта, Калининград

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕРЕГОЗАЩИТЫ МОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ (ВКЛЮЧАЯ КУРШСКУЮ КОСУ)

Морское побережье является основой для развития туристско-рекреационного комплекса Калининградской области, оказывающего существенное влияние на социально-экономическое благополучие региона.

Январский шторм 2012 года, прошедший на побережье Юго-Восточной Балтики нанес огромный ущерб туристско-рекреационной отрасли Калининградской области. В результате были полностью смыты пляжи, значительно пострадали берегозащитные сооружения в Светлогорске, Пионерском, Зеленоградске, была разрушена и прорвана авандюна Куршской косы.

В этой связи БФУ им. И.Канта 19-20 марта 2012 г. провел научно-практическую конференцию и обучающий семинар «Актуальные проблемы динамики песчаных берегов юго-восточной Балтики: освоение, защита, экологический мониторинг», где данная проблема нашла отражение в докладах и решениях конференции.

Юго-восточное побережье Балтийского моря является районом, где защита берегов имеет давние традиции. Первые берегоукрепительные сооружения были построены в районе Кранца (Зеленоградск) и Заркау (Куршская коса) в 1441 и 1497 годах.

К 1906 году в районе Кранца был променад с системой бун, построенной в 1874 и 1897 годах. В результате, в районе Кранца променад стабилизировал берег, система бун вызвала расширение пляжа.

Применение бун в 1874 и 1897 гг. базировалось на положительном опыте применения бун на морских берегах Голландии, Германии и речных берегах Швейцарии и Франции.

Послевоенное берегозащитное строительство на море в пределах Калининградской области до настоящего времени концептуально, в большей степени, соответствует принципам позапрошлого века: ГКУ КО «Балтберегозащита» возводит исключительно набережные (променады), волноотбойные береговые стены (в том числе и из габионов). Наносоудерживающие сооружения (буны), эффективность которых доказана временем, не проектируются, а также и не ремонтируются.

Использование бун наиболее актуально для защиты корневой части Куршской косы, где наблюдаются переливы и прорывы морских вод через дюнную гряду, что вызывает подтопление и заболачивание территорий и угодий косы

17 января 2012 г была проведена оценка последствий шторма, произошедшего 12-15 января на побережье Калининградской области. Шторм не принес ощутимого вреда участкам берега, защищенным системой бун южной части Куршской косы (Рис.1).

В связи с этим, для целей дальнейшего планируемого использования Приморской рекреационной зоны необходимо возобновить комплексные исследования природных условий береговой зоны и приморских территорий, которые следует осуществить в соответствии с нормативно-методическими требованиями к инженерным изысканиям. В состав исследования должны входить, в первую очередь, комплексные инженерно-геодезические, инженерно-гидрологические, инженерно-геологические и литолого-геоморфологические исследования. Особое внимание следует обратить на экологический мониторинг береговой зоны.

Современная концепция и мировой опыт морской берегозащиты показывает, что берегозащитные сооружения в условиях развития побережья, наряду со снижением волнового воздействия на береговой склон, должны регулировать перемещение наносов в прибрежной зоне моря с целью сохранения и восстановления пляжевой полосы, как основного элемента защиты берега.

При создании искусственных пляжей мировой опыт рекомендует, для снижения выноса песчаного материала с искусственных пляжей необходимо первоначально возвести наносоудерживающие (буны) и волногасящие (волноломы) сооружения с учетом природных условий и морфолитодинамических процессов и по современным технологиям.

Следует отметить, что существующая Схема территориального планирования Калининградской области 2008 г. (Берегозащитные сооружения Калининградского побережья Балтийского моря) требует существенной корректировки, особенно

Рис. 1. Берег Куршской косы с бунами постройки 1897 года (17 января 2012 г)

п.3 (демонтаж берегозащитных сооружений, в т.ч. и возведенных 25-30 лет назад.).

В этой связи, представляется целесообразным проведение научно- исследовательских работ по определению оптимальных методов защиты морского побережья Калининградской области с привлечением ведущих отечественных и зарубежных специалистов в области динамики морских берегов и берегозащиты.

Ваньшин Ю.В.
Геологический факультет Саратовского госуниверситета им. Н.Г.Чернышевского, Саратов, vanshin@sgu.ru

РОЛЬ ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ В ДЕСТАБИЛИЗАЦИИ ОПОЛЗНЕВЫХ МАССИВОВ Г.САРАТОВА

Основным, и наиболее опасным водно-гравитационным процессом в черте города Саратова, является процесс **оползания.** Одной из основных причин активации оползней, является деятельность человека.

Инженерно-геологические условия г. Саратова

В инженерно-геологическом отношении территория расположена на юго-восточном склоне Приволжского поднятия, который орографически соответствует Приволжской возвышенности, представляя собой инженерно-геологический регион, входящий в состав Восточно-Европейской платформы. Формирование его инженерно-геологических условий предопределено сложной мезозойско-кайнозойской историей геологического развития и особенно теми структурными, палеогеографическими и гидрогеологическими преобразованиями, которые произошли в новейший этап тектонического развития [1,2,3].

Неотектонические движения и экзогенные процессы обусловили современную структуру и рельеф территории, на которой размещён г. Саратов.

Рельеф городской территории отличается своеобразием форм, а именно, чётко выраженной ступенчатостью, наличием оползневых склонов, сильной расчленённостью склонов, обращенных к р. Волге, значительным перепадом высот от 290 м абс. высоты на Лысогорском массиве до 15-20 м абс. высоты в прибрежной части Волгоградского водохранилища.

Традиционно актуальной для г. Саратова является проблема изучения и прогноза оползневой опасности на склонах Лысогорского массива. Лысогорский массив окружает город с запада. В него входят горы Лысая и Алтынная, Кумысная поляна и т.д. Лысогорский массив к юго-востоку и с севера обрывается крутым уступом, осложненным глубокими «ущельями», оврагами, оползневыми цирками.

По имеющей общегеологической информации Лысогорский массив представляет собой плоскую возвышенность с абсолютными отметками 230-270 м. Обрывается крутым уступом с абсолютными отметкам 140-160 м. Особенность рельефа — это наличие особых эрозионных форм, получивших название «ущелий». В основном, это короткие, глубоко врезанные в массив долины с крутыми бортами. Склоны массива сложены старыми и древними оползневыми формами, сглаженные поверхности которых носят ступенчатый характер (фото 1).

Общая площадь оползневых и потенциально оползневых склонов Лысогорского массива (куда и входит наш объект) составляет 21.6 кв. км.

Развитие современной оползневой деятельности в Смирновском ущелье, пик которой был отмечен с 2002 по 2005 г.г. происходит и в настоящее время. Основными причинами движения пород, кроме природных, является антропогенный фактор.

В последние годы все более возрастает техногенное воздействие на оползневые массивы: строительство тяжеловесных коттеджей, подрезки склонов, освоение прибровочных частей склона, строительство на склонах дорог, движение строительной большегрузной техники, утечки из коммуникаций, неумеренные поливы и т.д. Всё это отрицательным образом сказывается на устойчивости склонов, отчего роль техногенного фактора на дестабилизацию ситуации в пределах оползневых массивов всё более увеличивается. Особенно это характерно для Лысогорского массива г. Саратова (фото 2, 3).

Смещениям на Лысогорсом массиве в настоящее время подвержены древние оползни палеогеновых отложений, сложенных опоками и мергелями с прослоями песчаников и глин.

На отдельных участках склона массива наблюдаются признаки образования будущих оползневых тел — трещины, участки проседания.

Современные оползни Лысогорского массива в большинстве приурочены к склонам древних оползневых террас. Наи-

Фото 1. 19.06.2013 г. (фото Ваньшина Ю.В.)

Фото 2. 05.10.06 г.Смирновское ущелье. Разрушающийся недостроенный дом № 87 по 4-му Комсомольскому проезду

более крупными являются оползни района Областной психиатрической больницы, ул. Сиреневая, правого борта Смирновского (Клинического ущелья), правого и левого бортов Октябрьского ущелья, северо-восточного склона Завокзальной горы.

Отмечающееся всё возрастающее техногенное воздействие на левый склон Смирновского ущелья в районе ул. Клинической, который находится в непосредственной близости от строительных площадок, может послужить причиной активизации оползневого процесса в границах старого оползня уже в ближайшие годы (фото 2).

Постоянно усиливающееся техногенное воздействие создает благоприятные условия для активизации современной оползневой деятельности. Это выражается:

• в дополнительной нагрузке оползневых тел и склонов зданиями, сооружениями;

• неблагоприятным перераспределением грунтовых масс в результате планировки при строительстве.

В результате чего отмечается малообъёмный сплыв покровных отложений, обвально-осыпные процессы, локальные малоамплитудные смещения, то есть продолжается подготовка к новым крупным подвижкам, которые возможны при благоприятных метеорологических условиях и отсутствии работ противооползневого характера.

Древние и современные оползни развиты в южной части территории и вдоль уступа, обрамляющего олигоценовую денудационную равнину (Лысогорский массив), где они образуют характерные огромные оползневые цирки «венцы».

Можно предположить, что эти «ущелья», развитые вдоль восточного и северного уступа олигоценовой денудационной равнины имеют в подавляющем числе случаев оползневый эрозионный характер. Это обстоятельство имеет существенное значение при оценке оползневой опасности, поскольку именно циркообразные «ущелья» (Октябрьское, Смирновское) являются объектами интенсивной застройки, среди которой крупные сооружения — санатории, больницы. Очевидный факт наличия на бортах этих «ущелий» многочисленный современных приостановившихся оползневых тел, в том числе и испытывающих смещения в настоящее время (оползень «Стрелка», оползни Смирновского и Октябрьского ущелий) заставляет с особой тщательностью относиться к инженерно-геологическим изысканиям, поскольку оползневые террасы являются объектами интенсивной индивидуальной застройки. В то же время языки этих оползней нередко подрезаются и, при определенных условиях, начинают угрожать сооружениям, расположенным в днищах ущелий.

В этом отношении показателен современный оползень в Смирновском ущелье 2002-2003гг., создавший непосредственную угрозу комплексу сооружений областной больницы. Развитие оползневых явлений резко активизировалось с началом строительства кирпичного дома № 87 по 4 Комсомольскому проезду (фото 2). Был подрезан склон, не установлена подпорная стена, материалы подвозились тяжелой строительной техникой, произошло интенсивное замачивание склона и т.д. [1].

С целью стабилизации оползневых подвижек была запроектирована и, в срочном порядке, сооружена заглубленная подпорная стена. Решит ли это сооружение поставленную перед ним задачу — покажет время. Однако, если правильны наши предположения об оползневой природе «ущелий» как следов древних оползней, и мы имеем дело с многоярусными, разновозрастными оползнями, то ситуация может приобрести угрожающий характер с уже проявленными последствиями (разрушенных в результате оползня 8 домов по 4 Комсомольскому проезду).

Для выяснения возникающих вопросов рекомендуется в подобных ситуациях в составе инженерно-геологических изыс-

Фото 3. 27.04.06 г.Смирновское ущелье. Стенка срыва 2003 года за домами №№ 83, 81 по 4-му Комсомольскому проезду

каний предусматривать бурение глубоких (до 100 м) скважин со сплошным отбором керна.

Гидрогеологическая обстановка — один из важнейших факторов формирования инженерно-геологических условий. В свою очередь, гидрогеологические условия являются результатом всей истории геологического развития территории, включая, прежде всего, последний неотектонический этап, когда формируется современный облик рельефа, новейшая тектоническая структура и гамма опасных и неблагоприятных природных геологических и инженерно-геологических процессов, особенно интенсивно проявляющихся на урбанизированных территориях.

В пределах Лысогорского массива (олигоценовая денудационная равнина), развиты водоносные горизонты и водоупорные толщи палеогенового и верхнемелового возрастов, обнажающиеся в уступе, возвышающимся на 100-150 м над раннечетвертичной денудационной равниной. Этот уступ имеет абразионно-эрозионное происхождение.

Такое сочетание основных факторов инженерно-геологических условий, как тектоническая и неотектоническая структура, литологический состав разреза и его водоносность, способствует развитию комплекса геологических и инженерно-геологических процессов, при формировании которых подземные воды играют либо провоцирующую, либо решающую роль.

Именно к этим уровням приурочены устьевые участки «ущелий», осложняющие восточные склоны Приволжской возвышенности и имеющие в плане циркообразную форму с крутыми склонами, осложнёнными современными действующими и остановившимися оползнями, что позволяет предполагать оползневую природу и более древний возраст «ущелий».

В пределах Лысогорского массива (олигоценовая денудационная равнина), развиты водоносные горизонты и водоупорные толщи палеогенового и верхнемелового возрастов, обнажающиеся в уступе, возвышающимся на 100-150 м над раннечетвертичной денудационной равниной. Этот уступ имеет абразионно-эрозионное происхождение.

Наиболее высокие гипсометрические отметки (275-290 м) занимают палеогеновые слабоводоносные горизонты с локальными водоупорами. Водовмещающие породы представлены трещиноватыми алевролитами и песчаниками. Глубина залегания грунтовых вод от 5 до 10 м. Разгружаются горизонты родниками, дающими начало эрозионным формам рельефа на северном склоне Лысогорского массива, трассируя оперяющие флексуру зоны повышенной трещиноватости.

Воды палеогеновых отложений залегают на водоупорной толще маастрихтского возраста, в которой встречаются ло-

Фото 4. 09.07.2013 г. Члены комиссии на месте строительства коттеджа по ул. Песчаная 2А (фото Ваньшина Ю.В.)

кальные водонасыщенные участки, связанные с повышенной трещиноватостью, через которые происходит переток в нижележащие горизонты — сантон-кампанский и сеноманский. Все воды этих горизонтов принимают участие в развитии оползневых процессов на склонах древних оползневых цирков.

Наиболее водообильным является сеноманский терригенный водоносный горизонт, который гидравлически связан с вышележащими и нижележащими горизонтами.

Главным управлением МЧС России по Саратовской области было рассмотрено обращение застройщиков по ул. Песчаной 2А. По информации, представленной ФГУГП «Волгагеология», земельный участок по ул. Песчаная, 2А, «на котором планируются строительные работы относится к Лысогорской оползневой зоне». **«В целях предупреждения возможной чрезвычайной ситуации, связанной с активизацией оползня на участке строительства**, согласно предложениям администрации муниципального образования «Город Саратов», застройщику рекомендовано:

- Исключить подрезку склона на данном земельном участке.
- Запроектировать подпорную стенку, которую необходимо вывести до начала строительных работ.
- Предусмотреть мероприятия по отведению поверхностного стока с территории земельного участка в ближайшую ливневую канализацию.
- Исключить замачивание грунта в процессе строительства и эксплуатации жилого дома.

Нельзя не согласиться с выводами Управления по инженерной защите г.Саратова, что «склон горы сложен мергелистыми глинами верхнемелового возраста. Глины трещиноватые, по данным исследований на других участках аналогичного геологического строения в них отмечается несколько систем трещин, одна из которых почти перпендикулярна простиранию склона.

Трещиноватость глин в условиях их обводнения способствует возникновению оползневых подвижек. Практически все образовавшиеся в последние годы оползни в районе Смирновского и Октябрьского ущелий связаны с этими глинами.

Подрезка склона на участке под строительство дома, безусловно, может значительно снизить устойчивость верхней части склона и может привести к оползневым смещениям или даже частичному обрушению верхней части склона. Этому может способствовать как обводнение грунтов в результате обильных дождей или снеготаяния, так и динамические воздействия от проходящего транспорта. При этом **в зоне подвижек (призме обрушения) может оказаться полотно автодороги»**.

На основании вышеизложенного Управлением по инженерной защите были выданы застройщикам рекомендации о возможном строительстве жилого дома № 2А по ул. Песчаной только при выполнении противооползневых мероприятий.

Согласно карты градостроительного зонирования, утвержденной решением Саратовской городской Думы от 29.04.2008 г. правая верхняя часть участка Песчаная, 2А находится на теле оползня, на котором расположены, в том числе и опоры линии электропередач.

Согласно оползневой карте территории города и карте развития оползневых процессов, можно сделать заключение, что оползень находится на пересечении улиц Песчаной и Самарской с ул. Новоузенской. Согласно этим же картам, выше строительной площадки, по адресу ул. Новоузенская, 173А, также находится оползень.

На карте комплексной оценки территории Саратова (1997 г.) участок левого борта Смирновского ущелья был отнесён к территории с неустойчивыми геолого-гидрологическими условиями, не рекомендуемой под застройку. На карте Генерального плана г. Саратова территория левого склона Смирновского ущелья была отнесена к рекреационной зоне (Р) и к зоне городских лесов, лесопарков, питомников (Р3).

По левому склону Смирновского ущелья, выше строительных площадок, проложена дорога на Кумысную поляну, которая отличается высокой интенсивностью движения транспорта. Дорога на Кумысную поляну лежит на водоразделе между Смирновским и Октябрьским ущельями. В некоторых местах **овраги подошли так близко к дороге, что между левым склоном Смирновского и правым Октябрьского ущелий расстояние не превышает ширины дороги.**

При обследовании (фото 4) , проведённом в Смирновском ущелье 9 июля 2013 года было установлено:

Строительные площадки Новоузенская 173А и Песчаная 2А расположены на верхней оползневой террасе левого склона Смирновского ущелья в непосредственной близости от проходящей по склону дороги на Кумысную поляну.

При планировке участков под строительство:

- были уничтожены деревья и кустарники, а также задернованный склон;
- проведена подрезка склона оползневого тела порядка 7 метров;
- на участке Песчаная 2А ведётся строительство без создания подпорной стенки и водоотводных сооружений. Нет подпорной стенки и на ул. Новоузенской 173А.
- на строительных площадках наблюдаются обвально-осыпные процессы.
- в домах, расположенных ниже по склону наблюдаются трещины и следы разрушения (один разрушенный гараж).
- в погребах (по заявлению жителей) присутствует вода.
- выходы подземных вод наблюдаются на строительных площадках и выше по склону.

Выводы:

1. Строительные площадки Новоузенская 173А и Песчаная, 2А, расположены на верхней оползневой террасе левого склона Смирновского ущелья в непосредственной близости от проходящей по склону дороги на Кумысную поляну.

2**.** Подрезка склона при строительстве не допускается, а она произведена; на строительных площадках наблюдаются обвально-осыпные процессы.

3. На строительных площадках отсутствуют подпорные стенки.

4. Выходы подземных вод наблюдаются на строительных площадках и выше по склону

5. На строительных площадках нет водоотводных сооружений.

6. Строительство на верхней оползневой террасе вообще недопустимо.

7. Учитывая в обследованном районе наличие автомагистрали к району Кумысной поляны и обеспечение безопасности движения по ней, необходимо восстановить откос оползневого склона, произвести на нём посадку уничтоженной растительности, сохраняющую, в какой-то степени, устойчивость оползня, а значит, сохранность автомагистрали.

Таким образом, несмотря на установленные факты, застройщики продолжают строить и идут на все возможные ухищрения, чтобы достичь поставленных целей.

Литература:

1. *Токарский О.Г., Ваньшин Ю.В., Чуносов Д.М., Журавский О.Н.*Особенности инженерно-геологических изысканий при разработке противооползневых мероприятий (на примере г. Саратова). В сб. Инженерные изыскания в строительстве. Материалы пятой Общероссийской конференции изыскательских организаций. М.: ОАО ПНИИИС. 2010 С. 32-35.
2. *Токарский О.Г., Токарский А.О.* Инженерно-геологические условия г. Саратова. Учебное пособие. Издание ООО «Издательский центр «Наука» 2009. с. 88.
3. *Токарский О.Г., Ваньшин Ю.В., Токарский А.О.* Гидрогеологические условия Саратова как фактор формирования природных геологических и инженерно-геологических процессов. В сб. перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации. Материалы шестой общероссийской конференции изыскательских организаций. 16-17 декабря 2010 г Москва, 2010 г. Изд. ООО «Геомаркетинг» 2011. С.206-208.

Петров Н.Ф.[1], Прокопьева Н.А[2]., Павлов А.Н.[1], Яковлев В.Г[2]
[1]ФГБОУ ВПО «Чувашский госуниверситет им. И.Н.Ульянова», Чебоксары, petrovvnf@gmail.com
[2]ЗАО «Институт «Чувашгипроводхоз», Чебоксары

О ПРИЧИНАХ ДЕФОРМАЦИЙ ГРУНТОВОЙ НАСЫПИ И КАЧЕСТВЕ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ НА УЧАСТКЕ «СУРСКИЙ СПУСК» АВТОДОРОГИ М-7 «ВОЛГА»

Рассмотрены причины деформаций участка Федеральной автодороги М-7 «Волга» (Москва-Казань), возникших 5-го июля 2012 г. в процессе возведения грунтовой насыпи по проекту Саратовского филиала ОАО «ГипродорНИИ» (СфГ) на оползневом правобережье р. Сура. В результате были приостановлены строительные работы, сорван срок сдачи объекта (ноябрь 2012г), заморожены миллиардные средства. Выяснилось, что с 2004г., т.е. за 8 лет, проектировщик (СфГ) и Заказчик (ФКУ Упрдор «Волга») так и не удосужились своевременно разобраться в том, что дорога располагается действительно на оползневом склоне, и учесть данное обстоятельство в проектировании. Оползни здесь авторам известны с 1991 г. [3]. Об этом они были дополнительно оповещены нами в апреле 2011 г. на совещании ФКУ Упрдор «Волга» накануне начала возведения насыпи, как и о том, что запущенный в производство проект дороги не соответствует природным условиям и нуждается в серьезной переделке. По данным авторов, оползни на строящейся дороге возникли из-за некачественных изысканий и инженерно необоснованных проектных решений: последние приняты без учета оползневого характера склонового массива, его структуры. Вторая серьезная причина — поверхностная Государственная экспертиза, одобрившая данный бракованный проект.

Данный отрезок дороги М-7 «Волга» (Сурский спуск, ПК34-ПК43) расположен на правом давнеоползневом склоне долины р.Сура (рис.1) в пределах нескольких оползневых систем (цирков) в районе ПК40. По особенностям развития оползневых деформаций его можно подразделить на 3 участка (части): *западный* (ПК 34 — ПК 37) — с приостановившимися давними оползнями, потенциально оползнеопасный, хотя и без активных оползней, *средний* (ПК 37 — ПК 40) — с новыми активными оползнями, образовавшимися 05.07.2012 унаследованно по давним приостановившимся оползням; *восточный* (ПК 40 — ПК 42) — с давно известными («старыми») активными оползнями) в пределах главной стенки срыва оползневой системы, в зоне перехода от оползневого склона к плато. Здесь строится автодорога 1-ой очереди и проектируется Институтом «Гипротрансмост» (г.Москва) аналогичная дорога 2-ой очереди по материалам собственных изысканий с привлечением материалов изысканий института «Чувашгипроводхоз» [3] на восточном участке с активными оползнями.

Из упомянутых трех участков очаги активных оползней на восточном были известны с 70-ых годов прошлого века. Они были объектом исследований авторов в 1991-92 гг. [2б, 3б], а затем и в 2011-12 гг. по заданию ОАО «Гипротрансмост» —

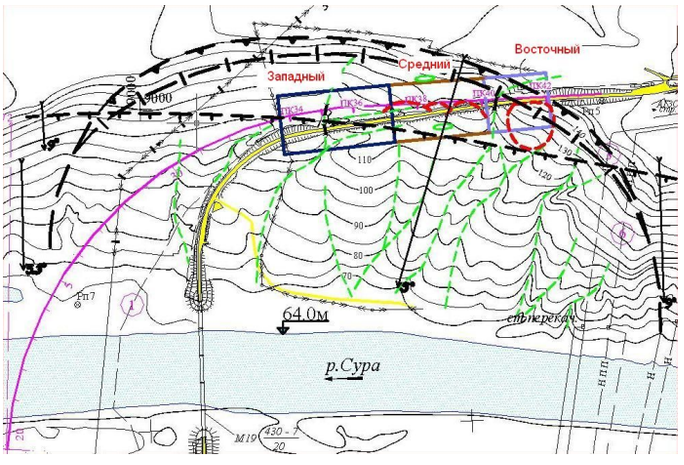


Рис.1.Дорога М-7. Правый давнеоползневой склон долины р.Сура

Рис.2. Блок сброса оползня 3-й генерации

для разработки проекта противооползневых мероприятий (ПОМ) к 2-ой очереди строительства дороги М-7 «Волга». Данный проект ПОМ, составленный в марте 2012 г. институтом «Чувашгипроводхоз», пока не осуществлен. Этому помешали те же июльские оползни, подействовав отрезвляюще и на проектировщиков дороги 2-ой очереди. Раньше, до июля 2012 года, западнее ПК40 активные оползни не наблюдались и их исследование было исключено из технического задания. В результате к июлю 2012 года средний и западный участки в оползневом отношении авторами не изучались. Они оставались объектами изучения ОАО «ГипродорНИИ» (1-ая очередь строительства) и ОАО «Гипротрансмост» (2-ая очередь строительства).

После возникновения 5 июля 2012 г. на среднем участке типичных оползней (рис.2) все проектные и строительные работы здесь были приостановлены, проектные институты замерли, а «Мостоотряд-41» (исполнитель проекта) оперативно поручил авторам разобраться в причинах данного явления в пределах отрезка трассы ПК34-ПК40. Экстренные полевые работы проводились с 7-го июля по сентябрь 2012 г. Строение оползневых систем различного возраста, состояния и соподчиненности, пространственные взаимоотношения их элементов (блоков, ярусов, этажей) изучались по разработанной автором методике их полевого картирования [1, 2], а вещественный состав и состояние пород, слагающих оползневые тела, их физико-механические характеристики — традиционными горно-буровыми и лабораторными методами, статическим зондированием. Результаты исследования отражены в работе по уточнению инженерно-геологических разрезов (2013 г.), на приложенных к ней картах опасных процессов и типологического районирования (рис.3), на шестнадцати инженерно-геологических разрезах (рис.4), пересоставленных с учетом материалов изысканий 2013г.

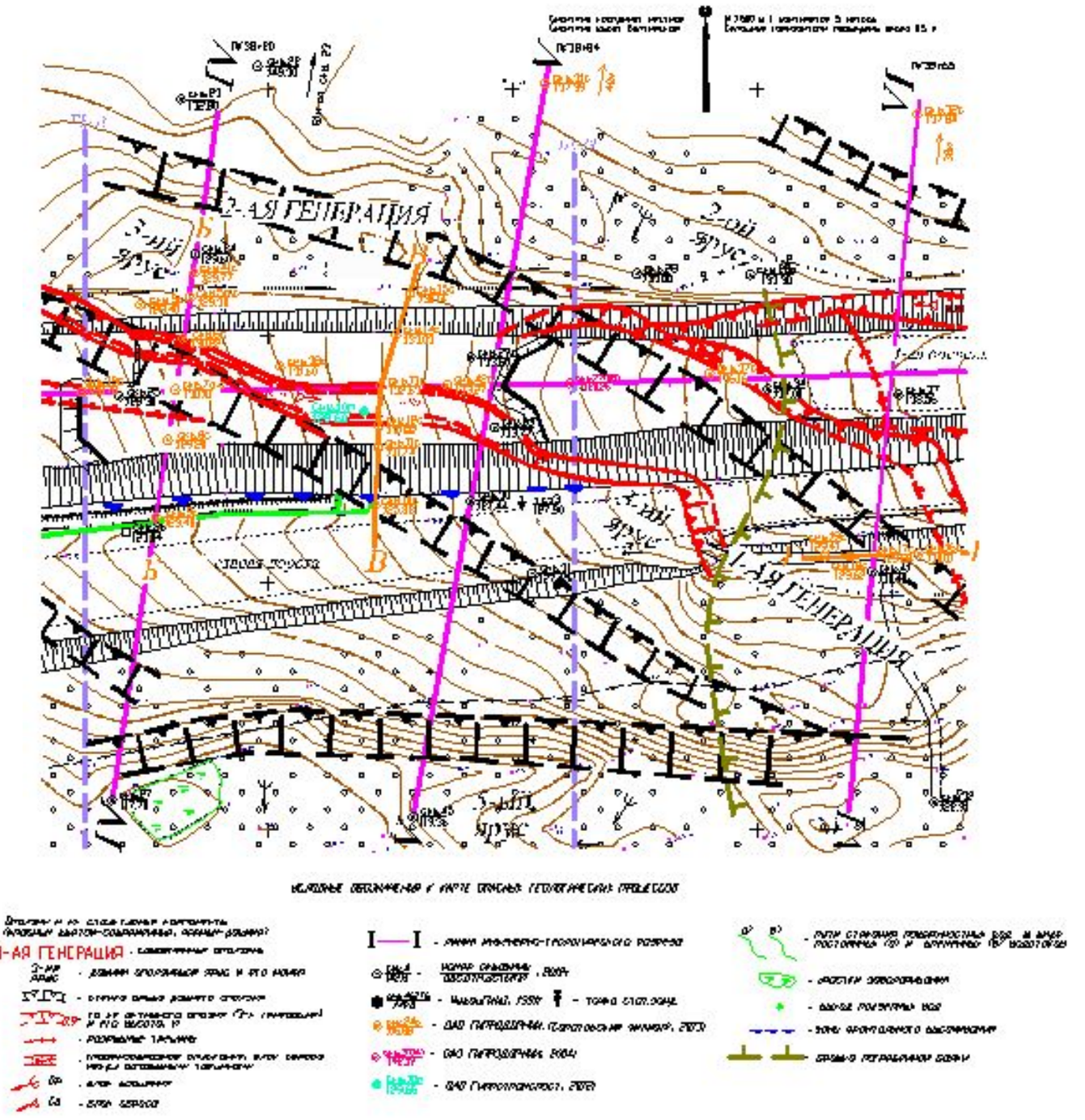


Рис. 3. Фрагмент карты фактического материала и опасных геологических процессов

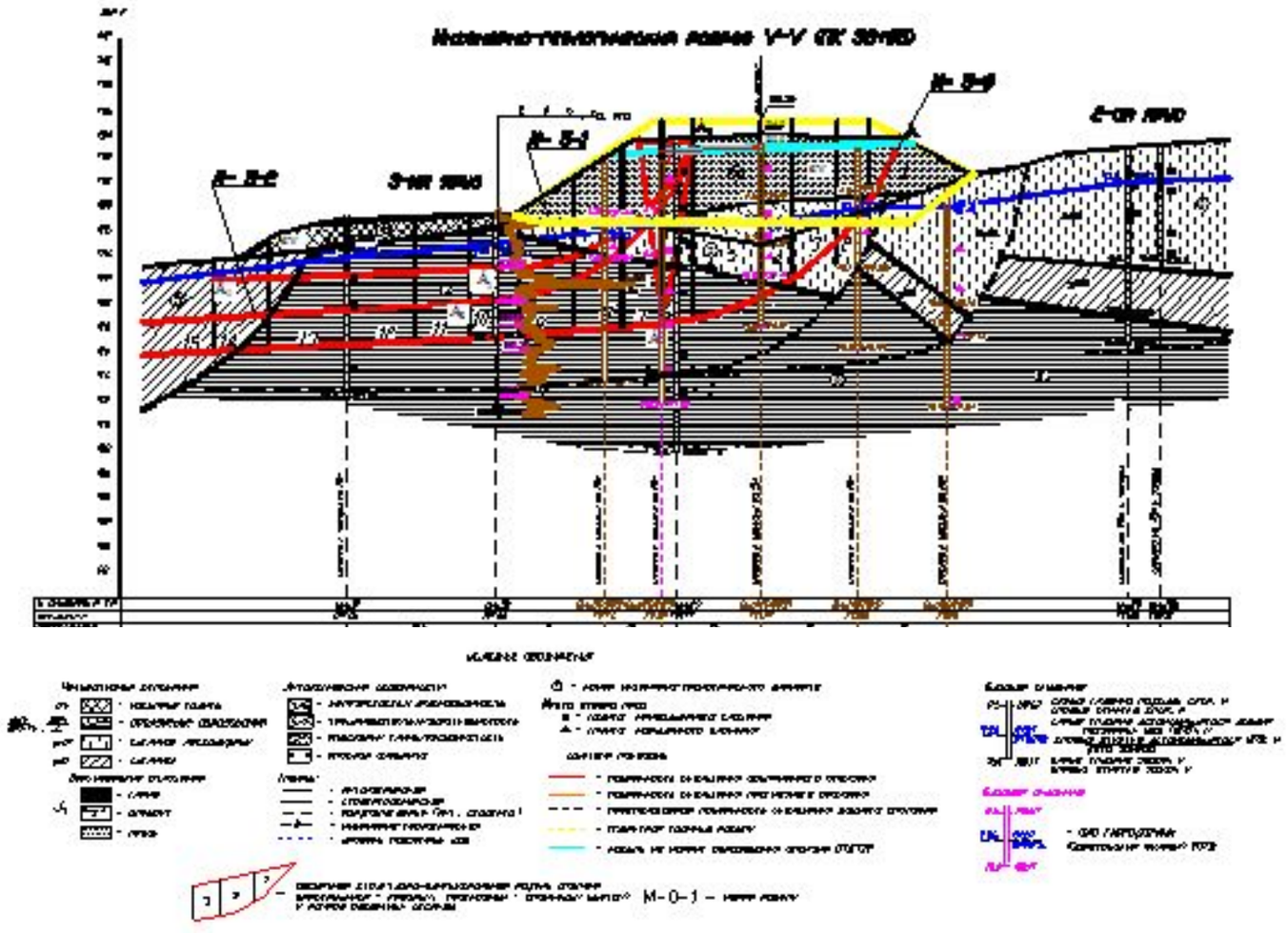


Рис.4. Фрагмент инженерно-геологического разреза V-V (ПК 38+85) с расчетными моделями

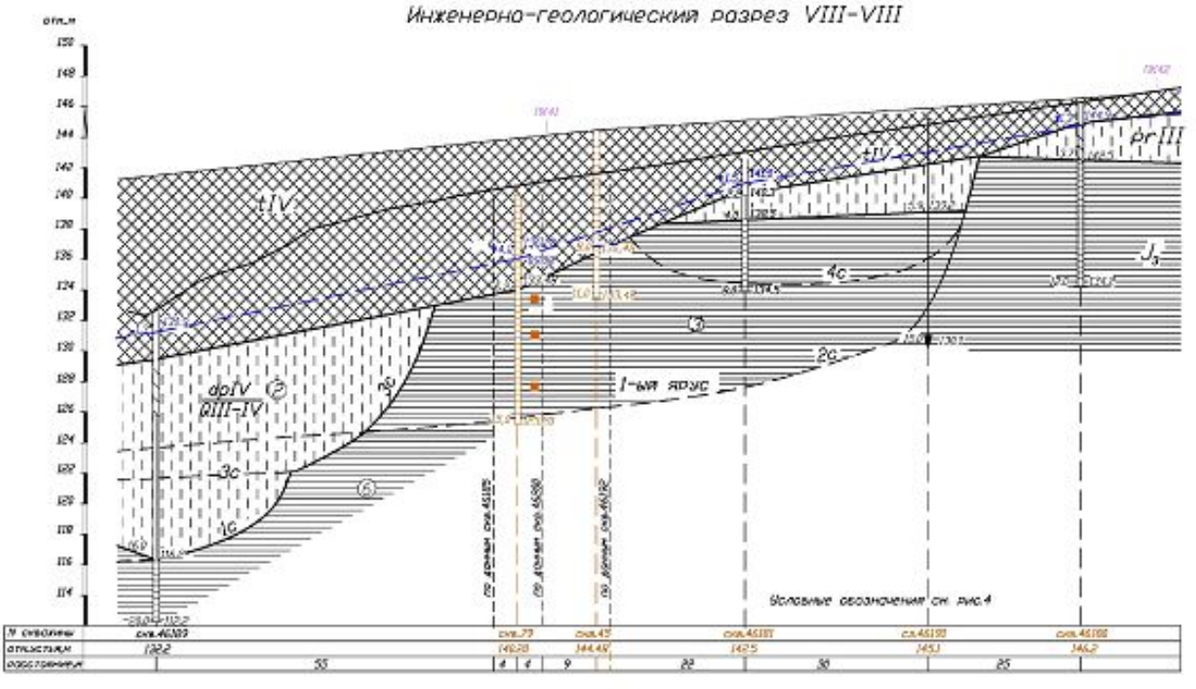


Рис.5. Фрагмент инженерно-геологического разреза VIII-VIII в зоне перехода дороги с оползня на плато

Природные условия оползневого массива

В геологическом строении массива участвуют породы четырех формаций — 1) глины средней и верхней юры морского происхождения мощностью более 80м (слагают коренную основу склона от уровня поймы до отметок 135-140м; под руслом р. Сура распространены породы верхней перми); 2) суглинки покровные, преимущественно перигляциальные неоплейстоценового возраста мощностью до 25м, формировались и слагают аккумулятивное плато, отсюда транспортировались оползнями последовательных генераций по склону к р.Суре часто в составе блоков пород юрской системы; 3) оползневые накопления голоцена за счет деформации пород коренной основы и покровных образований (они слагают весь склон до глубины 10-15 м в виде блоков и пластических масс); 4) современные техногенные грунты, слагающие насыпи дорожного полотна, мощность 6-7 м, в местах замены грунта — до 15 м. Породы этих формаций подразделены на шесть ИГЭ, основные нормативные и расчетные параметры которых приведены в табл.1. Грунты ИГЭ-2 и ИГЭ-3 являются основными деформирующимися горизонтами.

В геоморфологическом отношении — это давнеоползневой склон высотой до 100-105м, длиной более 800м, средней крутизной 7-8°. , а от тылового шва головного блока до русла реки — от 6,5 до 5,8° Давние приостановившиеся оползни прослеживаются здесь от бровки приводораздельного плато до русла р.Сура. Активные оползни приурочены к верхней половине склона. По данным наблюдений, склоны крутизной более 7° — оползнеопасные, крутизной около 6,5° — приостановившиеся, предельно устойчивые, а при менее 6° — устойчивые, стабилизировавшиеся.

Массив обводняется одним *горизонтом подземных вод грунтового типа*, формирующимся в пределах плато в покровных суглинках над водоупором из юрских глин (отметки от 142 м до 125 м в погребенных балках на плато) и фронтально разгружающимся у основания главной стенки срыва оползневой системы в оползневые образования и в грунты основания дорожного полотна новой и старой дорог. Выклиниваясь из-под насыпи новой дороги они образуют в пределах ПК39 — ПК36 между дорогами постоянный водоток, разгружающийся к трубе на ПК 35. Южнее старой дороги в бессточных понижениях они питают озерки и заболоченности. На пересечении стенки срыва с автодорогой (разрез VIII-VIII, рис.5) мощность горизонта в зоне разгрузки не превышает 2 м, хотя в пределах плато достигает 8 м и более (скв.22). Уровень подземных вод выше и ниже дороги не превышает 2-3 м, поднимаясь весной почти до поверхности земли. Разгрузка происходит по склону вниз к р. Сура.

Опасные явления, в основном, представлены оползнями. Они разновозрастные и образуют сложную, многоярусную, местами многоэтажную системы с длительной историей развития (рис.5). Давние оползни устойчивые, но их элементы повлияли и на строительство дороги, и на возникновение новых оползней.

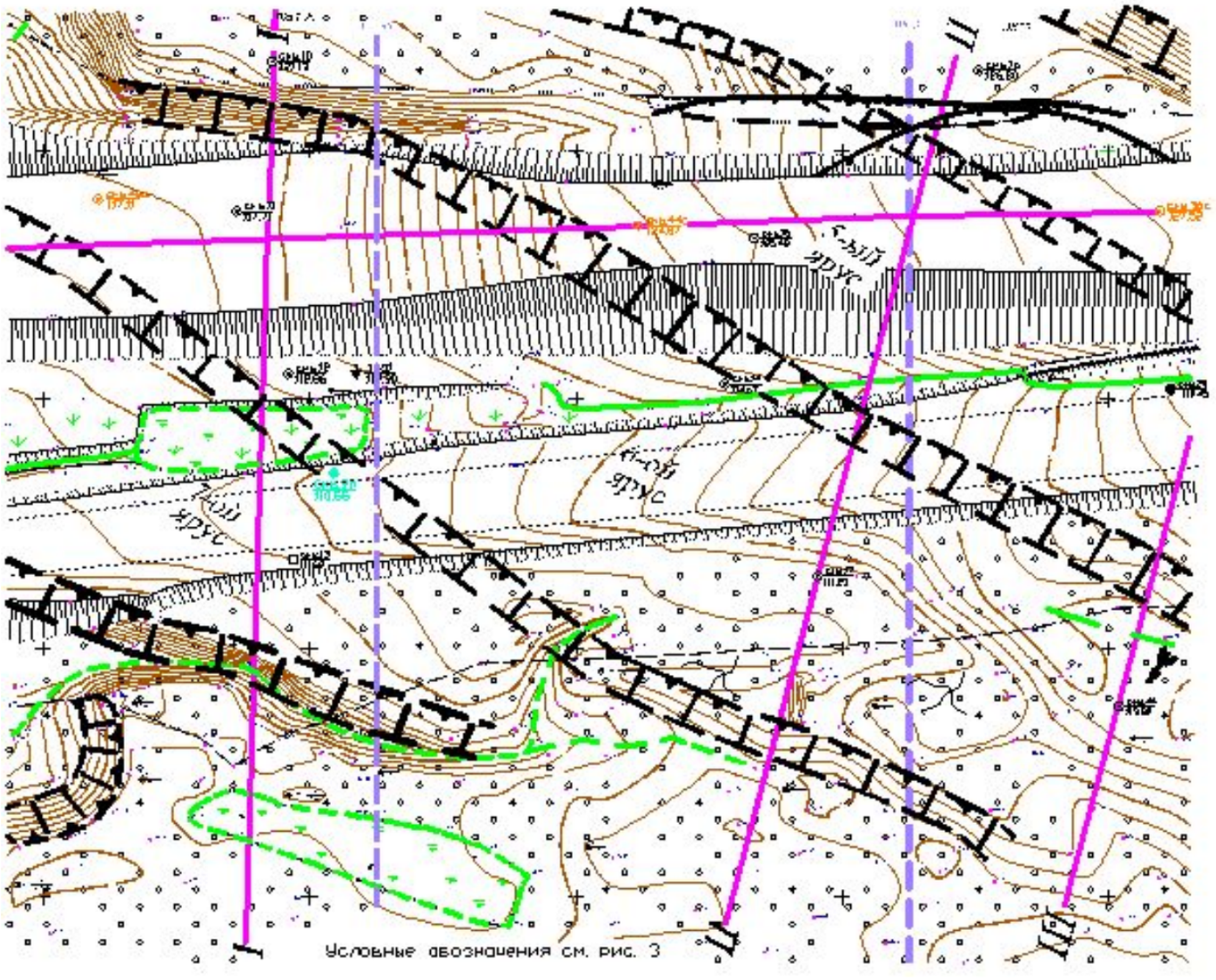


Рис. 6. Фрагмент карты фактического материала и опасных геологических процессов. Западный участок

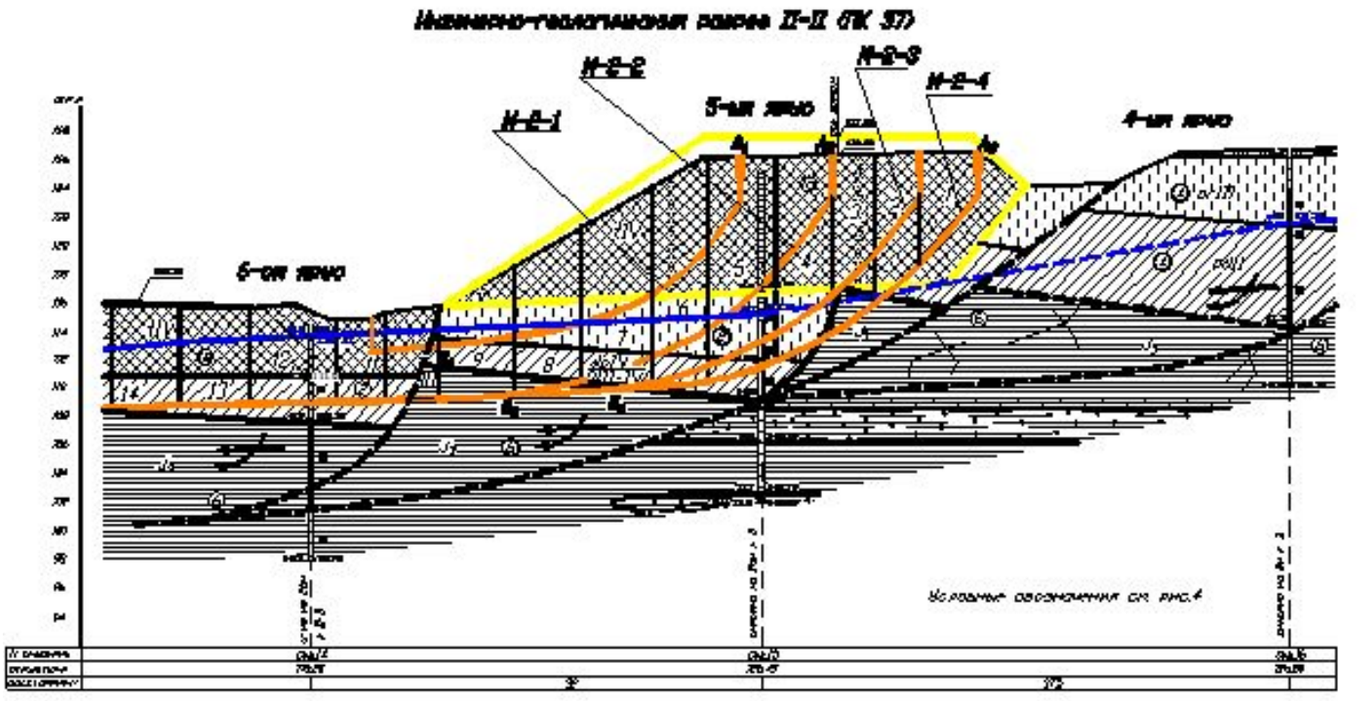


Рис.7. Фрагмент инженерно-геологического разреза II-II с расчетными моделями

Техногенные условия формировались в процессе строительства и эксплуатации старой дороги М-7, выполнения периодических ремонтных работ на оползневых участках, а наиболее значительные — теперь, в период 1-ой очереди строительства новой дороги к строящемуся новому мосту. Первоначальные изменения в природной среде при строительстве старой дороги были незначительными и давнеоползневые склоны сохранили устойчивость. Лишь восточнее ПК 40 в зоне перехода дороги с оползня на плато с максимальной высотой насыпи возникли оползни унаследованно в пределах головных блоков верхних давних ярусов. Современное строительство с насыпями высотой до 9-10 м не могли не привести к деформациям дорожного полотна.

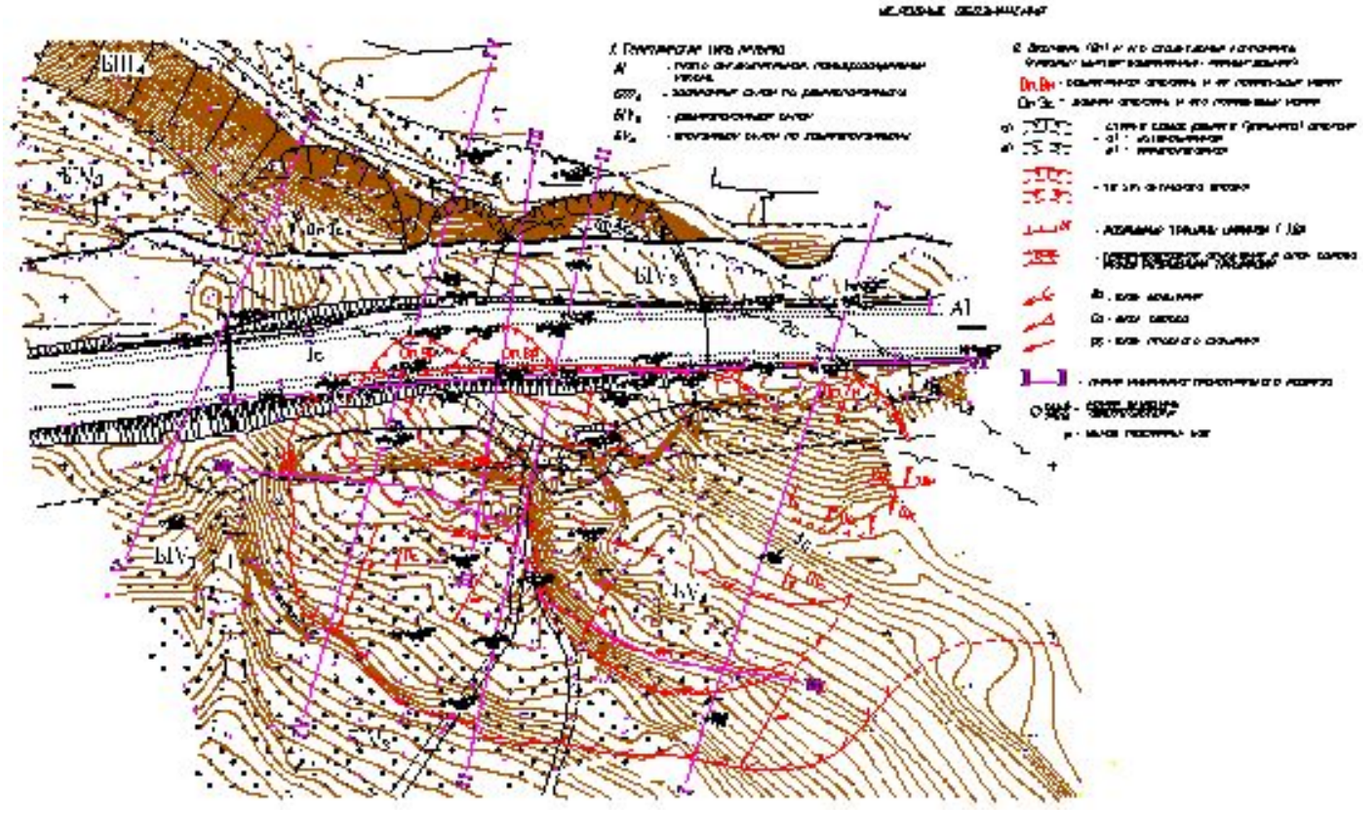


Рис. 8. Фрагмент карты-схемы типизации склонов и опасных геологических процессов. Восточный участок

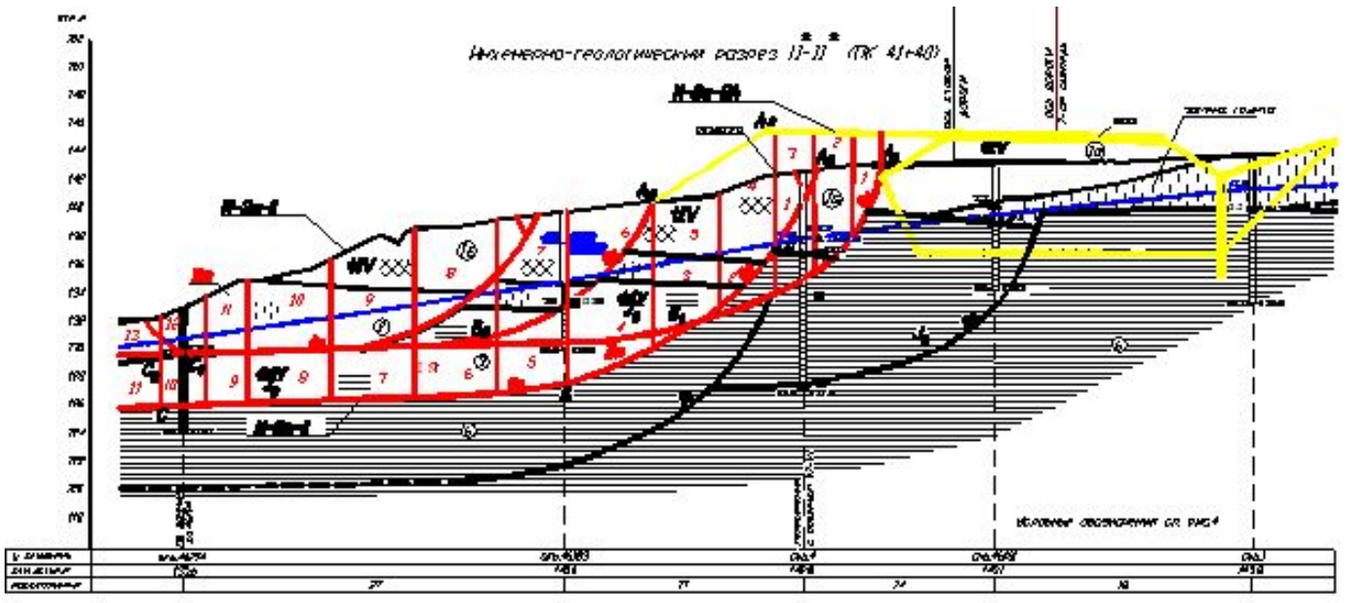


Рис. 9. Фрагмент инженерно-геологического разреза II*-II* с расчетными моделями

Причины и факторы устойчивости участков

1. Западный участок (ПК34-ПК37). Охарактеризован тремя разрезами с расчетными моделями, проходит через три давнеоползневых яруса (5-ый, 6-ой и 7-ой), сложенных покровными обводненными суглинками мощностью до 10м в основании, но не имеет оползневых деформаций насыпи, т.к. насыпь была недосыпана почти на 5,0м (рис.6). В будущем здесь возможны оползни, что хорошо подтверждается анализом моделей высокой насыпи в разрезе II-II (рис.7). На данном участке получены даже при прямом расчете очень низкие значения Куст — от 0,7 до 1,1 по тем же лабораторным данным, ибо расчеты выполнялись на высокой насыпи, почти возведенной до проектной отметки.

2. Средний участок (ПК37-ПК40). 5-го июля в пределах земляного полотна появились оползни при высоте насыпи 6 - 7 м , или на 1,5-2,0 м ниже проектных отметок. Механизмы и масштабы деформаций элементов автодороги указывают на их генетическую связь и унаследованность со 2-ым, 3-им и 4-ым давнеоползневыми ярусами, с их активными головными блоками (рис. 3, 4). Участок изучен пятью разрезами (III-III ÷ VII-VII). Влияние высоты дорожной насыпи на устойчивость определено на разрезах IV-IV, V-V, характеризующих активные оползни 2-ой и 3-ей генераций. На различных моделях срезка насыпи на 2,0 м повышает устойчивость на 15-20% для оползней верхнего этажа и на 7-12% — для оползней нижнего. При срезке на 4,0 м устойчивость может повысится на 30-35%. Таким образом, основной фактор оползневой неустойчивости дороги — залегание под дорожной насыпью предельно устойчивых давнеоползневых блоков, второй фактор — вес дорожной насыпи, определяемый ее высотой и плотностью материала, третий фактор — широкое развитие слабых грунтов-покровных суглинков в основании насыпи, четвертый фактор — обводненность склона.

Особо следует отметить наличие в пределах 1-ой и 2-ой оползневых ярусов вдоль разреза VI-VI (ПК 39+20 и ПК40) зоны с преувеличенной мощностью (до 15 и более метров) покровных водонасыщенных суглинков. Именно здесь развиты тиксотропные мягкопластичные, участками до текучепластичных грунты, которые нуждаются в проведении мероприятий по повышению их прочностных показателей.

3. Восточный участок (ПК40-ПК43). В течение нескольких десятков лет известен как оползневой и детально изучен для проектирования ПОМ в 1991г. институтом ЧувашТИСИЗ, а в 2012г. — по заданию Института Гипротрансмост. Инженерно-геологичские условия осложнены наличием оползней нескольких генераций (рис.8).

Участок приурочен к головным блокам глубоких оползней, к их стенкам срывов, к месту распространения техногенных грунтов повышенной мощности, возникших еще при строительстве старой дороги для обеспечения выхода ее на водораздельное плато. Определенная устойчивость дороги 1-ой очереди, которая здесь построена до ПК40 (рис.5), как и везде, без каких-либо расчетов, обеспечивается на неопределенное время тем, что ее основная часть, как и ось дороги, оказалась в полувыемке коренных пород с естественным субгоризонтальным залеганием слоев, за пределами активных оползней. Дорога же 2-ой очереди строительства окажется на активных оползнях (рис.9). Для проектирования здесь дороги 2-ой очереди необходимы дополнительные исследования с учетом имеющейся дороги 1-ой очереди.

Заключение

5.4. Основными причинами деформаций грунтовой насыпи (песок) земполотна являются:

а) качество проектно-изыскательских работ Саратовского филиала «ГИПРОДОРНИИ». Недостаточно верное определение генетического типа склонов (не замечено его оползневое происхождение и ярусная структура с головными блоками, находящимися в состоянии предельного равновесия), к искаженной оценке грунтовых условий (не выявлено широкое развитие мощных толщ покровных суглинков мягкопластичной консистенции (местами до 10 и более метров) с низкими несущими и деформационными свойствами почти на всем протяжении трассы дороги 1-ой очереди строительства (ПК35-ПК40).

б) В результате были допущены следующие ошибки, приведшие затем к оползневым процессам в пределах строящейся дороги:

1) проектные (техногенные) — запредельные нагрузки от веса необоснованно высоких насыпей на активные элементы давнеоползневых ярусов;

2) геотехнические — завышенные нагрузки на слабые сжимаемые покровные суглинки (грунты ИГЭ-2), слагающие основание дорожной насыпи и характеризующиеся низкими деформационными и несущими свойствами;

Таблица 1

№ ИГЭ	Состояние грунта	Нормативные				Расчетные при α= 0.85/0.95			
		ρ, г/см^3	*c*, кПа	φ, град	E_0, МПа	ρ, г/см^3	*c*, кПа	φ, град	E_0, МПа
ИГЭ №1б техноген. грунты -tIV	водонас. состояние	1.99	20	19	-	1.96 1.95	17 14	17 16	-
ИГЭ№2 оползневые образования (dpIV/III)	водонас. состояние	2.00	20	16	-	1,99 1,98	19 18	15 15	-
	плашка по плашке	2,00	11	13	-	2.00	12 11	10 9	-
ИГЭ№3 оползневые коренные глины dpIV/J3	природное состояние	1.89	52	16	-	1.87 1.86	49 47	15 13	-
	водонас. состояние	1,92	29	13	-	1,92	27 25	11 10	-
	плашка по плашке	1,92	18	10	-	1,92	17 16	9 9	-
ИГЭ№4 суглинок тугопластич. (prIII, pdII)	природное состояние	2,02	20	19	8	2,00 2,00	19 18	18 18	8
	водонас. состояние	2,02	20	18	8	2.00	19 18	17 16	8
	плашка по плашке	2,02	11	13	-	2.02	10 9	12 11	-
ИГЭ№5 суглинок мягопл. (prIII)	природное состояние	2.04	15	15	5	2.02 2.02	14 13	14 12	5
ИГЭ№6 глина полутвердая (J3)	природное состояние	1.92	74	17	19	1.90 1.89	69 65	15 13	19
	водонас. состояние	1,94	33	18		1.94	31 30	17 16	
	плашка по плашке	1,94	20	11	-	1,94	19 18	11 11	-

3) геоморфологические — не охарактеризован давнеоползневой склон долины р. Суры высотой до 100 м, длиной более 800 м, средней крутизной 7-8°, с очагами активных оползней,

4) грунтовые и литологические — не замечено, что склон сложен в глубину 10-15 м оползневыми накоплениями — яруссами и блоками деформированных верхнеюрских глин и залегающими на них покровными перигляциальными суглинками с низкими прочностными характеристиками (табл.1);

5) гидрогеологические — не выявлен основной водоносный горизонт грунтового типа, фронтальная зона разгрузки которого приурочена к основанию главной стенки срыва; стекая отсюда по поверхности местного водоупора — недеформированных юрских глин подошвы оползней, эти воды поддерживают высокий УПВ в оползневых накоплениях, в грунтах подошвы насыпей как новой, так и старой дорог.

В результате почти все проектные решения саратовцев по строительству дороги (трасса дороги, высота насыпей, расположение дренажей, замена грунтов на трассе) принимались без учета количественного влияния этих мероприятий на устойчивость склона и земляного полотна, в частности.

Таким образом, изложенного главными факторами оползнеобразования в грунтовой насыпи строящейся дороги следует считать: 1) нагрузка от дорожной насыпи, зависящий от ее мощности; 2) наличие слабых грунтов под насыпями новой и старой дорог, их низкие несущие и деформационные свойства; 3) высокий УПВ и обводненность грунтов основания дорожной насыпи. Поэтому противооползневые мероприятия должны быть направлены именно на снижение их влияния на общую и локальную устойчивость грунтовой насыпи.

5.8. Анализ факторов неустойчивости дополнен расчетами устойчивости всех выявленных трех генераций активных оползней. Результаты расчетов рассмотрены в разделе 4 и показаны в таблицах 12-14 в тексте. Сами расчеты на 73 страницах (текст.прил. 7.15) приведены в экз.№2 Заключения.

Данная работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 13-05-97041

Литература:

1. *Петров Н.Ф.* Оползневые системы. Простые оползни (аспекты классификации). Кишинев, Штиинца, 1987.-161 с.

2. *Петров Н.Ф.* Оползневые системы. Сложные оползни. Кишинев: Штиинца, 1988. 226 с.

3. *Петров Н.Ф., Павлов А.Н.* Оползни на автомобильной дороге М–7 «Волга» (Москва-Казань, 583-584 км) в правобережье р. Сура в Чувашской Республике // Современные проблемы науки и образования. — 2012. — № 6; URL: http://www.science-education.ru/106-7772 (дата обращения: 17.12.2012).

Широков В.Н., Куринов М.Б.
Геологический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, shirokov@geol.msu.ru, kurinovmsu@mail.ru

МЕТОД СРЕЗА ЦЕЛИКОВ ГРУНТА В РЕДАКЦИИ ГОСТ 20276-2012: ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

С 1 июля 2013 г. введён в действие ГОСТ 20276-2012 «Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости». В целом, стандарт претерпел существенные изменения: ряд методов был из него исключён (метод испытания самозабуривающимся лопастным прессиометром гирляндного типа, методы поступательного и кольцевого срезов), некоторые переведены в раздел рекомендуемых (метод испытания лопастным прессиометром и метод испытания плоским дилатометром), туда же был добавлен метод испытания грунта прессиометром с секторным приложением нагрузки.

Применительно к методу среза целиков грунта остались практически без изменений положения, касающиеся подготовки к испытаниям и схем их проведения. Следует отметить лишь три факта. 1) Консолидированно-дренированные испытания органо-минеральных и органических грунтов теперь прописаны в стандарте отдельной строкой как при выборе значений нормальных давлений и ступеней давления при предварительном уплотнении (что было и раньше), так и при определении длительности выдерживания каждой ступени и времени стабилизации деформаций уплотнения

Рис. 1. Мобильная сдвиговая установка МСУ-2: а) общий вид; б) предварительное уплотнение образца

Рис. 2. Вырезание образца грунта из «глинки трения»

и сдвига (раздел 8.4). 2) Критерий стабилизации деформаций при уплотнении теперь не является абсолютной скоростью (0,1 мм за определённый промежуток времени), а связан с относительной деформацией образца (0,05% за время, зависящее от состава и состояния грунта). 3) В случае пластического разрушения его критерием является не абсолютная деформация сдвига равная 50 мм, а относительная, измеряемая 10%.

Принципиально новым стало включение в стандарт положения о возможности проведения испытаний отделённых от массива монолитов в крупногабаритных срезных установках (п. 8.1.3). Дело в том, что действовавшие последние 33 года и определявшие порядок проведения испытаний стандарты ГОСТ 23741-79 «Грунты. Методы полевых испытаний на срез в горных выработках» и ГОСТ 20276-99 «Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости» предусматривали возможность определения характеристик прочности лишь по результатам среза целика грунта в выработке. Для этой цели были разработаны и выпускались стационарные установки, в том числе разработанные институтом Фундаментпроект, УралТИСИЗом, Уральским политехническим институтом и другими организациями [4,5,6].

Наряду с ними, как следует из методических, справочных и учебных материалов 70-90-х годов XX века, во многих организациях в этот период использовалось крупногабаритное оборудование, размещаемое не в шурфах, котлованах и других подобных выработках, а на поверхности земли. Это позволяло исключить проблемы, связанные с необходимостью анкерения, благодаря чему такие установки получили название стендовых или мобильных. К их числу относятся установки РПС, ДИИТ, ПУС-1, СУ-2 [1,4,6,7], а также используемая в настоящее время мобильная сдвиговая установка МСУ-2 (рис. 1) [2] и др.

Однако ГОСТы 23741-79 и 20276-99 фактически не допускали их применения в изысканиях, т.к. прямо указывали на то, что «характеристики определяют *по результатам среза целика грунта в выработке* …» (выделено нами). Вместе с тем, испытания образцов большого размера естественного сложения и влажности сразу после их отбора и в непосредственной близости от горной выработки позволяют получать результаты, идентичные тем, которые дают стационарные установки. Важно и то, что последние исключают возможность ориентировать поверхность сдвига иначе, чем горизонтально, в то время как при работе с мобильными модификациями рабочее кольцо при вырезании может быть ориентировано под углом к горизонту в направлении предполагаемого смещения грунта — вдоль плоскости скольжения оползня, внутри ослабленного прослоя с учётом элементов его залегания и пр. На рис. 2 показан пример опробования зоны нарушения внутри массива аргиллитов, сложенной «глинкой трения».

Возможность задания произвольной ориентировки плоскости сдвига в стендовых установках позволяет с их помощью исследовать роль анизотропии в формировании прочности грунтов. Подобная задача, в частности, решалась на примере аргиллитов района г. Сочи (рис. 3) [2]. Результаты свидетельствуют о том, что в зависимости от соотношения ориентировок структуры аргиллитов и плоскости сдвига показатели сцепления (C) и угла внутреннего трения (α) для данных грунтов изменялись в диапазоне соответственно 13 - 38 кПа и 24 - 32°, иначе говоря, сопротивление сдвигу (φ) в направлении перпендикулярном слоистости оказалось более чем в 2 раза выше, чем при совпадении ориентировки названных плоскостей.

Другой новацией рассматриваемого ГОСТа является то, что «в крупногабаритной срезной установке при определении показателей прочностных свойств крупнообломочных грунтов допускаются испытания грунтов *нарушенного сложения* (выделено нами) с заданной плотностью и влажностью» (пп. 8.1.3. и 8.1.5). Подобные задачи возникают, в частности, при необхо-

Рис. 3. Характер разрушения аргиллитов при испытаниях параллельно (а) и перпендикулярно (б) слоистости

димости прогноза поведения грунтов, слагающих насыпи, дамбы, подпорные стенки и иные инженерные сооружения, в которых грунты используются как материал для их возведения. На установке МСУ-2, в частности, были получены прочностные характеристики крупнообломочных грунтов обратной засыпки ряда подпорных стенок в долине р. Мзымты, а также грунтов зоны дробления скальных массивов некоторых месторождений в связи с оценкой устойчивости горных выработок при разработке месторождений.

Говоря о крупнообломочных грунтах, следует заметить, что впервые в стандарте оговаривается предельный размер включений — он не должен превышать 1/5 диаметра образца.

Важным дополнением в описание конструкции установки стало внесение положения о том, что в её состав должно входить «кольцо с внутренним диаметром $D \geq 200$ мм и высотой кольца $H = (1/3 \div 1/2)\ D$» (п. 8.2.1). Напомним, что стандарты 1979 и 1999 годов жёстко ограничивали геометрические параметры кольца: его внутренний диаметр должен был быть равен 400 мм, а высота — 220 мм. Какие новые возможности открываются в связи с подобным «послаблением»? Прежде всего, оно позволяет во многих случаях сократить объёмы испытаний. В частности, это оказывается возможным, если исследуемые массивы представлены однородными и изотропными глинистыми грунтами. Результаты изучения аллювиальных суглинков I н/п террасы р. Москвы (район Звенигорода) свидетельствуют о том, что значения сопротивления грунтов сдвигу при изменении его площади от 600 до 1200 см^2 остаются практически постоянными (рис. 4). Вместе с тем, уменьшение площади образцов данных грунтов до 300 см^2 сопровождается некоторым возрастанием сопротивления, что может быть связано с особенностями структуры грунтов и, в итоге, проявлением масштабного эффекта [3].

Наряду с существенным расширением возможностей, которые новый ГОСТ предоставляет при определении показателей прочности грунтов, он содержит и одно, по нашему мнению, существенное ограничение. Оно связано с исключением из стандарта положения о возможности выполнения испытаний для грунтов природного сложения с замачиванием до пол-

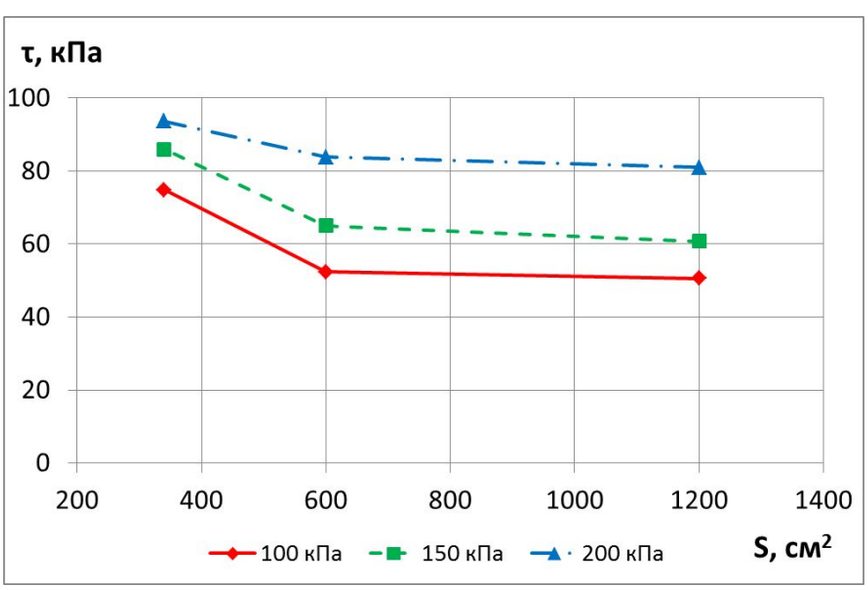


Рис. 4. Зависимость разрушающих касательных напряжений (τ) от масштаба испытаний (S) для аллювиального суглинка

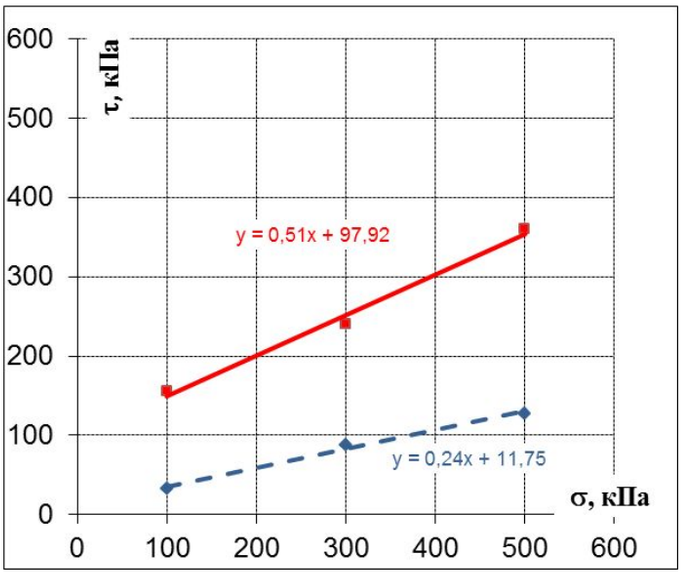


Рис. 5. Результаты испытания дресвяно-щебенистого грунта при естественной влажности (сплошная линия, W =6,8%) и в водонасыщенном состоянии (пунктирная линия, W =22,1%)

ного водонасыщения. Действительно, трудно найти в литературных источниках методику, да и сложно представить, каким образом в горной выработке можно было бы выполнить замачивание грунтов в условиях их естественного залегания, сохранив при этом условия для надёжного анкерения установки и обеспечения упора сдвигающего домкрата.

Однако этих проблем не возникает при использовании стендовых установок, в частности, МСУ-2. Образец, находящийся в кольце, перед испытанием замачивается в специальной ёмкости, позволяющей контролировать процесс водонасыщения, после завершения которого кольцо помещается на сдвиговую платформу для выполнения эксперимента. Сопоставить результаты испытания грунтов при естественной влажности и в условиях полного водонасыщения позволяет рис. 5: для дресвяно-щебенистого грунта с суглинистым заполнителем величина сцепления уменьшилась в 8 раз, а угол внутреннего трения более чем в 2 раза. Этот факт не только свидетельствует о том, что определение показателей прочности грунтов при их полном водонасыщении является важным с точки зрения получения расчётных показателей, но и указывает на необходимость разработки единого методического подхода.

Таким образом, ГОСТ 20276-2012 в целом может рассматриваться как актуализированный нормативный документ, а в части, касающейся метода среза целиков грунта, он существенно расширяет перечень задач, которые могут быть решены в ходе инженерных изысканий.

Литература:

1. Инженерно-геологические изыскания: Справочное пособие / Н.Ф. Арипов, Е.С. Карпышев, Л.А. Молоков, В.А. Парфиянович. — М.: Недра, 1989. С. 249-255.
2. *Куринов М.Б., Широков В.Н.* Опыт определения показателей прочностных свойств грунтов на крупногабаритной установке МСУ-2 / VII Общероссийская конференция «Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации». 15-16 декабря 2011 г. — М.: 2011. С. 58-59.
3. *Куринов М.Б., Широков В.Н.* Структурно-вещественная организация грунтов и необходимость её учёта при проведении инженерно-геологических изысканий / VIII Общероссийская конференция «Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации». 13-14 декабря 2012 г. — М.: 2012. С. 68-69.
4. Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород. В 2-х томах. Том 1. Полевые методы / Под ред. Е.М. Сергеева. — М.: Недра, 1984. 423 с. С. 388-393.
5. Справочник по инженерной геологии. Под ред. М.В. Чуринова. — М.: Недра, 1974. С. 498-502.
6. *Шапран В.В., Роот П.Э.* Изучение прочностных свойств грунтов методом одноплоскостного среза на крупногабаритных установках / Полевые методы гидрогеологических, инженерно-геологических, мерзлотных и инженерно-геофизических исследований / Под ред. В.И. Осипова, Р.С. Штенгелова, Г.И. Гордеевой. — М.: Изд. МГУ, 1982. С. 195-202.
7. *Широков В.Н.* Изучение прочности грунтов на сдвиг / Полевые методы гидрогеологических, инженерно-геологических, геокриологических, инженерно-геофизических и эколого-геологических исследований / Под ред. В.А. Королева, Г.И. Гордеевой, С.О. Гриневского, В.А. Богословского. — М.: Изд-во Моск. Ун-та, 2000. — 265-273 с.

Волков Ф.Е.
ГУП институт «БашНИИстрой», Уфа, ZashOGIO@bk.ru

УКРЕПЛЕНИЕ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ СУГЛИНКОВ ОСНОВАНИЯ ДЕФОРМИРУЕМОГО ЗДАНИЯ ЗАЩЕЛАЧИВАНИЕМ

Описывается опыт укрепления аллювиальных мягкопластичных суглинков основания ленточных фундаментов административного здания по ул. Цветочной в г. Уфе методом защелачивания в целях увеличения несущей способности основания. Анализ материалов инженерно-геологических изысканий исследуемой площадки административного здания показал, что причиной деформации здания может быть:
- наличие разуплотненных пород на глубинах 2,0–4,0 м, т.е. в активной зоне;
- проявление просадочных свойств в подстилающих грунтах.

В тоже время, по совокупности количественных критериев оценки исследуемой площадки по степени карстовой устойчивости, площадка относится к IV категории устойчивости относительно карстовых провалов (несколько пониженной устойчивости). По контакту с «коренными» породами активизируется суффозионный процесс, т.е. происходит вымывание и снос вниз по склону тонкодисперсных частиц песка, суглинка, глины. Это в свою очередь ведет к разуплотнению неогеновых и четвертичных отложений и, как следствие, к образованию пологих проседаний в рельефе.

Рассматривая схему расположения элементов фундаментов административного здания, можно отметить, что ленточные фундаменты по осям Б, В, Г очень развиты (ширина — 4 м, расстояние между лентами — 2,5 м), то с учетом взаимовлияния ленточных фундаментов между собой, в целом фундамент административного здания представляет собой «плиту». Расчеты осадки основания фундаментной плиты показывают, что осадка основания значительно превышает предельную дефор-

мацию основания здания (15,97 см > 12 см). Вследствие чего возникли длительные неравномерные осадки основания, приведшие к возникновению трещин.

В целях обеспечения дальнейшей безопасной эксплуатации здания. принято решение выполнить мероприятия инженерной защиты сооружения, в частности, провести укрепление грунтов основания здания в связи с неравномерными деформациями, наличием процессов механической и химической суффозии, и также противокарстовые мероприятия.

В процессе проведения укрепления грунтов основания (в активной зоне) необходимо довести прочность суглинков до

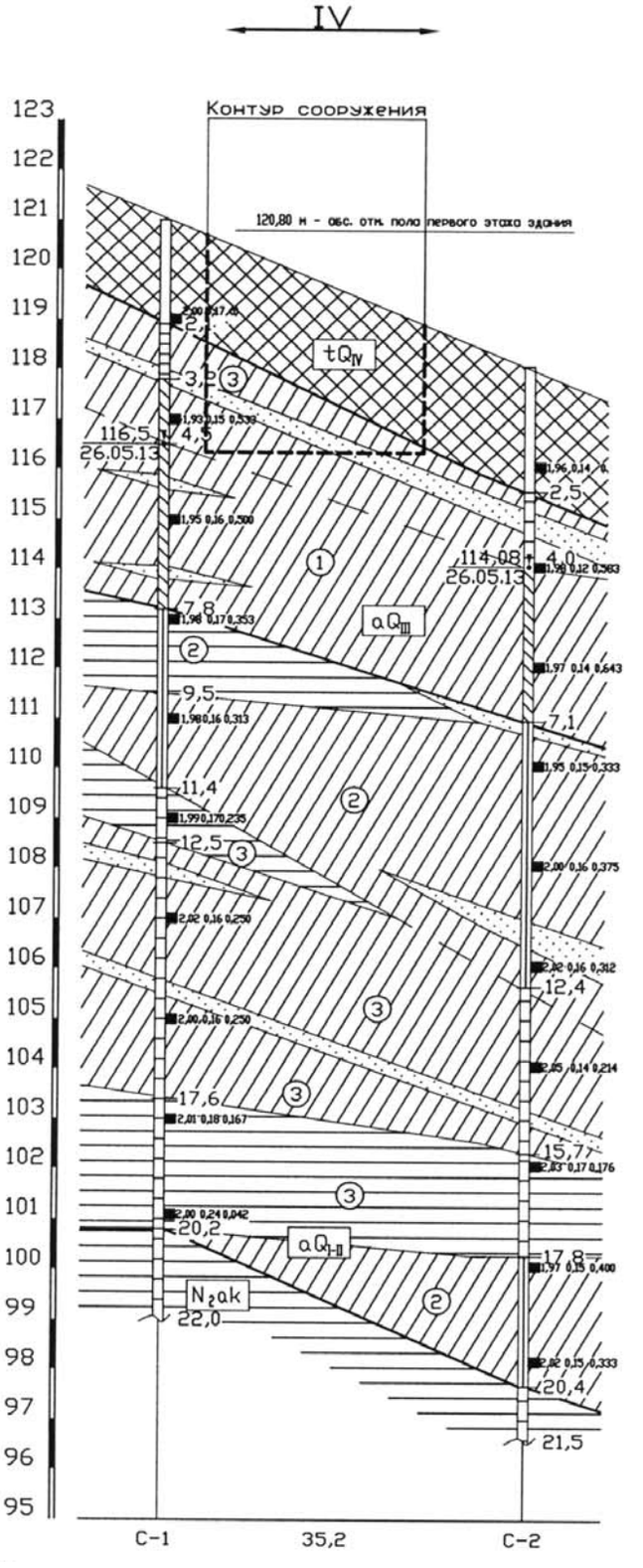


Рис. 1. Инженерно-геологический разрез по линии III-III

расчетного сопротивления не менее 0,75 МПа. Укрепленный грунт должен обладать водоустойчивостью.

В качестве мероприятия инженерной защиты здания рекомендован метод химического укрепления глинистых грунтов, позволяющий получить заданный параметр укрепленного грунта.

Исходя из водно-физических свойств глинистых грунтов основания фундамента административного здания в качестве метода химического укрепления грунтов рекомендуется использовать метод защелачивания, как единственный метод, позволяющий получить заданный параметр укрепленного грунта [1].

В геоморфологическом отношении участок изысканий приурочен к третьей левобережной надпойменной террасе р. Уфы, сформированной аккумулятивными и эрозионными процессами. Абсолютные отметки изменяются от 118,0 до 121,0 м.

В геологическом строении исследуемого участка участвуют осадочные породы четвертичного, неогенового и пермского возрастов.

Четвертичная система (Q) имеет значительное распространение в районе исследований и представлена грунтами техногенного и аллювиального генезиса (рис.1).

Верхнеплейстоценовые отложения (aQIII)

1. Суглинок коричневый, слабомакропористый, карбонатизированный, полутвердой консистенции, с гл. 2,8-3,8 м с включением гидроокиси Fe в виде пятен, прожилков, желваков, мягкопластичной консистенции, с прослоями (до 0,4 м) песка пылеватого, глинистого, влажного.

2. Глина буровато-коричневая, с охристыми пятнами гидроокиси Fe, с черными примазками, прожилками, пятнами гидроокиси Mn, полутвердой консистенции.

Верхнеплейстоценовые отложения залегают до глубины 7,1-7,8 м (абс. отм. 110,98-113,53 м), мощность составляет 4,6-5,8 м.

Средне-нижнеплейстоценовые отложения (aQI-II)

3. Суглинок коричневый, тугопластичной-полутвердой консистенции, с включением гидроокиси Fe (рыжие пятна, прожилки, желваки), гидроокиси Mn (черные точки, примазки, гнезда), с прослоями песка пылеватого, глинистого влажного (до 0,1-0,8 м).

4. Глина буровато-коричневая, ближе к подошве охристо-бурая за счет сильного ожелезнения, с черными примазками, прожилками, пятнами гидроокиси Mn, твердой-полутвердой консистенции.

Средне-нижнеплейстоцевые отложения залегают до глубины 20,0-20,4 м (абс. отм. 97,68-100,8 м), мощность составляет 12,4-13,3 м.

Неогеновая система (N2)

Представлена лиманно-морскими отложениями акчагыльского яруса и кинельской свитой.

Водоносный горизонт в четвертичных аллювиальных отложениях

В период изысканий 26.05.2013 г. подземные воды были зафиксированы на глубине 3,4-4,5 м (абс. отм. 114,08-116,50 м). Приурочены к четвертичным мягкопластичным отложениям. Максимальный уровень прогнозируется на абс. отм. 115-5-118,0 м.

Питание водоносного горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, утечек из водонесущих коммуникаций и частично разгрузки водоносного горизонта, распространенного в неогеновых отложениях в примыкании к коренному склону за пределами участка изысканий.

Таблица 1

ИГЭ-1 суглинок тяжелый пылеватый мягкопластичный (aQIII)

Наименование показателей		Ед.изм.	Кол-во	Мин.знач.	Макс.знач.	Норм.знач.	Коэф.вариации	Расч. знач.	
								при α=0,85	при α=0,95
Природная влажность (коэффициент надежности)		д.ед.	15	0,24	0,31	0,28	0,086	0,29 0,977	0,29 0,962
Влажность на границе текучести		д.ед.	15	0,30	0,38	0,34	-	-	-
Влажность границы раскатывания		д.ед.	15	0,17	0,23	0,20	-	-	-
Число пластичности		д.ед.	15	0,10	0,16	0,14	-	-	-
Показатель текучести при природной влажности			15	0,42	0,71	0,56	-	-	-
Плотность частиц грунта		г/см3	15	2,69	2,73	2,71	-	-	-
Плотность природная (коэффициент надежности)		г/см3	15	1,90	2,01	1,95	0,018	1,94 1,005	1,94 1,008
Плотность сухого грунта		г/см3	13	1,45	1,60	1,52	-	-	-
Пористость		%	15	41,1	45,9	43,6	-	-	-
Коэффициент пористости (коэфф. надежности)			15	0,70	0,85	0,78	0,071	0,79 0,980	0,80 0,969
Коэффициент водонасыщения		д.ед.	15	0,92	1,00	0,97	-	-	-
Сцепление (Р=0,1;0,2;0,3 МПа): при природной влажности (коэф.надежности)		МПа	13	0,013	0,025	0,020	0,18	0,017 1,166	0,014 1,400
Угол внутреннего терния (Р=0.05; 0,1; 0,15 МПа): при природной влажности (коэф.надежности)		град.	13	10	19	15	0,11	13 1,174	12 1,316
Модуль деформации при природжной влажности при Р: 0,1-0,3 МПа		МПа	7	6	13	10	-	-	-
Относительное содержание органических веществ		д.ед.	2	0,06	0,07	0,065	-	-	-
Гран.состав по фракциям; мм:									
песок	0,5-0,25		1	-	0,62	0,62	-	-	-
	0,25-0,1		1	-	0,62	0,62	-	-	-
	0,1-0,05	%	1	-	18,53	18,53	-	-	-
пыль	0,05-0,01		1	-	46,58	46,53	-	-	-
	0,01-0,005		1	-	5,18	5,18	-	-	-
глина	< 0,005		1	-	28,47	28,47	-	-	-

Таблица 2

Расчетные значения основных показателей ФМС ИГЭ

Наименование показателей	Ед. изм.	Рекомендуемые расчетные значения					
		ИГЭ 1		ИГЭ 2		ИГЭ 3	
		α=0,85	α=0,95	α=0,85	α=0,95	α=0,85	α=0,95
Влажность природная	д.ед.	0,29	0,29	0,26	0,27	0,24	0,25
Число пластичности	д.ед.	0,14	-	0,16	-	0,17	-
Показатель текучести		0,56	-	0,34	-	0,18	-
Плотность грунта	г/см3	1,94	1,94	1,93	1,92	2,00	1,9
Коэффициент водонасыщения	д.ед.	0,97	-	0,95	-	0,96	-
Коэффициент пористости		0,79	0,80	0,77	0,78	0,70	0,70
Удельное сцепление	МПа	0,017	0,014	0,027	0,024	0,032	0,029
Угол внутреннего трения	град.	13	12	18	17	18	17
Модуль деформации	МПа	10	-	12	-	16	-
Относительное содержание органических веществ	д.ед.	0,065	-	-	-	-	-

Таблица

Параметры расчета осадки фундаментной плиты

Глубина, м hi	ξ	a	Напряжение, кПа			Модуль деформации, кПа	Модуль деформации укрепленного грунта, кПа
			От внешней нагрузки $\sigma_{zp,i}$	От собственного веса грунта			
				$\sigma_{zp,i}$	0.5 $\sigma_{zp,i}$		
0	0	1,000	200	38,40	19,20	10000	30000
3,4	0,4	0,973	194,60	104,36	52,18		
6,8	0,	0,852	170,40	170,32	85,16	12000	12000
10,2	1,2	0,691	138,2	236,28	118,14		
13,6	1,6	0,567	113,40	302,24	151,12	16000	160000
Нижняя граница сжимаемой толщи						вариант основания 1	вариант основания 2

Таблица 4

Показатели механических свойств образцов суглинка основания ленточного фундамента после защелачивания

Наименование показателей	Концентрация раствора щелочи, н.			
	5,0		7,5	
	Время твердения, сут.			
	14	28	14	28
Предел прочности на одноосное сжатие, МПа	0,282	0,448	0,478	0,764
Удельное сцепление, МПа		0,040		0,070
Угол внутреннего трения, град.		26		30
Модуль деформации, МПа		37		65

Водовмещающими грунтами являются суглинки туго-мягкопластичной консистенции, с коэффициентом фильтрации — 0,7 м/сут.

По химическому составу подземные воды сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые, с минерализацией 0,4-0,5 г/л.

В пределах сферы взаимодействия изучаемого сооружения с геологической средой выделено 3 инженерно-геологических элемента (ИГЭ) с учетом их происхождения, текстурно-структурных особенностей и вида, на основе оценки пространственной изменчивости характеристик грунтов и коэффициентов вариаций.

ИГЭ-1 — суглинок тяжелый пылеватый мягкопластичный, с примесью органических веществ (aQ_{III});

ИГЭ-2 — суглинок тяжелый пылеватый тугопластичный (aQ_{III}, aQ_{I-II});

ИГЭ-3 — глина мягкая пылеватая полутвердая (aQ_{III}, aQ_{I-II}).

Распространение выделенных ИГЭ приведено на инженерно-геологическом разрезе (рис. 1).

ИГЭ-1 представлен суглинком тяжелым пылеватым мягкопластичной консистенции, с примесью органических веществ, с тонкими прослойками песка пылеватого, глинистого.

Предельные, нормативные и расчетные значения показателей физико-механических свойств ИГЭ-1 по результатам лабораторных исследований грунтов приводятся в таблице 1.

Расчетные значения основных показателей ФМС грунтов по результатам лабораторных исследований приводятся в таблице 2.

Участок изысканий, согласно классификации карста Башкирии

(Мартин В.И., 1972 г.), находится в пределах развития карбонатно-сульфатного карста, перекрытого его подкласса.

По совокупности количественных критериев оценки, исследуемый участок изысканий относится к IV категории устойчивости относительно карстовых провалов (несколько пониженной устойчивости).

Обследование существующего административного здания выполнено с целью установления причин деформаций, происходящих в юго-восточной части здания, в месте пристроя (башни) к основному зданию. Вследствие деформации на юго-восточной стене с внешней и внутренней стороны образовались веерообразные расходящие трещины.

На момент обследования административное здание представляет собой

4-х этажное здание сложной конфигурации с цокольным этажом и пристроенной к главному зданию с юго-восточной стороны башней.

Наиболее раскрытые трещины (шириной раскрытия до 5 мм) наблюдаются на внешней юго-восточной стене вблизи торца. На внутренней стене трещины тонкие с шириной раскрытия от волосяных до 1-5 мм. Трещины, в основном, вертикальные, извилистые.

В виду того, что ленточные фундаменты административного здания рассматриваются как фундаментная плита, то определим осадку основания фундаментной плиты (СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений (актуализированная редакция СНиП 2..02.01-83*). — М., 2011), исходя из показателей физико-механических свойств мягкопластичного суглинка (ИГЭ-1) и параметров плиты:

$$S\,\beta \sum_{i\text{-}1}^{n} \frac{\sigma_{zp,i} h_i}{E_i} \qquad \beta=0{,}8$$

d = 2 м

b = 17 м — ширина «плиты»

l = 29 м — длина «плиты»

$$\eta = 29 / 17 = 1{,}706$$

$$\xi = 2z / b = 0{,}4$$

ступень $z = \xi b / 2 = (0{,}4 \cdot 17) / 2 = 3.4$ м (h_i)

P = 200 кПа — среднее давление под подошвой фундамента

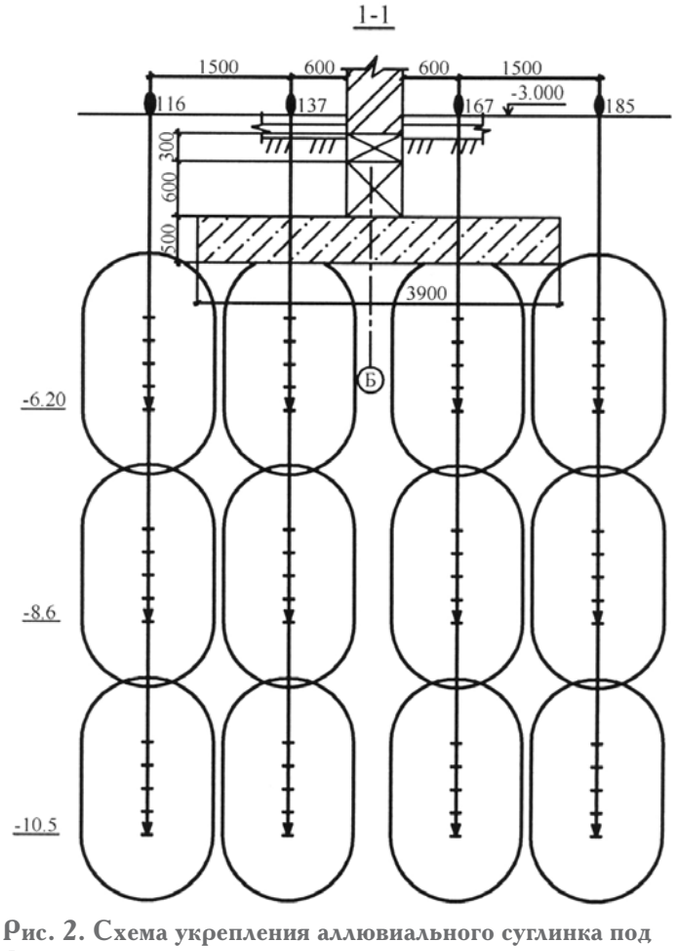


Рис. 2. Схема укрепления аллювиального суглинка под фундаментом

γ' = 19,4 кН/м^3 — удельный вес грунта ниже подошвы фундамента

$\sigma_{zq,0} = \gamma' d = 19.4 \cdot 2 = 38.4$ кН/м^2 $\gamma' h_i$ = 19.4 кН/м^3 · 3,4 м = 65,96 кН/м^2

$\sigma_{zp} = \alpha P$ — вертикальное напряжение от внешней нагрузки на глубине z от подошвы фундамента

Параметры расчета осадки фундаментной плиты приведены в таблице 3.

По варианту основания 1 осадка фундаментной плиты составляет 15,97 см, т.е. осадка основания значительно превышает предельную деформацию основания здания (СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений (актуализированная редакция СНиП 2..02.01-83*). — М., 2011), табл. Д.1, п.3: 15,97 см > 12 см.

Для уменьшения осадки основания и дальнейшей нормальной эксплуатации административного здания необходимо увеличить модуль деформации мягкопластичного суглинка до 30 МПа (используя метод защелачивания).

По варианту основания 2 осадка фундаментной плиты составляет 9,08 см.

Осадка основания меньше предельной деформации основания для многоэтажного бескаркасного здания с несущими стенами из кирпичной кладки без армирования.

При укреплении мягкопластичного суглинка толщиной 6,8 м ниже подошвы фундаментов до предела прочности на одноосное сжатие 0,7 МПа получим надежное основание, позволяющее нормально эксплуатировать здание и обеспечивающее отсутствие карстово-суффозионных деформаций в пятне здания [2].

Для оценки степени укрепляемости водонасыщенных аллювиальных суглинков основания ленточных фундаментов 4-х этажного здания растворами щелочи и подбора концентрации раствора, при которой достигаются необходимые показатели характеристики грунтов, чтобы предел прочности на одноосное сжатие грунта было не менее 0,70 МПа, были выполнены соответствующие лабораторные исследования. В качестве реагента (реагирующего раствора) были использованы растворы едкого натра 5,0 и 7,5 н. концентраций.

Результаты исследований приведены в таблице 4.

По результатам лабораторных исследований принята рабочая концентрация раствора щелочи 7,5 н. При этой концентрации достигаются необходимые параметры характеристик укрепленного глинистого грунта.

Проектные параметры укрепленного массива грунта при нагнетании в грунт через метровый перфорированный инъектор 1,2 м^3 раствора едкого натра в одну заходку будут соответствовать данным:

- радиус укрепления от точки инъекции — 0.7 м;
- мощность укрепленного грунта от одной заходки — 2,3 м;
- глубина укрепления от подошвы фундамента — 6,8 м (три заходки);
- количество точек инъекции на объект — 256;
- общее количество заходок на объект — 768;
- расход раствора щелочи на заходку — 1,2 м^3;
- общий расход раствора щелочи на объект — 922 м^3;
- расход кристаллической щелочи (натр едкий) — 270 т;
- объем укрепленного грунта — 3073 м^3;
- погонаж погружения и извлечения инъекторов — 2816 п.м.

Расположение точек инъекции и разрез фундамента с зоной укрепленного грунта приведен на рис. 2.

На основании данных параметров ГУП институт «БашНИИстрой» разработал альбом и приступил к выполнению работы.

Оценка степени укрепления массива грунта защелачиванием рекомендуется осуществлять сравнением времени, затраченным на погружение 0,5 метра инъектора (с 2-х до 6-ти метров) пневмоударной машиной ПУМ-65 (энергия единичного удара 180 Дж), как в зоне защелачивания, так и вне ее.

Как показали ранее выполненные исследования, в защелоченном массиве грунта времени на погружение полуметровой части инъектора затрачивается в 5-7 раз больше, чем до защелачивания. Это указывает на то, что при защелачивании грунта происходит его укрепление, т.е. несущая способность увеличивается более чем в 7 раз. Испытания проводятся по истечению 14 суток после защелачивания. По истечению 28 суток твердения прочностные и деформационные характеристики защелоченного массива грунта дополнительно возрастают в 1.5-2 раза.

Таким образом, выполняемая работа по защелачиванию аллювиального суглинка позволяет стабилизировать неравномерные осадки здания.

Литература:

1. Рекомендации по укреплению глинистых грунтов оснований зданий и сооружений защелачиванием. ГУП институт «БашНИИстрой», Уфа, 2005. — С. 36.

2. Волков Ф.Е., Ковшов К.В. Применение инъекционного химического укрепления глинистых пород в качестве противокарстового мероприятия // Геотехнические проблемы проектирования зданий и сооружений на карстоопасных территориях: Материалы Российской конференции (22-23 мая 2012 г., г. Уфа). — Уфа, 2012. — С. 167-172.

Каширский В.И.[1], Зиангиров Р.С.[2], Дмитриев С.В.[1]
[1]ООО «ГрандГЕО», Пушкино, Московской обл., kvi4908@gmail.com. kvi@grandgeo.ru
[2]ООО «ГрандГЕО», Москва, grandgeo@grandgeo.ru

ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДЫ ИЗЫСКАНИЙ ШВЕДСКОЙ ГЕОТЕХНИЧЕСКОЙ ФИРМЫ GEOTECH AB

Статья посвящена современным методам бурения и опытных полевых работ на основе техники, приборов и оборудования, производимых и поставляемых шведской фирмой Geotech AB. Выполнен сравнительный анализ технических средств, методов и методик с зарубежными и российскими аналогами. Рассмотрены возможности российских изыскательских (геотехнических) организаций по применению разработок, методик и программного обеспечения Geotech AB на объектах изысканий РФ.

Шведская Инженерная Компания Geotech AB была основана Петером Ортендалем в 1970 году с целью совершенствования методов инженерно-геологических изысканий. В настоящее время компания управляется семейством Ортендалей, ее бизнес-концепцией является разработка, производство, совершенствование и продажа буровой техники, оборудования и полевых средств измерений физико-механических свойств грунтов и исследования подземных вод. Корни компании следует искать в Технологическом университете Чалмерса (швед. Chalmers tekniska högskola) основанного в 1828 г. [14].

Geotech AB производит широкий спектр буровых установок (для т.н. скандинавского грунтово-скального бурения), различного геотехнического оборудования, как например, для статического, динамического и сейсмического зондирования (CPT/CPTU, SPT и SCPT). Фирма так же разрабатывает, производит и реализует пьезометры, позволяющие проводить измерения уровней подземных вод в автоматическом и полуавтоматическом режиме, крыльчатки (метод вращательного среза), пробоотборники, грунтоносы различных конструкций и многие другие технические средства для ши-

рокомасштабных геотехнических изысканий, о чем более подробно будет изложено ниже.

Буровые установки фирмы Geotech AB

Основными буровыми установками фирмы являются механизмы на гусеничном ходу, которые к месту проведения работ транспортируются на специальных трейлерах и позволяют выполнять бурение и специальные работы в условиях бездорожья, практически в любых труднодоступных местах.

В таблице 1, заимствованной нами на сайте фирмы Geotech AB http://www.geotech.eu, и незначительно измененной, представлены основные установки, производимые в Швеции в городе Гётеборг и широко реализуемые, как внутри страны, так и за рубежом. Первая из них — GEORIG 220 с усилием задавливания 20 тс (200 кН) чаще всего используется для статического и динамического зондирования, а так же для внедрения в массив грунта крыльчаток, дилатометров, пьезометров и т.д., с возможностью разбуривания (проходки лидерных скважин) шнеками, т.е. установка по своей сути является инженерно-геологическим (геотехническим) комбайном [18, 22].

На фотографиях установка RIG 220 представлена в транспортном (рис.1) и рабочем (рис. 2) положениях. Ходовая часть самоходной установки снабжена резиновыми гусеницами, позволяющими передвигаться по любой поверхности без ее повреждения [17, 18].

Остальные установки, представленные в таблице 1 в большей мере применимы для бурения скважин, в том числе в прочных скальных породах, с возможностью проведения опытных полевых работ, но с меньшим задавливающим усилием, о чем свидетельствует сводная таблица, составленная на основании таблиц сопровождающих каждую модель на сайте и данных, предоставленных авторам публикации фирмой Geotech AB.

По мнению авторов настоящей публикации, все имеющиеся установки могут иметь конструктивные различия, в зависимости от поставленных задач и пожеланий заказчика (покупателя), но, в общем и целом они похожи, поэтому мы решили ограничиться иллюстрацией двух из них. На первом фото (см. рис. 3) в транспортном положении изображена установка Georig 604 фирмы Geotech AB, которая является многоцелевым геотехническим буровым станком, предназначенным для инженерно-геологических и экологических изысканий. Особенностью буровой установки является то, что ее мачта (как и других буровых механизмов этого класса) может быть наклонена как вперед, так и назад и в направлении влево и вправо. Это позволяет выполнять наклонное бурение в самых сложных инженерно-геологических условиях, в том числе и под существующими зданиями и сооружениями. При этом скорость вращения, крутящий момент, давление на забой и другие параметры варьируют в широком диапазоне. Все указанные буровые установки сконструированы и изготовлены таким образом, что позволяют выполнять с высокой скоростью монтаж и демонтаж оборудования и спуско-подъемные операции. В зависимости от технического задания заказчика буровые установки могут снабжаться системой промывки и (или) продувки бурового инструмента, что повышает качество и скорость проходки скважин. На втором фотоснимке представлена буровая установка Georig 605 при выполнении бурения скважины с продувкой (рис. 4).

Большое значение имеет и разрабатываемый фирмой буровой инструмент, который изготавливается по современным технологиям из высокопрочной стали, с применением алмазных коронок, что позволяет выполнять бурение в любых грунтах. Geotech AB конструирует и производит пробоотборники как для нарушенных, так и ненарушенных (малонарушенных) грунтов, что оказывает огромное влияние на качество проводимых изысканий (рис . 5).

Таблица 1

Тип установки:	RIG 220	RIG 604	RIG 605	RIG 607	RIG 707
Статическое зондирование	○	○	○	○	○
Динамическое зондирование	○	○	○	○	○
Зондирование с использованием массы установки		○	○	○	○
Ротация, удар		○	○	○	○
Алмазное бурение			○	○	○
Информация:					
Удар	i	i	i	i	i
Вес	i	i	i	i	i
Дизельный двигатель	i	i	i	i	

Рис. 1. Georig 220 в транспортном положении

Рис. 2. Georig 220 в рабочем положении

Таблица 2

Технические характеристики		Georig 220	Georig 604	Georig 605	Georig 607	Georig 707
Источник энергии (привод)		**Дизельный двигатель «Kubota» D1703 (3 цилиндра) 22 кВт, 2800 об/мин**	**Дизельный двигатель «Isuzu» 4LE1 (4 цилиндра) 39кВт, 3000 об/мин**	**Дизельный двигатель «Perkins» 1104D (4 цилиндра) 95 кВт, 2200 об/мин**	**Дизельный двигатель «Perkins» 1104D (4 цилиндра) 95 кВт, 2200 об/мин**	**Дизельный двигатель «Perkins» 1104D (4 цилиндра) 95 кВт, 2200 об/мин**
Габариты, с опущенной мачтой	высота	1650 х 1660 х 2650 мм	2200 х 1910 х 3900 мм	2200 х 1910 х 3900 мм	2200 х 2050 х 4400 мм	Нет
	ширина					
	длина					
Габариты, с опущенной мачтой	высота	2160 х 1660 х 2850 мм	3400 х 1910 х 3700 мм	3400 х 1910 х 3700 мм	3400 х 1910 х 4350 мм	Нет
	ширина					
	длина					
Ход каретки		1500 мм	2450 мм	2470 мм	2470 мм	2450 мм
Клиренс:		235 мм	270 мм	270 мм	255мм	Нет
Максимальное усилие вверх:		200 кН	77 кН	130 кН	130 кН	130 кН
Максимальное усилие вниз:		200 кН	37 кН	70кН	70кН	70кН

Рис. 3. Georig 604. Перед бурением

Рис. 4. Georig 605. Бурение с продувкой

Следует отметить, что фирмой Geotech AB применяется гибкая система взаимодействия с заказчиком, так например, одному из авторов этих строк был шведской стороной был поставлен комплект регистрирующей аппаратуры, включающий зонд CPTU Nova Acoustic, колонну штанг из легированной стали и комплект электроники, который впоследствии был установлен на пригруженный автомобиль КАМАЗ российской изыскательской фирмы ООО «ГрандГЕО» (г. Пушкино Московской области), переоборудованный челябинской фирмой «Партнер» для задавливания штанг статического зондирования. Универсальность комплекта позволила в короткие сроки и без значительных дополнительных затрат смонтировать закупленное оборудование.

Геотехническое оборудование фирмы Geotech AB

Выше мы коснулись бурового оборудования и пробоотборников для краткости изложения повторяться не будем, предлагаем с этим разделом более углубленно ознакомиться на сайте фирмы http://www.geotech.eu.

Статическое зондирование

Как отмечалось выше, для статического зондирования широко применяется многоцелевая установка Georig 220 [19], установка является полной рабочей станцией на гусеничном шасси и перевозит все оборудование. Достаточно поднять мачту в вертикальное положение, при необходимости выполнить анкерение установки, подсоединить ноутбук и установка готова к зондированию. Как отмечалось выше, имеется возможность выставления мачты задавливающего устройства (Georig 220) под

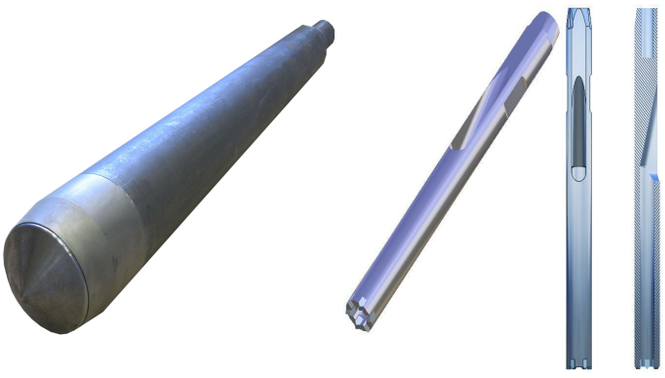


Рис. 5. Грунтоносы для отбора ненарушенной и нарушенной структуры грунта

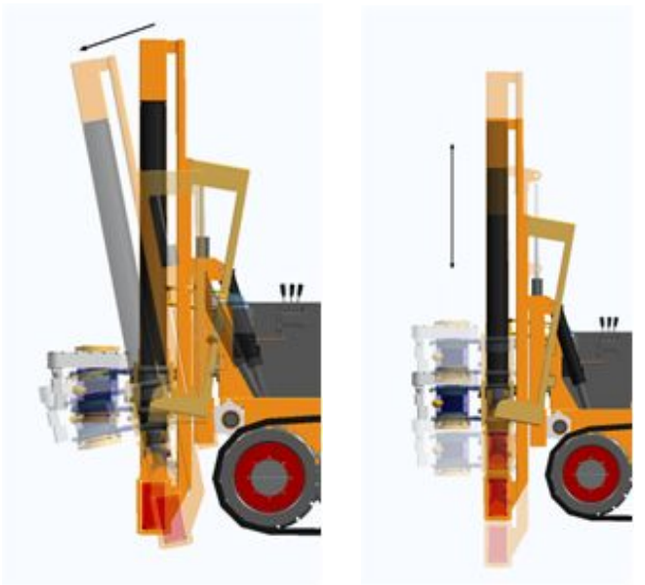


Рис. 6. Примеры различных углов наклона мачты Georig 220 для вертикального задавливания зонда

различными углами относительно установки, что значительно облегчает вертикальность задавливания зонда (рис 6), особенно в условиях пересеченной местности. Максимальное задавливающее усилие 20 тс (200 кН) обеспечивает зондирование практически во всех дисперсных грунтах. Устройство оборудовано блоком управления перегрузкой, т.е. можно задать максимальное сопротивление, когда гидравлика должна быть отключена, с целью предотвращения поломки штанг и потери дорогостоящего зонда. Два клапана установлены в гидросистему, с целью равномерного движения главных силовых цилиндров и, соответственно, стабилизации погружения зонда и качественного снятия показаний (например, 2 см/сек).

Комплект аппаратуры (рис. 7) позволяет выполнять одновременно несколько измерений: глубину погружения зонда, сопротивление грунта внедрению конуса (q_c, *МПа*), бокового трения (f_c, *кПа*), порового давления (U, U_0,ΔU. *КПа*), угла отклонения зонда от вертикали, т.е. инклинометрии (*градусы*).

В зависимости от запроса заказчика (комплектации), передача данных от зонда и их прием на поверхности может выполняться как по кабелю, так и через передатчик акустического сигнала по штангам к микрофону с помощью, которого акустические сигналы преобразуются в электромагнитные. Затем

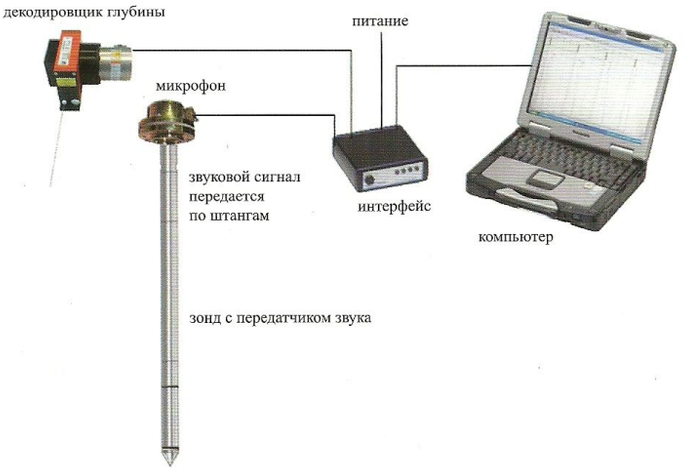


Рис. 7. Принципиальная схема акустической передачи данных статического зондирования

данные передаются через блок интерфейса на компьютер, который и осуществляет их окончательную обработку. Результат обработки данных выдаётся на дисплей персонального компьютера (ноутбука) в режиме реального времени, в виде графиков (рис. 8).

Более подробно с устройством и принципом работы беспроводного акустического зонда можно ознакомиться в статье вице-президента Шведской геотехнической фирмы “Geotech AB” Мартина Карлсона в журнале «Инженерные изыскания» [9].

Для сравнительного анализа с другими зарубежными и отечественными средствами статического зондирования и проблемами, связанными с этим видом полевых исследований свойств грунтов можно обратиться к публикациям последних лет [1-5, 6-8, 10-13, 15, 25]. Из зарубежных работ [20,21, 23, 24] и др.

Следует отметить, что в настоящее время между шведской фирмой «Geotech AB» и российской ООО «ГрандГЕО» ведутся переговоры о создании в последней российского программного обеспечения на базе собственной программы используемой в настоящее время для российских тензометрических зондов, поскольку программа польских специалистов, применяемая в настоящее, время не в полной мере учитывает требования российских нормативных документов, особенно при выделении генетических типов грунтов и разделении их на инженерно-геологические элементы (ИГЭ).

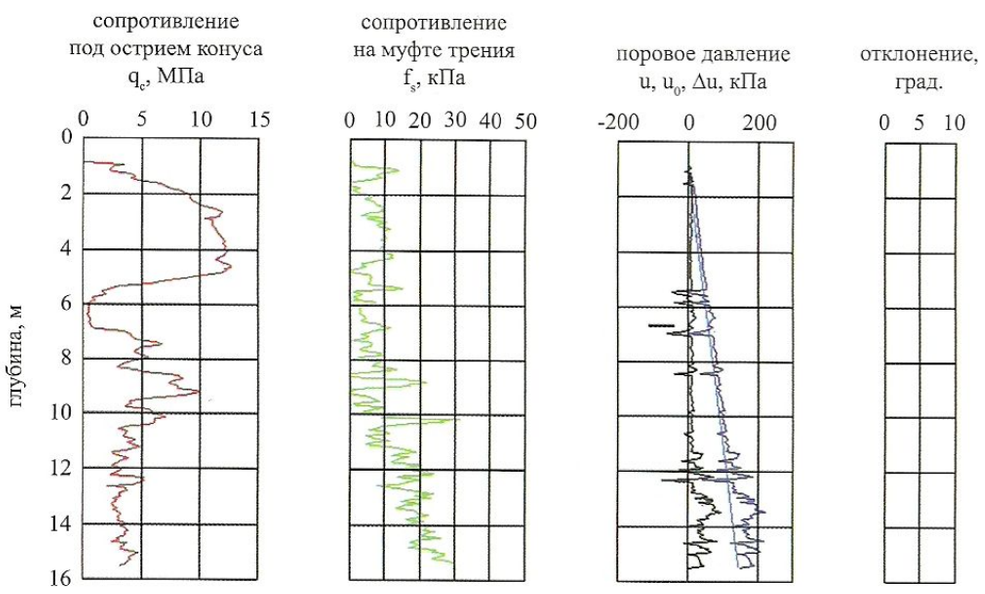


Рис. 8. Графики результатов CPTU выводимые на дисплей ПК

Динамическое зондирование

Модульный комплект динамического зондирования может быть использован в качестве навесного оборудования на любой из стандартных моделей системы Georig, как пенетрационных, так и многоцелевых. Основным преимуществом динамического навесного оборудования является наличие ленточной цепи, с помощью которой поднимается ударный снаряд (молот) на заданную высоту и его автоматический сброс с заданной высоты. Это позволяет автоматизировать процесс внедрения конуса (индентора) или пробоотборника. Отсчет ударов, выполняемый при помощи индукционного датчика и внесение в ноутбук глубины погружения колонны штанг и количества ударов через заданные интервалы, обычно за 1 дм (10 см).

Гидравлический привод ленточной цепи поставляется вместе с комплектом навесного оборудования, что позволяет при несложной модернизации применять его в комплекте с российскими самоходными буровыми установками.

Вес молота и высота его падения могут варьировать в зависимости от технического задания (спецификации) заказчика, и соответствует различным международным стандарта по динамическому зондированию — DPH, DPSH-A (HFA), DPSH-B (SPT) [16]. Возможно, оснащение навесного оборудования для динамического зондирования в соответствии с действующим в нашей стране ГОСТом 19912-2012 (ГОСТ 19912-2012 Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием).

Следует отметить, что в нашей стране при динамическом зондировании средним оборудованием (существует еще легкое и тяжелое оборудование) используется конус (индентор) диаметром 75 мм и штанги диаметром 42 мм, молот (ударник) массой 60 кг с высотой падения 800 мм, что предопределяет изготовление комплекта за пределами Росси по самостоятельному техническому заданию (спецификации).

На рис. 9 представлена фотография навесного оборудования динамического зондирования на многоцелевой самоходной установке Georig 220 и два варианта стандартной комплектации. Наиболее близким к российскому стандарту является вариант с массой молота (ударника) 63,5 кг и высотой его падения 750 мм.

В таблице 3 представлены параметры оборудования в зависимости от стандартов, в соответствии с каталогом фирмы Geotech AB

Стандарты DPH DPSH-A (HfA) DPSH-B (SPT) Молот массой, кг 50 63,5 63,5 Высота падения молота, см 50 50 75

Динамическое зондирование наиболее востребовано при наличии в разрезе плотных песков и супесей, имеющих плотную упаковку, причем нередко супеси по степени водонасыщения бывают текучими, а по плотности переуплотненными грунтами и не всегда могут быть испытаны статическим зон-

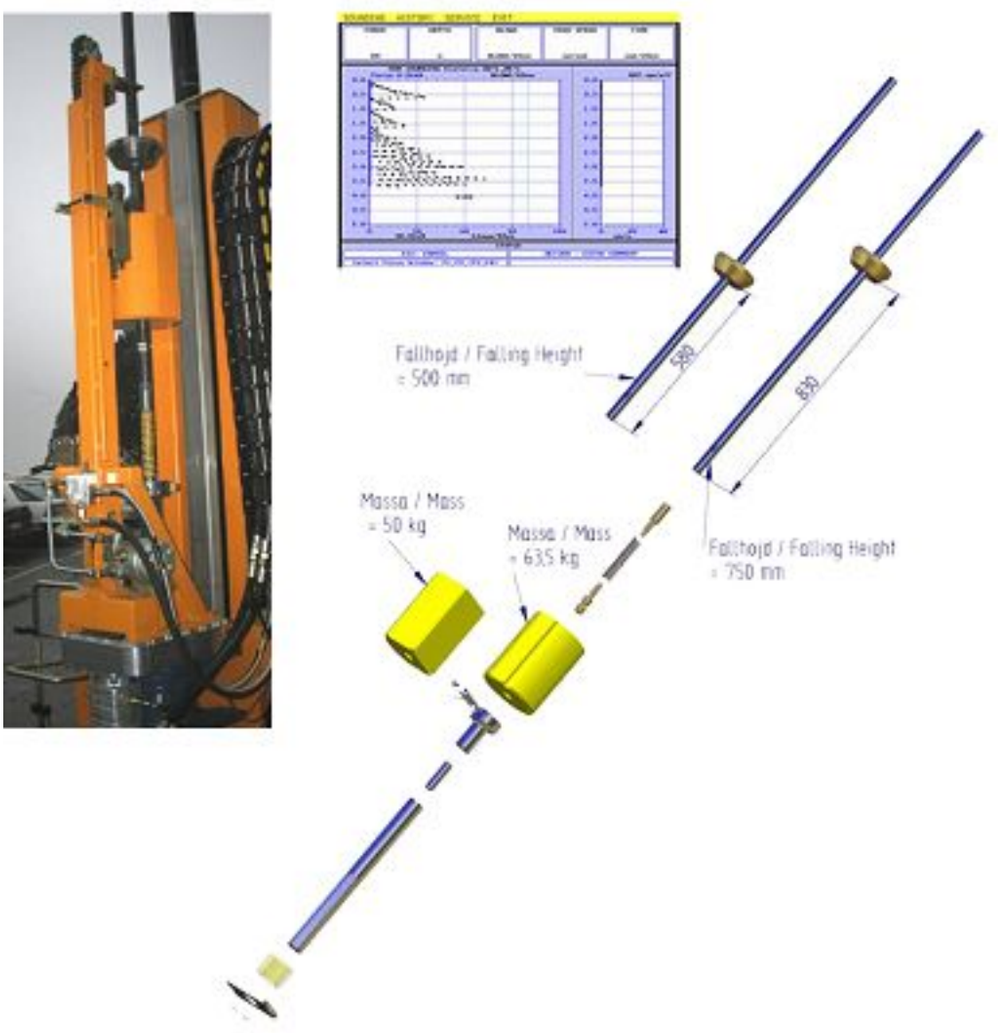


Рис. 9. Крепление навесного оборудования на Georig 220 и варианты стандартной комплектации [17]

дированием (q_c> *50МПа).* Например, в Московском регионе широко распространены меловые песчаные и супесчаные грунты с плотной упаковкой частиц, для которых динамическое зондирование является незаменимым методом.

Крыльчатка (вращательный срез)

По данным фирмы Geotech AB крыльчатка с электрическим приводом используется для оценки недренированной прочности на сдвиг дисперсных грунтов. Особенно востребована крыльчатка для определения прочностных характеристик грунтов, которые не могут быть опробованы лабораторными, методами, в случаях, когда невозможно получить образец с ненарушенной структурой. Как правило, это текучие, текучепластичные и мягкопластичные связные грунты, а также пески различного грансостава, плотности и степени водонасыщения. Комплект оборудования для вращательного среза позволяет проводить измерения параметров вращательного среза с высокой точностью, с автоматическим вычитанием трения стержня о грунт или защитные штанги. Комплект может создаваться в двух вариантах — с открытыми лопастями и рабочим наконечником (крыльчаткой), выдвигаемой из защитного кожуха, выполненного в виде четырехгранного долота, после забуривания на глубину испытаний. Оба варианта поставляются заказчику с электрическим приводом для создания и регистрации крутящего момента и скольжения муфты (рис. 10).

В таблице 4, заимствованной нами в каталоге фирмы Geotech AB с незначительными изменениями, представлены технические характеристики нескольких моделей приборов вращательного среза, существенным отличием которых является наличие защитных штанг (кожуха) у модели Еврокода и отсутствие защиты у других моделей.

В соответствии с методикой испытаний четырехлопастная крыльчатка задавливается в грунт и вращается электроприводом через стержень (шток) на котором она закреплена со скоростью от 6 до 12 оборотов в минуту. Крутящий момент измеряется каждые 15-30 секунд, после достижения максимального крутящего момента скорость вращения крыльчатки увеличивается и она проворачивается еще на 10 оборотов для достижения разрушения грунта при сдвиге (срезе). После выполнения среза рекомендуется повторить медленный режим вращения (6-12 об/мин) для определения восстановленной прочности на сдвиг.

Таким образом, испытания грунтов методом вращательного среза предлагаемые геотехнической фирмой Geotech AB является традиционным, но усовершенствованным и автоматизированным методом позволяющим получать прочностные характеристики грунтов in situ, что говорит о его перспективности и востребованности.

Пьезометры электрические

Пьезометры фирмы Geotech AB предназначены для наблюдений за изменениями уровней подземных вод и их температур. Простота конструкции, компактность, быстрота монтажа и демонтажа, возможность многократного использования устройств позволяют широко применять их в практике геотехнического мониторинга на площадках строительства зданий и сооружений в самых сложных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях. Применение различных материалов, таких как латунь, бронза, керамика, пластики, композитные материалы (рис. 11) при изготовлении фильтров в сочетании с высококачественными датчиками, измерительной и регистрирующей аппаратурой, с использованием собственных программ обработки данных обусловили широкое использование в практике изысканий.

Многовариантность использования фильтров с трубами или шлангами различных диаметров, как с обсадкой, так и без обсадки (задавливанием ниже забоя «заплывшей» скважины) также способствуют качественному и высокоэффективному их использованию. По данным разработчиков все измерительные устройства имеют звуковую и световую индикацию значительно облегающие проведение замеров уровней подземных (грунтовых) вод.

В таблице 5, предоставленной сотрудниками фирмы Geotech AB, частично измененной и дополненной авторами статьи представлены основные технические характеристики пьезометров.

Таблица 3

Стандарты	DPH	DPSH-A (HfA)	DPSH-B (SPT)
Молот массой, кг	50	63,5	63,5
Высота падения молота, см	50	50	75

Таблица 4

Технические характеристики	Модель Еврокода	Стандартная модель		
Размеры лопасти, мм, диапазон измерений, кПа	**65x130 200**	**50x110 200**	**65x130 100**	**80x172 50**
Форма лезвия лопасти	Прямоугольные на обоих концах	прямоугольные и конические концы		
Защитный кожух лопасти	Ø 75 мм, длина 820 мм			
Угол поворота лопасти	15 ° по часовой стрелке	15 ° по часовой стрелке		
Размеры внутренних стержней	Ø22 x 1000 мм	Ø22 x 1000 мм		
Диаметр защитной трубы	Ø42 мм			
Регистрирующий прибор				
Диапазон измерения	100 Нм			
Точность измерения	< 1%			
Размеры	450 x 210 x 110 мм(плюс зажимной патрон, высота 140 мм)			
Вес	16 кг			
Зажимной патрон	Смещен вдоль продольной оси на 125 и 85 мм с каждой стороны			

Рис. 10. Комплект для вращательного среза грунтовс открытой и выдвижной крыльчатками

Рис. 11.Пластмассовые детали

Рис 12. Пьезометр с блоком пьезометров снятия показаний

Таблица 5

Технические характеристики

Диаметр фильтра, мм	36	Диапазон измерений, МПа			0-0,4*
Длина, мм	1250	Разрешение			0,025%
Материал корпуса	Нержавеющая сталь	Точность измерений	на глубине 0-25 м при 6 ° С на глубине 24-40 м при 6 ° С		0,05% FS 0,15% FS
Материалфильтра	Бронза, латунь, керамика, пористый пластик	Макс. нагрузки	2x FS		
Емкость аккумуляторов, измерений		100 000	Объем памяти, измерений		2000
Количество замеров	max.	1 замер/мин.	Измерения температуры	разрешение	0,1 °
	min.	1 замер/24 часа		точность	± 2 ° С

* Другие диапазоны по запросу. Все датчики снабжены температурной компенсацией

Встроенная память позволяет запоминать до 2000 измерений, с возможностью периодического их сохранения на персональный компьютер (ноутбук) и даже считывания с помощью мобильного телефона, находясь на большом удалении от площадки изысканий. Также считывание данных (серийного номера, даты, времени снятия данных, уровня подземных вод, температуры и заряда батареи) может производиться карманным компьютером (Nautiz X7) в ударопрочном корпусе (рис 13).

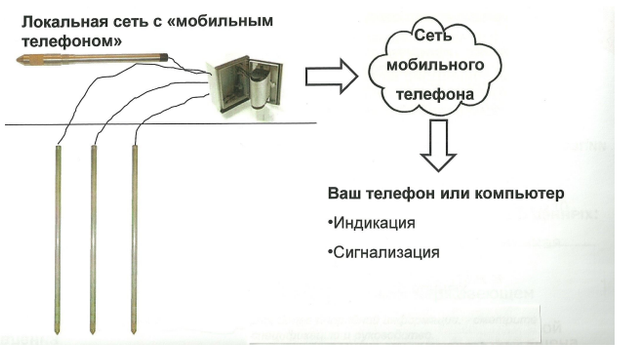


Рис. 13. Схема передачи информации

Рис. 14. Пьезометр с карманнымна мобильный телефон или ПК компьютером

Качество выходного цифрового сигнала не зависит от длины кабеля. Каждый пьезометр поставляется с калибровочным сертификатом.

Таким образом, рассмотренные выше пьезометры позволяют использовать в различных климатических, инженерно-геологических и гидрогеологических условиях, особенно они должны найти широкое применение в условиях плотной городской застройки, поскольку они компактны, легко монтируются и демонтируются и позволяют производить измерения с высоким качеством и с малыми энерго- и трудозатратами.

Сейсмическое зондирование (SCPT)

Основным достоинством системы SCPT является то, что устройство является дополнением к зонду статического зондирования, но очень важным новаторским дополнением, поскольку адаптер устанавливается над зондом статического зондирования и этот комплекс позволяет снимать все параметры классического зондирования (CPT) и в промежутках между наращиванием штанг (обычно через 1 м) ударником (кувалдой) наносится удар по наковальне, в результате которого возникает звуковая волна (рис. 15, 16).

Волна достигает сейсмоприемника, расположенного в рабочем наконечнике и преобразованная в цифровой сигнал поступает на компьютер, находящийся на поверхности, далее обработка сигналов выполняется по специальной программе «Geotechs SCPT- Analysis». В таблице 6 представлены основные технические характеристики SCPT.

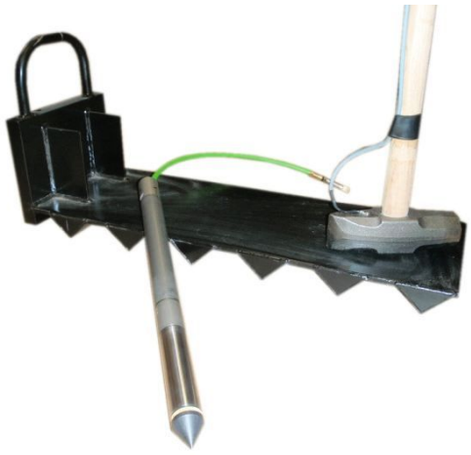


Рис. 15. Комплект сейсмозонда

Таблица 6

Технические характеристики	
Сейсмический адаптер	Для всех зондов “Geotech”1 или 3 канала
Датчик	Одна волна на 1 канал
Диапазон сигналов	1 Hz – 10 kHzПередача сигналов по 1 или 3 каналов и PCMCIA card
Программы обработки волн	SCPT-logSCPT-Analysis
Источник сейсмических волн	

К сожалению в кратком обзоре невозможно досконально исследовать все аспекта рассматриваемой темы, поэтому предлагаем более детально ознакомиться на сайте фирмы-разработчика http://www.geotech.eu.

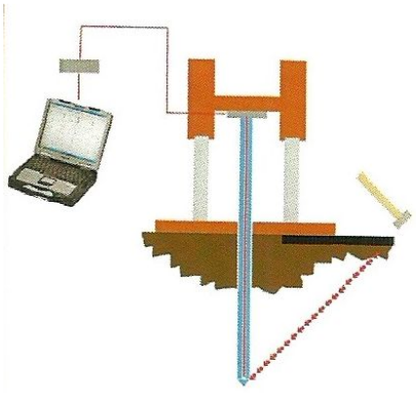
Даже краткий обзор позволяет сделать вывод о том, что шведская известная геотехническая компания разрабатывает, изготавливает и поставляет на мировой рынок современную технику и оборудование, которые имеют относительно невысокую стоимость, но могут конкурировать с образцами ведущих зарубежных фирм.

Немаловажное значение имеет оказание фирмой Geotech AB заказчику (покупателю) всемерной помощи в освоении техники и оборудования, обучении специалистов приезжающих в Гётеборг, а также дистанционно в он-лайн режиме. Большое значение имеет помощь клиентам сотрудниками фирмы в заполнении таможенных и иных документов и решении вопросов с доставкой груза из Швеции в РФ и внутри нашей страны.

По договоренности с руководством фирмы Geotech AB фирме ООО «ГрандГЕО» предоставлено право консультационных и посреднических услуг в сфере деятельности шведской геотехнической фирмы.

Литература:

1. *Безродных Ю.П., Дорофеев А.И., Юнин Е.А.* Статическое зондирование при инженерных изысканиях в северной части акватории Каспийского моря. // Инженерные изыскания, май 5/2013., с. 60-65.
2. *Болдырев Г.Г.* Испытания грунтов методами пенетрации. Часть I // Инженерные изыскания, ноябрь 11/2010, с. 26-36.
3. *Болдырев Г.Г.* Испытания грунтов методами пенетрации. Часть II // Инженерные изыскания, декабрь 12/2010, с. 30-42.
4. *Виноградова Г.И., Иксанова Е.А., Кошелев А.Г., Петренко А.С.* Современная база оборудования ГУП «Мосгоргеотрест» для проведения инженерно-геологических изысканий на территории г. Москвы. 5/2013, с. 66-71.
5. *Гамсахурдия Г.Р.* Некоторые вопросы геотехники: статическое зондирование // Инженерные изыскания, август 8/2009, с. 38-49.
6. *Дмитриев С.В., Каширский В.И.* Современное состояние и проблемы статического зондирования в России. // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании. Международная научная конференция. 19-21 октября 2011 г. М.: МГСУ, 2011, с. 306-313.
7. *Зиангиров Р.С., Каширский В.И.* Оценка модуля деформации дисперсных грунтов по данным статического зондирования. М., Объединенный научный журнал, №30 (122), 2004, с. 74-82.
8. *Зиангиров Р.С., Каширский В.И.* Определение вида и оценка параметров, состава и свойств песчаных грунтов по результатам статического зондирования. М., Объединенный научный журнал, №33, 2004, с. 71-78.
9. *Карлсон М.* Беспроводной зонд для выполнения статического зондирования с измерением порового давления (CPTU) — универсальный инструмент для проведения полевых исследований грунтов //Инженерные изыскания, май 5/2013, с. 57-59.
10. *Каширский В.И.* Зарубежный опыт статического зондирования. М., Инженерные изыскания, август 8/2009, с. 28-36.
11. *Каширский В.И.* Особенности испытаний четвертичных и дочетвертичных дисперсных грунтов полевыми и лабораторными методами. Инженерные изыскания, май 5/2013, с. 34-42.
12. *Каширский В.И., Дмитриев С.В., Бизов А.Н.* Статическое зондирование в России: исторический экскурс и современное состояние М., Инженерные изыскания, май 5/2009, с. 30-40.
13. *Каширский В.И., Зиангиров Р.С.* Определение плотности песчаных грунтов по результатам статического зондирования. М., Объединенный научный журнал, №34 (126), 2004, с. 55-65.
14. Университет Чалмерса в Гётеборге. http://www.voyage-luxe.ru/blog/chalmers-university/#sthash.ea1k7ptn.dpuf
15. *Шокальский М.Ю., Ваньков Д.А.* Статическое зондирование на оборудовании «Фугро» (Fugro) // Инженерные изыскания, август 8/2009, с. 52-57.
16. Dynamic Sounding.http://www.geotech.eu/index.php/dynamic-sounding
17. Georig 220. http://www.geotech.eu/index.php/rig-220
18. Georig 220. http://www.geotech.eu/ images/datasheets/new/georig220.pdf
19. Georig 220 with pushing capacity of 220 kN. http://www.geotech.eu/
20. *Lunne T., Robertson P.K. and Powell J.J.M.* Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice. London and New York, Spon Press, Taylor & Francis Croup, 1997, total 312 pp.
21. *Mayne P.W.* Geotechnical Site Characterisation by Cone Penetrometer Tests/ Interpretation of Cone Penetration Tests (CPT) and its Derivatives (CPTu, SCPT, SCPTu)/ CPT Seminar, Chariston, South Carolina, 2007, total 178 pp.
22. Quick info — Scroll over image for info. http://www.geotech.eu/index.php/products/rigs
23. *Robertson P. K., Cabal (Robertson) K.L.* Guide to for Geotechnical Engineering. Gregg Drilling & Testing, Inc. 4th Edition, July 2010, otal 138 pp.
24. *Trevor F.A., Paisley J.M. Mayne P.W.* Cone penetration tests at active earthquake sites. http://www.cpt10.com/PDF_Files/2-49trecpt.pdf
25. *Ziangirov R.S., Kashirsky V.I., Barvashov V.A., Dmitriev S.V.* Cone penetration tests data for evaluating soil type, composition and properties. Geotechnical Engineering in Urban Environments. Proceedings of the 14th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Madrid, Spain, 24-27 September 2007, v.3. — p. 1679-1684.



16. Схема сейсмического зондирования

В.А. Барвашов, кандидат технических наук
Г.Г. Болдырев, доктор технических наук, профессор, член ISSMGE, Геотек (Пенза), директор
Р.С. Зиангиров Р.С, член ISSMGE, доктор геолого-минералогических наук, член ISSMGE, пенсионер
В.И.Каширский, кандидат технических наук, член ISSMGE, Гранд-Гео
О.Р. Озмидов, кандидат геолого-минералогических наук, доктор физико-математических наук, академик РАЕТ, Мостдоргеотрест, Президент, научный руководитель геотехнической лаборатории
А.И. Найденов, инженер, начальник отдела мониторинга объектов систем транспорта нефти и нефтепродуктов, ООО "Научно-исследовательский институт транспорта нефти и нефтепродуктов, АК "Транснефть"

О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ИЗЫСКАТЕЛЕЙ И ПРОЕКТИРОВЩИКОВ

Предисловие

В мае текущего (2013) года в *Интернете состоялась дискуссия о « духе времени» (Zeitgeist)*, т.е. основных тенденциях развития современной геотехники (включая инженерную геологию).

Инициатором дискуссии выступил известный британский специалист по механике грунтов проф. Джон Аткинсон (John Atkinson, Prof. Emeritus, University of London). В дискуссии участвовали геологи и проектировщики из Великобритании и ряда других стран.

Были высказаны следующие, в т.ч. удивительно противоречивые мнения.

Инженерно-геологические изыскания (ИГИ) дают достаточную информацию, которую проектировщики недоиспользуют.

Компьютеры в инженерной геологии не нужны, главное — испытания грунтов в поле и лаборатории.

Объем данных ИГИ не достаточен для проектирования (сравните с п. 1.).

Все испытания грунтов являются разрушающими и поэтому не могут обеспечивать достоверную информацию для проектирования.

Необходимо развивать и шире применять неразрушающие геофизические методы испытаний.

Необходимо развивать нелинейные модели грунта, включающие параметры, которые в настоящее время не измеряются при ИГИ.

Параметры нелинейных моделей грунта на практике определить не только трудно, но и невозможно.

«Дешевые» ИГИ не рентабельны, т.к. они чреваты непредсказуемыми последствиями в периоды строительства и эксплуатации сооружения. Но оказалось, что участникам дискуссии не известно, какова относительная стоимость ИГИ в стоимости строительства объекта.

Основные тенденции развития геотехники и инженерной геологии, достаточно давно обсуждались в России.

Ситуация в России

За последние десятилетия единая организационная система проведения ИГИ перестала существовать. Появилось много конкурирующих частных, акционерных и полугосударственных организаций инженерно-геологических изысканий (далее «изыскания»). Отсюда *малая стоимость изысканий*: всего 0.05-0.1% стоимости сооружения (табл.1); и *малый объем испытываемого грунта*: всего порядка 10^{-6} доли объема основания под сооружением табл.1.

Таблица 1

Относительная стоимость этапа реализации проекта (Р.С.Зиангиров) [1]				
Этапы строительного производства	И	П	С	Э
Продолжительность этапов, год	0.2	0.5-1.0	1-3	50-100
Стоимость, %	0.05-0.1	до 3-5	80-90	10-15

Этот дефицит можно компенсировать либо увеличением надежности конструкций сооружений, либо дополнительными мероприятиями в период эксплуатации объекта после окончании строительства, что многократно дороже, чем любые изыскания (C.R.I. Clayton [2, 3]).

Дефицит данных компенсируют введением искусственных допущений. Так при ручной обработке данных геологи обычно субъективно «упаковывают» скудные результаты изысканий в *инженерно-геологические* и/или *расчетные геологические элементы* (ИГЭ/РГЭ), создавая при этом субъективную стратификацию. Эта «упаковка» требует «творческой» прорисовки границ ИГЭ/РГЭ. Но проектировщикам для выполнения расчетов нужны не столько разрезы, сколько трехмерные массивы значений параметров грунта. Поэтому они выполняют обратную операцию: «распаковку» данных из разрезов и «творчески» выбирают меньшие значения параметров грунта из ИГЭ/РГЭ в запас надежности.

В компьютерных программах трехмерные числовые массивы аппроксимируют с помощью *линейной интерполяции (триангуляция)*. Для этого операции упаковки и распаковки данных не нужны, а границы ИГЭ/РГЭ даются лишь для визуализации разрезов, это всего лишь «картинки», которые в расчетах не участвуют. Такие границы представляются в виде многогранных поверхностей с плоскими гранями-треугольниками. Понятно, что такая аппроксимация будет однозначна, если имеется всего три выработки.

Все испытания грунтов (натурные и лабораторные), отбор образцов из выработок и их транспортировка в лабораторию изменяют свойства грунтов. А корреляционные формулы для пересчета величин параметров грунта из испытаний в нормативные величины весьма приблизительны, т.к. напряженно-деформированное состояние образцов грунта при испытаниях в лаборатории далеко не однородное, и даже при испытаниях методом трехосного сжатия.

Эти неизбежные погрешности приводят к тому, что величины средних осадок сооружений, полученные расчетом, могут сильно отличаться от фактических, полученных при мониторинге.

Ю.К. Зарецкий, М.Ю.Гарицелов [4] публиковали данные о случаях многократного *завышения* расчетных осадок сооружений по сравнению с фактическим. Мало того, авторы [4] утверждают, что *расчетные осадки должны* ***превышать*** *фактические на 30-100%*, а иначе расчетную модель основания даже нельзя считать достоверной. С этим можно не соглашаться, но это наглядная оценка точности таких расчетов, сделанная известным специалистом-геотехником.

А в работе R.Sonoda et al. [5] приведен пример *двухкратного* ***занижения*** *расчетных осадок по сравнению с фактическими*, что противоречит утверждениям Ю.К.Зарецкого и М.Ю.Гарицелова в [4]. Отсюда вывод: несоответствия расчетных и измеренных осадок сооружений повсеместны.

Теоретические модели для расчета деформаций оснований обычно опираются на гипотезу о существовании активного слоя основания ограниченной глубины, которую определяют в разных странах по-разному. Существование активного слоя — это допущение, в действительности жесткость (величина модуля деформации) грунта увеличивается с глубиной быстрее, чем по линейному закону. Это связано с тем, что при сдвиговых деформациях грунта, вызванных любым воздей-

ствием (от фундамента или испытательного устройства) вызывает уменьшение жесткости грунта (C.R.I. Clayton [2], P.W.Mayne [6]). Поэтому, чем дальше от источника воздействия, тем больше жесткость грунта.

По-видимому, модуль деформации грунта растет с глубиной быстрее, чем, по линейному закону, который дает хорошую корреляцию в диапазоне глубины залегания вендских глин (Труфанов А.Н. и др. [7]), дает отрицательную величину модуля деформации вблизи поверхности грунта. При использовании корреляционной зависимости в виде, например, квадратичной функции этого парадокса можно было бы избежать.

При испытаниях *in situ* измеренные параметры грунтов имеют разбросы, которые можно описать статистическими зависимостями и корреляционными формулами. *Но между выработками данных о грунтах нет*. В этих промежутках и при таких обстоятельствах распределение параметров грунта образует *нечеткое множество*, свойства которого не определены, хотя и возможны гипотезы о стратификации грунтов. Этот дефицит данных можно компенсировать, виртуально варьируя различные *неблагоприятные сценарии* распределения параметров (свойств) грунтов между выработках. Для этого можно ввести свободные безразмерные коэффициенты в аппроксимации распределений параметров грунтов.

Именно это рекомендовано в Еврокоде 7 (Eurocode 7/ Geotechnical design. Part 1: General rules. CENTC 250-2003. ICS:93,020; 91.080,01), где для «проигрывания» *различных сценариев* введены *характерные* (*characteristic*) и *репрезентативные* (*representative*) величины параметров грунта, которые с равной вероятностью могут быть *и меньше, и больше* среднестатистических *производных* (*derived*) величин.

Российский ГОСТ 20522 (ГОСТ 20522-96. Межгосударственный стандарт. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. Statistical treatment of the test results. 1997) дает возможность такой вариации параметров, т.к. *derived values* Еврокода 7 соответствуют *нормативным* величинам параметров, а *characteristic values — расчетным* величинам. В российском регламенте СП.22.1330.2011 [10] принято, что *расчетные величины* всегда *меньше нормативных*, а остальные *неблагоприятные* сценарии, рекомендованные в Еврокоде 7 не рассматриваются, хотя они вполне реальны (см. ниже).

В то же время российский ГОСТ (20522 ГОСТ 20522-96. Межгосударственный стандарт. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. Statistical treatment of the test results. 1997) такие неблагоприятные сценарии предусматривает, т.к. коэффициент надежности γ_g для произвольного параметра грунта X имеет два значения:

$$X = \frac{X_n}{\gamma_g} \qquad (1)$$

где $$\gamma_g = \frac{1}{1 \pm \rho_a},$$

X_n — среднестатистическое (нормативное) значение произвольного параметра; γ_g — коэффициент надежности этого параметра; ρ_a — точность определения величины параметра X.

Таким образом, формула (1) дает *две* расчетные величины X, это и есть *характерные* величины Еврокода 7 для моделирования неблагоприятного сценария:

$$X=X_n\,(1\pm\rho_a) \qquad (2)$$

Но в СП22.13330.2011 [10] принято, что γ_c.>1 и γ_φ>1, т.е. принимаются только *меньшие* значения параметров прочности грунта c, φ. А ведь возможен неблагоприятный случай: с *одной стороны* фундамента расчетные c и φ *меньше* их нормативных значений, а с другой *стороны* больше этих значений, т.е. там грунт статистически прочнее, что дает дополнительные неравномерные осадки фундамента.

Модуль деформации E в СП 22.13330.2011 [10] приравнивается своему нормативному значению (γ_E=1). Между тем, в работе А.Б. Фадеева и др. [11] приведены данные о натурных наблюдений за осадками и кренами зданий в Санкт-Петербурге, которые показывают, что вместо нормативных нужно вводить расчетные величины E, т.к. эти здания получили крены, хотя их основания классифицировались как однородные.

В Еврокоде 7 особо определены *governing* (общие или осредненные параметры массива) параметры, для которых вводится *representative* (репрезентативный) параметр, являющийся *характерным* (characteristic) параметром для *общего* (governing) параметра. Такой подход дает возможность «проигрывания» возможных неблагоприятных сценариев, осредняя параметры грунта в массиве.

Особо остро встает вопрос о неоднородности грунтового основания по модулю деформации в условиях динамического воздействия. К источникам динамического воздействия согласно п. 6.13.1 СП 22.13330.2011 (СП 22.13330. 2011. Основания зданий и сооружений. М. Минрегион России, 2011) следует относить: стационарное оборудование, автомобильный транспорт, метрополитен, железнодорожный транспорт, строительное оборудование, прочие источники (взрывные работы и т.п.).

Особая опасность динамического воздействия заключается в том, что интенсивность такового в большинстве случаев существенным образом дифференцирована по площади геологического основания. В частности, на той стороне основания, которая находится в непосредственной близости от источника динамического воздействия, например, автомобильной дороги, эффект виброползучести будет наиболее ощутим. Виброползучесть грунтов выражается, прежде всего, в снижении величины модуля деформации из-за перегруппировки и переупаковки грунтовых зерен под воздействием вибрации.

Пункт 6.13.4 СП 22.13330.2011 (СП 22.13330. 2011. Основания зданий и сооружений. М. Минрегион России, 2011) требует уменьшения величины модуля деформации, полученной инструментальными методами, за счет динамических воздействий. Предназначенное для этих целей оборудование имеется в ряде лабораторий г. Москвы в количестве, достаточном для удовлетворения потребностей изыскателей.

По результатам испытаний геотехнической лаборатории ОАО «МОСТДОРГЕОТРЕСТ» (более 450 объектов) различия модуля деформации под краями фундамента ближним и дальним от источника динамического воздействия могут достигать 30-40 %. Однако, этот факт в подавляющем большинстве случаев не учитывается ныне действующими проектировщиками. В то же время изыскатели, ссылаясь на отсутствие в техническом задании требований оценки виброползучести грунтов основания, с нескрываемой радостью игнорируют требования нормативных документов и, по-прежнему, в ведомостях физико-механических свойств грунтов приводят одинаковые значения модуля деформации по всем скважинам площадки проектируемого строительства. Последствия такого подхода, выражающиеся, прежде всего, в появлении крена возводимого здания (в том числе аварийного), не заставляют себя долго ждать.

По факту возникновения крена разрабатываются проектные решения по выравниванию зданий. Обычно, процедура устранения крена заключается в горизонтальном выбуривании части грунта геологического основания в зоне повышенного модуля деформации и в закачке твердеющих растворов в зоне пониженного модуля деформации. При этом, как правило, эксплуатация здания прерывается, жильцы отселяются. В случае возникновения значительного крена при неблагоприятных инженерно-геологических условиях указанные мероприятия мо-

гут не увенчаться успехом. Очевидно, что стоимость таких мероприятий в сотни раз превышает стоимость дополнительных изысканий, позволяющих определить истинный характер распределения прочностных и деформационных свойств грунтов по площади грунтового основания.

Функции Шепарда вместо линейной интерполяции и ИГЭ/РГЭ

Вместо линейной интерполяции при оцифровке распределения величин параметров грунта в трехмерном массиве лучше использовать метод Шепарда [9]. Это метод обратных расстояний для произвольного набора точек, в которых заданы значения аппроксимируемой функции. Такие функции предназначены, в частности, для построения рельефов земной поверхности (криволинейных поверхностей в трехмерном пространстве) по высотным отметкам, заданным в произвольных точках. Метод Шепарда — это метод коллокаций, т.е. значения аппроксимирующей функций равны исходным значениям при заданных значениях аргументов.

Функции Шепарда можно обобщить и использовать для аппроксимации функций, заданных в пространствах любой размерности, а не только в трехмерном. К этим функциям можно добавить глобальные тренды (Барвашов В.А. [14]), например, глобальный наклон слоев грунта, включающий большую территорию. После вычисления цифрового массива можно, при необходимости, выделять на любых разрезах любые области типа ИГЭ/РГЭ по заданным диапазонам величин любых параметров для различных видов грунтов.

Для иллюстрации этого метода рассмотрим аппроксимацию распределения параметра $P=P(x,y,z)$, который имеет в произвольных точках с номерами i, имеющих координаты (x_i,y_i,z_i) внутри заданного массива грунта, заданные значения $P_i = P(x_i,y_i,z_i)$. Аппроксимирующую функцию $P=P(x,y,z)$ можно получить с помощью следующей формулы с учетом глобального линейного тренда $S(x,y,z)$:

$$P(x,y,z) = \frac{\sum_i \frac{P_i - S(x_i,y_i,z_i)}{\left[R_i(x,y,z)\right]^{T_i}}}{\sum_i \frac{1}{\left[R_i(x,y,z)\right]^{T_i}}} + S(x,y,z)\ , \qquad (3)$$

где $R_i(x,y,z) = (x-x_i)^2+(y-y_i)^2+(z-z_i)^2$- квадрат расстояния от точки номером i ($i=1,2\ldots N$) с координатами (x_i, y_i, z_i) до произвольной точки (x,y,z);

Первое слагаемое в формуле (3) — это функция Шепарда от трех координат (x,y,z);

$S(x,y,z)=Ax+By+Cz+D$ — линейная функция, отражающая глобальный тренд распределения $P(x,y,z)$ (если он имеется), учет этого тренда может существенно улучшить аппроксимацию.

Если тренда существует, то коэффициенты A,B,C,D тренда S определяются методом наименьших квадратов по всем точкам, в которых определены величины параметров грунта, включая точки за пределами стройплощадки на окружающей территории; а, если такого тренда нет, то $A,B,C,D)\equiv 0$.

T_i — параметры, с помощью которых можно варьировать форму функции $P=P(x,y,z)$ между точками коллокации.

Функция $P=P(x,y,z)$ непрерывная и проходит через все точки коллокации. При $T\geq 1$ ее производные в точках коллокации непрерывны, а при $T<1$ они имеют разрывы в этих точках. Поэтому принимаем всюду $T\geq 1$.

При стремлении аргументов x, y, z (вместе или порознь) к бесконечности функция $P(x,y,z)$ стремится к функции $S(x,y,z)$. Если глобального тренда нет, то $S=0$, а функция $P(x,y,z)$ на бесконечности стремится к среднеарифметическому значению величин параметров по всем выработкам.

Есть другие возможности для учета не только линейных, но и любых других глобальных трендов, но мы не будет на этом останавливаться. Попутно отметим, что функции Шепарда можно использовать для пространства любой размерности.

Примеры применения функций Шепарда для построения распределения параметров грунт в трехмерном массиве

С помощью функций Шепарда можно строить 2D и 3D цифровые массивы по значениям в заданных точках. Такие построения не однозначны, а эта неоднозначность может варьироваться с помощью параметров T. Как видно на рис. 1 это не единственный способ варьирования, но он вполне достаточен для моделирования поведения системы «основание-фундамент-сооружение».

Возможности функций Шепарда можно продемонстрировать на примере криволинейных поверхностей (границ слоев) в 3D пространстве. Так на рис. 1. представлены две гипотетические границы слоя, проходящего через три точки, лежащие в одной плоскости (эта плоскость является линейным трендом). Поверхность Z_0 построена без учета тренда, а поверхность Z_1, естественно, совпадает с этим трендом. Очевидно, что такие аппроксимации (как и любые другие) не однозначны. Но «угадать» истинную стратификация невозможно, но можно испытать «чувствительность» системы «основание-фундамент-сооружение» к вариациям распределения величин параметров грунтов между точками измерений. Отметим, что для оцифровки наиболее эффективна не 2D аппроксимация — стратификация, а 3D аппроксимация, т.е. объемная.

На рис. 2 приведены изолинии распределения величин параметров грунта E, c и φ в продольном вертикальном разрезе одного и того грунтового массива длиной 40 м, шириной 20 м и глубиной 10 м. Эти распределения рассчитаны с помощью формул (3) для одних и тех же геологических выработок при

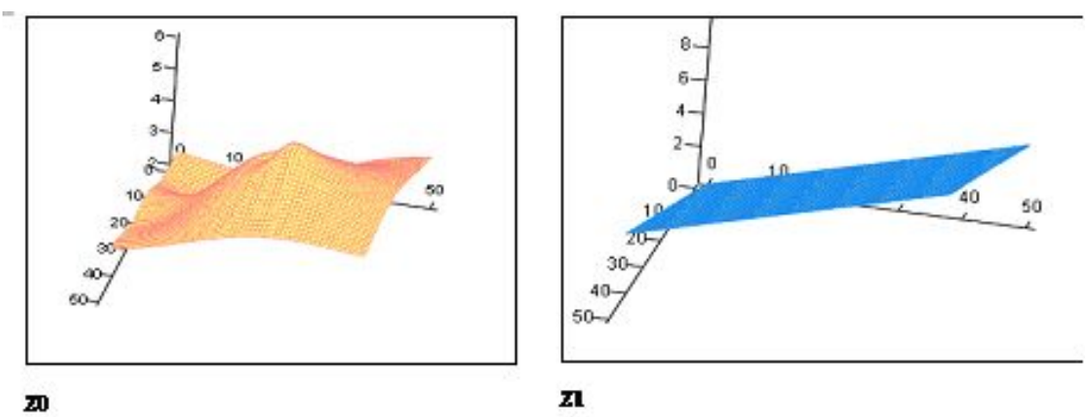


Рис. 1. Z_0 — поверхность Шепарда без учета глобального тренда; Z_1 — то же с учетом глобального тренда. Барвашов В.А. [17]

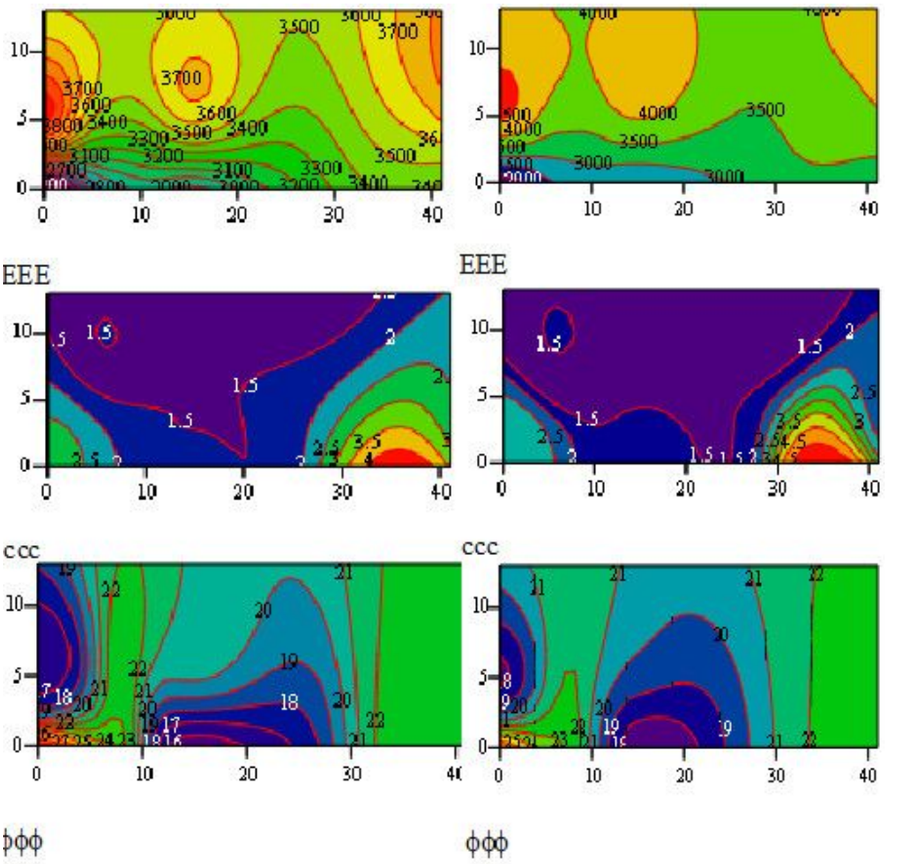


Рис. 2. Величина параметра T=1 для разрезов слева, и T=2 для разрезов справа. Картины изолиний изменились, хотя дискретные величины параметров, полученные испытаниями в выработках одни и те же (Барвашов В.А., Болдырев Г.Г. [19])

различных величинах параметра формы T в формуле (4): T=1 (левая диаграмма) и T=2 (правая диаграмма), что дает разные формы изолиний распределения величин E, c и φ.

Чтобы моделировать неоднозначность виртуальных цифровых массивов распределения величин параметров основания, целесообразно проводить не один, а серию расчетов системы «основание-фундамент-сооружение», выявляя наиболее неблагоприятные *характерные* сценарии.

С помощью формул Шепарда (3) можно учитывать измеренные величины параметров в как угодно большом числе точек, что делает ненужным «сглаживание» необработанных графиков зондирования или испытаний в скважинах. Можно строить разрезы с любой степенью детализации, варьируя параметры T для поиска сценариев, «наиболее неблагоприятных» для сооружения; вводить *фиктивные* точки зондирования и/или *виртуальные* испытательные скважины

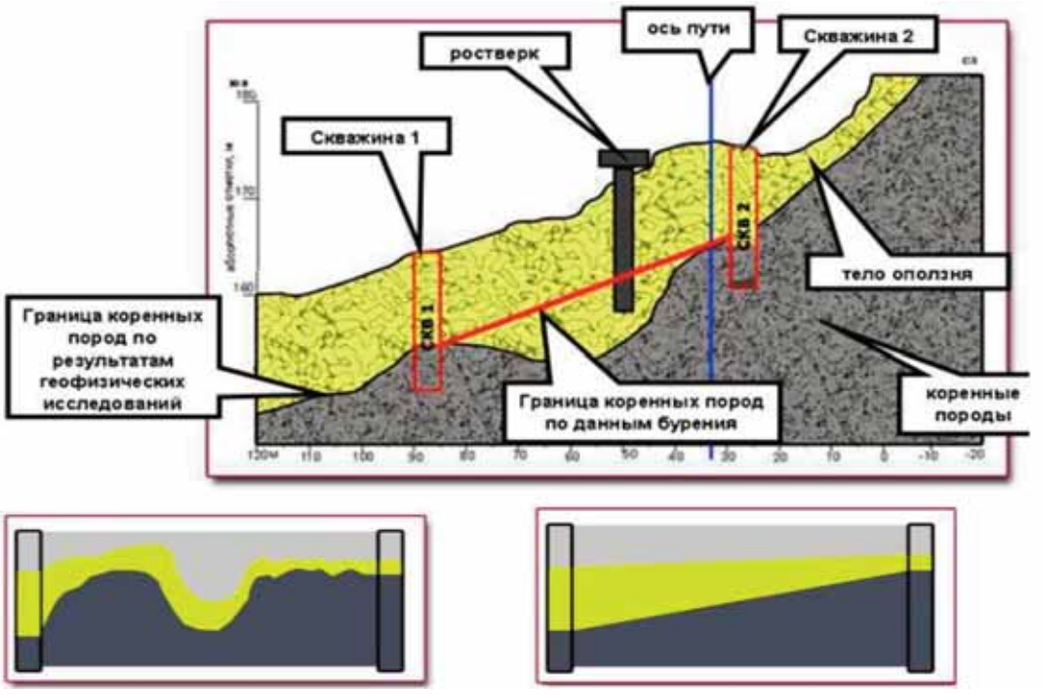


Рис. 3. Не обнаружено резкое изменение границы коренных пород

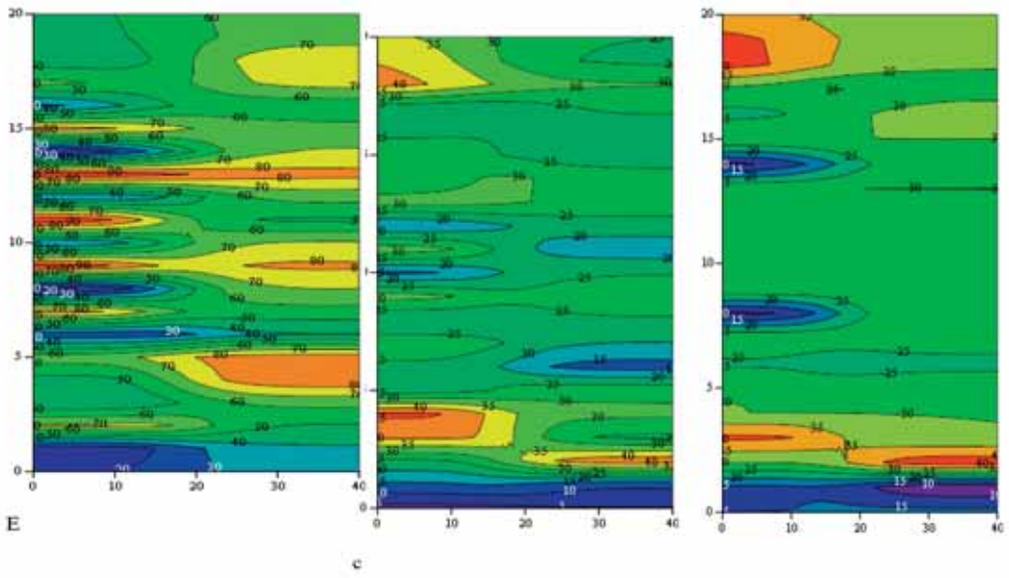


Рис. 4. Вертикальные разрезы с распределением *E*, *c* и φ

в «подозрительных» местах, как в случае на рис. 3 между опорами.

Формулы Шепарда (1) дают непрерывное цифровое поле величин параметров грунта: $E=E(x,y,z)$, $c=c(x,y,z)$, $\varphi=\varphi(x,y,z)$ и т.д. Это упрощает расчеты на компьютере и дает возможность построить как угодно тесную сетку изолиний на любом разрезе (рис. 4). Задав градацию величин параметров разных грунтов (рис.6), можно выделять ИГЭ или РГЭ на разрезе с произвольными ограничениями.

Чувствительность фундамента к вариациям величин параметров грунтов основания

Неопределенность свойств основания порождает неопределенность расчетных деформаций и усилий в фундаменте, а также возможность нештатных ситуаций. Поэтому важно знать, к каким видам неопределенности основания сооружение особенно «чувствительно». Например, как величины средних осадок сооружения или изгибающие моменты в фундаментной плите реагируют на вариации параметров расчетной модели основания. При оценке «чувствительности» можно воспользоваться принципом Парето «20/80», который гласит: «лишь небольшая часть всех внешних причин (20%) вызывает существенные следствия (80%), бóльшая часть причин вызывает лишь 20% следствий». Это значит, что лишь 20% параметров существенно сказывается на поведении сооружения, влияние именно этих факторов и надо анализировать.

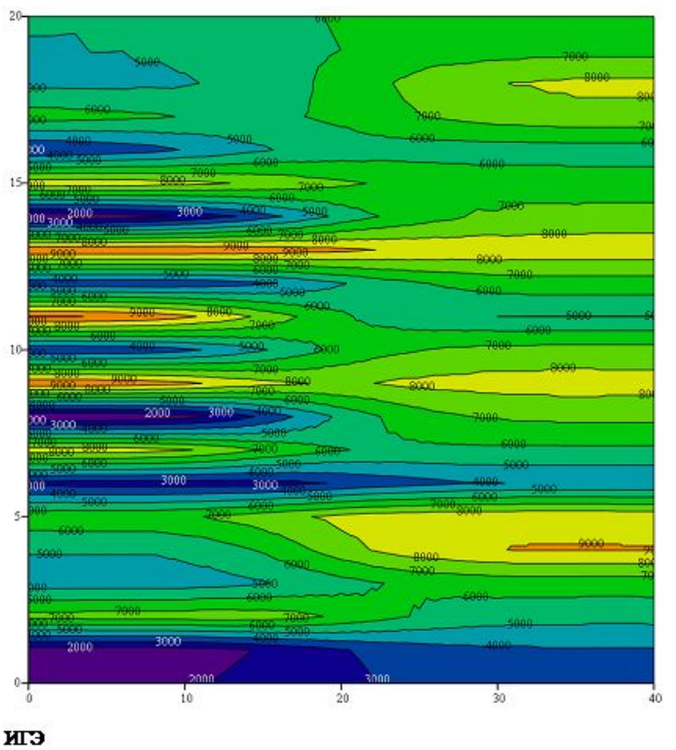


Рис. 5. ИГЭ при подробной фрагментации видов грунтов по рис. 4

Таблица 2

Рейтинг чувствительности системы ОФС

Исходные данные	Результаты расчета					
	Средние осадки	Прогибы	Крены	Моменты		Попер силы
				+	-	
Модуль деформации основания *E*	1	1	1	0	0	0
Параметры прочности грунта *c,ϕ*	1	1	1	1	1	1
Глубина заложения фундамента *h*	1	1	1	1	1	1
Распределительная способность основания (C_2) в реальном диапазоне величин	0	0	0	0	0	0
Неоднородность основания	0	1	1	1	1	1
Консоль	0	1	1	2	2	2
Сжимаемость опор	0	0	0	0	0	0
Изгибная жесткость фундамента D	0	1	1	0	1	1
Отн. жесткость верхнего строения *Ds/D < 5* *5≤ Ds/D < 20* *Ds/D ≥ 20*	 0 0 0	 1 1 0	 1 1 0	 1 0 0	 1 0 0	 1 0 0
Рост сооружения при строительстве без учета нелинейности основания	0	0	0	0	0	0
Рост сооружения при строительстве с учетом нелинейности основания	1	0	0	1	1	0
Влияние близкой новостройки	0	0	1	1	1	2
Влияние вибрации	1	1	2	0	0	0

Таблица 2. Оценки «чувствительности» величин средних осадок, прогибов, изгибающих моментов, поперечных сил к вариациям параметров основания. 0 – малая чувствительность или ее отсутствие, 1- средняя чувствительность, 2 – большая чувствительность. Барвашов В.А. [15]

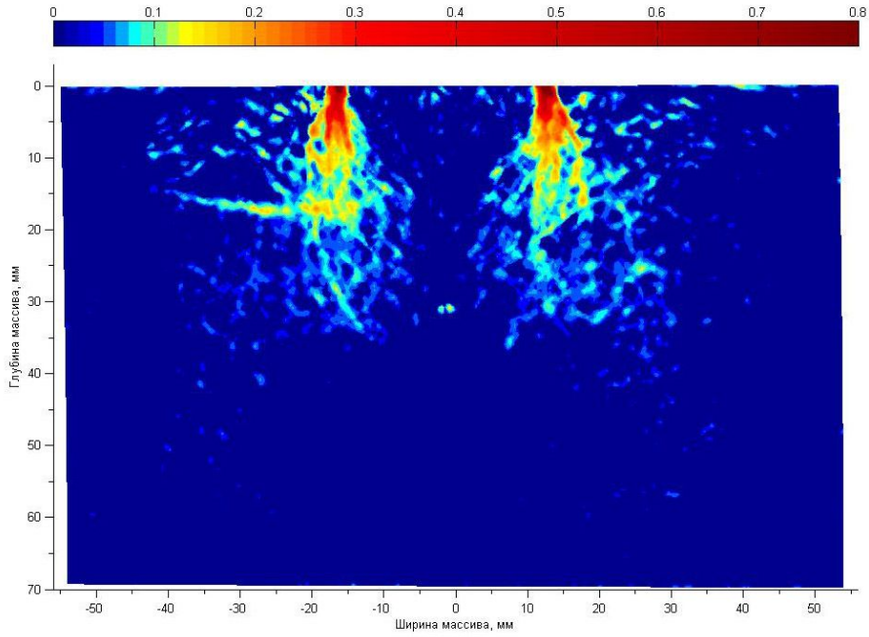


Рис. 7. Визуализация зон разрушения глинистого грунта под краями модели фундамента шириной 10 см в модельных экспериментах. Красным цветом отмечены зоны разрушения грунта

Чувствительность системы «основание-фундамент-сооружение» (СОФС) исследовалась с помощью компьютерного моделирования *эталона* — упрощенной расчетной СОФС. Для этой цели в системе MathCad была составлена программа «Structure on CCC», в которой был реализован эталон сооружения на грунтовом основании. Было проведено порядка 10000 численных экспериментов для оценки «чувствительности» СОФС к вариациям величин исходных параметров грунтов. Общие оценки «чувствительности» СОФС к вариациями исходных данных по трехбалльной системе (0, 1, 2) приведены в таблице 2. (Барвашов В.А. [15]).В следующем разделе более подробно рассмотрено образование зон разрушения грунта под краями фундамента, глубина которых зависит от величин параметров прочности грунта, и влияние этих зон на поведение сооружения.

О влиянии зон разрушения грунта под краями фундамента на крены сооружения

При росте нагрузки на фундамент под его краями возникают зоны разрушения грунта. Эти зоны хорошо видны в эксперименте на модели фундамента размером 10 см (рис. 5). Уже при малых нагрузках под краями модели возникает концентрация контактных давлений, что вызывает разрушение грунта и, как следствие, уменьшение этой концентрации — эпюра контактных давлений выравнивается, осадки увеличиваются, а крены могут и увеличиться и уменьшиться. Для решения этой нелинейной задачи и получения достоверных результатов нужно возможно точнее знать величины параметров прочности грунта по периметру фундамента. Но при инженерно-геологических изысканиях эти параметры определяются самое большее в 2-3 точках вдоль стороны

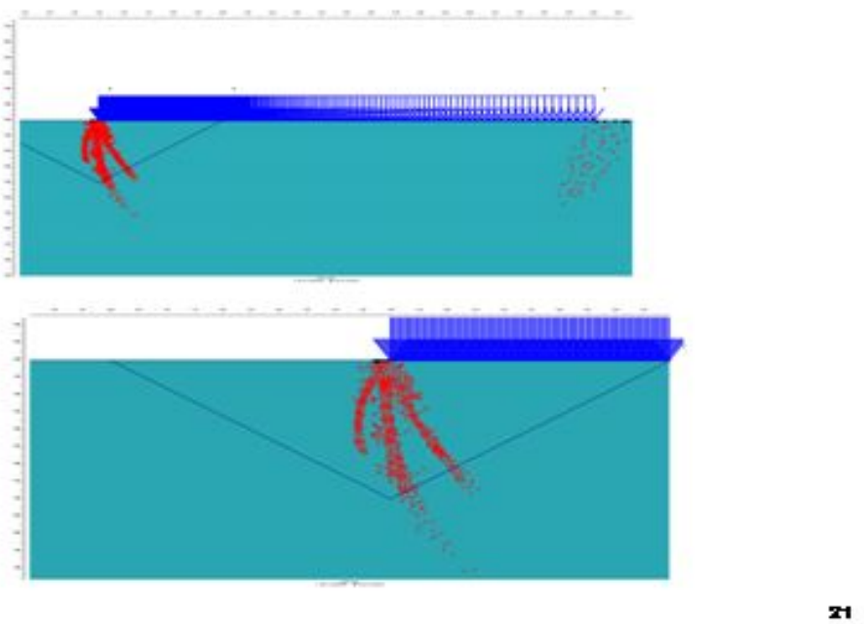


Рис. 8. Пластические зоны под краями фундамента на глинистом основании (расчет по PLAXIS). На верхней диаграмме справа — грубая сетка разбиения, эти зоны в виде отдельных точек. Эти зоны визуализируются, только при очень мелкой сетке КЭ

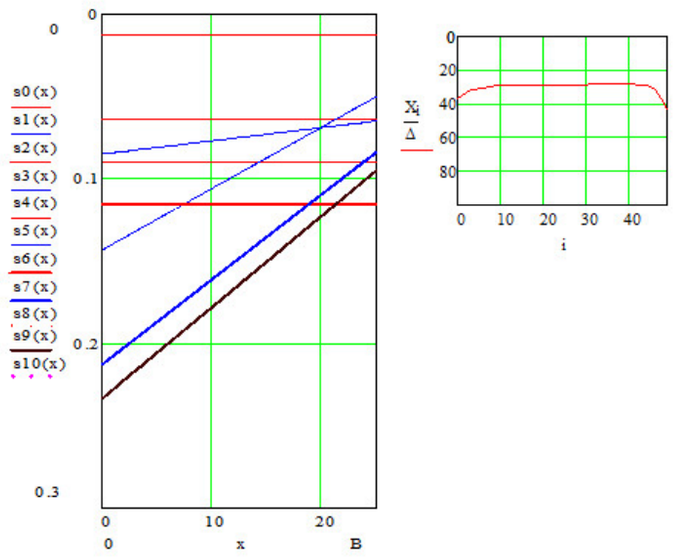


Рис. 9. Рост осадок и кренов жесткого фундамента шириной 25 м при росте нагрузки от q=0 до q=30 тс/м^2 (0.3 МПа). Левый график: неравномерные осадки фундамента на разных этапах роста нагрузки до 30 тс/м^2 (0.3 МПа). Параметры грунта: E=2000 тс/м2 (20 МПа), слева: c_0=2 тс/м^2 φ_0=18о: справа: c_1=4 тс/м2. φ_1=22о.
Правый график: эпюра реактивных давлений под подошвой жесткого фундамента на конечном этапе нагружения

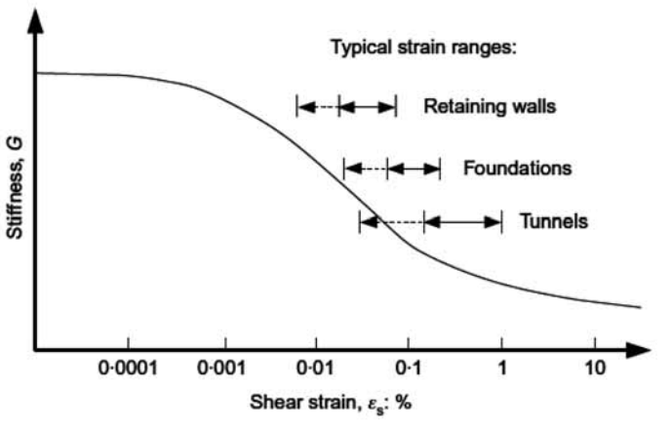


Рис. 10. Условная диаграмма зависимости величины жесткости грунта (модуля сдвига) от величины сдвиговых деформаций для различных видов сооружений.
Stiffness G — модуль сдвига; Typical strain ranges — типичные диапазоны сдвиговых деформаций для различных видов сооружений, Retaining walls — подпорные сооружения; Foundations — основания и фундаменты; Tunnels — тоннели; Shear strain — деформация сдвига ε_s % — деформация сдвига в %

прямоугольного фундамента, что явно недостаточно для такого расчета.

При этом рассматривается только один расчетный сценарий при одной единственной расчетной (*design*) величине каждого из параметров c и φ, уменьшенной по сравнению с *нормативной (derived)* делением на коэффициенты надежности γ_c>1 и γ_φ>1.

Между тем согласно ГОСТ 22522 (ГОСТ 20522-96. Межгосударственный стандарт. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. Statistical treatment of the test results. 1997) (формулы 1,2) нужно в одном расчете учитывать также возможность γ_c<1 и γ_φ<1. А согласно Еврокоду 7 (СП 22.13330. 2011. Основания зданий и сооружений. М. Минрегион России, 2011) нужно рассматривать две *характерные* величины для каждого из параметров c и φ. Наиболее неблагоприятный сценарий с точки зрения образования кренов даже на однородном основании — это *пониженная характерная* величина прочности грунта, меньшая *нормативной (derived)* под одним краем фундамента и *повышенная характерная* величина прочности под противоположным его краем. Именно для такого сценария, наихудшего с точки зрения образования кренов, в ГОСТ 20522 введены формулы (1, 2).

На рис. 6 приведены результаты модельного расчета осадок и кренов жесткого фундамента шириной 25 м. Основание однородно по сжимаемости (E=const), но величины c и φ различны под противоположными сторонами фундамента. При росте нагрузки увеличивалась глубина зон разрушения грунта.

Результаты данного расчета показывают, что на конечном этапе нагружения концентрация реактивных давлений под краями фундамента резко снижается, а эпюра становится несимметричной, хотя основание однородно по сжимаемости (E=const).

В то же время, как видно из графиков, на конечном этапе нагружения средняя осадка фундамента s~15 см, а максимальная разность осадок Δs~11.5 см. Поэтому в данном случае практически выполняется формула К.Терцаги-Р.Пека [8]: Δs=(0.5-0.75) s.

Приведенные графики показывают, что необходимо учитывать прочностные параметров грунта и их статистический разброс при расчете сооружений по второму предельному состоянию.

О влиянии деформаций сдвига на жесткость (модуль деформации) грунтов

Известно, что сдвиговые деформации грунта изменяют его жесткость (модуль деформации). Ниже на рис. 10 для иллюстрации этого факта приведен график зависимости модуля сдвига грунта G от деформаций сдвига (shear strain) из статьи [3] (C.R.I. Clayton).

Из диаграммы на рис.10 следует, что жесткость грунта, т.е. его модули деформации (общий и сдвига), сильно уменьшаются при росте сдвиговых деформаций. Сдвиговые деформации возникают при любых воздействиях сооружений на грунтовое основание. Они локализуются вблизи фундамента, особенно под его краями в виде узких зон, что видно на фотографиях, полученных методом PIV (см. выше рис. 7). Эти же зоны получаются при нелинейных расчетах методом конечных элементов, как, например, по программе Plaxis (см. выше рис. 8). В этих зонах жесткость грунта падает практически до нуля, что эквивалентно сдвиговому разрыву.

2) На удалении от фундамента по простиранию и по глубине сдвиговые деформации малы, поэтому там модуль деформации намного больше, чем вблизи фундамента.

3) Любые испытания и отбор образцов грунтов, кроме геофизических, вызывают сдвиговые деформации, уменьшая их жесткость по сравнению жесткостью грунта ненарушенной структуры. Поэтому модуль деформации грунта растет с глубиной, достигая на большой глубине больших величин, сравнимых модулем упругости материала зерен грунта.

Выводы:

1 Стоимость и объем инженерно-геологических изысканий на площадке предполагаемого строительства чрезвычайно малы.

2 Экстраполяция/интерполяция величин характеристик грунта между точками зондирования или выработками дает крайне неопределенные результаты.

3 Выделение ИГЭ и РГЭ вручную крайне субъективно и не требуется для выполнения компьютерных расчетов системы «основание-фундамент-сооружение»

4 Дефицит инженерно-геологических данных можно компенсировать экстраполяцией/интерполяция их величин на весь массив основания с возможностью учета глобальных трендов с помощью модифицированных функций Шепарда с произвольными параметрами, которые можно численно варьировать с целью поиска наихудших сценариев поведения сооружения.

5 При оценке неравномерности осадок и кренов зданий, находящихся в зоне влияния источников динамического воздействия, необходимо учитывать эффект виброползучести грунтов.

6 Жесткость грунтов основания значительно увеличивается по простиранию и по глубине по мере удаления от фундамента, достигая больших величин, сравнимых с жесткостью материала зерен грунта.

7 Формула Терцаги-Пека, связывающая среднюю осадку и разность осадок вполне достоверна.

Литература:

1. *Зиангиров Р.С.* О взаимодействии изыскательских и проектных организаций и о геотехнической экспертизе в условиях отмены обязательного применения СНиПов. Инженерная геология. №6, 2007. с. 15-17

2. *C.R.I. Clayton*. Urban site investigation. Engineering Geology for Tomorrow's Cities. Geological Society Engineering Geology Special Publication No.22. 2010, pp.125-127.

3. *C.R.I. Clayton.* Stiffness at small strain: research and practice. Geotechnique, 61, No.1, 2011,5-57 pp.

4. *Зарецкий Ю.К, Гарицелов М.Ю.* Глубинное уплотнение грунтов ударными нагрузками. М., 1989, Энергоатомиздат, 210 с.

5. *Ryuuichi Sonoda, Tatsunori Matsumoto, Pastsakori Kitiyodom*. Post-Analysis of Settlements of Pile Raft Footing in a Reclaimed Ground. International Conference on Deep Foundations — CPRF and Energy Piles. 2009, Frankfurt am Main, Inst. and Lab. of Geotechnics.

6. *P.W. Mayne.* Enhahced geotechnical site characterization by seismic piezocone penetration tests. Invited Lecture, Fourth International Conference, Cairo University, January 2000, pp. 95-120

7. *Труфанов А.Н., Габслалямов Р.У., Климов В.Я., Шевелева Н.В.* Определение деформационных свойств глинистых грунтов в вендских отложениях Санкт-Петербурга. *Основания, фундаменты и механика грунтов*, №2, 2013, ISSN 0030-6223.

8. *Фадеев А.Б., Иноземцев В.К., Лукин В.А*. О допустимых деформациях оснований плитных фундаментов. Основания, фундаменты и механика грунтов. 2004, №2, 14-16 с.

9. *Shepard D.A.* A two-dimensional interpolation function for irregularly spaced data. Proc. 23th National Conference ACM, 517-528, 1968. 10. *K. Terzhagi, R.B. Peck.* Soil Mechanics in Engineering Practice. John Wiley & Sons Inc., 1948.

11. PIVview User Manual//PIVTEC GmbH, Homepage: pivtec.come (10.02.2013)

15. 12. *Vucetic, M. and Dobry, R.* (1991). Effect of soil plasticity on cyclic response. Journal of Geotechnical Engineering, 117(1), 89-107.

13. ASTM 5311-11 Стандартный метод циклических трехосных испытаний грунтов на прочность с регулированием нагрузки.

14. *Барвашов В.А.* О геометризации слоистых грунтовых массивов. «Основания, фундаменты и механика грунтов»//2005 г, №5, с.8-12.

15. *Барвашов В.А.* Чувствительность системы «основание- сооружение». «Основания, фундаменты и механика грунтов»//2007 г., №3, с. 10-14.

16. *Барвашов В.А., Болдырев Г.Г.* Компьютеризация взаимодействия между изыскателями и проектировщиками. Геотехника, 2010, №2, с.45-49.

Максимович Н.Г., Хмурчик В.Т.
ЕНИ ПГНИУ, Пермь, nmax@psu.ru

ИЗМЕНЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ МИКРООРГАНИЗМОВ

Проблема изменения состава и свойств горных пород как многокомпонентных систем под воздействием производственной деятельности человека составляет одно из основных направлений исследований в современной инженерной геологии. В результате геологической деятельности человека возникают ранее неизвестные техногенные процессы, приводящие к изменению литолого-петрографических свойств пород и значительному преобразованию инженерно-геологических условий. Существенную роль в этих процессах играет биотическая компонента грунтов, а именно, микроорганизмы. Исключительную роль микроорганизмов в биогеохимических процессах отмечали В.И. Вернадский [3], С.Н. Виноградский [4], Б.Л. Исаченко [5] и другие отечественные исследователи [6]. При стабильном состоянии грунтов микроорганизмы способны нивелировать колебания газового состава, состава поровых вод и твердого компонента, возникающие при изменениях атмосферного давления и движении газов из мантии к поверхности, при подтоке подземных вод и нисходящем движении атмосферных вод. Значение микробиологической деятельности может существенно возрасти при нарушении стабильного состояния грунта, а также при техногенном воздействии [1, 2, 7].

Влияние микробиологических процессов на инженерно-геологические условия было изучено на примере одной из плотин Волжско-Камского каскада. Выполненный комплекс исследований показал, что в теле и основании плотины достаточно активно протекали микробиологические процессы, на что указывали следующие факторы:

- образование в подпочвенном воздухе очагов с повышенным содержанием метана, летучих органических соединений (продуктов бактериального разложения органического вещества) и углекислого газа (продукта бактериального окисления метана и летучих органических соединений);
- двух-шестикратное увеличение выноса из дренажной системы взвеси с большим количеством гидроксидов железа в летний период года по сравнению с зимним периодом;
- запах сероводорода в дренажных колодцах и появление в ИХ осадках новообразованных сингенетичных минералов кальцита и пирита;
- повышенное (108-122 мг/дм^3) по сравнению с характерным для Пермского края (30-40 мг/дм^3) содержание в дренируемых водах органического вещества;
- рост содержания гидрокарбонат-ионов в водах, фильтрующихся через тело плотины, как результат бактериального разложения водорастворенного органического вещества, очаговость распределения в теле плотины основных ионов бактериального цикла азота, появление в аллювиальном водоносном горизонте очага с повышенным содержанием ионов железа (II);
- наличие торфа в основании плотины, который может быть источником органических веществ для микроорганизмов, а его гумусовые вещества могут вовлекаться микроорганизмами в круговорот металлов и способствовать восстановлению устойчивых соединений железа (III).

Указанные признаки говорят о протекании двух типов микробиологической активности в плотине — аэробного и анаэробного [8].

По нашему мнению, деятельность микроорганизмов может приводить к изменению инженерно-геологических условий среды за счет следующих процессов и факторов:

- образование газов, повышающее напряженное состояние и вызывающее разрыхление грунтов;
- вынос отдельных элементов из грунтов, приводящий к разрушению их минерального скелета и снижению их механической прочности;
- изменение под действием микроорганизмов микроагрегатного и химического состава грунтов, диспергация глинистых агрегатов, повышение гидрофильности и как результат ухудшение прочностных и деформационных свойств;
- выделение микроорганизмами экзометаболитов, проявляющих поверхностно-активные свойства и снижающих прочность структурных связей в грунтах.

Проведенные исследования показали, что вынос вещества под воздействием микроорганизмов увеличивается в 2-6 раз, однако в составе этого вещества преобладают не сами частицы грунта плотины, а вещество, новообразованное на окислительном биогеохимическом барьере из водорастворенных ионов металлов, среди которых доминирующую роль играют ионы железа. В то же время длительный вынос железа, являющегося в том числе и цементом частиц грунта, может отрицательно повлиять на его физико-механические свойства. Лабораторные испытания показали, что в результате протекания микробиологических процессов происходит ухудшение физико-механических свойств грунтов, что может повлиять на безопасность плотины:

- модуль деформации грунта снижается до 1,1-2 раз;
- сцепление частиц грунта снижается в 3 раза;
- угол внутреннего трения снижается до 1,1-1,7 раза;
- увеличивается набухаемость грунта.

Таким образом, биотические свойства грунтов имеют весьма существенное значение в инженерно-геологических исследованиях. Для того, чтобы применить адекватные меры защиты сооружений необходимо при проведении проектно-изыскательских работ проводить исследования грунтов на их микробиологическое заражение. При этом необходимо не только установить присутствие в грунтах различных физиологических групп микроорганизмов, но и дать оценку степени их агрессивности. В существующих нормативных документах отсутствует оценка степени агрессивности микробиоты грунтов по отношению к строительным материалам. Сложность таких оценок обусловлена тем, что агрессивность микробиоты подземного пространства зависит не только от количества и видового состава биодеструкторов, но и от температуры, влажности, аэрации, наличия или отсутствия в грунте органических веществ, антропогенных факторов и т.д. Большое разнообразие микроорганизмов в грунте, их способность адаптироваться к меняющимся условиям среды делают количественную оценку микробиоты, с точки зрения опасности для материалов, практически неразрешимой задачей. Но для принятия технических решений по защите инженерных сооружений от агрессивного воздействия микрофлоры грунтов и подземных вод такая оценка необходима.

Литература:

1 Болотина И.Н., Воронкевич С.Д., Максимович Н.Г. О возможности техногенных биогеохимических явлений при силикатизации гипсоносных пород // Вестн. Моск. ун-та. 1986. Сер.4. Геология. №4. С. 49–53.

2 Болотина И.Н., Максимович Н.Г. Изучение роли микроорганизмов подземных вод при химическом уплотнении гипсоносных пород основания плотины // Тез. докл. науч.-практ. конф. «Координация исследований на водохранилищах Камского каскада для разработки мероприятий по улучшению экологических условий в водоемах и на прилегающих территориях». Пермь, 1984. С. 44–45.

3 Вернадский В.И. Проблемы биогеохимии. — Тр. биогеохимической лаборатории, т. 16. М.: Наука, 1980. 320 с.

4 Виноградский С.Н. Микробиология почвы. — М.: Изд-во АН СССР, 1952. 792 с.

5 Исаченко Б.Л. Избранные труды. Т. 2. М.: Изд-во АН СССР, 1951. 431 с.

6 Кузнецов С.И., Иванов М.В., Ляликова Н.Н. Введение в геологическую микробиологию. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 239 с.

7 Максимович Н.Г., Меньшикова Е.А., Казакевич С.В. Исследование возможности повышения агрессивности подземных вод при строительстве на пиритсодержащих глинистых грунтах // Мат. Межд.. симп. «Инженерно- геологические проблемы урбанизированных территорий». Екатеринбург: «Аква — Пресс», 2001. Т.2. С. 545–551.

8 Максимович Н.Г., Хмурчик В.Т. Микробиологические процессы в грунтовых плотинах // Инженерные изыскания, 2013, № 9, с. 46-51

Шешеня Н.Л.
ОАО «ПНИИИС», Москва, sheshenya@mail.ru

ПРОГНОЗНЫЕ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ СВОДОВ ПОДЗЕМНЫХ КАРСТОВЫХ ПОЛОСТЕЙ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

Прогнозные оценки выполнены на примере подземных карстовых полостей в карбонатных породах в пределах территории строительства цементного завода Бимшон, перекрытых с поверхности четвертичными суглинистыми образованиями мощностью до 25 м. Площадь карстовых полостей часто была сопоставима с площадью основных его сооружений. Теоретическим обоснованием прогнозных оценок являлся сравнительно-геологический анализ или метод «природных аналогов» в терминологии Розовского Л.Б.(1962), а научным — установленные и эмпирически подтвержденные закономерности формирования и техногенной активизации карстово-суффозионных процессов (Шешеня Н.Л., 1984).

Метод природных аналогов предполагает наличие хорошо изученных аналогов с известной устойчивостью сводов подземных карстовых полостей. По результатам изысканий на стадии технико-экономического обоснования были хорошо изучены 28 участков-аналогов с крупными подземными карстовыми полостями сложной формы. Участки сужений до долей сантиметров сменялись участками расширений — галерей, высотой в десятки метров и длиной — сотни метров. Своды таких галерей часто были обрушены, а поверхностные карстовые понижения, образованные над этими сводами, заполнены современными четвертичными образованиями. Поэтому устойчивость сводов данных подземных карстовых полостей считалась известной. Для целей прогноза они были выбраны в качестве природных аналогов. Все своды карстовых полостей на участках аналогах были разделены на относительно устойчивые, если при техногенных нагрузках до 2 МПа они не обрушаются и неустойчивые, если их своды уже обрушены или они обрушаются при техногенных нагрузках, менее 2 МПа.

На ранних стадиях изысканий, когда прогнозист располагает только качественно выражаемыми признаками прогноза,

Таблица №1

Признаки прогноза, определяющие развитие и состояние подземных карстовых полостей и условия устойчивости их сводов

№	Наименование признака прогноза	№	Наименование признака прогноза
1	Известняки с содержанием глинис-тых частиц до 15%, кальцита –85-100%.	16	Значительные потери воды в гид-рорафической сети.
2	То же, но кальцита –70%, доломита-20%, глинистых частиц –10%.	17	Общая минерализация и состав ионов HCO3-, Cl-, SO4-2 постоян-ные в подземных и грунтовых водах.
3	Мергелистые известняки.	18	То же, но увеличение во времени и в пространстве.
4	Зоны тектонического сжатия.	19	То же, но изменение вдоль области транзита и разгрузки вод.
5	То же, но отрыва.	20	То же, но постоянные вдоль обла-сти транзита и разгрузки вод.
6	То же, но сколового типа.	21	Подошва полостей выше базиса речной эрозии.
7	Зоны тектонического дробления пород.	22	То же, но ниже.
8	В трещинах нет глинистого пласти-чного заполнителя.	23	Обесцвечивание пород в кровле полости мощностью 6 м.
9	Экзогенный заполнитель трещин.	24	Пустоты, каверны выщелачива-ния в кровле полости мощностью 6м.
10	Неотектонические перемещения по разрывам.	25	Ось, ядро, шарнир складки.
11	Расходы воды в ручьях, родниках постоянные.	26	Наличие зоны аэрации в покров-ных породах мощностью 10м и более.
12	Замкнутые поверхностные формы рельефа.	27	Наличие агрессивной углекисло-ты в водах.
13	Декольматация трещин и пустот.	28	Воды агрессивные к известнякам.
14	Наличие напора подземных вод.	29	То же, но не агрессивные.
15	Отсутствие напора подземных вод.	30	Наличие свободной углекислоты в водах.

наиболее приемлемыми являются алгоритмы теории распознавания образов — нахождения информационных весов $\mathbf{P_j}$ признака $\mathbf{X_o}$ и дискриминантных функций. Данный метод прогнозной оценки предполагает наличие данных двух выборок — обучающей и экзаменационной. Поэтому указанные участки-аналоги разделяются на две группы, соответственно составляющие обучающую и экзаменационную матрицы.

Прогнозная оценка с помощью алгоритмов нахождения ***информационных весов*** ($\mathbf{P_j(a)= \Sigma\ \beta_k\ /\ \Sigma\ \beta_i\ P_j}$) выполнена по 30 признакам прогноза (факторам), которые характеризуют условия среды формирования и активизации карстовых процессов (таблица №1). При этом признаки прогноза могут принимать одно из двух значений: 1 — если тот или иной признак характеризует процесс на участках-аналогах и 0 — если он не характерен для данного участка.

В таблице №2 дано описание природных аналогов для обучающей и экзаме-национной матриц, характеризующих устойчивость сводов подземных карстовых полостей. Задача прогноза решалась по 30 признакам, характерных для 26 участков-аналогов и перечисленных в табл. №1. Экзамен осуществлялся для 12 участков-аналогов. Прогнозная оценка параметров обучающей $\mathbf{T_{п,\ м,\ с}}$ (эталонной) и экзаменационной $\mathbf{T_{п,\ м,\ с}}$ матриц выполнялась по программе в компьютерном варианте. Все 14 участков-аналогов были правильно отнесены к соответствующей категории устой-чивости сводов карстовых полостей. Следовательно, на современном этапе знаний о факторах формирования и техногенной активизации изучаемых процессов, при наличии у прогнозиста участков — аналогов, указанный метод может успешно применяться для прогнозов состояния сводов подземных карстовых полостей. Это утверждение было подтверждено при авторском надзоре при вскрытии котлованов под основные сооружения завода.

При прогнозах с помощью дискриминантных функций $\mathbf{W(g) = g\text{-}g_0/t_1g_0+t_2(n\text{-}g_0)}$ использованы коэффициенты согласованности попеременно двух качественных признаков прогноза, удовлетворяющих условиям: если $\mathbf{P(A/B) = P(A)}$ то $\mathbf{\varphi = 0;\ P(A)< P(A/B) \le 1{,}0;\ 0< \varphi < 1;\ 0 \le P(A/B) < P(A),\ -1 \le \varphi < 0.}$ Здесь **P(A)** вероятность того, что случайно выбранная из совокупности участков карстовая полость обладает прогнозным признаком **A; P(A/B)** — вероятность того, что она обладает признаком **A** при наличии признака **B**; $\mathbf{g_0= (a+c)\ (a+b) + (b+d)\ (c+d)/\ n;}$ здесь **a** число полостей, обладающих признаком **A** и **B; c** — число полостей, не имеющих признаков **A** и **B**; **b** — число полостей, которые имеют признак **A**, но не имеют признака **B; a + c + b + d = n** — число всех полостей; **g =a + d.** Разделение сводов на устойчивые и неустойчивые осуществляется путем сопоставления значений для них дискриминантной функции с пороговым значением этой функции, определяемой из формулы Фишера:

$$\mathbf{D^* = \hat{G}^2\ M^1 + G^1 M^2\ /\ G^1 + G^2} \qquad \mathbf{(1),}$$

где $\mathbf{M^1}$ и $\mathbf{G^1}$ — соответственно среднее выборочное значение и стандартное отклонение дискриминантной функции для выборки карстовых полостей, обладающих целевыми признаками $\mathbf{X_0}$, $\mathbf{M^2;\ \hat{G}^2}$ — то же, но без целевого признака.

Перечисленные в табл. №1 признаки прогноза составят дискриминантную функцию вида:

$$\mathbf{D=W_1X_1+W_2X_2+W_3X_3+\ldots\ W_{30}X_{30}\ (2)}$$

здесь $\mathbf{W_{1,2,3,\ldots30}}$ — коэффициенты согласованности поочередно с качественными признаками прогноза $\mathbf{X_{1,2,3\ldots30}}$.

В качестве целевого признака $\mathbf{X_0}$ был выбран признак прогноза №24 (табл.1.) — пустоты, каверны выщелачивания в кровле полости мощностью 6м. Этот признак установлен во всех сводах крупных карстовых полостей. При анализе участков-аналогов из обучающей выборки были определены коэффициенты согласованности **W(g)** поочередно для таких признаков прогноза: №№ 1, 2, 4, 5, 6 7, 8, 9, 12, 13, 15, 16, 18, 23, 24, 27, 28, 30 (табл.№1). Выбор из 30 перечисленных признаков осуществлялся по значениям парных коэффициентов корреляции (**R**) между целевым признаком $\mathbf{X_0}$ и остальными признаками $\mathbf{X_i}$ **(R ≥ 0,3)**. Остальные признаки прогноза из анализа в дискриминантной функции были исключены.

Прогнозная дискриминантная функция имеет вид:

$$\mathbf{D=0{,}17X_1 + 0{,}087X_2 + 0{,}0097X_4 + 0{,}015X_5 — 0{,}25X_6 — 0{,}019X_7 + 0{,}17X_8 –0{,}033X_9 + 0{,}049_{12} — 0{,}19X_{13} + 0{,}20X_{15} + 0{,}0057X_{16} — 0{,}018X_{18} + 0{,}048X_{23} + 0{,}047\ _{24} + 0{,}105X_{27} — 0{,}011X_{28} — 0{,}09X_{30}} \qquad \mathbf{(3).}$$

Подставив в эту формулу для всех X_i **1** или **–1**, получили средневзвешенное значение дискриминантной функции для вариантов:

а) подземные карстовые полости имеют целевой признак

$$X_0 - D^1 = 0{,}0257;$$

б) подземные карстовые полости не имеют целевого признака X_0 **— D^2 = 0, 0678.** Критическое значение линейной дискриминантной функции (1) равно:

$$D^* = (0, 0257+0, 0678)/ 2 = 0, 0467 \qquad (4).$$

Подземные карстовые полости, значения дискриминантной функции у которых окажутся больше ее критического значения, то есть $D_i > D^*$, следует считать, что они имеют относительно устойчивые своды. Напротив, если $D_i < D^*$ — своды подземных карстовых полостей являются не устойчивыми.

Оценка величины ошибки прогнозной оценки с помощью рассмотренных методов выполнялась по экзаменационной выборке. В нее включались участки-аналоги, не вошедшие в обучающую выборку. Экзаменационная выборка составила 6 участков-аналогов с известной устойчивостью сводов подземных карстовых полостей. После определения значений дискриминантной функции в 5 случаях из 6 устойчивость подземных карстовых полостей была правильно отнесена к соответствующей группе. Следовательно, ошибка в прогнозной оценке составила около 1,2%. Применяемый подход к построению дискриминантной функции с использованием целевого признака X_0 объясняется следующим образом.

Признаки прогноза, положительно связанные с признаком X_0 на участках, обладающих им, в среднем встречаются чаще, чем на участках, не обладающих этим признаком, и тем чаще, чем сильнее их связи. Напротив, признаки, отрицательно связанные с целевым признаком X_0, на участках, обладающих им, будут обнаруживаться реже, чем на участках, не обладающих им, и тем реже, чем слабее их связи.

Таблица 2.

Признаки прогноза, характеризующие устойчивость сводов подземных карстовых полостей

№ аналогов	Номера признаков прогноза (из табл. №1)																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Обучающая матрица																															
неусойчивые своды	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
	2	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
	3	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
	4	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
	5	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
	6	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
	7	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
устойчивые	8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0
	9	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0
	10	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0
	11	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
	12	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
	13	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
	14	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
Экзаменационная матрица																															
неустойчивые	15	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1
	16	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1
	17	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1
	18	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1
	19	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1
	20	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1
устойчивые	21	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1
	22	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1
	23	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1
	24	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1
	25	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1
	26	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1

В заключение необходимо отметить, что применение этих и других алгоритмов теории распознавания образов возможно при наличии обучающей выборки. Основная идея применения методов распознавания образов для локальных прогнозов современного состояния сводов подземных карстовых полостей заключается в следующем. Допустим, что имеется несколько участков-аналогов, прошедших за период времени **Т** стационарных наблюдений проверку и разделенных по результатам этих наблюдений на две (или несколько) группы с выбранным запасом устойчивости в течение того же времени **Т.** Перед началом наблюдений по каждому аналогу устанавливается некоторый набор признаков прогноза. В качестве признаков прогноза выбираются факторы среды формирования и проявления изучаемых подземных карстовых полостей и факторы природного и техногенного изменения среды в период строительства и эксплуатации сооружений цементного завода.

Состоятельные оценки вероятностей ошибок в разделении аналогов на указанные группы находятся по формулам:

$$P_{12}^{*} = n_{12}/n_1,\ P_{21}^{*} = n_{21}/n_2 = n_{21}/n — n_1 \qquad (5),$$

где P_{12}^{*} — оценка вероятности отнесения устойчивого свода к устойчивому (или неустойчивого к неустойчивому); n_{21} — число неустойчивых сводов, отнесенных к устойчивым; n_{12} — число устойчивых сводов, отнесенных к неустойчивым; n_1, n_2 — число устойчивых и неустойчивых сводов в выборке участков-аналогов соответ-ственно; $n = n_1 + n_2$. Доверительные верхние границы этих вероятностей определяются из соответствующей системы уравнений. При достаточно больших n_1, n_2 для определения доверительных границ рекомендуется использовать приближения данного распределения с помощью c^2 или нормального распределения.

Экзамен по обучающей выборке участков-аналогов сводится к тому, что в качестве экзаменационной выборки используют обучающую выборку. Тогда оценки вероятностей ошибок определяются по формуле (2) и они являются смещенными. Величина смещения зависит от величины отношения K_i числа участков-аналогов в каждой группе обучающей выборки к числу признаков прогноза. Для случая нормальных распределений это смещение становится несущественным при **К** = 5-10. Следовательно, данный метод рекомендуется использовать только при большом количестве участков-аналогов, когда их число более чем в 5 раз превышает число выбранных признаков прогноза. Для рассматриваемой прогнозной оценки устойчивости сводов подземных карстовых полостей с помощью дискриминантных функций оптимальное число участков — аналогов должно составлять 90 против 26.

В сложившейся ситуации был использован скользящий экзамен. Он состоит в том, что из обучающей выборки поочередно исключается один или несколько участков-аналогов. Оставшиеся аналоги составили обучающую выборку, а исключенные — экзаменационную. Оценки вероятностей ошибок определялись как отношение числа неправильно классифицируемых участков за все циклы экзамена к общему числу предъявленных для экзамена участков заданного класса устойчивости. Для выполненной выше прогнозной оценки устойчивости сводов подземных карстовых полостей вероятности ошибок отнесения устойчивого свода к не устойчивому равны:

$P_{12}^{*} = 1/28 = 0{,}036$, а отнесение неустойчивого свода к устойчивому — $P_{21}^{*} = 0/28 = 0$.

Таким образом, если признаки прогноза, по которым исследовались выбранные алгоритмы, являются научно обоснованными и эмпирически подтвержденными (как это было в нашем примере), тогда общее число участков-аналогов может быть равным числу признаков прогноза. Поэтому приведенный выше пример убедительно доказывает перспективность применения простых математических моделей даже при наличии только качественно выражаемой информации о факторах среды формирования изучаемого процесса и факторах, ее естественных и техногенных изменений.

Литература:

1. *Розовский Л.Б.* Введение в теорию геологического подобия и моделирование. М.: Недра, 1962, 128с.

2. *Шешеня Н.Л.* Основы инженерно-геологического прогнозирования. М.: Наука, 1984, 111с.

Водопьянова О.Г.
ООО «ГеоАрхСтройПроект», Краснодар,
gasp2077@mail.ru

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ КАК ПЕРВЫЙ ЭТАП НАДЕЖНОГО И БЕЗОПАСНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Основным целевым назначением карт инженерно-геологического районирования является использование их при перспективном планировании строительного освоения территории. Сведения о природных геологических условиях, представляемые картой дают полную картину о происходящих на территории опасных геологических и инженерно-геологических процессах, о грунтах, рельефе, гидрогеологических условиях, сейсмичности и т.д.

Итогом составления карт инженерно-геологического районирования является разделение территории на участки благоприятные, условно благоприятные и неблагоприятные для строительства, а также рекомендации по инженерной защите территории от опасных геологических процессов.

Информация по природным геологическим условиям, должна приниматься в первую очередь, при строительстве объектов и сооружений в соответствии с их безопасностью и надежностью.

Площадки для строительства должны выбираться не только с позиций: красоты пейзажа; приближенности к коммуникациям, речной сети, доступности для подъезда и т.д. По этим критериям построены многие населенные пункты. Но не всегда это оправдано даже с экономической точки зрения, т.е. развивают центральные части городов, которые в большинстве случаев стоят на пойменных террасах. Если в таких случаях даже решена проблема с затоплением, то грунты поймы обладают худшими физико-механическими свойствами, чем грунты надпойменных террас. Почему в этом случае не развивать строительство на надпойменных террасах, а на поймах сооружать набережные для прогулок и развивать парки и сады? Почему надо вечно «латать» старые прогнившие коммуникации в старых центрах? Может дешевле передвинуть центр и построить новые коммуникации?

За последние годы много построено микрорайонов, дорог, газопроводов и других сооружений и коммуникаций. И я уверена, лишь на некоторых из них было выполнено пол-

ноценное инженерно-геологическое районирование. Да что говорить о районировании, когда торги на инженерно-геологические изыскания выигрывает организация, предложившая наименьшую цену. Исполнитель, работающий по минимальным ценам, не имеет представления об инженерно-геологическом районировании и не может убедить или предложить заказчику другие варианты, кроме самого дешевого.

В основном, заказчики не жалеют денег на многочисленные перетрассировки, перепосадки сооружений, но провести предварительно инженерно-геологическое районирование «не могут себе позволить», хотя, в целом, дешевле обходится последнее.

В 70-е годы XX века, при планомерной застройке микрорайонов, заводов, фабрик и других сооружений предварительно проводилось инженерно-геологическое районирование. При чем, это было полноценное инженерно-геологическое районирование, в смысле, объемы работ закладывались по нормативным документам, т.е. бурение по сетке, гидрогеологические работы проводились в течение года, геофизические исследования по необходимости.

В настоящее время, когда накоплен значительный архивный материал по инженерным изысканиям, позволяющий с небольшими объемами полевых работ выполнить районирование по заниженным ценам, но даже на этот вид работ никто не хочет «тратиться».

А именно за последние годы активизировались такие процессы как: подтопления, затопления, наводнения, оползни, сели, абразия и эрозия берегов и т.д., в результате которых разрушены жилые и производственные здания, коммуникации и самое главное, стихия уносит человеческие жизни.

Только в Краснодарском крае пострадали такие населенные пункты как: Крымск (2002г., 2012г.), Новороссийск (2002г), Геленджик (2012г), Туапсе, Сочи (2012-2013г.), Новокубанский, Успенский, Курганинский и другие районы (2002г.).

Если просуммировать все выплаты, компенсации пострадавшим, все деньги, ушедшие на восстановление коммуникаций и зданий после стихийных бедствий, то это превысит не только затраты на инженерно-геологическое районирование, но и на инженерную защиту территории. Тем более, что инженерную защиту территории пришлось осуществить. Но сделано это было не до строительства объектов, а после разрушения объектов.

Конечно, невозможно предсказать масштабы таких событий, но прогнозировать их местоположение возможно. Например: давно известно, что строить в щелях, расщелинах южного склона Северо-Западного Кавказа опасно. Почему? Сели. Затопления, вызванные катастрофическими осадками. Достаточно вспомнить Широкую щель вблизи г. Новороссийска (2002г.). А сейчас разве не на таких землях развивается строительство? *Потому что геологов никто не спрашивает, и никто не слушает. Строят, где хотят.*

Инженерно-геологическое районирование территории или проработку вариантов для выбора площади строительства больших объектов необходимо сделать обязательными, т.е. провести эти работы через законодательные органы. Инженерно-геологическое районирование должно предшествовать обычным изысканиям.

После проведения инженерно-геологического районирования, далее инженерных изысканий и строительства необходим контроль геологической службы за исполнением рекомендаций по инженерной защите территории.

Застройщики должны не только качественно построить объекты, но и обеспечить безопасность их эксплуатации на долгие годы, т.е. если построены дома на берегу реки, то прежде должна быть обустроена берегозащита, или если построены дома под горой, то прежде необходимы противооползневые мероприятия и т.д.

Может быть, такой серьезный подход к инженерно-геологическим работам и усиление их ответственности и есть толчок к развитию инженерной геологии?

Бурение бесчисленного количества скважин, конечно, пополняет залежи архивных материалов, которыми мало кто пользуется, но и ведет в тупик.

В инженерной геологии должны произойти события, которые помогут ей развиваться, принять свою долю ответственности и контроля при строительстве объектов.

Литература:

1. *Гонсировский Д.Г.,* под редакцией А.Б. Островского, С.В. Савина, М.В. Чуринова. Объяснительная записка к карте типологического и оценочного инженерно-геологического районирования Северного Кавказа, масштаб 1:500 000. г. Ессентуки.1983.

2. *Водопьянова О.Г., Чередниченко Л.И.* Карта инженерно-геологического районирования территории Краснодарского края масштаба 1:200 000.
г. Краснодар. 2005.

3. *Батурина А.Н., Соловьева Н.Ф.* Карта инженерно-геологических условий территории Краснодарского края масштаба 1:200 000. г. Краснодар.1997.

Шешеня Н.Л.
ОАО «ПНИИИС», Москва, sheshenya@mail.ru

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ БЕРЕГОВ ВОДОХРАНИЛИЩ

Берега водохранилищ являются сложной многокомпонентной средой, к которой применимы кибернетические прогнозные оценки и методы. Этот тезис был высказан еще в начале 80-х годов прошлого века Поповым И.В., Бондариком Г.К., Розовским Л.Б. [1]. Он справедлив в настоящее время и не потерял своей актуальности. Существующие методы прогнозирования требуют совершенствования на основе общей теории изменчивости инженерно-геологических условий берегов водохранилищ и прилегающих к ним территорий. Для этого необходимо:

- изучать интенсивность развития и временной режим абразионной переработки пород клифа и склонов, склоновых гравитационных явлений, используя (если имеются) результаты мониторинга;
- разработать методы и методологию количественной оценки природных и природно-техногенных факторов развития берегов водохранилищ: пород четвертичных геолого-генетических комплексов, инженерно-геологических формаций, разрывных нарушений, гидрогеологических (горизонтов подземных вод), гидрологических (поверхностных вод), климатических, различных насыпных образований на склонах водохранилища, различных хозяйственных и строительных объектов вверху, геоморфологических особенностей склонов (залесенность древесной и кустарниковой растительностью, наличие замкнутых понижений и т. п.);

- усовершенствовать методы индикаторов и сравнительно-геологического анализа, в том числе метода природных аналогов в разработках Розовского Л.Б. [2, 3], разработав на основе теории подобия [7] принципы вероятностного геологического подобия [9].

Следует отметить, что в инженерной геологии для прогнозов переработки берегов водохранилищ широко известны методы Кондратьева Н.Е., Золотарева Г.С., Качугина Е.Г., Гречищева Е.К., Рагозина А.Н., которые стали хрестоматийными, но не имеющие строгого теоретического обоснования. Поэтому получаемые результаты прогнозирования по этим методам не надежны, поскольку их результаты являются разовыми, точечными, а главное, из-за отсутствия учета в указанных методах многообразия взаимодействия и взаимовлияния геологических, гидрогеологических и гидрологических факторов. Этот недостаток указанных классических детерминированных прогнозов в значительной мере преодолено в перманентных стохастических прогнозах Епишина В.К., Экзарьяна В.Н. [4] и Адас М.М. [5].

В связи с изложенными ограничениями для перманентных прогнозов целесообразней исследовать вероятностно-детерминированные модели типа: $V = F(X_i) + f(e_j)$ (1), где — V скорость переработки пород берегов водохранилища.

Согласно модели (1), общий алгоритм производства прогнозов сводится к следующему. Входящие в прогнозные модели (1) значения факторов разбиваются на две группы: детерминированную {функция $F(X_i)$} и вероятностную {функция $f(e_j)$}. Изменения их значений прогнозируются раздельно на заданный период упреждения прогноза. Значения факторов первой группы получаются с высокой точностью и зависят от точности геодезических замеров геоморфологических характеристик прогнозируемого участка водохранилища; значения факторов второй группы можно предсказать только вероятностно. В сложившейся практике прогнозирования, поэтому часто берутся средние многолетние значения результатов наблюдений за уровенным режимом водохранилища и факторами, его определяющими.

Для прогнозов по указанной модели необходимо иметь временной ряд наблюдений за изменением прогнозируемого компонента инженерно-геологических условий территории освоения. Чем длиннее ряды наблюдений, тем больше (при прочих равных условиях) будет точность срочного и долгосрочного прогноза. При наличии временных рядов измерений скорости развития процессов переработки берегов водохранилища и их прогнозных признаков (факторов) осуществляется:

- вероятностно-статистическая их обработка,
- анализ значений рядов измерений,
- установление связей между прогнозными величинами процессов (функцией) в заданном месте и в заданное время и их факторами формирования (аргументами). Прогнозы в этом случае сводятся к экстраполяции непрерывного ряда значений активности проявления изучаемых процессов в будущее.

Решения указанных задач Епишин В.К., Экзарьян В.Н. [4] предложили осуществлять с помощью автоматизированной системы управления (АСУ) «Водохранилище» и «Каскад водохранилищ». Их математическим обеспечением стали стандартные статистические программы «РЕГР» и множественная корреляция.

В практике инженерной геологии таких рядов наблюдений имеется недостаточно. Поэтому появилась необходимость использовать в прогнозировании разновременные,эпизодические, наблюдения за берегами водохранилищ и их компонентами (факторами развития берегов) в пределах опорных участков водохранилищ. Научной основой таких прогнозов является сравнительно-геологический анализ (Золотарев Г.С. [6]) или метод природных аналогов [2, 3], теоретическим обоснованием которого стали три теоремы физического подобия [7].

Метод природных аналогов подразумевает выбор природных аналогов, качественно и количественно подобных объекту прогнозирования посредством критериев подобия, определяемых с помощью анализа размерности [8]. В силу объективных причин, точного совпадения численных значений данных критериев добиться практически не возможно. Возникающие при этом ошибки позже были устранены посредством замены принципов геологического подобия метода природных аналогов [2] принципами вероятностного геологического подобия [9].

Теоретической основой формулируемых ниже трех принципов вероятностного геологического подобия служат детерминированные три принципа геологического подобия Розовского Л.Б. [2], теория вероятностей и математической статистики [10], анализ размерности [8]. Эти принципы являются достаточным научным обоснованием для составления прогнозов. При этом задача прогнозирования формирования берегов водохранилищ и управления ими может быть решена, если качественный сравнительно-геологический анализ, введенный Емельяновой Е.П. [11] и Золотаревым Г.С. [6,12], дополнить количественными критериями вероятностного геологического подобия, на основе которых автором доказаны три принципа вероятностного геологического подобия [9].

Первый принцип. У подобных массивов горных пород и формирующихся в них геологических процессов и явлений главные критерии вероятностного геологического подобия, характеризующие строение и состояние массивов горных пород и условия развития (или активизации) процессов переработки берегов водохранилищ, совпадают или изменяются на величины, пропорционально отражающие изменение и состояние массивов и развивающихся в них процессов, а второстепенные — могут не совпадать и изменяться непропорционально.

Критерии вероятностного геологического подобия определяются с помощью анализа размерности. Это простые функциональные безразмерные зависимости, составленные из количественно выражаемых размерных факторов (или закономерностей) развития — активизации прогнозируемых процессов (объектов). Доказательством возможности использования названных критериев является положение о том, что эмпирически установленные закономерности по факторам развития процессов, представляют собой сложные функциональные зависимости между величинами, их характеризующих. Для каждой закономерности можно выбрать такое количество этих величин, чтобы они полностью отражали ее сущность. Эти величины в теории физического подобия называются представляющими показателями.

Анализ размерности [8] и теория физического подобия [9] исходят из положения, что система указанных представляющих показателей позволяет выявить простые безразмерные количественно выражаемые связи между отдельными факторами (закономерностями) в виде прогнозных критериальных уравнений в том случае, если представляющие показатели обладают свойствами полноты, имеют размерность и выражены количественно. Следует подчеркнуть, что в критериальные уравнения могут входить также такие безразмерные представляющие показатели — симплексы, от которых существенно зависит скорость процессов формирования берегов (слонов) водохранилища и состояние вскрываемых ими пород. Например, углы падения склона и поверхностей смещения оползней.

Разделение критериев на главные и второстепенные осуществляется с помощью таких моделей

- дисперсионного анализа или дискриминантных функций [10]
- корреляционных уравнений связи (по величинам парных коэффициентов корреляции),
- регрессионных моделей [9] при учете накопленного опыта хозяйственного использования территорий развития и техногенной активизации формирования берегов водохранилищ (мониторинга). Допустимая величина ошибки в подобии объекта прогнозирования его аналогам может быть вызвана:
- несовпадением значений второстепенных критериев вероятностного геологического подобия и изменчивостью количественных представляющих показателей, по которым составлены критерии;
- представительностью статистически обработанных указанных критериев подобия, выбранной математической моделью, степенью ее аппроксимации и разделения их на главные и второстепенные.

Следовательно, величина этой ошибки может быть задана и определяется задачами проектирования (создания) водохранилищ, хозяйственного освоения водохранилищ и прилегающих к ним территорий, ценностью осваиваемой территории (риском).

Второй принцип. Уравнения связи между критериями вероятностного геологического подобия называются «критериальными уравнениями» и являются прогнозными в пределах качественно выражаемых факторов, отражающих историю формирования склонов, включая период после создания водохранилищах, строение и состояние пород, вскрываемых склонами, и условия развития инженерно-геологических процессов.

Прогнозные уравнения устанавливаются по результатам исследования общих линейных уравнений связи n-ой степени между прогнозным показателем, например, скоростью развития изучаемого процесса переработки берега, и главными (прогнозными) критериями. Они позволяют выявить изменения информативности прогнозных критериев и их роль в развитии процесса в пространстве и во времени, а также от стадии к стадии его активизации и внутри каждой стадии с оценкой риска (геологического, экологического, социально-экономического) проявления процесса. Эти уравнения позволяют также оценивать величину режимно-резонансного эффекта в случаях совпадения во времени экстремальных значений рассматриваемых прогнозных критериев.

Третий принцип. Чтобы берега водохранилищ, развивающиеся на их склонах процессы переработки, были подобны друг другу, необходимо и достаточно, чтобы они были качественно одинаковые, характеризовались одними и теми же критериями вероятностного геологического подобия и имели близкие условия однозначности.

В состав условий однозначности входят геометрическое подобие, подобие граничных условий, начального состояния массивов пород, вскрываемых берегами водохранилища, и процессов на их склонах, прямые расчетные характеристики.

Геометрическое подобие предполагает однотипность зон ослабления в склонах водохранилища, их пространственных соотношений с направлением и крутизной склонов, с техногенными нагрузками на них (зданиями, инженерными сооружениями и т.п.), равенство площадей зон ослабления. Граничные условия включают однотипность по генезису поверхностей ослабления, подобие распределения напряжений в массивах пород и в зонах поверхностей ослабления от зданий, инженерных сооружений, равенство углов падения поверхностей ослабления и равнодействующей от волн водохранилища, зданий, сооружений и т.п. Начальное состояние склонов водохранилища и массивов пород, вскрываемых склонами, и формирующихся (сформированных) в них процессов требует подобия степени и характера экзогенного изменения пород в приповерхностных зонах разгрузки естественных напряжений и повышенной экзогенной трещиноватости пород, равенство горизонтов подземных вод и т.п. К прямым расчетным характеристикам относятся величины прочности пород на размыв, раздавливание и сопротивление сдвигу пород зон вероятного оползневого смещения или обвального обрушения.

Качественное подобие изучаемых объектов прогноза процессов переработки водохранилищ и их хорошо изученных аналогов (природные аналоги) предполагает однотипность:
- тектонических, включая сейсмичность, климатических, гидрологических и гидрогеологических условий их развития;
- наборов пород, вскрываемых склонами водохранилищ, в равной степени измененных выветриванием, разгрузкой напряжений и хозяйственной деятельностью человека;
- геоморфологических особенностей рельефа, условий перераспределения поверхностного стока и дренирования подземных вод;
- содержания в поверхностных и подземных водах сульфатных, карбонатных, железистых соединений, свободной и агрессивной углекислоты, PH, сухого остатка, токсичных и вредных для здоровья населения загрязняющих элементов.

При этом учитываются ситуации, когда:
- объект прогноза и его аналоги имеют неодинаковые наборы главных и второстепенных критериев вероятностного геологического подобия;
- второстепенные критерии для одних территорий являются главными, а для других — главные — второстепенными. Обоснование порогового значения для выбора главных и второстепенных критериев определяется задачами прогнозирования, требованиями существующих законодательных и нормативных документов.

Для оценки меры подобия (или различия) объекта и аналога применяется многофакторный корреляционный анализ или дискриминантые функции. При этом следует помнить о таких общих закономерностях взаимодействия факторов и процесса формирования берегов водохранилищ:
- о кумулятивном эффекте запаздывания по отношению к воздействию факторов формирования берегов, что особенно ощутимо внутри годового цикла;
- об изменении информативности факторов в пространстве и во времени (от стадии к стадии и внутри стадий);
- о режимно-резонансном эффекте совпадения во времени экстремальных значений характеристик факторов-процессов и о кумулятивном эффекте запаздывания (аналогично эффекту релаксации) и длительного во времени воздействия одного фактора на процесс;
- о парагенетическом эффекте или эффекте одновременного (не сводимого к простой сумме) воздействия на процесс всех факторов.

Метод вероятностного геологического подобия может с успехом применятся и в случаях, когда прогнозные факторы на данной стадии исследований не могут иметь количественных показателей, тогда они учитываются на качественном уровне (в соответствии с третьим принципом вероятностного геологического подобия). Прогнозы в данной ситуации осуществляются с применением алгоритмов теории распознавания образов. Наиболее приемлемыми для прогнозных оценок являются алгоритмы теории распознавания образов, нахождения информационных весов аналогов, голосования по тупиковым тестам или по выборкам за-

данной длины. Прогнозные оценки с помощью указанных алгоритмов сводятся к распознаванию конкретного состояния изучаемого склона водохранилища и к заключению об его дальнейшем изменении на основе известных (или выявленных) местных, регионально — геологических и зонально-климатических факторов (закономерностей) формирования склонов водохранилищ в пределах прогнозируемого участка и ее аналога. Для этого прогнозист должен располагать минимум двумя выборками — обучающей и экзаменационной.

Литература:

1. *Попов И.В., Бондарик Г.К., Розовский Л.Б.* Задачи и методы долгосрочного
прогноза инженерно-геологических условий. — В кн.: Рациональное использование земной коры. М.: Недра, 1974, с. 51-60.
2. *Розовский Л.Б.* Введение в теорию геологического подобия и моделирования. М.: Недра, 1969, 76с.
3. *Розовский Л.Б., Зелинский И.П.* Инженерно-геологические прогнозы и моделирование. М.: Энергоиздат, 1958, 65с.
4. *Епишин В.К., Экзарьян В.Н.* Прогноз процесса формирования берегов водохранилищ. М.: Энергия, 1979, 113с.
5. *Адас М.М.* Теоретические основы прогнозно-диагностической системы переформирования берегов водохранилищ (на примере Саратовского водохранилища). Автореферат дис. канд. геол.-минерал. наук. М.: ВСЕГИНГЕО, 1977, 19с.
6. *Золотарев Г.С.* Значение геологических факторов в формировании берегов водохранилищ. Тр. 7-го Байкальского научного координационного совещания по изучению берегов водохранилищ. М.:МГУ,1961, т.1, с.50-63
7. *Кирпичев М.В.* Теория подобия. М.: АН СССР, 1953, 264с.
8. *Шешеня Н.Л.* Анализ размерности при инженерно-геологических исследованиях. Тезисы Всесоюзной конференции «Применение математических методов и ЭВМ в геологии». Новочеркасск, 1975, с.94-96.
9. *Шешеня Н.Л.* Основы инженерно-геологического прогнозирования. М.: Наука, 1986,111с.
10. *У. Крамбейн, У. Грейбилл* Статистические модели в геологии. М.: Мир. 1969, 396с.
11. *Емельянова Е.П.* Сравнительный метод оценки устойчивости склонов и прогноз оползней. М.: Недра, 1971,103с.
12. *Золотарев Г.С.* Изучение напряженного состояния массивов пород методом моделирования и в условиях естественного залегания. М.: МГУ, 1968, с.113-115.

СЕКЦИЯ «ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА В КРИОЛИТОЗОНЕ»

Шполянская Н.А.
Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова,
nella@shpolyanskaya.msk.ru

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КРИОЛИТОЗОНЫ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА РОССИИ

Одним из элементов природных условий Арктического шельфа, существенно осложняющих его освоение, является вечная мерзлота. Известно, что дно современного Арктического шельфа на большей его части сложено вечномерзлыми, часто высокольдистыми, породами. Большинство исследователей считают, что криолитозона шельфа — реликтовая, сформировалась на суше во время глубокой поздневалдайской (сартанской) регрессии моря и затем была затоплена в результате позднеплейстцен-голоценовой трансгрессии. В эпоху регрессии моря, по наиболее принятому мнению, шельф осушался примерно до изобаты 120 м, и в его пределах формировалась вечная мерзлота большой мощности. Теперь, как реликтовая, она прослеживается в Арктических морях, сохраняя местами большую мощность, например, в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском, до 500 и более метров [Романовский и др., 1999]. В то же время, имеются неоднократные сведения и о современном образовании льдистых донных отложений, например, в юго-восточной части Баренцева и юго-западной части Карского морей [*Бондарев и др., 2001*; *Мельников, Спесивцев, 1995; Рокос и др., 2009*; *Тарасов, 2001*], а также в восточной части моря Лаптевых, где встречены мерзлые морские сингенетические отложения [Kassens et al, 2000; Григорьев, 2008]. Эти данные показывают, что криолитозона арктического шельфа неоднородна по возрасту. Она включает в себя как реликтовую (изначально субаэральную), так и современную, вновь образующуюся (изначально субмаринную).

Выявление возрастной неоднородности криолитозоны шельфа важно по многим причинам. Одна из них — возможность выявить направленность развития шельфовой мерзлоты (деградация реликтовой или нарастание современной — субмаринной), что, в свою очередь, определяет геоэкологические условия на шельфе и условия его освоения. Другая причина состоит в том, что признание возможности образования вечной мерзлоты непосредственно в субмаринных условиях может объяснить природу часто встречающихся в морских отложениях в арктических районах линз минерализованных вод (криопэгов). Данные о генетической связи между криопэгами, пластовыми льдами и вмещающими их морскими отложениями в разрезах плейстоценовых морских равнин (древних шельфов) имеются в литературе [Стрелецкая, Лейбман, 2002]. Третья причина — направленность развития криолитозоны шельфа влияет на развитие прибрежной его части и непосредственно береговой зоны, и поэтому позволяет прогнозировать динамику арктических берегов и оценивать степень их устойчивости.

В статье будет показано, что крупные залежи льдов на современном арктическом шельфе аналогичны залежным льдам на прибрежных плейстоценовых арктических равнинах. И это говорит о том, что шельф и суша являются единой системой, развивавшейся в трансгрессивно-регрессивном режиме, вследствие чего вечная мерзлота формировалась то в субаэральных, то в субмаринных условиях. В итоге, оба эти типа мерзлых пород с залежами льдов присутствуют и на современном шельфе, и на прибрежных равнинах.

Главная черта в распространении залежных льдов это резкое различие между западным и восточным секторами Арктики. Если в восточном секторе почти целиком развиты полигонально-жильные льды, то в западном секторе преобладают т.н. пластовые льды (рис. 1). Генетически это принципиально разные образования, и именно это указывает на неодинаковую историю развития двух частей Арктики. Ниже будет рассмотрено происхождение всех типов залежных льдов, распространенных в Арктике и Субарктике и на этом основании будет представлено развитие Российской Арктики в плейстоцене-голоцене.

Западный сектор Арктики

На равнинах Западной Сибири и северо-востока Европейской России широко распространены пластовые льды — крупные тела неопределенной формы, десятки метров по горизонтали и вертикали, представленные генетически разнородными образованиями. Наши многолетние исследования склоняют к выделению четырех генетических их типов: изначально субмаринного, прибрежно-морского, инъекционного генезиса, и погребенные наземные льды.

Изначально субмаринные льды наиболее распространены и приурочены к дислоцированным морским отложениям. Обычно они представлены ледогрунтовыми образованиями с тонким сопряженным переслаиванием грунтовых и ледяных слоев нередко очень сложной конфигурации (рис. 2). Их текстурные особенности указывают на их формирование в субмаринных достаточно глубоководных условиях при одновременном (сингенетическом) накоплении и промерзании донных осадков. Микростроение самого льда говорит о том же. Возможность субаквального льдообразования в Арктических морях была предложена и подробно рассмотрена нами ранее [Шполянская, 1991, 1999, 2005]. Она состоит в том, что при глубине моря от 40-50 до 200-250 м температура придонной воды оказывается постоянной и достигает самых низких отрицательных значений –1,6– –1,8°С. Это создает условия для промерзания донных грунтов. Соленость поровых вод донных осадков, препятствующая промерзанию, по многочисленным данным, обычно закономерно уменьшается от поверхности дна вглубь отложений. На некоторой глубине от поверхности дна моря соотношение температуры и солености становится таковым, что грунт начинает промерзать. В этом интервале глубин происходит кристаллизация порового раствора. Кристаллы льда разрастаются за счет разрастания базисных граней вдоль поверхности минеральных частиц и седиментационных слоев. Вследствие этого формирующиеся ледяные шлиры всегда наследуют форму грунтовых слоев осадка, даже сложно деформированных. При этом идет сегрегационное разделение на грунтовые и ледяные прослои и формируется слоистая ледогрунтовая толща.

По мере накопления осадков интервал, где создаются условия для промерзания, перемещается вверх, и снизу вверх нарастает мерзлая льдистая толща. Во время промерзания должно происходить перераспределение солей. Грани кристаллов при своем росте оттесняют ионы солей в приграничные с кри-

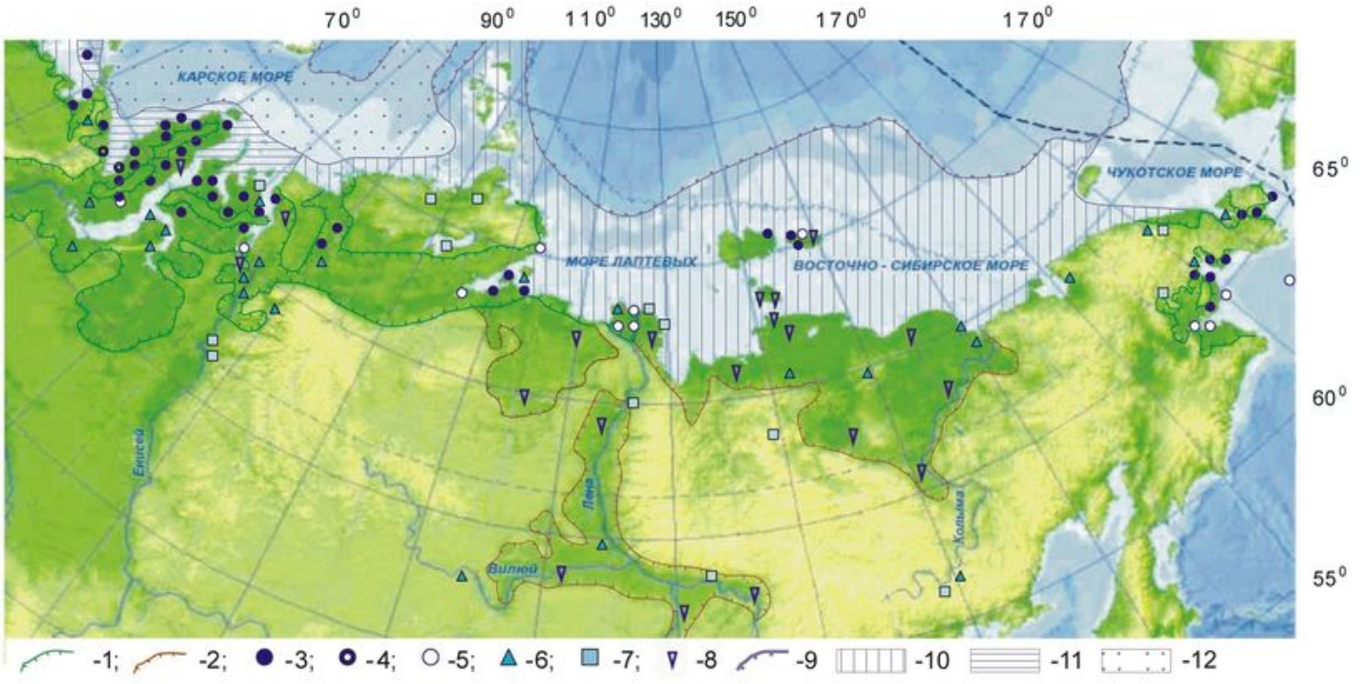


Рис. 1. Карта подземных залежных льдов
Составлена И.Д. Стрелецкой и Н.А. Шполянской, шельф — по В.А. Соловьеву иС.И. Рокосу с дополнением Н.А. Шполянской
1 — границы позднеплейстоценовых морских равнин; 2 — границы плейстоценовых озерно- аллювиальных равнин; 3-8 — крупные залежи подземных льдов: 3 — субмаринного генезиса, 4 — смешанного генезиса, 5 — прибрежно-морского генезиса, 6 — инъекционного генезиса, 7 — погребенные (первично наземные); 8 — полигонально-жильные льды; 9 —внешняя граница шельфа; 10-12 — криолитозона шельфа: 10 — вечномерзлые реликтовые породы с температурой 0 ь –2оС, мощностью до 200 м и более, 11 — современные вечномерзлые породы с температурой 0 ь –1,5оС, мощностью до 80-100 м, 12 — многолетнеохлажденные породы с островами новообразующейся вечной мерзлоты, с температурой 0 ь –1,5оС, мощн. до 80-100 м.

сталлами слои, а при смыкании кристаллов раствор выжимается из межкристаллических прослоек и лед остается пресным. Этот механизм проявляется по-разному в разных литологических условиях. Если промерзают тонкодисперсные илистые осадки, обладающие высокой поверхностной энергией, соли полностью адсорбируются поверхностью частиц, концентрация свободной поровой воды все время остается соответствующей данной температуре замерзания, и рост ледяных кристаллов происходит без перерыва. Если же промерзают песчано-алевритовые осадки с малой поверхностной энергией, соли не адсорбируются минеральными частицами, а остаются в растворе. В этом случае по мере роста кристаллов формируются зоны с очень высокой концентрацией, а потому непромерзающие. Во вновь накапливающихся осадках льдовыделения не происходит до тех пор, пока процесс термодиффузии не выровняет соленость до нужной величины. Рост кристаллов возобновляется и идет до тех пор, пока концентрация оттесняемого раствора не достигает критической величины. Снова возникает непромерзающая зона. Так в толще промерзающих донных отложений формируются линзы криопэгов. Этот механизм подтверждается фактическим материалом. Так, в районе Байдарацкой губы в разрезах 42-х скважин [Мельников и Спесивцев, 1995] встречено до 12-ти прослоев криопэгов. Причина только одна — перерывы в льдообразовании при промерзании супесчано-алевритовых осадков. На Центральном Ямале в разрезе засоленных морских казанцевских отложений с пластовым льдом [Стрелецкая и Лейбман, 2002] криопэги встречены только в песчаной части разреза. В глинистой части они отсутствуют.

Прибрежно-морские льды. Эти льды встречаются в тех же районах, что и субмаринные льды (рис. 1). Они формировались в краевых частях морского бассейна. Ледяные пласты формируются за счет надмерзлотного водоносного горизонта в основании сезонно-талого слоя в периоды регулярного нагонного затопления береговой зоны. По мере накопления осадков сезонно-талый слой перемещается вверх, а вместе с ним и надмерзлотный водоносный горизонт. Так сингенетически снизу вверх нарастает ритмично слоистая ледогрунтовая толща. Текстура этих льдов представлена более толстыми субгоризонтальными слоями льда и грунта.

Льды субмаринного и прибрежно-морского генезиса, встречаются только в морских (ледово-морских) и прибрежно-морских отложениях в пределах низменных арктических равнин, трактуемых А.И. Поповым [1959], Г.И. Лазуковым [1989], И.Д. Даниловым [1978] как морские равнины. Наличие описываемых льдов подтверждает их взгляды. Надо сказать, что и на Чукотке такие льды развиты в пределах территории, где А.А. Величко [Atlas,1992] показывает казанцевскую трансгрессию. Наиболее часто эти льды встречаются в казанцевских отложениях, а это значит, что они формировались заведомо в отсутствие оледенения, а потому, вопреки существующему мнению, не являются погребенными ледниками и показателем существования в прошлом ледникового покрова. Они должны были формироваться в морском бассейне глубиной не менее 50 метров и тем самым подтверждают существование в эту эпоху морского бассейна. Эти льды развиты и в зырянских отложениях, часто перекрытых каргинскими, преимущественно на западном Ямале, Ямальском и Приуральском побережьях Байдарацкой губы, на Таймыре в пределах Северо-Сибирской низменности, а также на Чукотке. Их присутствие указывает на сохранявшийся в эти эпохи в этих районах морской режим, хотя и при меняющейся глубине моря.

Западно-Арктический шельф. Мерзлые породы с пластовыми льдами широко распространены и в западном секторе Арктического шельфа (рис. 1). Вечномерзлые донные породы встречены при глубинах моря от 0 до 230 м [Бондарев и др., 2001]. Кровля мерзлых пород может залегать на глубине по-

Рис. 2. Дислоцированный пластовый ледсубмаринного генезиса в разрезе «Тадибеяха»(западный Гыдан). Фото Н.А. Шполянской

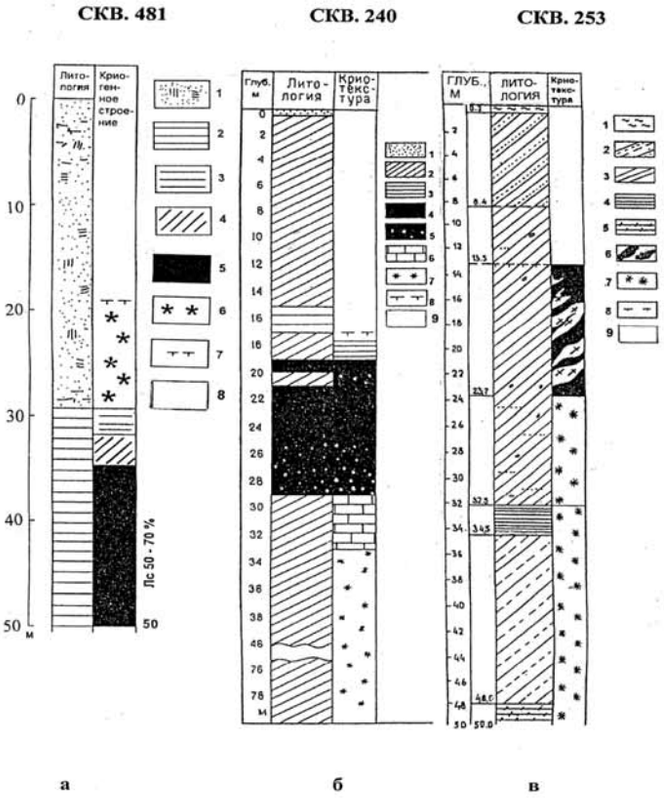


Рис.3. Разрез донных отложений на Баренцево-Карском шельфе [Мельников и Спесивцев, 1995).
а — скв. 481 в районе пролива Карские Ворота (глубина моря 65 м). 1 — песок с включением органики; 2 — глина. 3 — 6 криогенная текстура: 3 — горизонтально-слоистая; 4 — дислоцированная субвертикальная крупношлировая; 5 — атакситовая (пластовый лед); 6 — массивная. 7 — кровля вечномерзлых пород; 8 — отрицательнотемпературные осадки.
б — скв. 240 в Байдарацкой губе (глубина моря 13-14 м). 1 — песок; 2 — суглинок; 3 — глина; 4 — 7 криогенная текстура: 4 — пластовый лед; 5 — атакситовая; 6 — сетчатая; 7 — массивная. 8 — кровля вечномерзлых пород. 9 — отрицательнотемпературные осадки.
в — скв. 253 в Карском море на Русановской площади (глубина моря 130 м). 1 — ил; 2 — ритмичное переслаивание песка, супеси и суглинка; 3 — суглинок; 4 — глина; 5 — аргиллитоподобная твердая глина; 6 — пластовый лед; 7 — массивная криогенная текстура. 8 — кровля вечной мерзлоты. 9 — отрицательно температурные осадки

рядка 20-40 м под дном моря, или подниматься к поверхности дна. Подошва мерзлоты опускается до 100 м и глубже. В разрезах мерзлых донных отложений присутствует большое количество льда, иногда до 100% (рис. 3).

Многими авторами мерзлота здесь считается реликтовой. Однако сам факт присутствия вечной мерзлоты при глубинах моря от 0 до 230 м говорит о ее разнородном характере. Если даже принять представления о регрессии моря в поздневалдайскую эпоху до изобаты 100-120 м, приведшей к промерзанию грунтов шельфа в субаэральных условиях, то остаются еще обширные пространства с глубиной моря от 100-120 до 230 м, где вечная мерзлота должна была формироваться непосредственно в субмаринных условиях. Напомним, что имеются представления о понижении уровня моря только до –30 ¸ –50 м [Данилов, 2000].

Анализ криолитозоны шельфа показывает, что текстурные особенности льдистых донных отложений (рис. 4), например, у Карских Ворот и на Русановской площади [Бондарев и др., 2001, Рокос и др., 2009], вполне соответствует изложенному механизму изначально субмаринного промерзания.

При этом, льдистые толщи Баренцево-Карского шельфа очень похожи на описанные выше дислоцированные толщи с пластовыми льдами морских равнин. Это видно при сравнении рис.2 и 4. Из этого следует вывод, что равнины западного сектора Субарктики являются морскими равнинами трансгрессивных эпох плейстоцена, т.е. это — древние шельфы и аналоги современного Арктического шельфа, и что большую часть плейстоцена север Западной Сибири и северо-восток Европейской России развивались в трансгрессивном режиме. Это же указывает и на отсутствие здесь в эти эпохи покровного оледенения.

Инъекционные льды. Эти льды всегда несут на себе следы напорного внедрения воды. Встречаются обычно в местах разгрузки напорных подземных вод, и в замкнутых озерных котловинах при промерзании подозерных таликов. Формируются эпигенетически в субаэральных условиях в периоды континентального развития территории. Встречаются преимущественно в сартанских отложениях. Тоже антагонисты покровного оледенения. Их распространение (рис. 1) свидетельствует об отсутствии покровного оледенения в сартанское время.

Погребенные глетчерные льды. Эти льды резко отличаются от всех выше описанных своим макро- и микростроением. Они имеют характерную крупноблоковую слоистость, представленную чередованием слоев прозрачного льда и слоев

Рис.4. Подземный ледв дислоцированных донных отложениях Баренцево-Карского шельфа[Мельников и Спесивцев, 1995; Бондарев и др., 2001]

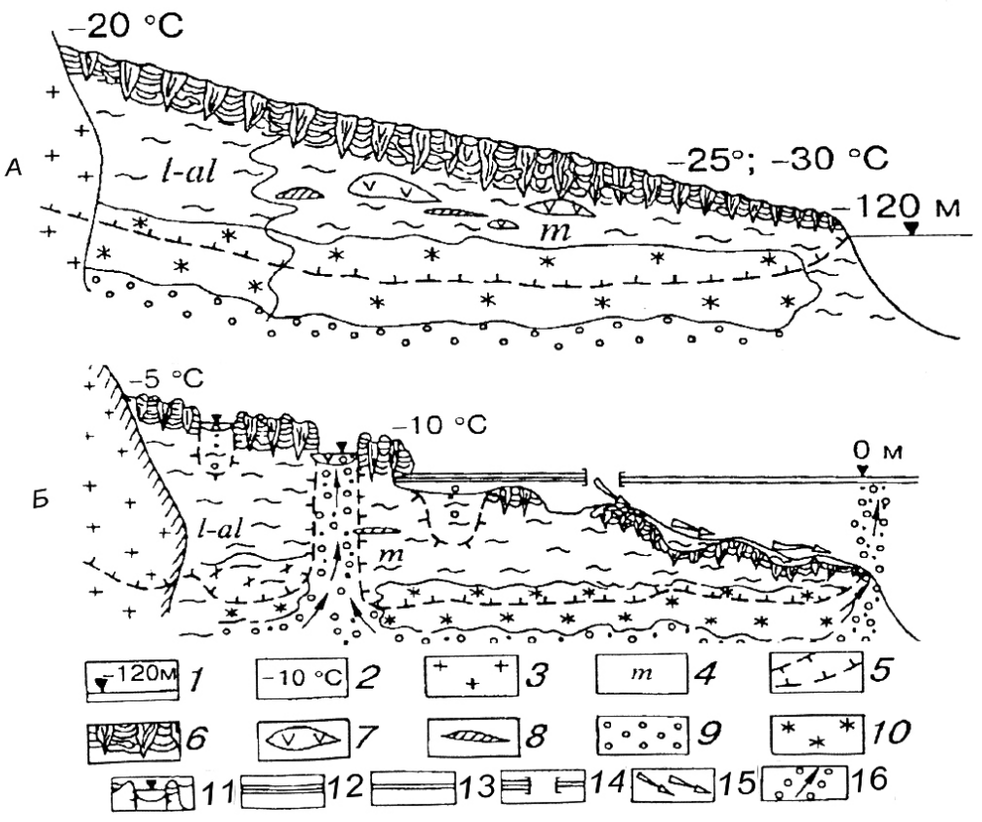


Рис. 5. Строение шельфа моря Лаптевых [Романовский и др., 1997].
А — 20-18 т.л.н., Б — настоящее время. 1 — уровень моря по отношению к современному; 2 — среднегодовая температура пород; 3 — коренные породы; 4 — индекс генезиса четвертичных отложений; 5 — граница мерзлых пород; 6 — ледовый комплекс; 7 — пластовый лед; 8 — линзы криопэгов; 9 — отложения, содержащие свободный газ; 10 — отложения с газогидратами; 11 — термокарстовое озеро; 12 — припайный лед; 13 — молодой лед; 14 — полынья; 15 — холодные рассолы; 16 — потоки парниковых газов.

уплотненного грунта. Микростроение льда отличается от субмаринных льдов, слоистость в расположении кристаллов либо отсутствует, либо отражает толщину годовых фирновых слоев. Их химический состав устойчиво гидрокарбонатный. Встречаются преимущественно в горных районах и предгорьях. Имеют ограниченное распространение (рис.1), что само по себе указывает на небольшие размеры древних оледенений на Российском севере.

Полигонально-жильные льды. Это жилы льда, которые в разрезе имеют клинообразную или столбообразную форму, а в плане образуют полигональную систему. Формируются только в континентальных условиях на периодически заливаемых поверхностях Основные условия образования ледяных жил — образование полигональной системы трещин в результате многократного морозобойного растрескивания поверхности грунтов и последующее проникновение воды в возникшие трещины и ее замерзание. Они растут сингенетически, вместе с накапливаемым осадком, снизу вверх, преимущественно в условиях лайдово-морского, озерно-аллювиального осадконакопления и в склоновых отложениях. Присутствие таких льдов в отложениях, свидетельствует об отсутствии ледникового покрова во время их формирования. На севере Западной Сибири полигонально-жильные льды развиты главным образом в восточных частях Ямала и Гыдана в сартанских и подстилающих их каргинских отложениях, нередко в пределах Центрального Ямала в зырянских отложениях. Это указывает на отсутствие там покровного оледенения в эти эпохи, а также на несимметричное тектоническое развитие региона.

Восточный сектор Арктики

На равнинах Восточной Сибири, в отличие от Западного сектора, залежные льды представлены почти целиком *полигонально-жильными льдами*, которые образуют так называемый ледовый комплекс.

Полигонально-жильные льды. Районы наиболее широкого распространения этих льдов — Яно-Индигирская и Колымская низменности, Центрально-Якутская низменность, Новосибирские острова (см. рис. 1). Вмещающие лед отложения — континентальные, относятся к аллювиальным, аласным, склоновым, прибрежно-морским и лагунным. Начиная с плиоцена, отложения Приморской низменности представлены озерно-аллювиальными, аллювиальными и озерно-болотными отложениями с полигонально-жильными льдами и системой псевдоморфоз по ним. На побережье пролива Дмитрия Лаптева и на о. Б.Ляховский толща с полигонально-жильными льдами, имеет среднеплейстоценовый возраст (200-180 т.л.н., по ^{230}Th/U) [Schirrmeister et al. 2002]. Подстилающая ее пачка представлена двумя горизонтами, нижний из которых с двумя ярусами псевдоморфоз на основании зубов леммингов отнесен к эоплейстоцену, верхний — к раннему плейстоцену. Поздний плейстоцен тоже представлен целиком континентальными отложениями: низы разреза (казанцевского возраста) сложены озерно-болотными отложениями, поздние слои представлены ледовым комплексом с мощными полигонально-жильными льдами (Архангелов и др., 1989,).

Восточно-Арктический шельф. Криолитозона восточного сектора арктического шельфа, в отличие от западного сектора шельфа, сложена целиком реликтовой вечной мерзлотой (рис. 1). Здесь прослеживается затопленный послеледниковой трансгрессией древний ледовый комплекс зырянского и сартанского времени (рис. 5). Это указывает на континентальное, в отличие от западного сектора, развитие региона в течение всего плейстоцена в условиях непрерывно сурового климата при отсутствии ледникового покрова.

Основные выводы из проведенного анализа залежных льдов

1. Пространственные закономерности залежных льдов в свете их генетической принадлежности указывают на отсутствие в плейстоцене и голоцене покровных оледенений на равнинах Российского севера, скорее всего, к востоку от полуострова Канин. Только в горных районах имело место горно-долинное оледенение, переходившее иногда в сетчатое.

2. Западный и Восточный секторы Арктики и Субарктики развивались в плейстоцене по-разному, и трансгрессивно-регрессивный режим проявлялся в них неодинаково. Равнины Западного сектора формировались практически во все этапы плейстоцена (кроме сартанского времени) в условиях преимущественно морского осадконакопления, а равнины Восточного сектора — в условиях континентального, преимущественно озерно-аллювиального осадконакопления. Только регрессия конца позднего плейстоцена (сартанская эпоха) и голоценовая трансгрессия проходили синхронно, но, по-видимому, масштаб их был неодинаков.

3. Не выявляется утверждаемой многими исследователями синхронности «ледниковый период — регрессия моря», «межледниковый период — трансгрессия». Это ставит под сомнение распространенное ныне убеждение о ведущей роли общепланетарной гляциоэвстатики в колебаниях уровня моря и выводит на первый план региональные тектонические процессы. Заметное влияние неотектонических процессов в Российской Арктике неизбежно должно быть обусловлено строением Северного Ледовитого Океана. Дно Арктического океана располагается на стыке Евразийской и Амеразийской литосферных плит, вследствие чего сформированы две главные океанические впадины, представляющие собой достаточно изолированные разнородные тектонические области [Хаин и др, 2004; Лаверов и др., 2012]. Первая впадина простирается от Гренландии и Шпицбергена до моря Лаптевых, и в своей структуре имеет океаническую кору, вторая занимает всю восточную часть Арктического бассейна к востоку от системы хребтов Ломоносова, Менделеева и Альфа и представляет собой чередование блоков океанической и континентальной коры. Хребет Ломоносова замыкает Евразийскую впадину, изолируя ее от восточной Амеразийской впадины. Развитие западной впадины происходит в режиме спрединга под контролем срединно-океаническго хребта Гаккеля, осевая зона которого соответствует образованиям плиоцен-плейстоцена [Хаин и др., 1980], а потому активна и в настоящее время. Динамичность восточной впадины ограничена сравнительной устойчивостью больших участков континентальной коры.

Это определяет неравномерные колебания уровня Арктического бассейна. В Западном секторе Арктики под влиянием хребта Гаккеля происходят неоднократные изменения объема океанической впадины, и это вызывает сменяющие друг друга трансгрессии и регрессии моря. Для Восточного сектора Арктики, в условиях тектонически более устойчивой континентальной коры, характерны лишь мелкие подвижки, причем, как следует из работы [Садчикова и др., 2011], лишь в пределах шельфа. Последнее утверждение подтверждается и работой [Патык-Кара и др., 2003], в которой на примере обширного бассейна р. Колымы показано, что разные части речного бассейна развивались в разных условиях. Верхняя и средняя часть бассейна располагаются в горной стране, относительно активно или более умеренно воздымающейся в четвертичное время, тогда как нижняя часть бассейна (Колымская низменность) развивалась в условиях и под влиянием дифференцированных тектонических процессов на шельфе.

4. Относительно тенденций будущего развития криолитозоны Российского Севера можно предположить следующее. Криолитозона на суше в силу большой тепловой инертности мерзлых льдистых толщ останется достаточной стабильной. Короткопериодные колебания климата, неизбежные в будущем, затронут лишь неглубокие слои мерзлых пород и смогут вызвать только изменения глубины сезонного протаивания. Поскольку в северных широтах при очень низкой температуре воздуха, колебания температуры грунтов не выйдут из отрицательных значений, то и слой сезонного протаивания и промерзания мало будет реагировать на изменения климата. В отдельных случаях, на участках с высокой льдистостью грунтов возможно развитие термокарста. Если учесть, что короткопериодные колебания будут проходить на фоне нисходящей ветви 40-тысячелетнего климатического цикла, который начался 18-20 т.л.н., прошел свой максимум 4-8 т.л.н. и через 15-20 тыс. лет должен окончиться новым ледниковым периодом, то ожидать заметных потеплений и изменений в криолитозоне Арктики и Субарктики не следует.

Что касается криолитозоны шельфа, то в западном секторе продолжится субмаринное новообразование вечной мерзлоты на глубоководных участках, где условия будут способствовать этому процессу, а в мелководном восточном секторе продолжится деградация реликтовой мерзлоты.

Литература:

1. *Архангелов А.А., Конищев В.Н., Розенбаум Г.Э.* Приморско-Новосибирский район. Региональная криолитология. М.: Изд-во МГУ, 1989. С. 128-151.

2. *Бондарев В.Н., Локтев А.С., Другач А.Г., Потапкин Ю.В.* Методы исследования и определения субаквальной мерзлоты. Седиментологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях морского перигляциала, 2001. Сб. научн. тр., Книга 1. Апатиты, Кольский научный центр, с. 15-19.

3. *Григорьев М.Н.* Криоморфогенез и литодинамика прибрежно-шельфовой зоны морей Восточной Сибири. Автореф. дис… доктор. географич. наук. Якутск: Институт мерзлотоведения СО РАН, 2008. 38 с.

4. *Данилов И.Д.* Плейстоцен морских Субарктических равнин. — М., Изд-во Моск. ун-та. 1978. 198 с.

5. *Данилов И.Д.* Субмаринная мерзлота Арктического шельфа и связанные с ней процессы криогенного литоморфогенеза. Океанология, 2000. Т. 40, № 5. с.756-764

6. *Лазуков Г.И.* Плейстоцен территории СССР. М., Высшая школа, 1989. 320 с.

7. *Лаверов Н.П., Лобковский Л.И., Кононов М.В., Добрецов Н.Л., Верниковский В.А., Соколов С.Л., Шипилов Э.В.* Базовая модель тектонического развития тектонического развития Арктики для установления внешней границы континентального шельфа // Арктика: экология и экономика, 2012, № 2 (6). С. 4–19

8. *Мельников В.П., Спесивцев В.И.* Инженерно-геологические и геокриологические условия шельфа Баренцева и Карского морей. — Новосибирск, Наука. 1995. 195 с.

9. *Патык-Кара Н.Г., Постоленко Г.А.* Долинная система Колымы. История и факторы ее становления // Геоморфология, 2003, № 3, с. 62–75.

10. *Попов А.И.* Четвертичный период в Западной Сибири. Ледниковый период на территории Европейской части СССР и Сибири. — М., Изд-во Моск. ун-та, 1959.

11. *Рокос С.И., Длугач А.Г., Костин Д.А, Куликов С.Н., Локтев А.С.* Многолетнемерзлые породы шельфа Печерского и Карского морей: генезис, состав, условия распространения и залегания. Инженерные изыскания. Всероссийский инженерно-аналитический журнал, 2009, № 10. 38-41

12. *Романовский Н.Н., Гаврилов А.В., Холодов А.Л., Хуббертен Х-В., Кассенс Х.* Реконструкция палеогеографических условий шельфа моря Лаптевых для позднеплейстоцен-голоценового гляциоэвстатического цикла. Криосфера Земли. 1997. Т.I.. № 2. 42-49.

13. *Романовский Н.Н., Холодов А.Л., Гаврилов А.В., Тумской В.Е., Хуббертен Х-В., Кассенс Х.* Мощность мерзлых толщ восточной части шельфа моря Лаптевых // Криосфера Земли. 1999, Т. III. № 2, с. 22-32.
14. *Садчикова Т.А., Друщиц В.А.* Эволюция обстановок осадконакопления на шельфе и островах Восточной Арктики в кайнозое // Геология морей и океанов. Мат-лы XIX Междунар. научн. конф. по морской геологии. Т.1. М.: ГЕОС, 2011, с. 252–256
15. *Стрелецкая И.Д., Лейбман М.О.* Криогеохимическая взаимосвязь пластовых льдов, криопэгов и вмещающих их отложений Центрального Ямала. Криосфера Земли, 2002.T.VI, № 3.15-24
16. *Тарасов Г.А.* К природе формирования ледниково-морских осадков на шельфе Баренцева моря // Седиментологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях морского перигляциала. Книга 1. Апатиты: Кольский научный центр. 2001. С. 120-129.
17. *Хаин В.Е., Левин Л.Э.* Основные черты тектоники континентов и океанов (объяснительная записка к Тектонической карте Мира масштаба 1:25000000). М.: ВНИИзарубежгеология, 1980. 95 с.
18. *Хаин В.Е., Лимонов А.Ф.* Региональная геотектоника. М.: ООО «Геомодель–Консалтинг», 2004, 269 с.
19. *Шполянская Н.А.* Субмаринный криолитогенез в Арктике. Материалы гляциологических исследований. 1991, вып. 71. С. 65 — 70.
20. *Шполянская Н.А.* Криогенное строение дислоцированных толщ с пластовыми льдами как показатель их генезиса // Криосфера Земли, 1999.T.IV, № 4. с. 61-70.
21. *Шполянская Н.А.* Современные проблемы криолитозоны Арктического шельфа. Известия РАН, Серия географическая, 2005. № 1. 102-111
22. Atlas of paleoclimates and paleoenvironments of the Northern Hemisphere..Late Pleistocene-Holocene. A.A.Velichko, M. Pecsi, B. Frenzel — eds. Budapest, Stuttgart. 1992. 153 p.
23. *Kassens, H., Bauch, H., Drachev, S., Gierlichs, A., Niessen, F., Taldenkova, E., Ruodoi, A., Thiede, I., and Wessels, M.* The Transdrift VIII Expedition to the Laptev Sea: The Shelf Drilling Campaign of "Laptev Sea System 2000", in Sixth Workshop on Russian-German Cooperation: Laptev Sea System, Terra Nostra, 2000, No. 8, pp. 39-40.
24. *Schirrmeister L., Sigert C., Kuznetsova T., Kuzmina S., Andreev A., Kienast F., Meyer H., Bobrov A.* 2002. Paleoenvironmental and paleoclimatic records from permafrost deposits in the Arctic region of Northen Siberia. Quaternary International. V.89. p. 97-118.

Стрелецкая И.Д.
Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, irinastrelets@gmail.com

ДЕШИФРОВОЧНЫЕ ПРИЗНАКИ КРУПНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ПОДЗЕМНЫХ ЛЬДОВ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

Крупные реликтовые залежи подземных льдов встречаются в береговых обрывах Карского моря, рек и озер Ямала и Гыдана и являются продуктом седиментационных и климатических условий существовавших на севере Западной Арктики более 10 тыс. лет назад. К северу от 68^0 с. ш. подземные льды залегают на глубине до 10-15 м, попадают в зону взаимодействия с инженерными сооружениями, понижают их устойчивость и часто являются причиной аварийных ситуаций при эксплуатации. Голоценовые и современные бугры пучения и полигонально-жильные льды (ПЖЛ) имеют характерные формы и без труда дешифрируются на аэроснимках различных масштабов рис.1.

Крупные залежи реликтовых подземных льдов имеют различный генезис и возраст и, как правило, залегают ниже современной глубины сезонного оттаивания и не дешифрируются на поверхности рис. 2.

Различают реликтовые плейстоценовые сингенетические ПЖЛ и пластовые льды (ПЛ), которые часто встречаются в одном разрезе рис.3.

Четвертичные отложения в районе полярной станции Марре-Сале (побережье западного Ямала), вмещают крупные залежи подземных льдов разного генезиса. Толща состоит из двух пачек: верхней — континентального генезиса мощностью 10-15 м с голоценовыми (рис.3 A) и реликтовыми ПЖЛ (рис.3 B), а также нижней — морского, которая содержит мощные (более 20 м) линзы монолитных ПЛ (рис.3 D). На контакте пачек залегает 3-5 м дислоцированная ледогрунтовая (ЛГ) толща (рис.3 C), состоящая из ритмично чередую-

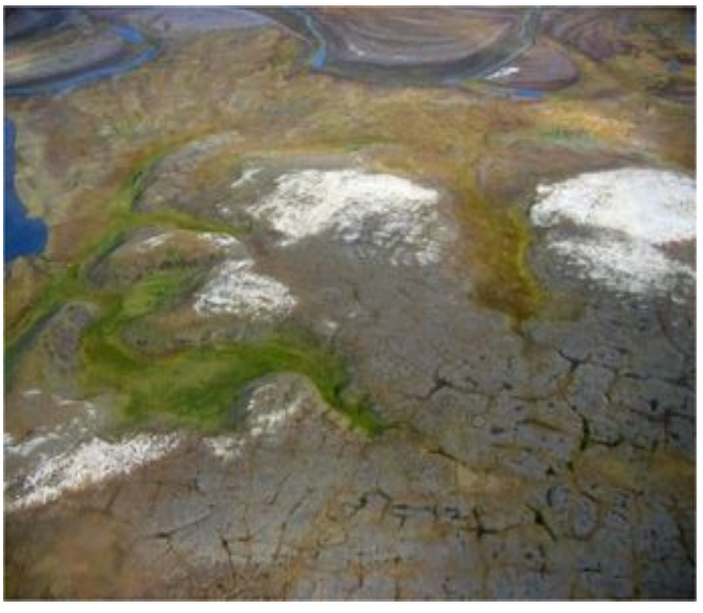


Рис. 1. Голоценовые полигонально-жильные льды хорошо читаются на поверхности. Полуостров Ямал

Рис. 2. Реликтовые полигонально-жильные льды залегают ниже сезонно-талого слоя. Полуостров Ямал

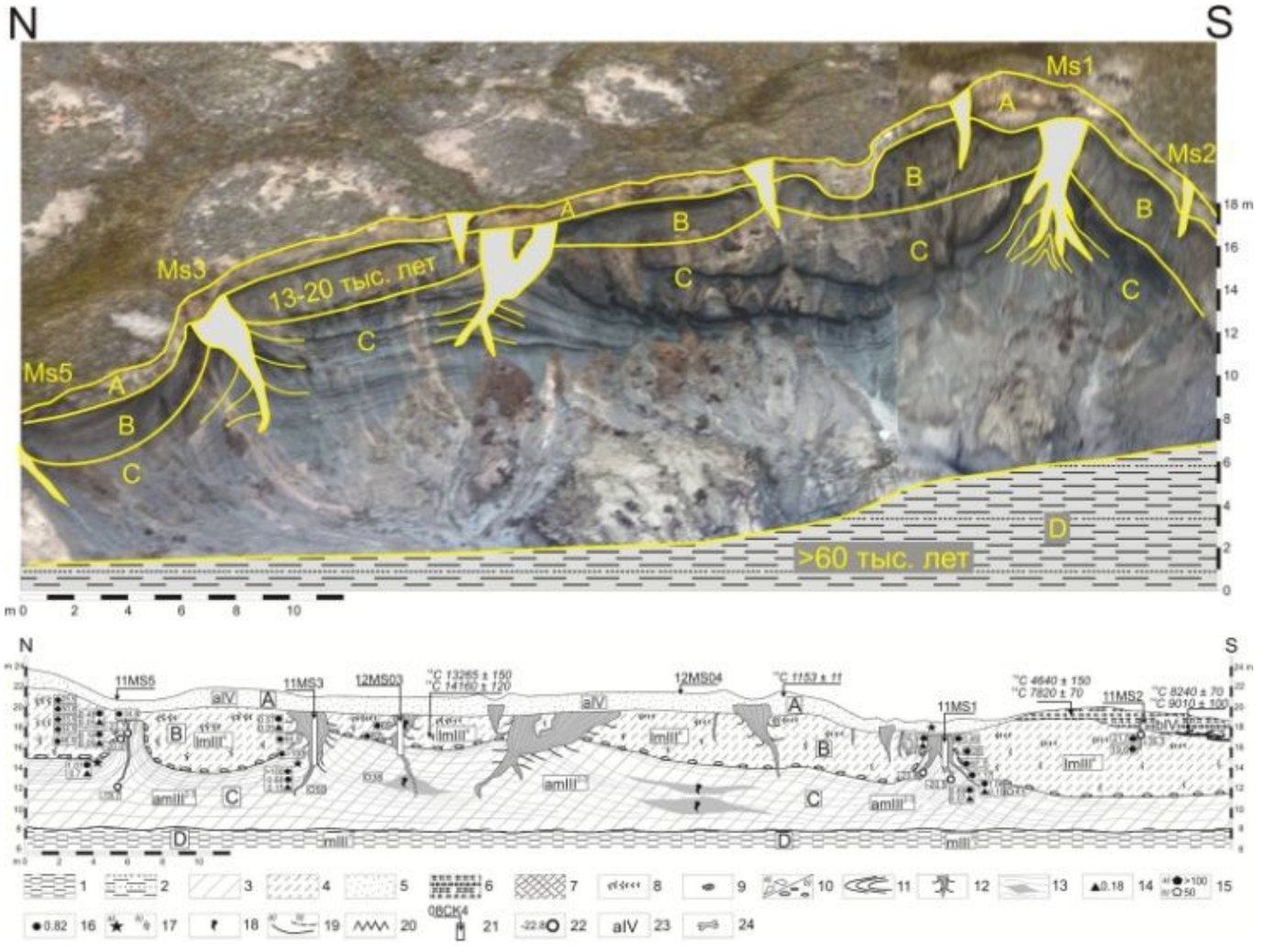


Рис. 3. Фото обрыва в районе Марре-Сале. Западный Ямал. В нижней части рисунка геокриологический разрез четвертичных отложений: 1 — глины; 2 — глины с прослоями супесей и песков; 3 — суглинки; 4 — супеси; 5 — пески; 6 — торф; 7 — выходы коренных пород; 8 — растительные включения (детрит); 9 — раковины морских моллюсков; 10 — включения a) гравия, b) гальки; 11 — дислокации, выраженные по более и менее льдистым прослоям; 12 — сингенетические ПЖЛ; 13 — линзы и прослои льда; 14 — степень засоления пород, ‰; 15 — весовая влажность a) суммарная, b) минеральных прослоев, %; 16 — содержание органического углерода, %; 17 — пробы пород на a) грануло-минералогический анализ, b) палинологический анализ; 18 — пробы льда на определение газового состава; 19 — границы: a) геологические, b) блоков, смещенных пород (останцов); 20 — фациальные границы; 21 — номер обнажения, в котором определялись химический и изотопный состав ПЖЛ; 22 —количество стабильных изотопов кислорода во льду, ‰; 23— геолого-генетический индекс отложений; 24 — кость северного оленя.A,B,C,D —горизонты пород, упоминаемые в тексте.

щихся ледяных прослоев в разной степени насыщенных морскими солями, минеральными и органическими включениями. Сингенетические голоценовые ПЖЛ шириной по верху 0,5-1,0 м и высотой 1,5-2,0 м образуют на поверхности решетку со стороной полигона 6-8 м и хорошо читаются на поверхности. Ниже залегают крупные сингенетические ПЖЛ шириной по верху 2,0-2,5 м и высотой 6-7 м, которые образуют решетку со стороной полигона 10-20 м и не имеют дешифровочных признаков на поверхности, так же как ЛГ мощностью 3-10 м и ПЛ мощностью более 8 м (лед уходит под уровень моря) рис. 4.

В районе п. Диксон, в береговом обрыве вскрываются два яруса сингенетических ПЖЛ (рис. 5).

По результатам радиоуглеродного датирования верхний горизонт отложений отложения накапливался от 9 до 3,5 тыс. лет назад. Головы жил нижнего яруса срезаны или оплавлены, жилы верхнего яруса иногда надстраивают нижние.

Разновозрастные жилы и решетки, которые они образуют, мало отличаются по размерам.

Четвертичные отложения, как содержащие крупные включения ПЛ и ПЖЛ, так и без видимых включений льда изучались на 6,0 км отрезке берега Енисейского залива от мыса Сопкарга до р. Мироновская (рис. 6 A.B.C.D).

В южной части обрыва (рис. 6 С) на высоте 30-35 м залегает ПЛ мощностью более 35 м, подошва которой уходит под уровень моря. ПЛ перекрывается пачкой торфяно-минеральных осадков мощностью 5-6 м. Радиоуглеродное датирование показало, что органогенный горизонт имеет возраст 7320±130 лет (GIN 13056) и 8050±60 лет (GIN 13055), то есть времени климатического оптимума. Пачка вмещает сингенетические ПЖЛ шириной от 0,4 м до 3,0 м поверху и мощностью более 5,0 м. Полигональная решетка хорошо дешифрируется на поверхности (рис. 6). ПЛ интенсивно оттаивает, ширина термоцирка достигает 500 м, а высота термотеррасы над уровнем моря 4-5 м. На то, что ледяная залежь неоднократно подвергалась воздействию термоденудационных процессов, указывают линии нескольких уступов выше современной бровки обнажения. За пять лет наблюдений с 2005 по 2010 г.г. ледяная стенка отодвинулась на 40 м. О масштабе процессов свидетельствует переместившийся оползень высотой 22 м и шириной 200 м, который перекрывает фрагмент второй аллювиальной террасы р. Енисей (рис.

Рис.4. Пластовый лед, уходящий под уровень моря, в районе полярной станции Марре-Сале. Западный Ямал

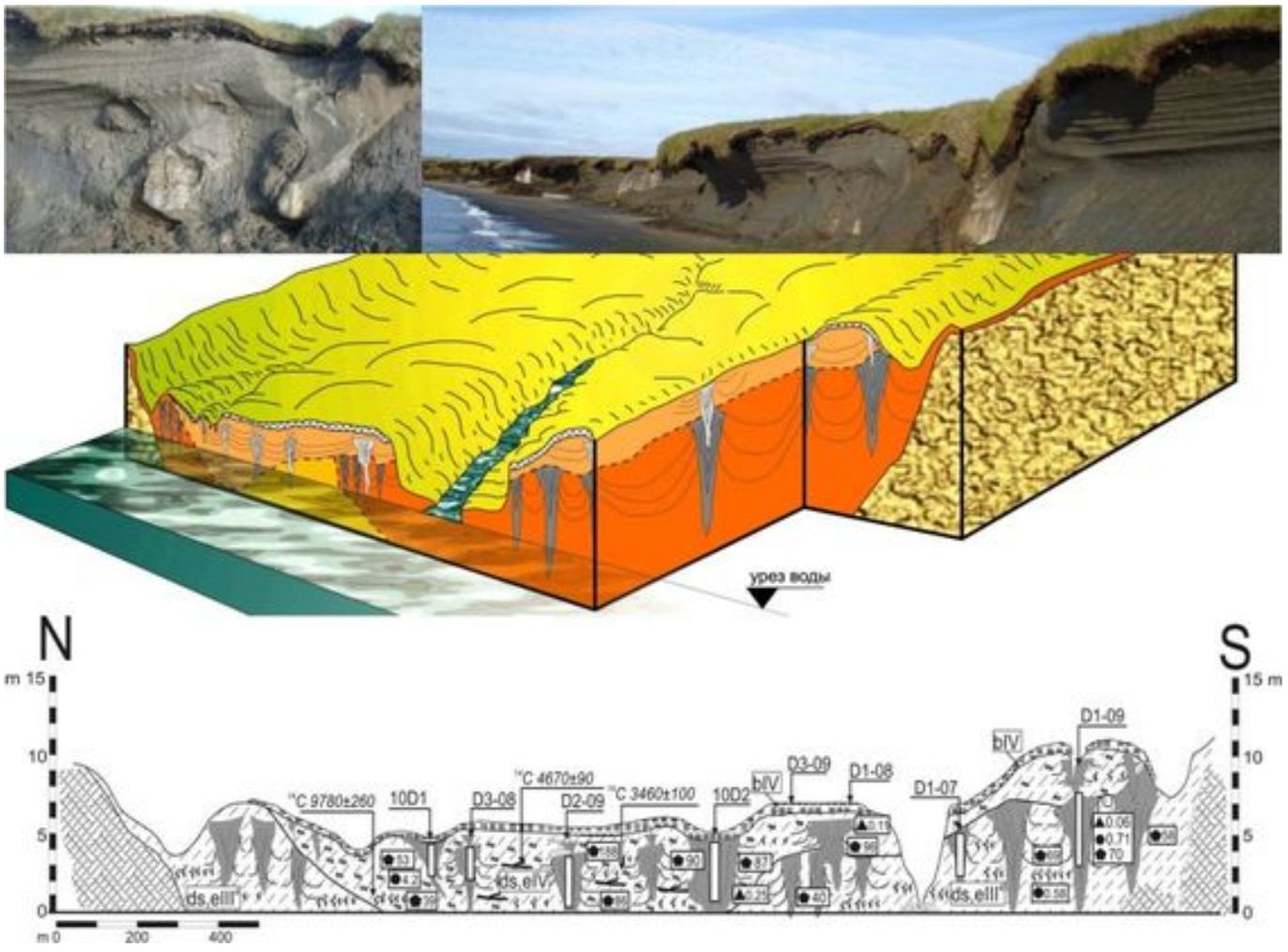


Рис. 5. Схема строения и фото береговых обнажений бухты Северо-Восточная, п. Диксон. В нижней части рисунка геокриологический разрез четвертичных отложений (условные обозначения см. на рис. 3).

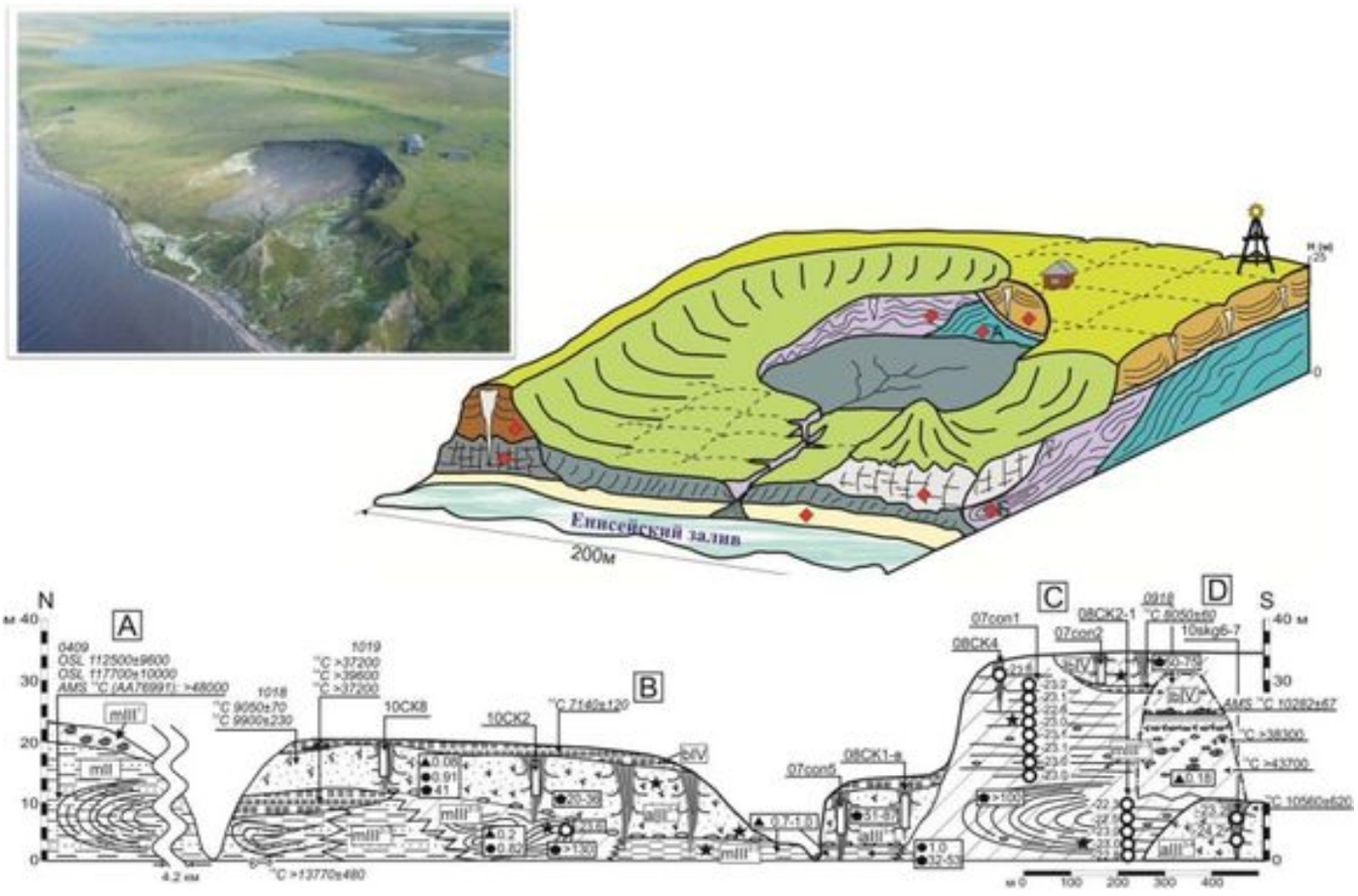


Рис. 6. Схема строения и фото береговых обнажений района мыса Сопочная Карга. В нижней части рисунка геокриологический разрез четвертичных отложений (условные обозначения см. рис.3)

6 D). Объем оползневого тела составляет около 220 тыс. м^3. В береговом обрыве Енисейского залива высотой 15-20 м (уровень второй надпойменной террасы р. Енисей) разрез четвертичных отложений представлен несколькими горизонтами континентальных и морских отложений рис. 6 (В). Супеси и пески вмещают сингенетические ПЖЛ мощностью 10 м и шириной 2-3 м в верхних частях жил. Нижние узкие части жил проникают в глины и ПЛ на 0,5-1,0 м. Отложения второй надпойменной террасы р. Енисей накапливались во время последнего криохрона (20 000 лет назад), в районе Сопочной Карги накопление отложений завершилось 10 000 лет назад. Во время климатического оптимума верхние части жил частично оттаяли и сейчас их головы залегают ниже сезонно-талого слоя. О существовании крупных жил в отложениях Енисейской террасы можно судить по крупным оврагам.

Заключение:

Подземные ледяные залежи необъемлемая часть четвертичных разрезов прибрежных равнин Западной Арктики севернее 68^0 с.ш.

Не имея дешифровочных признаков на поверхности, ледяные залежи занимают определенное положение в разрезе. Реликтовые ПЖЛ залегают ниже сезонно-талого слоя в отложениях 15-20 м речных террас, в термокарстовых депрессиях голоценового возраста, под озерными отложениями. ПЛ и ЛГ приурочены к контактам континентальных и морских пачек отложений или находятся внутри морских осадков.

О существовании крупных залежей подземных льдов можно судить по косвенным признакам. Для реликтовых ПЖЛ это характерный рисунок гидросети и термакарстового рельефа, для ПЛ — серии характерных термоуступов на склонах в пределах морских террас и равнин.

Васильчук А.К., Васильчук Ю.К.
Географический и геологический факультеты МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва,
vasilch@geol.msu.ru, vasilch_geo@mail.ru

ОПАСНОСТИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ СООРУЖЕНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ В ПРЕДЕЛАХ СИЛЬНОЛЬДИСТЫХ МАССИВОВ ВЫПУКЛОБУГРИСТЫХ ТОРФЯНИКОВ

Рассмотрены опасности для трубопроводов, а также аспекты изменения состояния бугров пучения в связи со строительством и эксплуатацией трубопроводов и с изменчивостью геокриологической среды, определяющие стабильность, рост и разрушение выпуклых бугров пучения. Продемонстрированы повсеместное распространение процесса пучения, широкий диапазон существования бугров пучения.

Морозное (криогенное) пучение, согласно СП 11-105-97 (СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для

строительства. Ч. 4. Правила производства работ в районах распространения многолетнемерзлых грунтов), определяется как процесс, вызванный промерзанием грунта, миграцией влаги, образованием ледяных прослоев, деформацией скелета, приводящих к увеличению объема грунта, поднятию дневной поверхности. Пучинистость — одно из наиболее широко распространенных явлений в криолитозоне и даже вне ее в пределах территорий сезонного промерзания, где она часто связана с сегрегационным льдовыделением в деятельном слое зимой. В связи с этим можно говорить о почти повсеместном в пределах России развитии сегрегационного льдообразования и, следовательно, повсеместном проявлении процесса пучения.

Интенсивность пучения связана с количеством влаги, мигрировавшей в зону промерзания, и скоростью промерзания. Особенно заметно пучение проявляется при наличии следующих факторов: 1) наличие пучинистых грунтов; 2) отрицательные температуры поверхности грунта в осенне-зимний период; 3)присутствие влаги, особенно гравитационной, в промерзающих породах; 4) длительный период медленного снижения температуры (при отрицательных температурах не ниже –0,3 ÷ –0,5 ºС), достаточный для формирования кристаллов льда, которые повышают объем замерзающей воды, а, следовательно, и грунта (Васильчук, 2011). Бугры пучения формируются в результате образования сегрегационного льда в дисперсных пучинистых грунтах. Лёд выделяется в виде шлиров (прослойков и прожилков) при промерзании пород и миграции воды к фронту промерзания, образуя слоистые и сетчатые криогенные текстуры в мерзлых породах. Типы криогенных текстур и мощность шлиров льда могут говорить о скоростях и условиях промерзания. Основными литологическими разностями, слагающими бугры пучения, являются торф, супеси, суглинки, глины, пески. Криогенное строение торфа может быть различным. Если промерзал неводонасыщенный торф, то в нем образуется только поровый лёд, формирующий массивную криотекстуру, если торф был водонасыщенным перед промерзанием, в нем формируются ячеистая, лизовидно-пленчатая, линзовидная криотекстура, при этом мощность линз льда в торфе может увеличиваться вниз по разрезу до 10-20 см. Они могут отличаться причудливыми очертаниями и часто разветвляться на несколько расходящихся линз. Нередко на контакте торфа и подстилающего его минерального грунта формируется горизонтальный прослой льда, мощностью от нескольких сантиметров до 0,5 м, который является характерным признаком криогенного строения бугров пучения.

В суглинисто-глинистых грунтах формируется сетчатая, неполносетчатая, линзвидно-плетенчатая криотекстуры. Если бугор минеральный, то подобные криотекстуры отмечаются до глубины 2-3 м. Супесям и опесчаненным суглинкам свойственны ячеистые, слоистые криотекстуры. Реже встречается массивная криотекстура. Подобная криотекстура, как правило, характерна для песков, однако льдистость песков может варьировать от 5 до 20-30% в зависимости от их первоначальной влажности и условий промерзания.

Бугор пучения характеризуется наличием льдонасыщенного ядра, которое может быть приурочено как к торфу, так и к подстилающим его минеральным грунтам. Нередко в разрезе бугров пучения отмечалось, что значительная масса льда формируется на контакте торфа и подстилающего грунта. Общим для этого горизонта при некоторых отличиях гранулометрического состава является очень высокое содержание льда, иногда превышающее объем вмещающего его грунта. Для льдистого ядра бугров пучения характерны, в основном, слоистая (шлировая), базально-параллелепипедальная и атакситовая криотекстуры. В том случае, когда прослои льда по мощности меньше грунтовых прослоев, образуются разные типы слоистых текстур, в обратном случае, когда льда больше, чем грунта и разъединенные блоки грунта как бы «плавают» во льду, текстура базально-параллелепипедальная. Формирование высокольдистого ядра в буграх пучения обусловлено различными факторами. Большая часть льда в льдонасыщенном ядре миграционных бугров пучения формируется за счет внутригрунтовой влаги окружающей территории. Размер бугра в определенной степени зависит от ширины зоны, откуда эта влага поступает (Васильчук и др., 2008).

Благоприятное для роста бугров пучения сочетание факторов характерно для северной части Тимано-Печорской и Западно-Сибирской низменностей, для южных и центральных районов Якутии, для Забайкалья, поэтому выпуклые бугры пучения (т.е. пальза) широко распространены в этих регионах. Выпуклые бугры пучения встречаются и Дальнем Востоке: в Амурской области, Хабаровском крае, на Камчатке и на Сахалине.

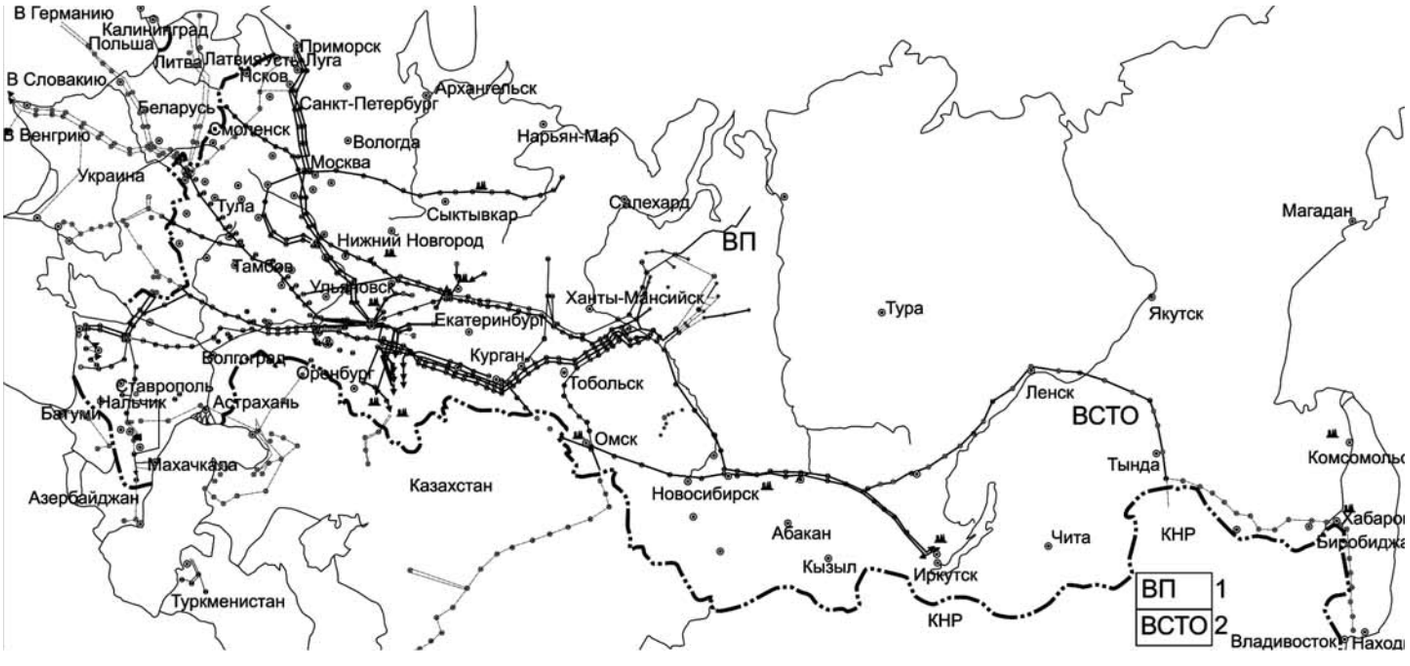


Рис. 1. Магистральные трубопроводы на территории России. 1 — 2 — упоминаемые в тексте магистральные нефтепроводы в криолитозоне: Ванкорское месторождение — Пурпе (1) и Восточная Сибирь — Тихий океан (2)

Нами были исследованы сильнольдистые массивы бугров пучения на торфяниках в Большеземельской тундре (близ пос. Бугры, Уса, Абезь, Никита, Елецкая, Хановей), на севере Западной Сибири (близ пос. Азовы и рядом с г.Новый Уренгой), на Чукотке (в котловине оз.Коолень и близ пос. Лаврентия), в Магаданской обл. (близ г.Сеймчан) и др., а также обобщены материалы практически всех исследований торфяных бугристых массивов от Кольского п-ова до Камчатки и Сахалина (Васильчук и др., 2008, 2011, 2012, 2013а, б). Можно уверенно утверждать, что многолетнемёрзлые бугры пучения на торфяниках (пальза) являются одной из самых распространенных форм мерзлотного рельефа. Они широко распространены в пределах всей Российской криолитозоны, чаще встречаясь в районах с более высокими среднегодовыми температурами (около нуля) прерывистой по площади многолетней мерзлоты, но также нередки и в зонах сплошных с поверхности многолетнемёрзлых пород с низкими среднегодовыми температурами (вплоть до -15÷-16 °С).

Формирование бугров пучения — это один из самых опасных процессов для длительно существующих линейных сооружений: дорог, взлётных полос аэродромов, нефте-, и газопроводов и др. Магистральные трубопроводы с каждым годом всё более интенсивно осваивают криолитозону (рис. 1).

В настоящее время на 70% территории России, которые занимает криолитозона, нет, пожалуй, ни одного протяженного линейного сооружения, которое не подвергалось бы морозному пучению.

Бугристые ландшафты наиболее динамичны при взаимодействии с линейными объектами. Можно выделить сезонные и многолетние бугры пучения. Процессы сезонного пучения проявляются неравномерно вдоль трассы линейного объекта. Пучение происходит в холодное время года в связи с неравномерным промерзанием увлажнённых пород, в результате чего возникает гидростатический напор. Процесс пучения начинается уже при промерзании самых верхних горизонтов увлажнённых грунтов и продолжается на протяжении всего периода промерзания. С наступлением периода положительных температур сезонные бугры протаивают, но конфигурация рельефа вокруг линейного объекта изменяется. Это приводит к развитию эрозии, особенно в период весеннего снеготаяния, так как принятые противоэрозионные меры не рассчитаны на трансформированную поверхность и пересекающие трассу трубопровода ручьи формируют новое русло.

Выпуклые бугры пучения можно разделить на две группы по степени опасности воздействия на трубопроводы. На бугры, которые формируются при промерзании замкнутых таликов без подтока влаги, и те, которые формируются в результате миграции влаги из водоносных горизонтов к фронту промерзания. Бугры первой группы оказывают минимальное воздействие на линейные объекты. Бугры второй группы вовлекают трубопровод в цепь взаимодействий с грунтовой средой на обширной территории, из которой происходит подток грунтовых вод. Последовательное протаивание бугров, подтягивающих воду из окружающих трубопровод бугристых массивов, приводит к подтоплению трассы, формированию потока воды вдоль трубопровода.

Одним из показателей реакции бугристых торфяников на трубопровод может служить наличие обвалования. По данным В.П. Марахтанова (устное сообщение, ноябрь 2013 г.) на бугристом торфянике в первые годы после запуска теплого газопровода в подземной прокладке обвалование сохранилось только на 30% трассы, в то время как на участке вне бугристых ландшафтов обвалование разрушилось лишь на 3% от протяженности трассы. Аналогичная картина наблюдается и для нефтепроводов. По нашим данным в первые три года эксплуатации горячего нефтепровода, подземная часть которого была проложена в основном в пределах развития массивно островного и спорадического распространения многолетнемерзлых пород, на участках бугристых торфяников обвалование разрушилось на 99-100%, даже там, где были установлены термостабилизаторы.

В первые три-пять лет эксплуатации «теплых» газопроводов на многолетних мерзлых породах формируются ореолы оттаивания, достигающие в глубину 10 м. Их образование, как правило, сопровождается просадкой поверхности грунта над трубопроводом, а иногда и вдоль целого технического коридора. Следующие за этим процессы охлаждения, образования сезонных и многолетних бугров пучения вызывают деформацию трубопроводов из-за воздействия кристаллизационного давления, достигающего 220 МПа при каждом цикле промерзания и следующего за ним пучения. Строительство и эксплуатация подземного трубопровода приводит к нарушению температурно-влажностного режима грунтов на заболоченных землях с бугристым рельефом.

Эксплуатация трубопроводной системы ВСТО-1 ведется с 2009 года. Транспортировка нефти с температурой от плюс 1 до плюс 6°С начинается с головной нефтеперекачивающей станции (ГНПС) «Тайшет» и проходит вдоль реки Лена и Алданского нагорья и заканчивается на нефтеперекачивающей станции «Сковородино» (НПС-21). Подземный нефтепровод протяженностью 2600 км проложен в зонах сплошного и островного распространения многолетнемерзлых грунтов, характеризующихся высоким разнообразием мерзлотных процессов и явлений, в том числе пучения. Новый нефтепровод, который свяжет Юрубченское месторождение с трубопроводной системой Восточная Сибирь — Тихий океан-1 (ТС ВСТО-1) также пересекает в пределах южных районов криолитозоны бугристые массивы.

Состояние трубопроводов и дорог в пределах бугристых торфяников во многом определяется особенностями строения разреза бугристых болот. Так, например, в стабильном состоянии находится магистральный нефтепровод ВСТО в Чульманской впадине где широко распространены крупнобугристые торфяники (Железняк, Митин, 2007). Многолетнемерзлые породы имеют здесь островное и массивно-островное распространение. Температура ММП колеблется в пределах от 0 до минус 1,5°С, а мощность колеблется от первых десятков метров до 100м. В разрезе преобладают скальные и полускальные эпигенетически промерзавшие отложения. Мощность рыхлых отложений не превышает 5-7 м. Это делювий и коллювий в нижних частях склонов и аллювиальные отложения в долинах рек. Многолетнемерзлые породы обычно приурочены к днищам долин и средним и нижним частям склонов, склоны северной экспозиции, как правило, промерзают глубже. Объемная льдистость составляет 40-60%. Отдельные острова многолетнемерзлых пород с температурой близкой к нулю и мощностью 40-50м встречаются на водоразделах и террасах. Они приурочены к отрицательным формам мезорельефа, выполненных рыхлыми отложениями, часто с избыточным увлажнением и мощным торфяным покровом. Формирование выпуклых бугров происходит в долинах рек и в пределах островов многолетнемерзлых пород. Наряду с формированием бугров, происходит выпучивание обломочного материала. Это приводит к формированию своеобразных отложений с преобладанием обломочной фракции сверху и мелкозема снизу. Термокарст по буграм пучения носит локальный характер. Сейчас эти процессы находятся в активной форме, и в связи с эксплуатацией трубопровода, запланированной до 2040 г., необходимо изучать развитие бугров пучения и их взаимодействия с трубопроводом и притрассовой дорогой, поскольку прогнозируется увеличение глубины и площади просадок, а также пучение грунтов. М.М. Шац (2011), который анализировал воздействие мерзлотных процессов на состояние одного

из первых газопроводов в криолитозоне Таас-Юрях — Мирный, пришел к выводу, что к серьезным нарушениям устойчивости газопровода они не привели. Аварии газопровода в девяностые годы двадцатого века, вызвавшие его разрывы и деформации, в основном происходили по причине дефекта труб, в т.ч. брака сварки и усталости металла. Однако, вдоль трубопровода образовались устойчивые болота первого типа на фоне бугристых торфяников, протяженность которых варьирует от 15 до 300 м. На участках болот в условиях избыточного увлажнения и высокой льдистости грунтов труба газопровода была выпучена на поверхность. На трассе Таас-Юрях — Мирный зафиксировано несколько подобных участков длиной от 30 до 70 м, приуроченных к болотам, обширным и четко ориентированным вдоль газопровода.

На севере Западной Сибири принципиально другое строение разреза бугристых болот. Отложения в основном рыхлые, льдистые, подверженные пучению. Бугристые болота, развитые на хасыреях занимают большие площади. Линейные объекты пересекают их в без возможности обхода. Поэтому в условиях Западной Сибири пучение грунтов и выпуклобугристые торфяники важные факторы, воздействующий на стабильность состояния трубопроводов, дорог и других линейных объектов.

В ряде случаев в разрезах бугров наблюдается несколько линз льда и несколько прослоев сильнольдистых отложений (Васильчук и др., 2008). В разрезах выпуклобугристых торфяников вдоль нефтепровода «Ванкорское месторождение — Пурпе» часто наблюдаются две линзы сильно льдистых отложений. Как правило, верхняя линза или слой сильно льдистых отложений залегает в интервале 0,5-5,0м, ее мощность 1-4м. Нижняя линза или слой залегает в интервале 6-20 м. Мощность нижнего слоя варьирует в диапазоне 5-15м. По результатам обследования после трех лет эксплуатации оказалось, что верхний слой сильно льдистых отложений протаял практически в течение первых двух лет эксплуатации. Как следствие появились просадки, но там, где второго слоя сильно льдистых отложений не было, положение трубопровода стабилизировалось, а там, где наблюдался второй слой осадки продолжились (А.Васильчук и др., 2013). Наблюдения авторов за сезонными перемещениями трубопровода показали, что на участках с многолетнемерзлыми породами, где бугры отсутствовали, диапазон сезонных смещений трубопровода не превышает 0,7м. На участках крупнобугристых торфяников положение трубопровода в сентябре и марте различалось в среднем на 1,2-1,5 м, достигая максимума в 2 м и более на границе талого и мёрзлого участков. Трубы магистральных трубопроводов в зоне редкоостровного и спорадического распространения многолетнемёрзлых пород испытывают колебания по вертикали на талых участках обычно не более 0,7-1 м, а на многолетнемёрзлых участках даже более 2 м. Особенно опасно это для труб, располагающихся на границе талого и мёрзлого участков. Поэтому, нередко в тех случаях, когда причиной аварии считается дефект трубы или коррозия металла, на самом деле может проявляться воздействие геокриологического фактора, точнее неоднородность геокриологической среды, вызывающая дополнительные сгибающие усилия на трубу.

Мониторинг в течение 10 лет эксплуатации на одном из участков сплошной балластировки пригрузами газопровода Ямбург-Ныда на севере Западной Сибири показал, что процесс пучения очень существенно воздействует на трубопровод. Поднявшийся участок первоначально имел длину 40 м. К 2007 г. его длина достигла 250 м, и число пригрузов увеличилось с 20 до 170. Газопровод изменил свое положение и поднялся на высоту 1,7 м. Пригрузы оказались на вершине одного из бугров пучения, возникшего вдоль трассы и начали разрушаться. Сформировалось ледяное ядро диаметром около 6 м. На газопроводе Ямбург — Ныда обнаружено более 600 таких участков (Пономарева, 2005).

Установки искусственного охлаждения газа на Уренгойском, Ямбургском промыслах были построены после того, как в течение многих лет на участках, проложенных на территории распространения многолетнемёрзлых пород, подавался теплый газ. Переход на подачу холодного газа по таким магистралям неизбежно сопровождается неравномерным пучением и следующим за ним защемлением труб. Вертикальные перемещения газопроводов происходят вследствие выпучивания и всплывания и проявляются даже при наличии пригрузов.

В трубопроводной системе «Надым-Пунга», функционирующей уже около 40 лет наиболее сильные нарушения произошли, в том числе, и в результате новообразования бугров и площадей пучения высотой более 1 м. В долине реки Пунга вблизи подножия пальза, где проходит газопровод, в течение 7 лет его эксплуатации образовалась чаша оттаивания глубиной около 6 м. Кровля многолетнемерзлых пород как в пределах бугра пучения, так и на окружающем его участке расположена на глубине 0,3 м. Под торфом вскрыто чередование суглинков, песков и глин. Суммарная влажность (W_c) торфа на вершине бугра — 45%, подстилающих минеральных грунтов — от 30 до 80% (максимальные значения характерны для глин, минимальные — для песков).

В грунтах у подножия бугра и на некотором расстоянии от него отмечен несколько другой характер распределения влажности. Вблизи бугра ее максимальные значения (80%) отмечены в суглинке. Влажность грунтов, вскрытых скважиной 6, — не более 30%. По результатам мониторинга, выполнявшегося сотрудниками ВСЕГИНГЕО и института Криосферы Земли РАН Ю.Л. Шуром, В.Л. Невечерей, Н.Г. Москаленко, О.Е. Пономаревой, Н.М.Бердниковым и др. в разные годы, установлено, что на этом же газопроводе за 30 лет (с 1980) вдоль трубопровода произошел общий подъем поверхности в среднем на 20-25 см по сравнению с положением на 1980 г. (Пономарева, 2005; Москаленко и др., 2007).

Недоучёт сильнольдистых бугров пучения при строительстве трубопроводов близ южных границ криолитозоны явление обычное и имеет несколько причин и некоторые весьма опасные следствия:

Первой причиной обычно является простое незнание геокриологических особенностей территории. Обычно при строительстве небольших объектов.

Второй причиной, по частоте встречаемости, является нежелание организаций, заказывающих изыскания и последующие проектирование и строительство, вкладывать средства, как в сами инженерно-геокриологические изыскания, так и в меры по учёту и предотвращению возможных нежелательных последствий взаимодействия трубопровода с сильнопросадочными и сильнольдистыми мёрзлыми выпуклобугристыми массивами на южном пределе их ареала.

Третьей причиной является, как это ни странно совершенствование технических средств, используемых при прокладке трубопроводов. Мощные механизмы, сравнительно легко прокладывающие траншеи в мерзлых грунтах, особенно зимой практически “не различают“ это сезонно-промёрзшие или высокотемпературные многолетнемёрзлые грунты. Последствия этого проявляются уже позднее при эксплуатации трубопроводов.

Ну, если с первой причиной всё более или менее понятно, и, следует более углублённо изучать геокриологические условия как бы сложно это не было, то вторая из названных причин гораздо сложнее в решении.

Приведём лишь один пример этого, реализованный на Сахалине. В последние несколько лет освоение Сахалина интен-

сивно ведёт Международная компания «Сахалин энерджи инвестмент компани Лтд.» («Сахалин Энерджи») — оператор проекта «Сахалин-2», одного из крупнейших в мире комплексных нефтегазовых проектов. В идеологии компании на всех уровнях чётко прописано: “На Сахалине нет районов с многолетнемёрзлыми породами, строительство в которых потребовало бы использование надземного метода прокладки трубопроводов. Использование траншейного метода в данных условиях соответствует российским проектным требованиям и обычным (западным) стандартам, применимым к районам без многолетней мерзлоты”. Это глубокое заблуждение и мы постараемся это показать.

Вначале вспомним А.П.Чехова: “Средняя годовая температура в Александровском округе равна +0,1, то есть почти 0, а в Череповецком уезде +2,7. Зима в Александровском округе суровее, чем в Архангельске, весна и лето, как в Финляндии, и осень, как в Петербурге, средняя годовая температура, как в Соловецких островах, где она тоже равна нулю. В долине Дуйки (сейчас это р.Бол. Александровка на северо-западе Сахалина — 50°54 ′с.ш., 142°08 ′в.д. — *авт*.) наблюдается вечная мерзлота. Поляков нашел ее 20 июня на глубине 3/4 аршина (чуть более 0,5 м — авт.). Он же 14 июля нашел под кучами мусора и в ложбинах около гор снег, который растаял только в конце июля” (Чехов, 1901, том. 17).

Приведем также выдержку из книги И.Полякова: стр. 2: “Я снял на план заливы Ныйский и Набильский и лежащее между ними прибрежье Охотского моря; рядом с этим велись наблюдения относительно почв, растительности, животныхъ и человека. На береговых пространствах, на дюнах, тундрах и торфяниках, где почва часто, уже на глубине аршина, представляет “вечную мерзлоту”, среди присущей этим местам, своеобразной и весьма скудной полярной растительности” (Поляков, 1884, с. 2),

Затем приведем данные из работы Н.В.Властовой: “Сахалин целиком расположен южнее границы сплошной вечной мерзлоты. Вечная мерзлота, встречающаяся отдельными пятнами или островками, приуроченными к торфяным грунтам, указывалась для Сахалина различными авторами. Например, Семягин отмечает на Охотском побережье, к северу от зал. Набиле, среди сфагновых болот наличие большого количества торфяных бугров. Хотя автор и не говорит ничего о мерзлоте, но приводимое им описание внешнего облика, растительности и местоположения бугров указывает на то, что они должны быть связаны с мерзлотой. Н.Е. Тихомиров, исследуя растительность оленьих пастбищ (в том числе и торфяников) по р. Виахту, упоминает о наличии мерзлоты на глубине 0.5–1.0 м в начале августа в торфянике с бугристым рельефом. Японский почвовед Окада при описании торфяника, расположенного невдалеке от зал. Байкал, упоминает о мерзлоте в буграх в конце августа. Другой японский почвовед — Сугавара, указывает на мерзлоту, встреченную им в Поронайском районе на торфянике, позднее описанном нами” (Властова, 1960, с. 53).

М.С.Боч (Водно-болотные…, 1999) детально описала выпуклобугристые многолетнемёрзлые торфяники на Сахалине: болота Окуто (49°30 ′с.ш., 143°51 ′ в.д.), Утиное болото (50°40 ′с.ш., 143°30 ′в.д.) и болота Байкальское и Б.Марь (53°20 ′с.ш., 142°30 ′в.д.).

Таким образом, многолетнемёрзлые грунты на Сахалине есть и это известно достаточно давно, поэтому не считаться с ними при сооружении трубопроводов, по крайней мере, самонадеянно. К тому же, недавно начались проектно-изыскательские работы по строительству подводной волоконно-оптической линии связи «Сахалин — Магадан — Камчатка». Инженерные изыскания будут проводиться по трассам Оха (Сахалин) — Усть-Большерецк (Камчатка) и Оха — п.Ола (Магадан), поэтому надо планировать и изыскания и строительство с учётом того, что на севере Сахалина многолетнемёрзлые грунты есть.

Многолетнемёрзлые породы в зоне редкоостровного и спорадического их распространения достаточно сложно обнаружить и идентифицировать, особенно при инженерно-геологических изысканиях, выполняемых зимой, поскольку мощность сезоннопромерзающих грунтов может составлять первые метры, и мощность островов многолетнемёрзлых грунтов сопоставима с ними.

В ближайшее время с процессами пучения на многолетнемерзлых грунтах познакомятся даже организации участвующие в ликвидации последствий на АЭС «Фукусима-1». Власти Японии планируют к 2015 году создать под аварийной АЭС искусственный слой многолетнемерзлых пород, который должен предотвратить утечки радиоактивных грунтовых вод за пределы станции. Как сообщило Министерство экономики, торговли и промышленности Японии, ожидается, уже в октябре текущего года сотрудники компании-оператора АЭС «Токио электрик пауэр» (ТЭПКО) и правительственные эксперты начнут проверку эффективности технологии. В ходе испытания на территории 4-го энергоблока «Фукусимы-1» будут установлены стальные трубы, которые уйдут в грунт на глубину около 30 метров. По трубам будет циркулировать раствор хлорида кальция, охлажденный до температуры минус 40 градусов Цельсия. Специалисты рассчитывают, что это позволит создать своего рода «ледяную стену» внутри грунтовой толщи и затруднить прохождение через нее грунтовых вод, загрязненных радиоактивными веществами. В случае успеха испытаний на 4 энергоблоке ТЭПКО начнет создание линзы многолетнемерзлых пород вокруг всей территории АЭС. Эти работы планируется завершить к марту 2015 года. Запланированные расходы на реализацию проекта составляют 32 млрд. иен (примерно 320 млн. долларов), которые правительство Японии намерено выделить из бюджета страны. Этот опыт дружественного интерфейса с многолетнемёрзлыми грунтами следует порекомендовать и строителям нефтепроводов в криолитозоне, нередко излишне активно уничтожающим многолетнемёрзлые толщи.

В заключение отметим, что технические возможности для учёта сильнольдистых мёрзлых толщ в ядрах бугров пучения при строительстве магистральных трубопроводов есть и уже реализованы. Известно, что на Трансаляскинском трубопроводе только три раза происходили серьезные утечки. Две утечки произошли вскоре после сдачи трубопроводной системы в эксплуатацию: одна на нефтеперекачивающей станции, во время которой вылилось 16 000 галлонов (около 50 тонн) (по ошибке оператора), а другая — в результате саботажа (минирования), во время которой вылилось 600 000 галлонов (около 2 тыс. тонн) нефти. Еще одна утечка произошла в результате того, что преступник прострелил дыру в трубопроводе. Трансаляскинский трубопровод, разработан с таким расчетом, чтобы противостоять любому воздействию, за исключением бронебойной пули, выпущенной с расстояния одного фута. Однако в этом случае человек, выстреливший из оружия, сварится в нефти». Во время недавнего происшествия обслуживающий персонал компании «Алэска пайплайн сервис компани» быстро выявил повреждение и устранил утечку нефти из трубопровода. Преступник был вскоре найден и арестован. Однако никакой информации о том, что он пострадал в результате утечки горячей нефти, не поступило.

Выводы:

- Многолетнемёрзлые породы в зоне редкоостровного и спорадического их распространения достаточно сложно обнаружить и идентифицировать, особенно при инженерно-геологи-

ческих изысканиях, выполняемых зимой, поскольку мощность сезоннопромерзающих грунтов может составлять первые метры, и мощность островов многолетнемёрзлых грунтов сопоставима с ними.

• Верх и низ трубы магистральных трубопроводов в зоне редкоостровного и спорадического распространения многолетнемёрзлых пород испытывает колебания по вертикали на талых участках обычно не более 0,7-1 м, а на многолетнемёрзлых участках даже более 2 м. Особенно опасно это для труб, располагающихся на границе талого и мёрзлого участков.

Литература:

1. *Васильчук А.К.* Опасность пучения при эксплуатации магистральных трубопроводов // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной XX-летию ООО НПО «Фундаментстройаркос». Тюмень. 2011. С. 269 — 279.

2. *Васильчук А.К., Фигаров Н.Г., Усков А.М., Максимов Г.Л., Волков Д.С.* Геокриологические аспекты при эксплуатации трубопроводов в пределах распространения островных и прерывистых многолетнемерзлых пород // Трубопроводный транспорт (теория и практика). 2013. т.37. №3. С. 3 — 8.

3. *Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., Буданцева Н.А., Чижова Ю.Н.* Выпуклые бугры пучения многолетнемерзлых торфяных массивов / Под редакцией действительного члена РАЕН профессора Ю.К. Васильчука. М.: Изд-во Московского ун-та, 2008. 571 с.

4. *Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., Буданцева Н.А., Чижова Ю.Н.* Миграционные бугры пучения на Европейском Севере России — южный и северный пределы ареала и современная динамика // Инженерная геология. 2011. № 2. С. 56–72.

5. *Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., Буданцева Н.А., Чижова Ю.Н.* Миграционные бугры пучения на севере Западной Сибири: южный и северный пределы ареала и современная динамика // Инженерная геология. 2012. №3. С. 62 — 78.

6. *Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., Репкина Т.Ю.* Миграционные бугры пучения в заполярной части криолитозоны Средней Сибири // Инженерная геология. 2013а. №2. С. 28 — 45.

7. *Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., Буданцева Н.А., Йошикава К., Чижова Ю.Н., Станиловская Ю.В.* Миграционные бугры пучения в южной части криолитозоны Средней Сибири // Инженерная геология. 2013. №3. С. 14 — 34.

8. *Властова Н.В.* Торфяные болота Сахалина. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1960. 167 с.

8. Водно-болотные угодья России. Том 2. Ценные болота (справочное пособие). Под общ. ред. М.С.Боч М.: Wetlands International Publication No. 49, 1999. — 88 с.

9. *Железняк М.Н., Митин В.Ф.* Геокриологические опасности нефтепровода ВСТО в пределах Чульманской впадины // Вестник ЯГУ. 2007. Том 4, №2. С. 26 — 31.

10. *Москаленко Н., Пономарева О., Устинова Е.* Мониторинг экзогенных геологических процессов на трассе газопровода Надым-Пунга // Инженерные изыскания. 2007. №1. С. 34 — 36.

11. *Поляков И.* Отчет об исследованиях на острове Сахалине, в Южно-Уссурийском крае и в Японии. Читано 14-го Февраля 1884 г. Приложение к XLVIII тому Записок Императорской Академии Наук. №6. 1884. 61 с.

12. *Пономарева О.Е.* Мониторинг динамики поверхности бугров пучения вдоль трассы газопровода Надым-Пунга (северная тайга Западной Сибири) / Материалы третьей конференции геокриологов России. МГУ им. М.В. Ломоносова, 1-3 июня 2005 г. Том 2. Часть 3. Динамическая геокриология. Изд-во Моск. ун-та. 2005. С. 141 — 146.

13. *Чехов А.П.* Полное собрание сочинений и писем: В 30 т. Том 14-15. Из Сибири. Остров Сахалин 1889-1894. М. 1974.

14. *Шац М.М.* Геокриологические проблемы транспортировки углеводородов в Якутии Современное состояние: проблемы и перспективы // Трубопроводный транспорт (теория и практика). 2011.Том 23. №1.С. 30 — 35.

Кропачев Д.Ю.[1], Амосова Е.В.[1], Паздерин Д.С.[2]
[1]ОАО НПП «Эталон», Омск, fgup@omsketalon.ru
[2]НПО «Фундаментстройаркос», Тюмень, fsa@npo-fsa.ru

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУР ПРОТЯЖЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

Для безопасности функционирования объектов нефтегазового комплекса, а также строительства сооружений в северных районах России предложено осуществлять температурный мониторинг объектов с целью выявления и устранения аварийных участков в районах вечномерзлого грунта с помощью системы мониторинга температур.

Реализация национальных нефтегазовых проектов XXI века тесным образом связана с развитием новых крупных центров добычи углеводородного сырья и формированием новых систем магистрального трубопроводного транспорта газа, конденсата и нефти [1].

Безопасность функционирования объектов нефтегазового комплекса на территориях распространения многолетнемерзлых пород во многом определяется эффективностью систем мониторинга опасных геокриологических процессов, развитие которых связано как с природными факторами, так и с влиянием самих технических объектов. В зависимости от комплекса природных факторов, формирующих геокриологические условия, грунты могут находиться в многолетне — и сезонномерзлом, сезонноталом, талом и переохлажденном состояниях, а, следовательно, обладать различными прочностными и деформационными свойствами. К числу опасных трансформаций криогенных грунтов относится образование термокарста, термоэрозии, морозное пучение, растепление, заболачивание. Наиболее уязвимыми в этом отношении являются магистральные трубопроводы, поскольку подобные процессы приводят к изменению их положения, деформации и высокой вероятности возникновения аварийной ситуации [3].

Также существуют проблемы строительства и эксплуатации зданий, сооружений на вечномерзлых грунтах. Проблемы фундаментостроения в районах распространения вечномерзлых грунтов определяются особенностями инженерно-геокриологических условий площадок размещения газопромысловых сооружений. Для этого проводят геотехнический мониторинг, в состав которого входят наблюдения за температурным и гидрогеологическим режимом, состоянием грунтов оснований, несущей способностью и деформациями фундаментов, развитием опасных геологических процессов и экологической безопасностью прилегающей территории, прогноз и управляющие мероприятия, позволяющие обеспечивать надежность оснований и фундаментов сооружений [4].

Определение геотехнических свойств мерзлых грунтов имеет ряд особенностей:

- при определении температур грунтов в скважинах следует соблюдать режимы выстойки скважин после бурения и выстойки измерительной аппаратуры;
- для определения глубин сезонного оттаивания замеренные глубины оттаивания следует пересчитывать согласно ГОСТ 26262-84;
- отбор образцов и определение физических и механических свойств мерзлых грунтов должны осуществляться с учетом

масштабного эффекта, вызванного наличием ледовых прослоев в мерзлом грунте [4].

Успешная реализация нефтегазовых и строительных проектов на территории распространения многолетнемёрзлых пород обусловлена внедрением при проектировании и строительстве новых технологий и технических решений, которые не только должны обеспечивать надежность, устойчивость фундаментов и пространственную неизменность конструкций в процессе строительства и эксплуатации, но и гарантировать надёжную работу газодобывающих и газотранспортных систем, даже с учётом негативных сценариев возможного потепления климата планеты [1].

Интенсивное потепление климата, начавшееся во второй половине 1960-х — начале 1970-х гг., не было постоянным на всем севере России. В последние 18–20 лет на значительном числе метеостанций стали наблюдать слабые изменения климата, приостановку потепления и даже его похолодание. Современные изменения климата привели к формированию тенденций к повышению температуры грунтов на Севере [2].

Согласно комплексному анализу данных метеостанций и геокриологических стационаров, для севера России возможные изменения трендов температуры грунтов охватывают широкий диапазон — от 0,004 до 0,05 °С/год (средние для всего региона значения тренда составляют 0,03 °С/год) [2].

Высокие тренды потепления грунтов, так же как и воздуха, наблюдаются в центральной части Западной Сибири, в Якутии и на юге Красноярского края. Минимальные тренды изменения температуры воздуха и грунтов характерны для Европейского Севера, севера Средней Сибири и Колымской низменности [2].

В районах с высокотемпературными многолетнемерзлыми грунтами (юг Западной Сибири, Забайкалье, Приамурье) сильное потепление климата не приводит к синхронному формированию высоких трендов изменений среднегодовой температуры грунтов вследствие значительных затрат тепла на фазовые переходы при оттаивании [2].

В настоящее время широкий круг ученых-климатологов и геокриологов отмечает, что за последние 20-25 лет температура воздуха в области криолитозоны повысилась на 0,2-2,5 °С. Повышение температуры в верхних горизонтов мерзлых пород за этот период достигает 1,0-1,5 °С и распространяется до глубины 60-80 м. По различным оценкам, прогнозируемое повышение температуры воздуха на Севере в первой четверти XXI в. составит 1,0-2,0 °С и может достичь 3-4 °С к середине столетия. При таком потеплении климата произойдет существенное сокращение площади сплошных мерзлых пород в Северном полушарии и южная граница их распространения в Западной Сибири может отодвинуться на север на 200-500 км.

Рис. 1. Термокоса (МЦДТ 0922) с контроллером (ПКЦД-1/100)

Можно сделать вывод, что изменение теплового баланса многолетнемерзлых пород под воздействием инженерных сооружений и глобального потепления климата стало, если уже не стало, одним из основных факторов, определяющих устойчивость инженерных сооружений.

Деградация мерзлых пород приведет к резким изменениям в условиях функционирования оснований и фундаментов, поскольку прочностные и деформационные свойства грунтов напрямую зависят от температуры.

В результате недостаточного учета особенностей геокриологических условий и их природных и техногенных изменений происходят многочисленные деформации сооружений, иногда даже аварийного характера.

В этом направлении, на наш взгляд, необходимо контролировать и управлять температурным режимом грунтов в процессе эксплуатации.

Отметим также, что одним из элементов комплексного проектирования в обязательном порядке является термостабилизация грунтов оснований. Системами термостабилизации грунтов оснований могут быть вентилируемое подполье, теплозащитные экраны, сезонно-действующие охлаждающие установки (горизонтального и вертикального типов), охлаждающие установки круглогодичного действия (горизонтального и вертикального типов).

Таким образом, одной из главных проблем успешного проектирования фундаментов является разработка и промышленное применение новых технических решений по контролю и управлению температурным режимом грунтов оснований.

В связи с этим ОАО НПП «Эталон» разработало систему мониторинга температур протяженных объектов.

Разработанная система мониторинга температур протяженных объектов предназначена для полевого определения температуры грунтов по ГОСТ 25358-82, где требуется получить данные о температуре мерзлых, промерзающих и протаивающих грунтов. А также может использоваться для измерений температур в строительстве, на любых сложных нелинейных объектах, в резервуарах с неагрессивными жидкостями.

Система мониторинга температур протяженных объектов позволяет повысить точность измерения и надежность, упростить существующие системы мониторинга температур, расширить области применения.

Тем самым разработчики ОАО НПП «Эталон» предприняли попытку устранить недостатки в известных системах мониторинга температур, таких как: усложненность, дороговизна и небольшая надежность, низкая герметичность, которая приводит к отказу устройств в условиях промышленной применимости.

Система мониторинга температур протяженных объектов состоит из датчика температуры многозонного цифрового МЦДТ 0922 (далее будем называть — термокоса) и контроллера цифровых датчиков (далее будем называть — контроллер), пример представлен на рисунке 1.

Термокоса, представленная на рисунке 2, предназначена для одновременного измерения температуры в нескольких точках протяженного объекта, в качестве которого может быть трубопровод, скважина в различных грунтах.

Термокоса представляет собой устройство для многозонного измерения температуры, которое содержит последовательно расположенные измерительные преобразователи (далее назовем — датчики температуры), каждый из которых

размещен в отдельном защитном металлическом корпусе, и разъем для подключения к контроллеру. Датчики температуры соединены между собой гибким кабелем, преимуществом которого является возможность расширенного диапазона использования термокосы.

На сегодняшний день разрабатываются и изготавливаются различные варианты термокосы, что говорит о ее многообразии конструкций и особенностях.

Таким образом, одной из особенностей термокосы, расположенной в вертикальном положении, может быть наличие устройства для крепления груза на последнем датчике температуры, что обеспечивает выпрямление термокосы, или наличие армирующего элемента для длинных термокос, в качестве которого может использоваться трос.

Метрологические и технические характеристики МЦДТ 0922:

- рабочий диапазон измеряемых температур, °С от -50 до +100;
- пределы абсолютной погрешности в рабочем диапазоне измеряемых температур, °С:

от -50 до -30 включ., °С ±(0,1+0,014(|t|-30))
св. -30 до +30 включ., °С ±0,1
св. +30 до +100 включ., °С ±(0,1+0,014(|t|-30))

где |t| — абсолютное значение температуры, ºС, без учёта знака

- количество измерительных преобразователей от 3 до 250;
- общая длина, м от 0,5 до 120;
- степень защиты от воздействия пыли и воды по ГОСТ 14254-96 IP56.

Контроллер предназначен для считывания результатов измерения температуры с термокос.

ОАО НПП «Эталон» выпускает портативные и стационарные контроллеры.

Контроллер цифровых датчиков портативный ПКЦД (далее — ПКЦД) выпускается в двух исполнениях: ПКЦД-1/16, ПКЦД-1/100 — в зависимости от количества одновременно подключенных датчиков температуры и длины линии связи (рис. 3).

ПКЦД-1/16 может работать с сетями длиной до 25 м, объединяющих до 16-ти датчиков, и считывать результаты измерения от 3 до 60 секунд. Прибор может идентифицировать каждый цифровой датчик и расстояние до него [5].

В отличие от ПКЦД-1/16 контроллер ПКЦД-1/100 позволяет устойчиво считывать измерения с датчиков на расстоянии 100 метров и более, а также поддерживает от 1 до 100 датчиков в сети с интервалом опроса от 3 секунд до 10 минут. Связь с ПК можно осуществлять через COM-порт и посредством USB. При подключении к USB контроллер может работать без элемента питания [5].

ПКЦД представляет собой устройство, способное считывать, отображать, записывать и сохранять информацию во внутреннюю память. ПКЦД обеспечивает индикацию температуры объекта с разрешением 0,06 ºС на жидкокристаллическом индикаторе с подсветкой, обеспечивает связь с IBM-совместимым компьютером. Просмотр содержимого в энергонезависимой памяти можно осуществить как на индикаторе контроллера, так и на компьютере в виде таблицы или графика. При подключении к ПК строятся температурные графики в режиме реального времени, выводятся ранее сохраненные результаты в виде таблиц. Для оформления отчетов возможен экспорт данных в Excel.

Контроллер цифровых датчиков температуры стационарный СКЦД используется для объединения термокос в общую сеть с помощью интерфейса RS-485 и передачи данных о температуре с каждой термокосы посредством протокола Modbus на компьютер.

Система мониторинга температур протяженных объектов работает следующим образом.

Система мониторинга температур осуществляет в автоматическом режиме измерение температуры протяженных объектов на разных глубинах с определенным шагом при помощи опущенных в них термокос, а также осуществляет анализ температурного распределения вдоль объекта, который выполняется контроллером с целью выявления аварийных для объекта ситуаций.

Датчики температуры производят замеры температуры, перевод аналогового сигнала в цифровой сигнал, и с помощью интерфейса передают результаты измерений в контроллер. С помощью контроллера производится питание термокос, а также с помощью портативного контроллера — идентификация индивидуального обозначения (номер каждого датчика температуры или расстояние до него).

Отметим еще раз преимущества системы мониторинга температур протяженных объектов:

- все датчики температуры подключаются параллельно к одному кабелю, и таким образом, не требуется подводить индивидуальный кабель к каждому датчику температуры;

Рис. 2. Термокоса (МЦДТ 0922)

Рис. 3. Контроллеры (ПКЦД-1/16 и ПКЦД-1/100)

- в состав системы мониторинга температур протяженных объектов входит программное обеспечение для компьютера оценки и сбора информации;
- система мониторинга температур протяженных объектов значительно компактнее и проще известных систем;
- для создания системы мониторинга температур протяженных объектов требуется только стандартное сетевое оборудование.

В настоящее время на опытном полигоне ООО НПО «Фундаментстройаркос» г. Тюмень ведутся работы по оценке эффективности работы термостабилизаторов. Для мониторинга температуры грунта вместе с термостабилизатором размещена 100 метровая термокоса МЦДТ 0922. График результатов измерения температуры за ноябрь месяц 2010 года одной термокосы с помощью ПКЦД-1/100 представлен на рисунке 4. Данный график показывает распределение температуры грунта по глубине в течение времени.

На сегодняшний день ОАО НПП «Эталон» занимается разработкой системой мониторинга температур, позволяющей объединять термокосы и контроллеры в общую сеть и передавать данные непосредственно на ПК или посредством интернета в любую точку Земли.

Такая система будет содержать термокосы, средство сбора данных, поступающих от протяженного объекта, средство передачи данных, компьютер сбора и оценки информации, расположенный дистанционно относительно протяженного объекта и предназначенный для приема и оценки данных. Средство сбора данных будет выполнено в виде контроллера датчиков температуры, выполняющего те же функции что и СКЦД, а также будет напрямую поддерживать среду Ethernet и Internet. Средство передачи данных будет выполнено в виде сетевого концентратора и приемо-передающего устройства.

Каждый контроллер по сети Ethernet будет подключаться к сетевому концентратору, который объединит контроллеры датчиков температуры в единую сеть с помощью сетевого кабеля и, таким образом, сделает возможным передачу данных в сеть Internet. В случае, если прокладка кабеля затруднена, предусмотрен вариант передачи данных от сетевого концентратора с помощью приемо-передающего устройства, которое обеспечивает беспроводную точку доступа в сеть Internet и позволяет передавать данные на расстояние. Беспроводная точка доступа может быть реализована несколькими способами, например, с помощью сетевых операторов, с помощью стандартных беспроводных интерфейсов или с помощью спутниковой связи.

ОАО НПП «Эталон» изготавливает и поставляет необходимое метрологическое оборудование для контроля характеристик системы мониторинга температур в процессе эксплуатации в зависимости от пожеланий заказчика.

Литература:

1. *Попов А.П., Милованов В.И., Жмулин В.В., Рябов В.А., Бережной М.А.* К вопросу о типовых технических решениях по основаниям и фундаментам для криолитозоны // Инженерная геология, сентябрь 3/2008, с. 22-38.
2. *Павлов А.В., Малкова Г.В.* Мелкомасштабное картографирование трендов современных изменений температуры грунтов на севере России // Криосфера Земли, 2009, т. XIII, №4, с. 32-39.
3. *Корниенко С.Г.* Изучение и мониторинг мерзлых грунтов с использованием данных космической съемки // Материалы 11-й Всероссийской научно-практической конференции «Геоинформатика в нефтегазовой отрасли».
4. *Минкин Марк* Строительство нефтегазовых объектов на Севере // Материалы семинара «Вопросы проектирования фундаментов на особых грунтах. Новые геотехнические конструкции и методы их расчетов», 2010.
5. *Неделько А.Ю.* Контроллеры цифровых датчиков температуры // Промышленные АСУ и контроллеры, 2010, № 8, с. 36-38.

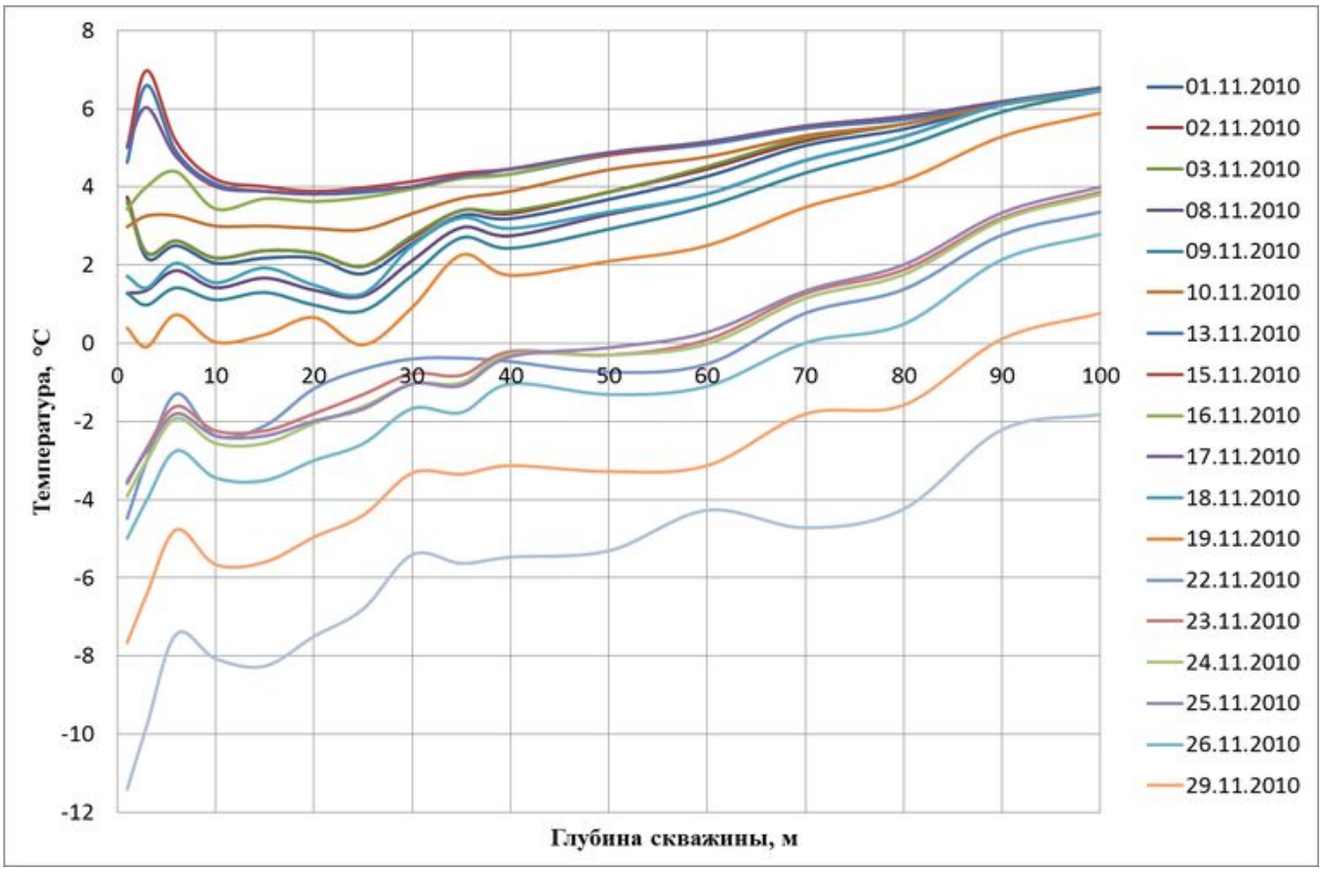


Рис. 4. — График зависимости температуры грунта от глубины скважины

Прохорова Н.Н.
ОАО «Дальвостокагропромпроект», Уссурийск, Приморского края, natalya.prohorova.2011@mail.ru

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА ТРАНСПОРНОЙ СЕТИ ПО ИТОГАМ ЗИМЫ 2012-2013 ГОДА В УССУРИЙСКОМ РАЙОНЕ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

В связи с активизирующимся в последние годы транспортным строительством как на территории Приморского края в целом, так и в пределах Уссурийского района, в частности, актуальность получила проблема сохранения качества и эксплуатационных характеристик дорог района.

Сезонное промерзание грунтов наблюдается на всей территории Уссурийского района Приморского края, в большей или меньшей степени, но данный процесс оказывает существенное влияние как на ландшафтно-территориальные комплексы, так и на линейные сооружения.

Сезонное промерзание является причиной развития морозного пучения грунтов и, как следствие, разрушения дорожного полотна.

В результате неравномерного протаивания мерзлых грунтов и возникновения, вследствие этого, пустот в дисперстных грунтах дорожных одежд, в весенний период на территории района образуются провалы.

Для оценки степени разрушения дорожного полотна был применен метод пробных площадей. Исследования проводились в два этапа: в октябре 2012 г. и апреле 2013 года, т.е. до и после воздействия процесса промерзания грунтов. По трассе выделялись пробные площадки размерами, как правило, 6х6м (в зависимости от ширины исследуемого участка), нарушения асфальтовых покрытий картировалось посредством нанесения на миллиметровку в заданом масштабе. Исследования проводились на участках с различными биогеографическами и геоморфологическими особенностями. Площадь ненарушенных и нарушенных участков полотна расчитывалась в процентном соотношении.

Таблица 1

Оценка состояния дорожного полотна методом пробных площадей, %

	Участок дороги	Степень целостности дорожного полотна осенью 2012 года, %	Степень целостности дорожного полотна весной 2013 года, %
1	Участок дороги от « КМ» до «Кир.завода» по ул. Новоселов (3 ПП)	91%	84%
2	Участок трассы по с. Новоникольск (5 ПП)	92%	85%
3	Участок дороги в г. Уссурийске по ул. Агеева (от ул. Ленинградска до ул Калинина) (4 ПП)	72%	100% (капитальный ремонт дороги)
4	Участок дороги на с. Пуциловка (3 км от с. Борисовка, с асфальтовым покрытием) (5 ПП)	78%	67%
5	Трасса М60 УССУРИ (в районе пос. Тимирязевский) (3 ПП)	96%	86%
6	Участок дороги в районе с. Дубовый ключ (2 ПП)	99%	97%

Как видно из таблицы 1, неравномерное протаивание и пучение грунтов проводят довольно ощутимую разрушительную работу в пределах дорожных покрытий исследуемых участков.

Когда идет работа над проектом линейных сооружений, как правило, средства на изыскательские работы сокращаются до минимума. Нередко специалисты, занимающиеся изысканиями, не отдают должного наблюдениям геокреологических процессов и явлений. Отчеты строятся на простой констатации физико-механических свойств грунтов, не приводя сведения о тепловом состоянии пород, что очень важно на территории распространения сезонного промерзания пород. В результате нет полной информации о инженерно-геологических условиях трасс и не могут быть предложены оптимальные проектные решения.

Для обеспечения целостности и сохранности дорог необходим постоянный геокриологический мониторинг во-избежании постоянной необходимости ремонта асфальтовых покрытий.

Пижанкова Е.И., Гаврилов А.В., Тарасенко Т.В.
Геологический и географический факультеты МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва,
eipijankova@rambler.ru, gavrilov37@bk.ru,
manunya_geo@mail.ru

ДИСТАНЦИОННЫЕ ДАННЫЕ В ИЗУЧЕНИИ ДИНАМИКИ КРИОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ АККУМУЛЯТИВНЫХ РАВНИН СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

Настоящее время характеризуется увеличением потока дистанционной информации самой различной детальности от обзорной до сверхдетальной. При инженерных изысканиях все большее применение находят космоснимки (КС) с пространственным разрешением 1м и менее. Однако на начальных стадиях проектирования лидером по-прежнему является информация съемочной системы Ландсат с пространственным разрешением 30-15 м. Все остальные данные имеют вспомогательное значение. К преимуществам этих снимков относится их доступность, большой пространственный охват (170х185 км.), необходимое спектральное разрешение (съемка ведется в 8 каналах в видимой и ИК зоне). Именно эти снимки — основа глобальных покрытий Google Earth.com, Kosmosnimki.ru и других. Поскольку съемка со спутников системы Ландсат ведется с 1976 г., эти данные могут использоваться для изучения изменений во времени таких криогенных явлений, как термоабразия, термоденудация, термоэрозия, термокарст.

Для простой фиксации изменений на локальных участках достаточно провести сравнение разновременных данных, проведя топографически точное их совмещение с использованием современных программ по обработке изображений. Однако для выявления пространственных закономерностей динамики необходимо использовать все доступные данные: как наиболее полный временной ряд, так и пространственный, поскольку, чем больше охватываемая исследованием площадь, тем яснее

пространственные закономерности. Для обширных территорий аккумулятивных равнин криолитозоны России вследствие их труднодоступности такой анализ возможен только с использованием дистанционной информации.

Нами получены результаты по динамике берегов Новосибирских островов, Ойогосского Яра, изменению площадей термокарстовых озер севера Яно-Индигирской низменности и развитию термоэрозии и начальных форм термокарста в долине р. Алазея. Для сравнительного анализа использовались КС Ландсат 7 ETM+ за 2000-2001 гг., Спот-4 за 2011 г., АФС 1950-51 гг.

Верхняя часть разреза аккумулятивных равнин Северо-Востока России представлена отложениями ледового комплекса (ЛК) позднего плейстоцена и аласного комплекса голоцена (АК), объемная льдистость которых достигает 90 и 70 % соответственно. Температура пород изменяется с юга на север от -6 ÷ -8 до -12 ÷ -15°С. Таким образом, в соответствии с классификацией многолетнемерзлых пород (ММП) по тепловой инерции мерзлые толщи региона относятся к ультраинерционным (Пармузин, 2008). Помимо высокой льдистости важнейшим фактором, определяющим проявление указанных процессов и степень их потенциальной опасности, является нео- и современная тектоника. Действенность этого фактора до сих пор должным образом не оценена. Так, в региональных прогнозных построениях (Геокриологические опасности, 1999) его роль вообще не учитывается. Между тем, именно современная тектоника определила возникновение термокарста в среднем течении р. Алазея (Готовцев, 2008), при этом, не в связи с освоением территории, а в ходе естественных колебаний климата и, несмотря на ультраинерционность ММП.

Для изучения динамики криогенных процессов необходимо использовать информацию о голоценовых и современных вертикальных движениях. Литературные и картографические данные обычно посвящены крупным тектоническим структурам, развивающимся в течение миллионов лет. В связи с этим была предпринята попытка выделения голоценовых и современных локальных морфоструктур, т.е. тектонически обусловленных форм земной поверхности площадью в тысячи — первые десятки тысяч квадратных километров, испытавших или испытывающих в настоящее время вертикальные перемещения в качестве единого целого относительно соседних форм. Такое морфоструктурное районирование было осуществлено для изучения динамики термокарстовых озер на участке Яно-Индигирской низменности, прилегающем к восточному побережью моря Лаптевых и проливу Дм. Лаптева.

Изучение термоабразии и термоденудации на побережье Новосибирских островов

Исследования, основанные на анализе разновременных дистанционных данных для Ляховских островов, показали, что в их береговой зоне наблюдаются как размыв, так и наращивание берегов. Для о. Бол. Ляховский длина отступающих берегов составляет примерно половину длины береговой линии, для о. Мал. Ляховский — менее четверти. Для нарастающих берегов картина противоположная. Приращение берегов развивается вблизи устьев рек при условии поставки в береговую зону значительного объема твердого стока или вдольберегового потока наносов, а также на участках, испытывающих тектоническое поднятие, и выражено процессом перехода подводного берегового склона в положение пляжа, а пляжа — на уровень марша. Величина приращения берега для о. Мал. Ляховский составляет 1,6 км^2, для о. Бол. Ляховский — 1,8 км^2.

На опускающихся участках побережья развивается термоабразия. Площадь, разрушенная за 50 лет в результате размыва, для о. Мал. Ляховский равна 1,7 км^2, для о. Бол. Ляховский — 27,2 км^2, объем размытой породы составил 0,026 и 0,27 км^3 соответственно. (Пижанкова, Добрынина, 2010)

Скорость термоабразии определяется строением берегового разреза, который, в свою очередь, зависит от тектонических условий: на опускающихся участках, целиком сложенных льдистыми отложениями ледового комплекса, скорость отступания берега достигает 5-7 м/год, на испытывающих поднятие, когда в основании разреза присутствуют малольдистые четвертичные породы, скорость отступания снижается до 3-3,5 м/год, а когда они сменяются дочетвертичными породами, падает до 0-0,5 м/год. На скорость отступания берега влияют интенсивность штормовых нагонов, наличие вдольбереговых течений и характер снегонакопления, что проявилось в различии скоростей для берегов разной экспозиции. Так, скорость отступания берегов о. Бол. Ляховский северо-восточной экспозиции оказалась в 1,8–2,0 раза меньше, чем берегов западной, и в 1,4–1,7 раза меньше, чем южной.

Термоабразию по ледовому комплексу на берегах с высотой обрыва более 15–20 м сопровождает термоденудация. Формы термоденудационного рельефа, представлены термоцирками с кыгамами в привершинных частях и термотеррасами у основания. На южном берегу о. Бол. Ляховский они часто сливаются друг с другом, образуя фестончатые формы. По соотношению скоростей термоабразии ($v_{та}$) и термоденудации ($v_{тд}$) на о. Бол. Ляховский выделено три типа берегов: а) при $v_{та} \sim v_{тд} \geq 5$ м/год термотеррасы не образуются, что характерно для западного берега; б) при $v_{та} < v_{тд}$ термотеррасы имеют существенно увеличенные в 2001 г. по сравнению с 1951 г. ширину и площадь (характерно для южного берега); в) при $v_{та} \geq v_{тд} \sim$ 2,5 м/год термотеррасы имеют равные или несколько меньшие ширину и площадь в 2001 г. по сравнению с 1951 г. , что характерно для северо-восточного берега. (Пижанкова, 2011)

Термоденудация, так же, как и термоабразия, более быстрыми темпами идет на берегах, целиком сложенных ледовым комплексом. Скорость термоденудации для этих берегов составляет 5,9 м/год и в 1,4 раза превышает скорость термоденудации берегов, где ледовый комплекс подстилается менее льдистыми четвертичными породами.

Для Ойогосского Яра измеренные при сравнении разновременных дистанционных данных за 50-летний период скорости термоабразии не превышают 3,5 м/год. Разрушение берегов, сложенных ледовым комплексом, здесь так же, как и на островах, сопровождается образованием термоцирков и термотеррас.

Изучение криогенных процессов в районе среднего течения р. Алазея

Район расположен в пределах Колымской низменности — области кайнозойского опускания, наложенной на разновозрастные мезозойские и палеозойские структуры, и относится к отрицательной Маганской морфоструктуре (Государственная…, 2000). С севера ее ограничивает поднятие хр. Улахансис. Восточное окончание хребта — гряда Кисилях-тас пересекает долину Алазеи в 500 км от устья и, испытывая тенденцию к воздыманию, подпруживает реку. Результат разнонаправленных движений — поднятия гряды и опускания района среднего течения Алазеи — характеризуется коэффициентом меандрирования (4) и уклонами днища долины (7см/пог.км.) и русла реки (1,5-2 см/км), рассчитанными по топографической карте масштаба 1:200 000.

Низкая способность днища долины к дренированию, а русла — к пропуску паводковых вод, вытекающая из приведенных данных, подтверждается обширными разливами. Последние фиксируются мозаиками Google Earth.com, Kosmosnimki.ru и фотографиями в Интернете, датируемыми серединой сентября 2007 и 2011 гг. (http://gp-russia/livejournal.com/1031258.html; SakhaNews) (рис. 1).

Рис. 1. Пос. Андрюшкино, середина сентября 2007 г.
Фото И.Подгорного: http://gp-russia.livejournal.com/1031258.html

Катастрофические затопления в течение всей теплой половины года с превышением летней межени на 6-10 м участились с середины 1990-х гг. Это явилось следствием положительного тренда среднегодовых данных: повышения температуры воздуха на 1,5-2°С по сравнению с холодными 70-ми гг., и увеличения количества атмосферных осадков на 50-75 мм относительно 70-х–начала 90-х гг. XX в. Указанные изменения послужили триггером расширения и углубления термоэрозионной сети в регионе, увеличения в пос. Андрюшкино глубин сезонного протаивания с 0,6-0,75 до 1,2-1,5 м и возникновения термокарста (Готовцев и др., 2008). Подтопление поселков, затопление сенокосных угодий, ягельных пастбищ и ледников, где население хранит продукты, поставили перед правительством Якутии вопрос о необходимости разработки защитных мероприятий, включая перенос поселков на новое место.

Сравнение космоснимков 2000-х годов с топографическими картами, отражающими обстановку 80-х годов прошлого века, показывает существенные изменения плановых очертаний русла. Это обстоятельство, учитывая высокую льдистость берегов, позволяет сделать вывод о значительной боковой термоэрозии и весьма существенном твердом стоке. Наводнения еще более усиливают указанные процессы.

Исследования показали реальность опасных изменений мерзлотных условий аккумулятивных равнин севера Якутии в ходе естественных колебаний климата. Опасность термокарста, несмотря на ультраинерционность ММП, имеет место не

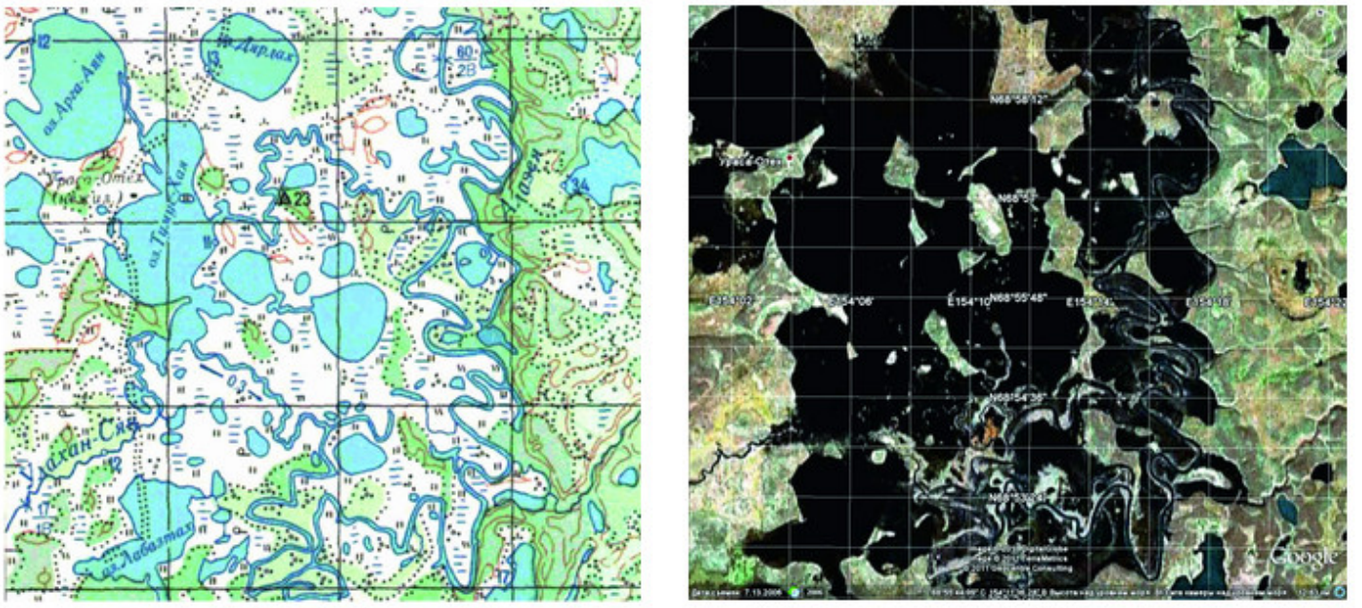


Рис. 2. Условия на поверхности в бесснежный сезон в районе среднего течения Алазеи в 1980-е (топографическая карта масштаба 1:200 000) и 2000-е (Google Earth.com) годы Изучение динамики термокарстовых озер на севере Яно-Индигирской низменности

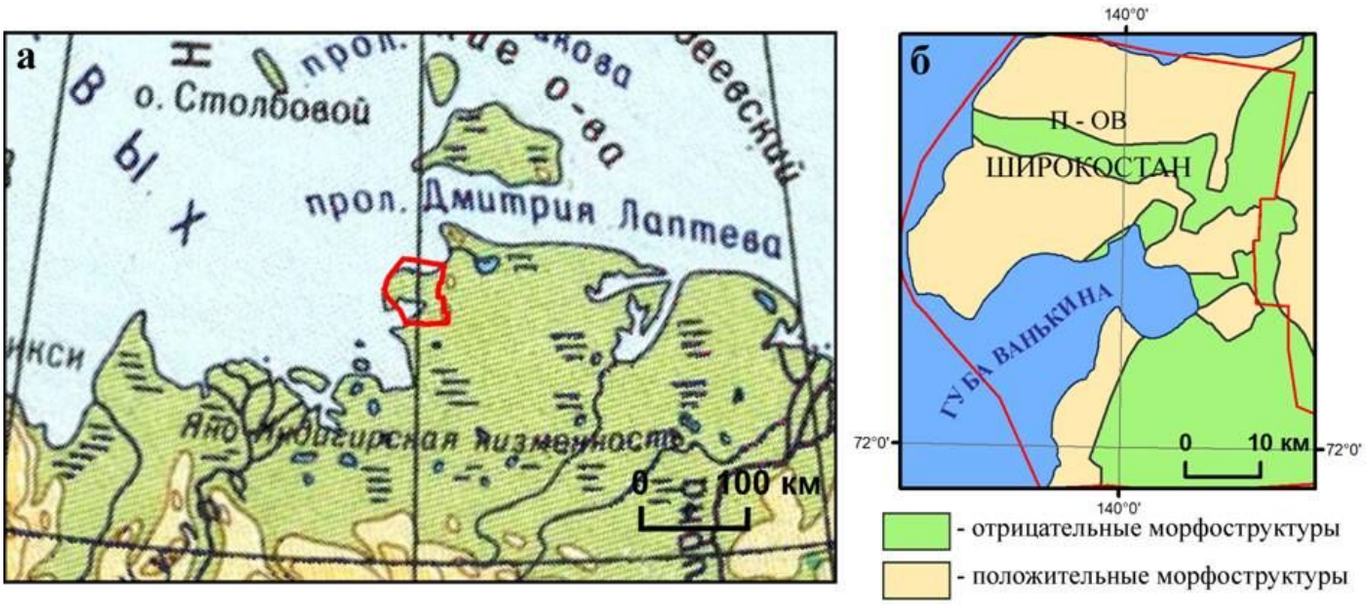


Рис. 3. Расположение района исследования динамики термокарстовых озер

только на Алазее, но и в пределах других отрицательных морфоструктур аккумулятивных равнин Северо-Востока России. Исследования показывают необходимость учета современной тектоники в региональных прогнозах.

Исследованиям предшествовало морфоструктурное районирование. Оно базировалось на следующих положениях.

1. Современный рельеф сформировался в результате накопления отложений ЛК в позднем плейстоцене и их озерно-термокарстовой переработки в ходе потеплений климата на рубеже позднего плейстоцена и голоцена (Каплина, 1987). Прогрессивное развитие озерного термокарста определяется условиями дренажа. В хорошо дренируемых положительных морфоструктурах термокарст, начавшись, как правило, затухает, в плохо дренируемых отрицательных, — наоборот, прогрессивно развивается (Романовский и др., 1999). В конце плейстоцена — начале голоцена озерный термокарст на аккумулятивных равнинах Северо-Востока выступил как процесс, «обнаживший» тектонику того времени, проявив ее в рельефе. Результаты термокарстового преобразования рельефа приняты нами в качестве критерия для выделения локальных морфоструктур рубежа плейстоцена и голоцена. Заверка такого подхода общепринятыми морфометрическими методами (Философов, 1960; Применение…, 1970), подтвердила правомочность использования указанного критерия. Для отнесения выделяемых территориальных единиц в ходе морфоструктурного районирования к положительным или отрицательным морфоструктурам использовалось процентное соотношение между аласами и останцами ЛК (едомами).

2. Выявление современных тенденций в развитии морфоструктур базируется на анализе морфологии и морфометрии рельефа. Использование в этих целях площадного соотношения аласов и озер с одной стороны, развивающихся и деградирующих озер — с другой, продольного профиля рек, глубины эрозионного и аласного расчленения, густоты и планового рисунка речной сети и других показателей позволило подразделить выделенные морфоструктуры на унаследованно развивающиеся и обращенные.

К настоящему времени в районе п-ва Широкостан (рис. 3) по разновременным снимкам произведена сезонная и многолетняя оценка динамики озер в пределах унаследованных положительных морфоструктур и отрицательных, меняющих в настоящее время направленность своего развития. Первые представлены едомной равниной с многочисленными аласами, вторые — аласной равниной с незначительным количеством едом.

При изучении *сезонных изменений* использовались космические снимки Landsat летнего периода 2011 года: за 18 июня, 4 июля и 5 августа. Установлено постепенное сокращение площади озер от июня к августу, наиболее выразившееся на аласной равнине и составившее 41%. Полученный вывод использован при оценке многолетних изменений.

Многолетние изменения оценивались по аэрофотоснимкам за 9 июля 1951 г. и КС Landsat-5 за 22 июля 2009 г. с помощью программного пакета Scanex IMAGE Processor 3.6.9. Полученные изменения выборочно проверялись по КС более высокого пространственного разрешения.

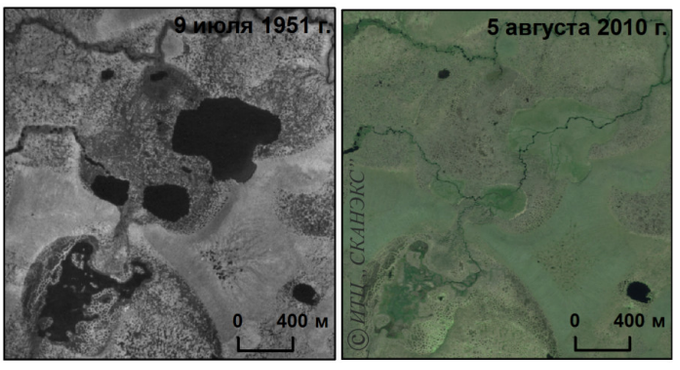


Рис. 4. Дренирование озер образовавшимся водотоком на положительной морфоструктуре

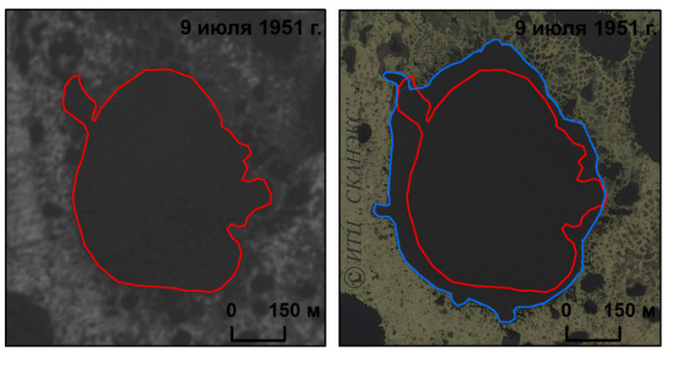


Рис.5. Увеличение площади озера за счет вытаивания полигонально-жильных льдов на аласной равнине

На положительной морфоструктуре существенных изменений площадей озер не зафиксировано. Напротив, в аласной равнине изменения существенны: за 60 лет сократились площади 47 озер, а увеличились — у 34 озер, Однако по суммарной величине увеличение (837 га), произошедшее только у крупных озер (более 10 га), превзошло сокращение (751 га). Увеличение озер зафиксировано со стороны поверхностей, занятых полигональным микрорельефом, т.е. произошедшее за счет вытаивания повторно-жильных льдов. Сокращение же площади озер происходило в основном за счет спуска озер водотоками, что связывается нами с современной сменой направленности развития морфоструктуры.

Проведенные работы показали, что многолетняя динамика термокарстовых озер связана в основном с отрицательными морфоструктурами. Спуск озер в одних случаях и расширение в других, по-видимому, стоят в связи со знакопеременным характером обращенной морфоструктуры. Планируется, что в последующем динамика озер будет изучена в морфоструктурах разного типа, в том числе в отрицательных, унаследованно развивающихся, по меньшей мере, с конца позднего плейстоцена.

Настоящие исследования показали результативность применения дистанционных данных и современных программных пакетов для исследований динамики криогенных процессов аккумулятивных равнин Северо-Востока России. Они выявили доминирующий фактор возникновения, развития и активизации таких экологически значимых деструктивных криогенных процессов, как термоабразия, термоденудация, термоэрозия, термокарст, которому до настоящего времени не уделялось должного внимания. Голоценовые и современные тектонические движения земной коры предопределяют морфоструктурный план территории, а вслед за этим характер проявления указанных процессов.

Литература:

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб
1:1 000 000 (новая серия). Лист R (55) — 57 — Нижнеколымск, Объяснительная записка, СПб, изд-во ВСЕГЕИ, 2000, 162 с.

2. *Готовцев С.П., Находкин Н.А., Барышев Е.В., Копырина Л.И.* О причинах подтопления населенных пунктов в бассейне р. Алазеи // Наука и техника в Якутии, № 2(15), 2008, с.23-26.

3. *Каплина Т.Н.* Закономерности развития криолитогенеза в позднем кайнозое на аккумулятивных равнинах северо-востока Азии. Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук, Якутск, ИМ СО АН СССР, 1987, 41 с.

4. *Пармузин С.Ю.* Тепловая инерция многолетнемерзлых горных пород и их устойчивость к изменениям внешнего теплообмена // Основы геокриологии, ч. 6. М., Изд-во МГУ, 2008 , с. 108-121.

5. *Пижанкова Е.И., Добрынина М.С.* Динамика побережья Ляховских островов (результаты дешифрирования аэрокосмических снимков) // Криосфера Земли, 2010, т. XIV, № 4, с. 66–79

6. *Пижанкова Е.И.* термоденудация в береговой зоне ляховских островов
(результаты дешифрирования аэрокосмических снимков) // Криосфера Земли, 2011, т. XV, № 3, с. 61–70

7. Применение геоморфологических методов в структурно-геологических исследованиях. М., Недра, 1970, 296 с.

8. Природные опасности. Геокриологические опасности (Под ред. Л.С. Гарагули и Э.Д.Ершова). М., Изд-во КРУК, 2000, 315 с.

9. *Романовский Н.Н., Гаврилов А.В., Тумской В.Е. и др.* Термокарст и его роль в формировании прибрежной зоны шельфа моря Лаптевых // Криосфера Земли, 1999, т. III, № 3, с. 79 — 91.

10. *Философов В.П.* Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур. Изд-во Саратовского гос. ун-та, 1960, 93 с.

Курчатова А.Н.[1,2], Рогов В.В.[3,4]
[1]Институт криосферы Земли СО РАН, [2]Тюменский государственный нефтегазовый университет, Тюмень, [3]Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, [4]Тюменский научный Центр, Тюмень, rogovvic@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ КОРРОЗИИ В МЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

В последние десятилетия в науках о Земле активно развивается геоэкология — направление, изучающее негативное воздействие на природу планеты антропогенного освоения территорий и использования природных ресурсов. Однако, большинство геоэкологических работ затрагивают главным образом разрушительный аспект техногенного воздействия, другой же аспект самозащита природных систем от него — рассмотрен недостаточно. В то же время в некоторых случаях эта самозащита настолько велика, что в таких видах деятельности как строительство и эксплуатация инженерных систем она рассматривается как агрессивный процесс, приводящий к разрушению объектов, созданных человеком. К таким процессам относится коррозия — разрушение металлических конструкций вследствие химического взаимодействия с окружающей средой.

Предлагаемая работа посвящена экспериментальному изучению подземной коррозии, имеющей место в районах островной и вечной мерзлоты и затрагивающей наиболее важные и распространенные металлические конструкции в этих районах — трубопроводы, сезонно-охлаждающие и иные устройства, применяемые в строительстве. Коррозионная активность грунтов южных районов хорошо известна, однако коррозия в мерзлых грунтах изучена весьма слабо. Причина этого лежит в представлениях, что из-за низких температур на Крайнем Севере чрезвычайно замедлены химические процессы, а также в специфических свойствах мерзлых грунтов которые имеют высокое удельное электрическое сопротивление (несколько тысяч Ом/м), а согласно регламенту ГОСТов грунты с высоким удельным электрическим сопротивлением относятся к коррозионно неопасным. Такое представление до сих пор не изжито в науке и практике. Однако существование рассматриваемой проблемы привлекло внимание геоэкологов-мерзлотоведов и вызвало появление работ, посвященных подземной коррозии в криолитозоне (Великоцкий, Егурцов, 2008, Зыков, Червинская, 2009). В этих работах справедливо отмечается, что сложившейся ситуации способствует неверное представление о криолитозоне как территории слабой геохимической активности, а также крайний недостаток данных, касающихся механизма действия и проявления коррозии в мерзлых грунтах.

В предлагаемой работе авторы использовали метод эксперимента для изучения коррозионной способности грунтов криолитозоны, поскольку детально изучить ее в натурных условиях в настоящее время не представляется возможным. Главная цель поставленного эксперимента состояла в том, чтобы выяснить, как и каким образом происходит процесс коррозии в мерзлых и промерзающих грунтах и от каких факторов она зависит.

В качестве объекта исследования были выбраны три вида грунта: суглинок из криометаморфического горизонта тундровой торфянисто-глеевой почвы в окрестностях г. Воркуты, люберецкий кварцевый песок и торф, отобранный в окрестностях г. Новый Уренгой. В качестве металлических конструкций для эксперимента были взяты стальные (сталь 09Г2С)

пластины размера 30х30х4 мм. Подготовленные грунты были помещены в специальные пластмассовые цилиндры высотой 90 мм и диаметром 30 мм, к основанию которых плотно прикреплена стальная пластина. Цилиндры были помещены в специальные термоизолирующие контейнеры из пенопласта, сверху покрытые пленкой для сохранения постоянной влажности.

Для исследования коррозионной активности грунтов нами были созданы следующие типы условий — постоянно мерзлое состояние (T = –20°C), периодическое промораживание-протаивание (+20 – –20°C, всего 60 циклов по 12 часов) и постоянное содержание образцов при комнатной температуре (T = 20°C).

Анализ распределения влажности и криогенной текстуры. Влажность грунтов является важнейшим условием существования многих природных процессов и подземная коррозия не является исключением. При подготовке эксперимента по моделированию процессов взаимодействия металлоконструкций и грунтов исходные грунты увлажнялись дистиллированной водой до определенной влажности в соответствии с их гранулометрическим составом, причем влажность подбиралась таким образом, чтобы процесс коррозии шел с максимально возможной интенсивностью. Исходные образцы песка увлажнялись до 20%, суглинка до 35%, торфа — 200%. Анализ влажности по слоям показал, что во всех образцах мерзлых грунтов эксперимента наблюдается увеличение влажности близ металлической пластины — минимальное у песка (2-3%) и максимальное в суглинке в условиях циклического промерзания-протаивания (10-15%). Из полученных данных можно сделать лишь один вывод — большую роль в перераспределении влаги играет металлическая пластина, причем увеличение ее заметно в образцах, испытывавших тот или иной способ промерзания.

Анализ криогенной текстуры показал, что образцы песка имели однородную массивную криогенную текстуру со льдом–цементом, который занимал межпоровое пространство между частицами, образуя включения подушкообразной формы. В образцах торфа также наблюдалась массивная криогенная текстура, где лед-цемент располагался в пространстве между растительными остатками и его включения имели разнообразную форму — от неправильных многоугольников до «полосок» вдоль стебельков растительных остатков. Образцы суглинка имели неоднородную текстуру — большая часть каждого образца имела массивную криогенную текстуру, а приконтактовая к металлу зона мощностью до 1-1,5 см имела слоистую криогенную текстуру. Особенно это было заметно для образцов суглинка, промерзавшего циклично. Лед-цемент в их массивной части прослеживался в виде порфировидных изометричных включений размером до 0,1 мм в поперечнике. В приконтактовой к металлу части образцов обнаруживалось наличие 3-4 прослоек сегрегационного льда толщиной 0,1-0,3 мм, расположенных параллельно металлической пластине и разделяющих их прослоек со льдом цементом толщиной 0,8-1 мм (рис. 1).

Из анализа криогенной текстуры и влажности можно сделать следующие выводы. Согласно существующим законам одномерного промерзания в данных образцах должна была сформироваться слоистая криогенная текстура со шлирами расположенными главным образом в той части, откуда начинается промерзание, поскольку обычно из нижележащей части вода мигрирует к фронту промерзания. Однако шлиры наблюдаются в противоположной, приконтактовой к металлу части, и даже на самой металлической пластине. Возможно, такой процесс произошел в силу теплофизических свойств металлической пластины.

Результаты определения гранулометрического состава. Известно, что наиболее частым результатом проявления криогенных процессов в грунтах является изменение их дисперсности. Таковое изменение предполагалось и для грунтов в проделанном эксперименте, для чего был проведен гранулометрический анализ исследуемых образцов. Гранулометрический состав определялся методом лазерной дифракции на лазерном гранулометре «Analysette 22». Гранулометрический состав грунтов в экспериментах как для условий постоянных положительных, так и отрицательных температур практически не отличался от исходного. Заметные изменения гранулометрического состава образцов наблюдались лишь в эксперименте в условиях циклического промерзания-протаивания. Для песка это выражалось в уменьшении доли песчаной фракции и увеличении пылеватой. Для суглинка эта дифференциация отличается еще и более значительной агрегацией тонких фракций в приконтактовой зоне. Это показывает, что в ходе циклического промерзания-протаивания произошло разрушение частиц крупных фракций и накопление пылеватых, при этом криогенная агрегация тонких частиц в данном опыте усиливалась коррозией металлической пластины, на контакте которой, возможно, происходила агрегация глинистых частиц железистыми соединениями.

Анализ микростроения грунтов. Подземная коррозия отличается от других видов коррозии прежде всего тем, что она является результатом взаимодействия металла с грунтом, в котором он находится. Помимо изменений гранулометрического

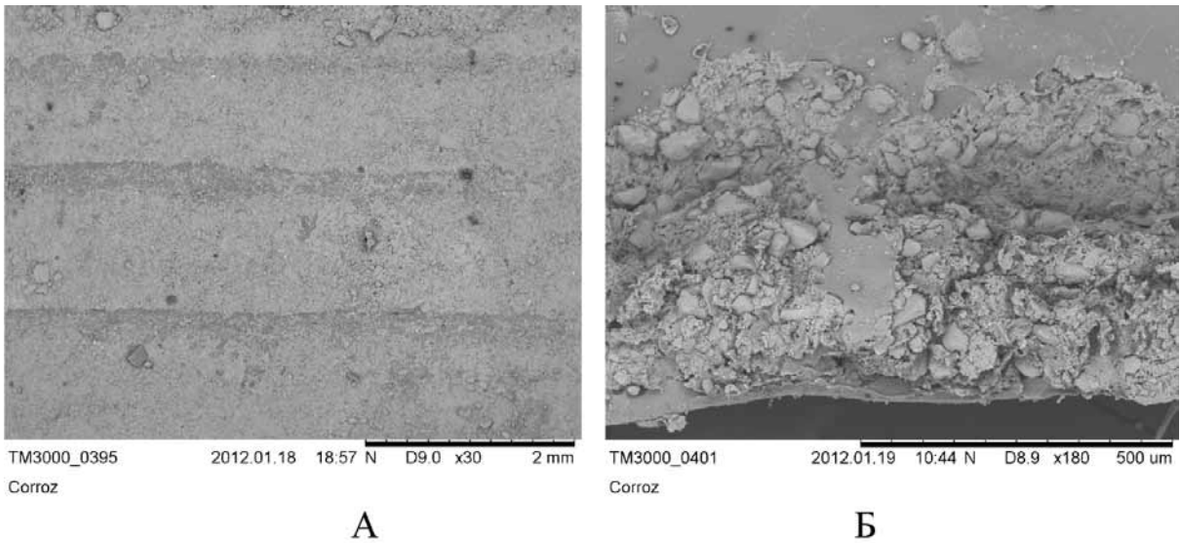


Рис. 1. Криогенная текстура циклически промерзавшего суглинка в приконтактовой к металлу части образца А — увеличение 30, Б — увеличение 180

состава грунта в эксперименте было поставлено задачей изучить микростроение грунта в приконтактовой к металлу части. Для этого эта часть отделялась от основной части образца и изучалась и фотографировалась при помощи электронного микроскопа Hitachi TM3000. Полученные микрофотографии разных образцов сравнивались между собой, на основании чего были сделаны выводы о преобразовании микростроения грунтов в процессе коррозии. Микростроение в образцах торфа подвергавшихся постоянному промерзанию практически не отличалась от немерзлых образцов — в них отмечается достаточно равномерное промерзание растительных остатков и органики по поверхности контакта. В образцах песка в режиме постоянного промерзания равномерность распределения элементов микростроения нарушается и наблюдается дифференциация материала на «острова» песка и включения льда между ними. Последние имеют различную форму: самые мелкие имеют «подушкообразную» форму, большие — «амебебообразную», самые большие имеют эллипсовидную форму разной степени вытянутости. Наиболее сложное микростроение наблюдалось для мерзлого суглинка. Оно представлено сложным переплетением амебообразных, округлых и эллиптических по форме включений льда, заключенных в грунтовой массе, которая в свою очередь представлена агрегатами сложной формы. Микростроение в образцах подвергавшихся циклическому промерзанию показывает еще более значительную дифференциацию его составляющих. Главное его отличие состоит в наличии кольцевых структур в образцах всех испытуемых грунтов. В образцах торфа они имеют размер от 1-2 мм в диаметре и составлены материалом, состоящим их растительных остатков, минеральных частиц и смеси органики с железистыми новообразованиями. В центре их, вероятно, распределялись включения льда. В образцах песка кольцевые образования представлены скоплениями частиц песка в виде колец с поперечником от 0,5 до 2,5 мм. В центре песчаных колец наблюдались «пятна» тонкодисперсного материала железистых новообразований. Еще более сложное микростроение наблюдалось в образцах суглинка. В них наблюдались кольцевые образования, правильной круговой и неправильной формы своеобразного строения: они имели внешний тонкий (0,1-0,2 микрона и диаметром 1-1,5 мм) круг, состоящий из тонкодисперсного материала, а внутри более толстое кольцо (толщиной 50-100 микрон и диаметром до 0,8-1 мм), состоящее из тонкодисперсной массы скелета (рис. 2А). Кроме этого, в грунтовой массе наблюдались кольца, составленные отдельными песчинками размером 0,2-0,5мм и сферические агрегаты, состоящие из пылеватых и глинистых частиц размером от 10 до 50 микрон (рис. 2Б).

Аутигенное минералообразование в образцах грунтов. Анализ экспериментальных образцов под микроскопом показал, что на контакте грунта с металлом наблюдается целый ряд образований, по химическому составу отличных от составляющих грунтов и металла, которых следует отнести к аутигенным. Исходя из теоретических представлений о коррозии, главными аутигенными минералами должны быть различные оксиды железа, но, так как процесс коррозии идет на контакте со сложными в минералогическом отношении грунтами, то можно предположить и формирование других минералов, нетипичных для «чистой» коррозии. Анализ состава, строения и морфологических свойств новообразованных минералов проводились с помощью электронного микроскопа Hitachi TM3000 и энергодисперсионного спектрометра SwiftED3000.

Аутигенные новообразования были обнаружены во всех образцах эксперимента. При этом наибольшее разнообразие форм аутигенных минералов обнаруживалось в эксперименте по циклическому промерзанию–протаиванию. В образцах песка сами песчинки были покрыты сидеритовыми корочками, которые постепенно переходили в древовидные образования, содержащие алюминий и силикат железа. Возможно, это фаялит (Fe_2SiO_4) или альмандин ($Fe_3Al_2[SiO_4]_3$) .Часть новообразований на местах контакта льда с металлом представляла собой округлые пятна размером от 10 мк оксида железа (Fe_2O_3), скорее всего, в аморфном или суперколлоидном состоянии. В центре таких пятен располагались кристаллы карбонатов. Большие по размеру пятна (до 0,5 мм), имевшие вид колец, внутри кольца содержали окристаллизованные формы сидерита ($FeCO_3$). Агрегаты песка объединялись в округлые образования посредством лентовидных образований силикатов железа, где количество кремния изменялось от одного до 15-16%.

Новообразования в образцах суглинка имеют сходные черты с таковыми в песчаном образце. Агрегаты частиц скелета объединены в образования в виде ленты, которая также как и в песчаном образце составлена аморфными соединениями оксидов железа. Кроме этого, здесь обнаружены кристаллические формы карбонатов и их аморфные соединения с железом в виде пятен сложной формы. По контакту льда с металлом образовывалось значительное количество округлых пятен железа и кремния различного размера — от 10 мк до 200 мк в диаметре, при этом с ростом размера пятна количество железа уменьшалось, а кремния увеличивалось (рис. 3А). Также обнаружено большое количество новообразований кальцита в

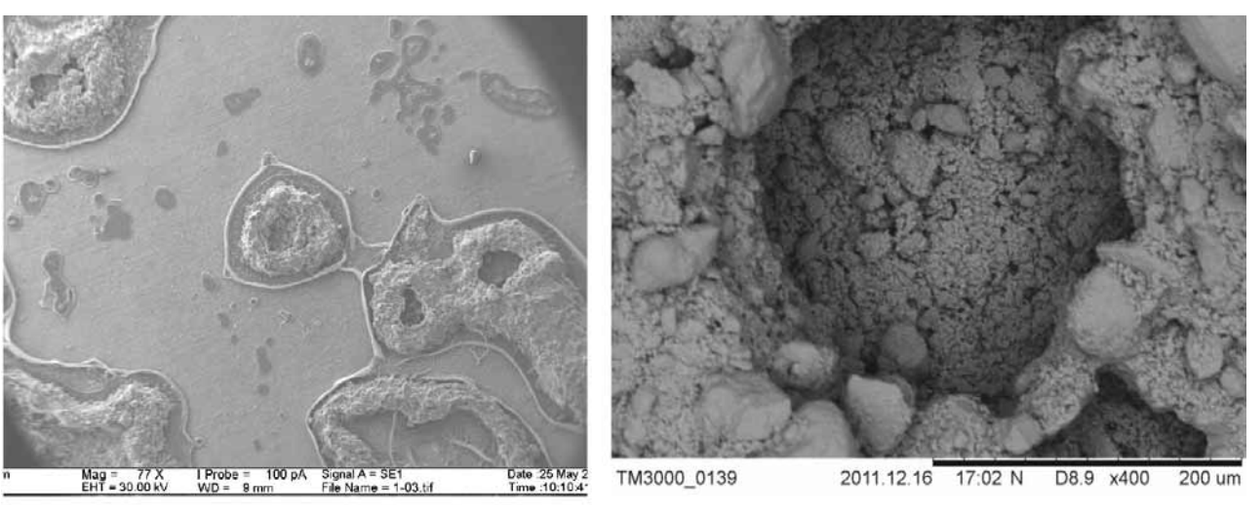


Рис.2. Кольцевые формы в образцах циклически промерзавшего суглинка. (А, Б — по тексту)

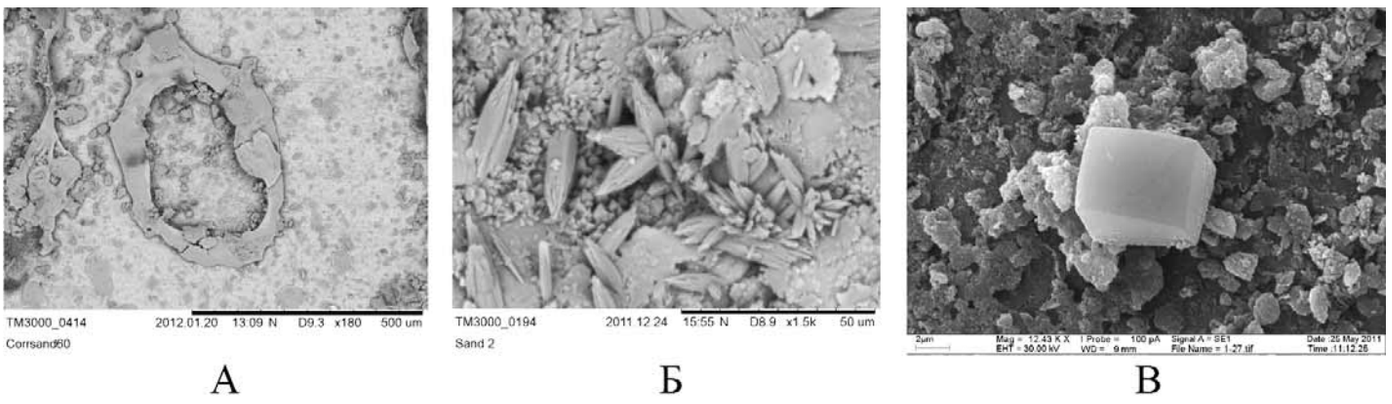


Рис. 3. Новообразования в образцах суглинка, испытавшем циклическое промерзание — оттаивание. (А, Б, В — по тексту)

виде отдельных кристаллов и друз (рис.3Б), реже встречались кристаллы галита. (рис. 3В).

В образце торфа большая часть новообразований на контакте с металлом представлена пленкой железокарбонатного состава. В ней присутствуют пятна амебообразной формы железомарганцевого состава. Кроме этого, на поверхности присутствуют агрегаты сферолитов, судя по составу — сидерита ($FeCO_3$)

Эксперимент показал, что в условиях положительных температур формируются главным образом коллоидные и аморфные образования трехвалентной оксидной формы железа. В условиях низких температур такой процесс тоже идет, но он дополняется образованием кристаллических форм соединений железа. Заметно, что процесс промораживания повлек за собой выпадение из порового раствора различных соединений, как например, кремнезема, соединений кальция и натрия. которые смогли образовать совместно с железом новые минералы. Все это позволяет сказать, что аутигенное минералообразование, а следовательно, и химические реакции в них не только не присутствуют, но была даже более активны и разнообразны, чем при положительной температуре, а наиболее активно процесс идет при периодической смене температуры.

Особенности коррозии металла в ходе эксперимента. Конечной целью эксперимента была оценка степени коррозии металлических пластин Для этого металлические пластины отмывались от грунта и продуктов коррозии слабым раствором соляной кислоты (5%) и их поверхность обследовалась с помощью электронного микроскопа. Поверхность металла в контрольном образце была отполированной до блеска и визуально выглядела идеально ровной (рис. 4А). Под микроскопом поверхность также была весьма ровной, наблюдались лишь параллельные полосы оставшиеся после полировки. Поверхность металла в экспериментальных образцах значительно отличалась от исходной. Для всех образцов она была покрыта крупными кавернами различного размера и глубины с максимальным поперечником до 2-3 мм и максимальной глубиной до 0,1-0,3 мм(рис. 4 Б,В). Характер мелких каверн, вероятно, являющихся центрами дальнейшего травления, явно связана с характером грунта. В пластинах контактировавших с песком образцах видно, как каверна образовалась под порой между

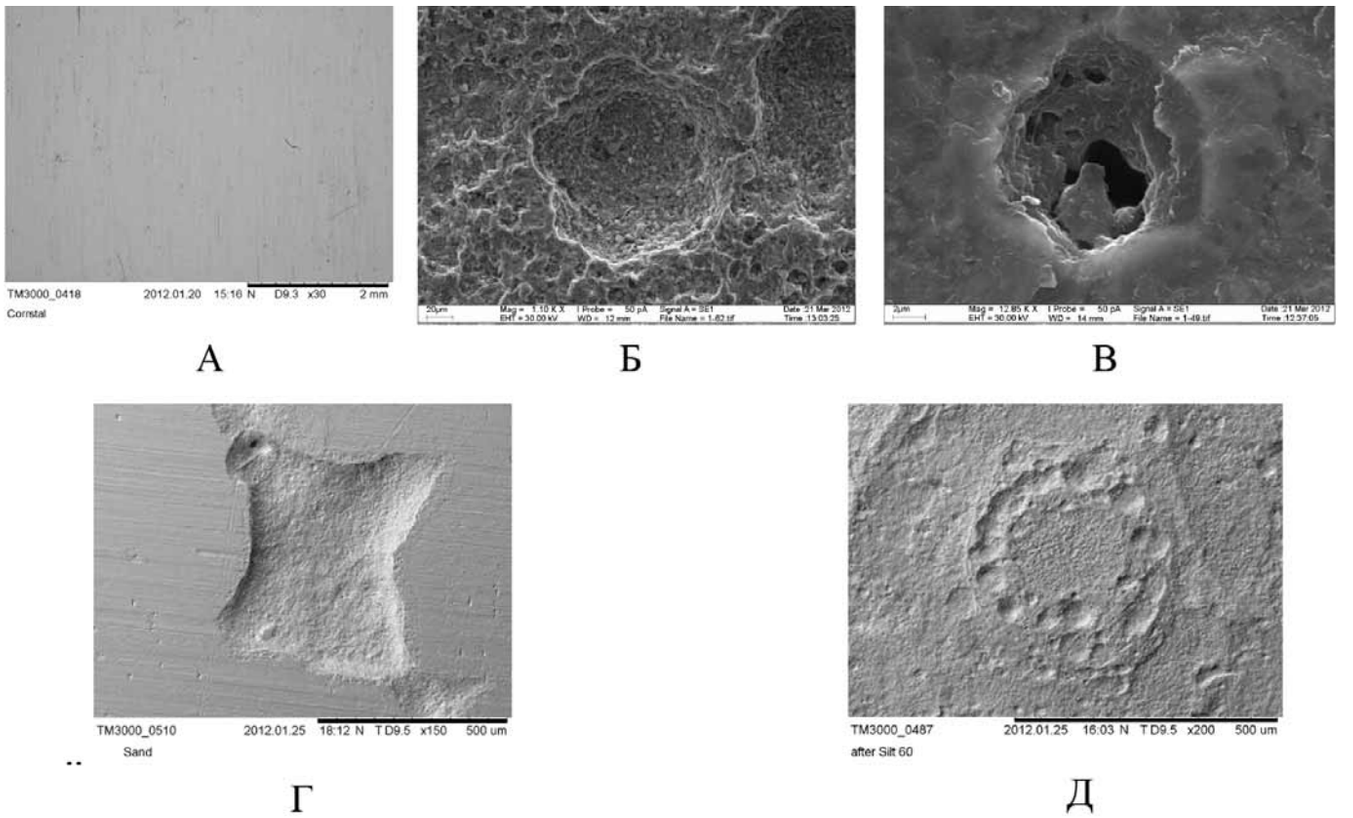


Рис. 4. Характер поверхности контрольной пластины (А); крупные каверны на поверхности пластины в образцах мерзлого песка (Б) и торфа (В); мелкие каверны в образце песка (Г) и суглинка (Д)

Таблица 1

Скорость коррозии металлических пластин

№	Эксперимент	Вес до экспер. г	Вес после эксп, г	Абс. коррозия, г	Скорость коррозии, мм/год
1	Песок при пост полож.темпер	31,7885	31,4597	0,3288	0,174
2	Суглинок при пост полож.темпер	31,5765	31,3753	0,2012	0,106
3	Торф при пост полож.темпер	31,7880	31,6785	0,1095	0,058
4	Песок при пост отрицат.темпер	31,7985	31,5956	0,2029	0,108
5	Суглинок при пост отрицат. темпер	31,7884	31,5162	0,2722	0,144
6	Торф при пост отриц.темпер	31,5785	31,4742	0,1023	0,054
7	Песок при цикл. промерз	31,6817	31,4363	0,2454	0,130
8	Суглинок при цикл. промерз	31,7884	31,3840	0,4044	0,214
9	Торф при при цикл. промерз	31,4712	31,1474	0,3238	0,171

четырьмя песчинками, а в образцах суглинка каверны связаны с кольцевыми образованиями (рис. 4 Г,Д).

Помимо морфологического описания характера каверн металлических пластин нами был проведен расчет потери веса в результате коррозии. На основе данного расчета определена скорость коррозии для разного условий эксперимента (табл. 1).

Из таблицы видно, что рассчитанная скорость коррозии хотя и меньше, но вполне сопоставима с показателями скорости коррозии в природных условиях (на Уренгойском нефтегазовом месторождении — 0,4 мм/год, Великоцкий, Егурцов 2008) . Полученную разницу можно, вероятно, объяснить тем, что скорость коррозии определялась по условиям эксперимента, а не согласно принятой стандартной методики. Главный же вывод, который получен благодаря эксперименту, состоит в том, что он показал и качественно и количественно, что коррозия в мерзлых грунтах не меньше, чем в немерзлых , а в условиях циклического промерзания –оттаивания в 1,5-2 раза больше, чем в немерзлых. Кроме этого, анализ кавернозности показал, что разрушение поверхности зависит от типа грунта — в песках преобладает точечная, а суглинке плоскостная кавернозность; различается и форма каверн — в песках она следует форме ледяных включений,а в суглинках — распределению песчано-пылеватых частиц. Эти данные показывают, что кавернозность поверхности металла, очевидно, является следствием действия разных факторов — количества и состояния воды (свободная или связанная), величиной и характером минерализации порового раствора, степенью его кислотности, скоростью химических реакций, соотношением между разрушением и осаждением материала, составом образующихся аутигенных соединений. Нельзя также не учитывать и влияние процессы при кристаллизации воды и сами кристаллы льда в моменты его структурных превращений, которые уменьшают электропроводность породы и ускоряют коррозию (Шавлов, 1996).

Литература:

1. *Великоцкий М.А., Егурцов С.А.* К проблеме оценки коррозионной активности многолетнемерзлых дисперсных грунтов// Криосфера Земли. — 2008. — №3. — С. 51-57.

2. *Зыков Ю.Д., Червинская О.П.* К вопросу об оценке коррозионной агрессивности грунтов //Инженерные изыскания, №4, 2009.

3. *Шавлов А.В.* Лед при структурных превращениях. Новосибирск, Наука, 1996, 188 с.

Осадчая Г.Г.[1], Ситников А.В.[2], Ястребов Д.Н.[3]
[1]Ухтинский государственный технический университет, Ухта, galgriosa@yandex.ru
[2]Филиал ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в г. Ухта, av-sitnikov@mail.ru,
[3]ООО «НИПИ нефти и газа УГТУ», Ухта, yastrebov.d@mail.ru

УЧЕТ ЗОНАЛЬНЫХ МЕРЗЛОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

Большеземельская тундра характеризуется полным набором геокриологических подзон, причем протяженность их с юга на север может в некоторых случаях достигать всего нескольких десятков километров. Особенностью региона является то, что зональные типы распространения многолетнемерзлых пород (ММП) условно соответствуют природной зональности (табл.1).

При организации инженерно-геологических изысканий необходимо четко соотносить исследуемый участок (или его часть) к определенному зональному типу ММП, так как в зависимости от этого можно заранее ориентироваться на различные вариации ряда геокриологических характеристик. Прежде всего, это характеристики «зонального ряда». К ним относятся распространение ММП, их температура, наиболее значимые криогенные процессы и их интенсивность, в ряде случаев (для Большеземельской тундры) глубины сезонного промерзания и протаивания (СТС-СМС). Собственно инженерные характеристики грунтов и типы геологических разрезов в большей степени подчиняются региональным закономерностям.

В инженерно-геологических изысканиях широко используются методы ландшафтной индикации. Они позволяют, в частности, предположить формирование той или иной инженерно-геологической ситуации на конкретном участке и уточнить границы смены этих ситуаций. Ландшафтную индикацию целесообразно проводить на уровне урочищ, а для конкретизации обстановки в сложных урочищах в отдельных случаях — на уровне фаций. Анализ обширной информации по региону позволяет с большой долей вероятности уже на предполевом этапе проведения работ представить варианты мерзлотных зональных характеристик и планировать полевые работы в зависимости от их сложности [3].

В качестве основы предлагается использовать кадастр репрезентативных урочищ криолитозоны Тимано-Печорской

Таблица 1

Соответствие природной и геокриологической зональностей

Природные зоны и подзоны	Геокриологическая подзона	Распространение мерзлых пород по площади (%)
Зона тундр	I - сплошного распространения ММП	> 90
Подзона северной лесотундры	II - прерывистого распространения ММП	50-90
Подзона южной лесотундры	III - массивно-островного распространения ММП	10-50
Северная часть подзоны крайнесеверной тайги	IV - островного распространения ММП	< 10

провинции, включающий более 30 основных видов [1]. Для удобства систематизации урочища сгруппированы в 6 основных групп по типу растительности: лесной, болотный, торфяников, тундровый, луговой и поемный. В каждой из групп выбраны репрезентативные, фоновые для определенных зональных условий урочища. Их мерзлотные характеристики охарактеризованы в зональном аспекте. Приведены сокращенные названия урочищ, геокриологическим подзонам присвоен условный индекс (см. табл.1).

Лесные урочища

Все виды лесных урочищ распространены в подзонах II, III и IV и развиты преимущественно на талых грунтах. Только в лесотундре (подзоны II и III) встречаются вытянутые по форме и локализованные поперек уклона участки с ММП как сливающегося, так и несливающегося типов (не более 5%), в основном в переходной зоне между генетическими ландшафтами [2]. Как правило, это не заболоченный и не лишайниковый лес, а елово-березовый среднекочковатый кустарниково-кустарничково-мохово-лишайниковый, либо такое же редколесье.

Мерзлота визуально не определяется, на снимках практически не дешифрируется. Ее температура -0°С, криогенные процессы не развиты. Глубина СТС может быть различной в зависимости от конкретного литологического разреза и мощности моховой подушки и меняться от 0,6 до 1,2 м. Зональной изменчивости глубины СТС не отмечено.

Болотные урочища

К этой группе урочищ отнесены разные виды болот и термокарстовые понижения. Последние (как урочища) встречаются только в подзонах I и II, собственно болота — в подзонах II, III, IV. При дешифрировании они практически не различаются, в полевых условиях могут быть определены по наличию некоторых видов растительности.

Практически на всех болотах можно встретить новообразования ММП, но они занимают незначительную площадь. Только в пределах грядово-мочажинных болот (подзоны III и IV), а именно на торфяных грядах встречены маломощные высокотемпературные ММП (до 30% площади), однако следует учесть, что иногда гряды талые. ММП дешифрируются не всегда, поэтому при работе на таких участках их мерзлотные характеристики могут различаться.

Как самостоятельное урочище термокарстовые понижения выделяются только в крупном масштабе, чаще включаются в урочища торфяников. В подзоне I повсеместно развиты преимущественно высокотемпературные ММП, хотя в отдельных случаях температуры могут понижаться до -2°С, доминирует сливающийся тип разреза, хотя в последнее время растет площадь участков с несливающейся мерзлотой. В подзоне II наблюдается сложное чередование талых и мерзлых участков. Мерзлые участки характеризуются высокотемпературной мерзлотой, местами несливающегося типа. Вне зависимости от зональной приуроченности мощность СТС составляет 0,6-0,9 м.

Урочища торфяников

Для региона характерны плоскобугристые, плоские полигональные, плоские заозеренные, выпуклобугристые торфяники и хасыреи (котловины спущенных озер — топонимика ненцев). К группе урочищ торфяников они отнесены условно, так как в зрелой стадии развития приобретают сходных с ними характер растительности и мерзлоты.

Торфяники плоскобугристые распространены в подзонах I, II, III.

В подзоне III урочище всегда характеризуется мерзлыми буграми и талыми межбугровыми понижениями. Температура ММП на буграх может достигать -2°С. Следует учитывать, что в пределах одного бугра она может сильно различаться в центральной и краевой частях. Криогенные процессы плохо выражены, только в межбугровых понижениях может идти новообразование мерзлоты. СТС варьирует в пределах 0,3-0,6 м.

В подзоне II часть межблочий, особенно в северной части, мерзлые, редко с несливающейся мерзлотой. Температура ММП на буграх может достигать -2,5°С. Также в пределах одного бугра она сильно различается в центральной и краевой частях, в межбугровом мерзлом понижении близка к 0°С. В пределах урочища встречаются фрагменты полигонального мезорельефа с полигонально-жильными льдами (ПЖЛ), активное развитие которых продолжается. СТС варьирует в пределах 0,3-0,9 м.

В подзоне I ММП в пределах урочища развиты повсеместно. Температура ММП варьирует в интервале от -1°С (в межбугровых понижениях) до — 4°С. Современное развитие термокарстовых процессов фиксируется редко, заметнее развитие термоабразии, локального растрескивания с формированием ПЖЛ. СТС достигает 0,8 м в межбугровых понижениях, на буграх — не более 0,5 м.

Торфяники плоские полигональные как самостоятельное урочище выделяется в подзоне I. ММП развиты повсеместно. Температура ММП варьирует в интервале от -2 до — 4°С. Продолжается, но не во всех случаях, активно развитие ПЖЛ, отмечено развитие термоабразии и термоэрозии. СТС составляет 0,3-0,5 м.

Торфяники плоские заозеренные выделяются в подзоне I. ММП развиты повсеместно. Температура ММП варьирует в интервале от -1 °С до -2,5°С. Развиты процессы термокарста, термоабразии, локального пучения близ озерков, фиксируется морозобойное растрескивание на торфяных блочках и грядах. СТС составляет 0,4-0,9 м.

Торфяники выпуклобугристые распространены в подзонах II, III и IV. Урочищу характеризуется мерзлыми буграми и талыми межбугровыми понижениями. В подзоне II урочище находится преимущественно в стабильном состоянии; в подзонах III и IV наблюдается активный рост бугров и развитие новообразований в межбугровых понижениях. На буграх изменчивость температуры зависит от близости к межбугровому понижению, составляя близ последнего -0°С и понижаясь к центру бугра в зависимости от зональной принадлежности участка от подзоны IV к подзоне III соответственно до -0,3 °С, -1,5 °С, -3°С. СТС составляет 0,4-0,8 м.

Хасыреи распространены в подзонах I и II.

В подзоне II днища хасыреев преимущественно талые за исключением новообразований ММП (бугров), где температура ММП может достигать -2° С. В подзоне I мерзлотное строение более сложно. В зависимости от стадии развития на днище выделяются участки с несливающимися и слоистыми ММП, а также ММП сливающегося типа. Бугры чаще всего мерзлые по всему разрезу, характеризуются наиболее низкими температурами (до -3°С). СТС варьирует от 0,4 до 1,1 м.

Тундровые урочища

Тундровые урочища развиты во всех подзонах, но морфологически сильно различаются.

В южной криолитозоне преобладают тундры плоско- и пологоволнистые с отдельными деревьями, в подзоне прерывистого распространения ММП — встречается реже.

В подзоне IV тундровое урочище представлено незначительно. ММП отсутствуют (за редким исключением, когда урочище развито на участках карста). Для подзон II, III характерно сложное сочетание талых и мерзлых участков при значительном преобладании талых. Если позволяет масштаб, мерзлые участки выделяют как самостоятельные урочища. Мощность ММП может составлять как 6-30 м, так и менее 6 м (участками 1-2 м, мерзлота устойчива). Несливающиеся мерзлые породы не характерны, но могут быть встречены. Даже на небольшой площадке (например, 30х30 м) в зависимости от фациальной принадлежности можно встретить ММП по всему инженерно-геологическому разрезу, ультрамаломощные ММП, талые участки. На мерзлых участках температура меняется от -0 °С до -

0,5 °С (подзона III) и -2°С (подзона II). Распространение мерзлоты также сильно варьирует от 0 до 80%. Мощность СТС в подзоне III меняется от 0,4 до 0,7 м, в подзоне II — от 0,3 до 1,2 м. Предполевое дешифрирование не позволяет с достаточной достоверностью вычленить участки с ММП.

В подзонах I, II встречаются тундры на слабовогнутых пологих склонах и плоских междуречьях с ивняками древовидными с отдельными выпуклыми блоками ерниково-ивняково-мохово-лишайниковыми. В подзоне I к ним приурочены несквозные талики, в подзоне II — сквозные. ММП приурочены только к буграм (мощность ММП в среднем 6-10 м), которые занимают не более 20% площади урочищ, а то и вовсе отсутствуют; температура мерзлоты от -0°С до -2,5°С. В зависимости от конкретной характеристики грунтового разреза СТС варьирует от 0,5 до 1,0 м.

На минеральных участках в подзонах I, II доминируют урочища с различным блочным мезорельефом. Наиболее развиты тундры с соответственно крупно-, средне-, блоково-грядовым и нечеткоблочным мезорельефом. Практически повсеместно (за исключением самых северных участков) к блокам приурочены ММП (иногда несливающегося типа), межблочья представляют собой достаточно глубокие (6-15 м) несквозные (в подзоне I) и сквозные (в подзоне II) талики. Распространение ММП в зависимости от характера блочности составляет от 70 до 90% в подзоне II. В подзоне I можно говорить о площади, которую занимают несквозные талики: 0 — 30%. В любом случае температура ММП на блоках очень сильно варьирует: от -0°С до -2°С (в подзоне II) и -4,5°С (в подзоне I). Из-за широкого распространения пятнистого микрорельефа, также широк спектр глубин СТС. Если не учитывать глубину протаивания под пятнами, ее фоновое значение в подзоне II составляет 0,8-1,2 м, в подзоне I — 0,4-0,8 м. Конкретные глубины могут выбиваться из этого ряда из-за высокой степени мозаичности растительности.

Реже, практически только в подзоне I, встречаются урочища с мелкополигональным и холмистым мезорельефом (развиты на песках). Для них характерно повсеместное развитие ММП с фоновыми температурами от -2°С до -4°С, мощность СТС 1-2 м. Несквозные талики (до гл. 3-6 м) местами отмечены только на холмистых тундрах.

Тундры плоские придолинные распространены в подзонах I, II. В подзоне I мерзлота, как правило, сливающегося типа, развита повсеместно. В подзоне II ММП как сливающегося, так и несливающегося типов, под временными водотоками, секущими урочища могут формироваться сквозные талики. Редкими фрагментами отмечаются талые участки.

Луговые урочища

Урочища приурочены к крупным речным долинам и придолинным поверхностям в южной криолитозоне. ММП отсутствуют.

Поемные урочища

Приурочены к долинам рек и ручьев, полосам стока. Преимущественно талые. ММП характерны только для подзоны I: под полосами стока и мелкими ручьями — несливающегося типа; на пойменных участках крупных и средних рек — как сливающегося, так и несливающегося типов. Изучены недостаточно.

Таким образом, распространение ММП с высокой степенью достоверности возможно определить (при проведении дешифрирования или предполевых рекогносцировочных исследований) для подзон IV и I, причем в последнем случае в пределах блочных тундр нужно учитывать широкий возможный диапазон температур ММП в пределах даже одного блока. В подзонах III и II (лесотундра) при проведении инженерно-геологических изысканий (особенно в зимнее время) на урочищах тундр и торфяников возможны значимые ошибки при оценке как распространения, так и температуры ММП; для лесных урочищ нельзя исключать развития мерзлоты. Наиболее сложные вариации мерзлотных характеристик характерны для тундровых урочищ лесотундры, при этом явные индикационные признаки наличия и характера ММП отсутствуют. либо могут быть использованы только в летнее время и только при наличии специальных геоботанических знаний. Существующая практика организации инженерно-геологических изысканий не позволяет получать для региона информацию достаточной степени достоверности.

Литература:

1. *Маслов А.Д., Осадчая Н.В., Тумель Н.В., Шполянская Н.А.* Основы геокриологии: учебное пособие. Ухта: Изд-во Института управления, информации и бизнеса, 2005, 176 с.

2. *Осадчая Г.Г.* Особые случаи формирования многолетнемерзлых пород в Большеземельской тундре//Тезисы Международной конференции «Приоритетные направления в изучении криосферы Земли» (25-28 мая 2006 г.), Пущино, 2005, с.40-41.

3. *Осадчая Г.Г., Тумель Н.В.* Локальные ландшафты как индикаторы геокриологической зональности (на примере Европейского северо-востока)/Криосфера Земли, 2012, № 3, с.62-71.

Сальва А.М.
Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,
Якутск, salvaam@mail.ru

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ ОЗЕРО СОЛДАТСКОЕ В г. ЯКУТСКЕ

26 сентября 2006 года в Якутске был сдан в торжественной обстановке автомобильный и пешеходный мост через озеро Солдатское. Разработкой моста через озеро Солдатское занимались сотрудники института «Якутпроект» совместно с институтом по проектированию мостов, развязок, искусственных сооружений для транспорта «Мориссот» (г. Москва). За короткое время была разработана проектно-сметная документация мостового перехода. Мост получился в национальном колорите в виде урасы на 10 метров короче, чем первый мост по Пояркова (район Автовокзала), длина нового моста составляет 46 метров (рис.1).

Мост через озеро Солдатское однопролетный. Пролетное строение — металлическое арочное с ортотропной плитой проезжей части, оно предназначено для круглогодичного и беспрепятственного пропуска автомобильного, пневмоколесного и пешеходного движения. Опоры моста выполнены из монолитного железобетона. Ширина проезжей части с полосами безопасности — 16 м, тротуары с бортовыми ограждениями — 2х3 м.

Улица Пояркова стала еще на 46 метров длиннее. После завершения реконструкции улицы Пояркова, которая протянется от улицы Автодорожной до площади Победы и далее до речпорта в столице республики появится сквозная четырехполосная магистраль.

Объектом изучения является мерзлый грунт на месте строительства мостового перехода. Цель изысканий — выяснение возможности строительства мостового перехода на данных грунтах. Изыскания базировались на нормативных документах СП 11-105-97 [3] и включали: бурение скважин под основные опоры 1 и 2 (рис.1), отбор проб на физико-

Рис. 1. Опоры мостового перехода через озеро Солдатское в Якутске (Фото А.М. Сальва, 2010 г)

механические свойства, описания грунтов и мерзлотных процессов, а также анализ инженерно-геологической информации.

В физико-географическом отношении город расположен на левом берегу среднего течения р. Лена, на высокой пойме и на I надпойменной аллювиальной террасе (равнине). Климат континентальный умеренной зоны холодно-умеренной подзоны. Это проявляется в значительных годовых колебаниях температур воздуха — за последние 10 лет, абсолютный максимум достигал до +35 °С, абсолютный минимум –55 °С, а также малом количестве осадков — 240 мм в год. Абсолютные отметки высот непосредственно в районе мостового перехода 94 метров по БС. На территории города более десятка небольших озер. В строении принимают участие аллювиальные верхнечетвертичные отложения, до изученной глубины (10 м) участок сложен техногенными грунтами, пылеватыми и мелкими, средними песками и супесью. Мерзлотные условия наземного мостового перехода характеризуются развитием сплошной многолетней мерзлоты. Мощность многолетнемерзлых пород (ММП) в районе до 250 м. Глубина сезонного оттаивания ММП в районе изысканий от 0,7–2,5 м [1] в зависимости от литологического типа грунтов. Температура грунтов на глубине 10 м достигает –4 °С. Грунтовые воды распространенны в пределах деятельного слоя. Проявлений мерзлотных процессов на участке не обнаружено.

В результате детального изучения физико-географических условий, с учетом состояния и литологических типов грунтов до исследованной глубины были выделены инженерно-геологические элементы.

Слой сезонного оттаивания (ССО)

ИГЭ-1. Насыпной (техногенный) грунт. Представлен глинистыми и песчаными разнозернистыми грунтами, бытовым и строительным мусором, отходами лесопиления. Грунты сильнозасоленные. Во время проходки скважин грунты находились в талом состоянии.

ИГЭ-2. Супесь вскрыта в верхней части разреза, светло-коричневого цвета, представлена легкой разностью, среднезасоленная, твёрдомерзлая с тонкослоистой криогенной текстурой. Консистенция текучая.

ИГЭ-3 Песок пылеватый, рыхлый, насыщенный водой, сильнозасоленный, залегает ниже насыпного слоя. Грунты желто-серого цвета, при промерзании среднепучинистые. Во время проходки скважин грунты находились в талом состоянии.

Многолетнемерзлая толща пород (ММП)

ИГЭ-4. Песок мелкий. Грунты пользуется широким распространением, слагают среднюю и нижнюю часть разреза, средней плотности, среднезасоленные. Пески от желто-серого до светло-коричневого цвета, твердомёрзлые с массивной криогенной текстурой.

ИГЭ-5. Песок средний. Вскрыт в нижней части разреза, светло-коричневого цвета, слабозасоленный, твёрдомерзлый с массивной криогенной текстурой по ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация грунтов. Межгосударственный стандарт. М.: Госстроя России, 1996.

Таким образом, по категории сложности инженерно-геокриологических условий участок строительства мостового перехода можно считать простым (СП 11-05-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть IV. Правила производства работ в районах распространения многолетнемерзлых грунтов. М.: Госстроя России, ПНИИИС, 2000). Строительство на данном участке проектировать по принципу I (СНиП 2.02.04-88. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Москва. 1990), т.е. с сохранением мерзлого состояния грунтов основания. Рекомендуется заложение свай ниже уровня подошвы слоя сезонного оттаивания, способ и глубину определить расчетным методом, исходя из проектной нагрузки, а в качестве естественного основания включить грунты ИГЭ-4 и ИГЭ-5.

Литература:

1. Картографический атлас Якутска. Якутск, Сахагипрозем, 2007.

СЕКЦИЯ «ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СОСТАВЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ»

Лехов М.В.
Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, lehov@mail.ru

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ОЦЕНКА ОПОЛЗНЕВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОБВОДНЕННЫХ СКЛОНОВ. ПРОГРАММА SLUMP

Оценка условий строительства на склонах осложняется рядом факторов. К ним относятся в первую очередь гидрогеологические условия — наличие потока грунтовых вод, его затрудненная связь с поверхностными водами, затопленный низовой откос, сооружения вблизи водоема или реки, подтопленные фильтрационным потоком, водопонижение от защитного дренажа.

Необходимость количественной оценки устойчивости склона и сооружений с учетом влияния подземных вод и водоема требует внимательного рассмотрения приемов схематизации и формализации в виде развитого, готового к применению алгоритма программного счета.

Программа SLUMP разработана для быстрых, экспертных расчетов в практике научных исследований, проектирования, изысканий. Для оценки устойчивости используется инженерный метод, основанный на расчете силового баланса в предполагаемом оползневом теле, близком к состоянию предельного равновесия. Определяется коэффициент запаса устойчивости склона и эпюра избыточной силы сдвига — ее превышение над удерживающей силой.

Расчет инженерными методами не сложен, но связан с утомительными вычислениями. Для нахождения положения поверхности скольжения с наименьшим запасом устойчивости оползневого массива необходимо проводить многовариантные расчеты, подготовка которых занимает время. Каждое изменение поверхности скольжения требует нового распределения параметров вдоль нее и полного пересчета сил.

Расчет сопряжен и с вероятностью механических ошибок. Программа берет на себя вычислительный труд, предоставляет возможность автоматического и интерактивного поиска наиболее слабой поверхности заложения оползня.

Как показывает практика прикладных компьютерных расчетов, развитые программные системы, предназначенные для решения обширных комплексов задач, имеют и негативную сторону. Для использования многочисленных возможностей, инструментов, изобразительных средств требуется обучение (правильнее, желание обучаться), знание языка. Многое отпугивает пользователя, не говоря о том, что стоимость таких систем высока.

Задача автора программы SLUMP — обеспечить исследователя простым удобным инструментом — «оползневым калькулятором». Программа имеет однооконный интерфейс, каждый управляющий элемент снабжен контекстной подсказкой, ввод данных производится в обычную электронную таблицу,

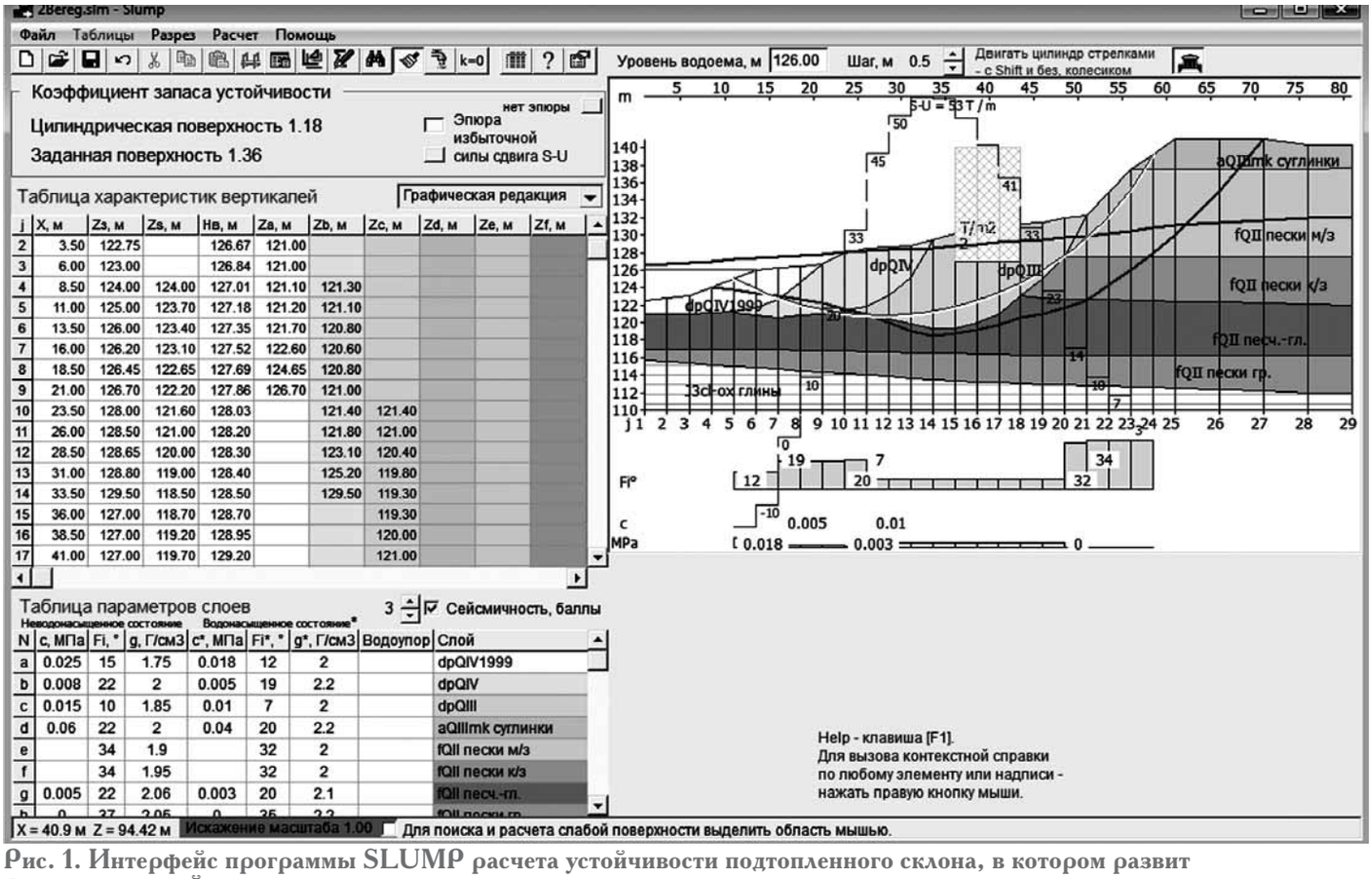


Рис. 1. Интерфейс программы SLUMP расчета устойчивости подтопленного склона, в котором развит фильтрационный поток

может осуществляться прямая редакция изображения разреза. Вместе со справочной системой и встроенной инструкцией программа имеет учебно-методический характер и используется для занятий с магистрантами в курсе «Гидрогеомеханика и инженерная гидрогеология».

Для расчета необходимо построить профиль, назначить их свойства слоев, произвести разбивку разреза на вертикальные блоки и задать геометрические данные — поверхность земли и подошвы слоев. Разрез сразу выводится на экран, как только заданы координаты нескольких точек на поверхности земли и значения параметров для первого слоя. В качестве инструмента поиска заложения оползня используется цилиндрическая поверхность. Затем, имея перед глазами разрез, можно усложнять строение и получать при каждом изменении характеристику устойчивости.

Известная подошва оползня может быть задана сразу, по геологическим данным. При неизвестном ее положении предоставляется возможность автоматического отыскания слабой поверхности скольжения цилиндрического оползневого сегмента с наименьшим запасом устойчивости. Можно вручную, с помощью клавиатуры или мыши перемещать по экрану поверхность скольжения, наблюдая тенденцию изменения показателя устойчивости в зависимости от степени захвата массива. Вычисление геометрических параметров окружности не требуется, на дисплее поверхность опирается на слой и заколы в низовой и верховой точках на профиле склона.

Программа работает в среде Windows 9x, NT и более современных модификациях. Первая версия под названием SLOPE была создана для DOS в 1992 г. и не имела функций автоматического поиска и, главное, автоматической выборки разных свойств слоев в ходе подбора слабой поверхности.

В современной версии программы учитываются: параметрическая неоднородность массива, вес сооружений, воздействие потока подземных вод на грунты и сооружения, гидростатическое давление на подводный участок склона, динамические нагрузки (сейсмический фактор).

На дисплей выводится разрез, свободная поверхность подземных вод, поверхность водоема, врез фундамента сооружения. Выводятся эпюры параметров вдоль цилиндрической поверхности скольжения, график избыточной сдвигающей силы (для выбора защитных анкерных мероприятий). Имеется справочная система, прилагаются файлы примеров. Дана методика подготовки данных, описание расчетной схемы и возможностей программы.

Большое значение придается удобству задания поверхности скольжения. Используется алгоритм построения цилиндрической поверхности по координатам двух точек на поверхности земли — верхнего и нижнего заколов поверхности скольжения, и высотной отметки самой нижней точки — глубины заложения оползня. В отличие от задания традиционных характеристик окружности — центра и радиуса, используемый прием позволяет передвигать границы цилиндрического сегмента в каждом направлении, оставляя неподвижными другие границы. Например, опускать и поднимать низ заложения оползня с заданным шагом от слоя к слою при фиксированном положении заколов на поверхности земли. Или же — двигать правую (левую) границу оползня, закол от вертикали к вертикали, оставляя неизменным положение противоположного закола и глубины заложения поверхности скольжения.

Поиск поверхности, ручной и автоматический, не допускает ее заложение более 90 градусов в точках заколов, а также подъем над поверхностью земли. Немаловажным является учет обратных врезов и сооружений на склоне, в которые поверхность может упираться или пересекать. Необходимость алгоритмизации перечисленных моментов в программе является очевидной, но для учета многообразия реальных случаев она оказалась довольно трудоемкой задачей.

Следует заметить, методы инженерные, основанные на одномерном поблочном суммировании сил, как показали многие исследователи, не имеют принципиальных различий в получаемом результате. Расчет имеет заведомо приближенный характер, как правило, с запасом. Применяется предпосылка предельного напряженного состояния монолитного массива. Отличие методов состоит в учете взаимодействия между собой блоков, на которые разбивается предполагаемое тело оползня. В некоторых случаях это может иметь значение при решении спорных вопросов оползневой угрозы. Расчеты применяются к наиболее «оползневому» сечению склона и в силу одномерной схематизации дают характеристику устойчивости воображаемой протяженной призмы, а не реального рельефного массива, что может создавать более пугающее впечатление.

Гораздо большую ответственность несет на себе обоснование расчетных параметров и правомерность использования лабораторных определений для характеристики массива. Для целей разработки программных алгоритмов весьма полезно было бы установление связей, позволяющих автоматически учитывать изменение свойств в зависимости от влажности пород при их осушении-обводнении. При производстве прогнозных расчетов необходим учет изменения состояния пород в ходе динамических нагрузок, изменения свойств в процессе строительства. Но это уже другая тема, связанная с качеством информации, изысканий и, в конечном счете, квалификацией исследователя.

В дальнейших разработках предполагается ввести расчет профильной фильтрации на основе, как одномерной численной схемы, так и интегрирования с программой конечноэлементного моделирования PERFIL. При небольшой доработке интерфейса такая возможность, не отягощая пользователя сложными подготовительными операциями, обеспечит решение задач влияния подпора, подтопления, дренажа, водопонижения, инфильтрации на устойчивость склона и сооружений.

Норватов Ю.А., Петрова И.Б., Савельев Д.И., Шамшев А.А.
ООО НПФ «Гидростим», Санкт-Петербург,
saveliev78@gmail.com

ОПЫТНО ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ РАБОТЫ КАК СОПУТСТВУЮЩИЙ ЭЛЕМЕНТ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ

В СП 11-105-97 напрямую записаны требования о проведении опытно-фильтрационных работ. В отличие от предыдущих СНиПов, в документе приводятся четкие формулировки о необходимости замены одиночных откачек на более представительные кустовые, а в некоторых случаях и групповые.

Опытные откачки из одиночных скважин (без наблюдательных) применяют лишь при изучении водопроницаемости более или менее однородных по простиранию пород. При изучении разреза по глубине в одной и той же скважине могут проводиться две-три откачки на разных интервалах глубины. Одиночные откачки являются наиболее распространенным видом гидрогеологических исследований, их выполняют на всех стадиях проектирования.

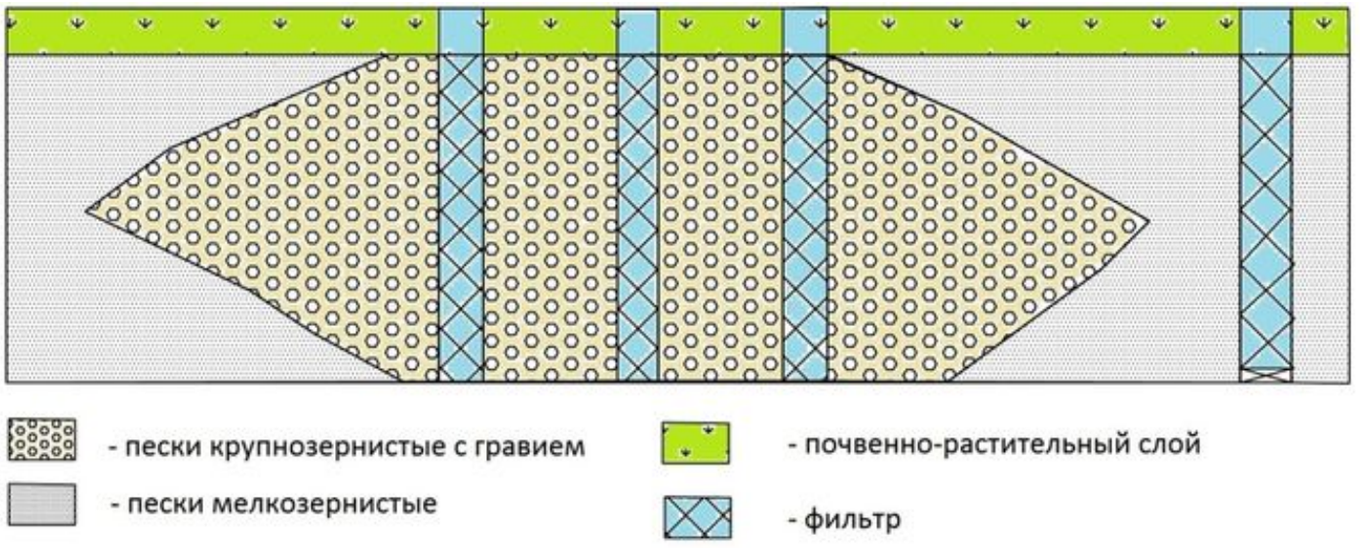


Рис. 1. Схема неоднородности в разрезе

Выбор вида откачки (одиночная, кустовая, групповая) зависит от конечной цели поставленной задачи, то есть при планировании откачки необходимо соблюдать принцип обратной связи. Так, например, планируется дать прогноз водопритоков в проектируемый котлован, приуроченный к линзе крупнозернистых песков (рисунок 1).

В вышеописанном примере основное внимание при опробовании должно быть уделено крупнозернистым пескам. Из них следует запроектировать кустовую откачку, при этом мелкозернистые пески могут быть опробованы одиночной откачкой.

Таких примеров можно привести множество, в целом же следует отметить, что планирование опытной откачки должно

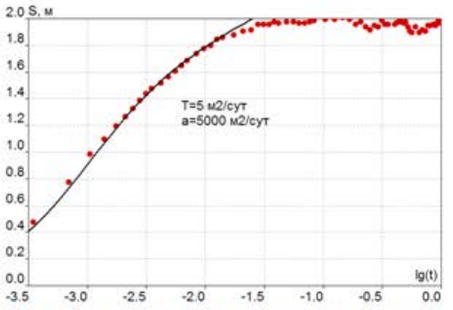


Рис. 2. Интерпретация данных кустовой откачки при понижении уровня в центральной скважине по схеме Тейса со скин-эффектом (решение Менча) (Никольские ряды)

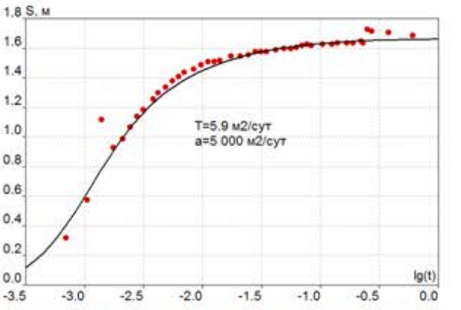


Рис. 3. Интерпретация данных кустовой откачки при восстановлении уровня в центральной скважине по схеме Менча с учетом емкости скважины и скин-эффектом) (Никольские ряды)

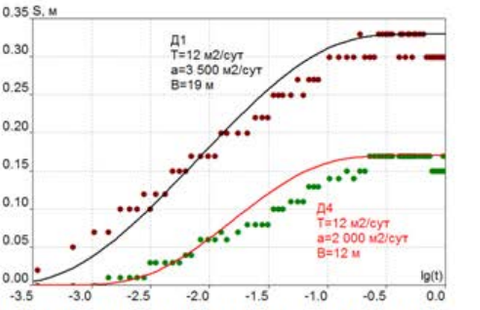


Рис. 4. Интерпретация данных кустовой откачки при понижении уровня по схеме Хантуша с постоянным уровнем в смежном пласте в скважинах НС1(Д1) и НС2(Д4)) (Никольские ряды)

Рис. 5. Интерпретация восстановления уровня по скважине НС2 (схема Тейса) (Мойка 102)

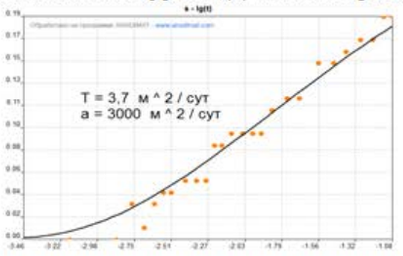


Рис. 6. Интерпретация восстановления уровня по датчику Д3 (схема Тейса) (Мойка 102)

Рис. 7. Интерпретация понижений уровня в скважине НС2 (схема Хантуша) (Мойка 102)

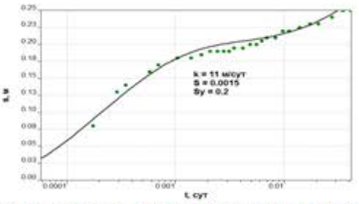


Рис. 2.15. Интерпретация понижения уровня в скважине Р–НС 2 при откачке из скважины ЦС 1 (решение Ньюмана) (Ново-Орловское)

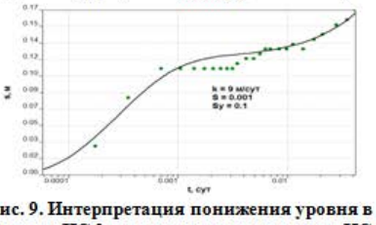


Рис. 9. Интерпретация понижения уровня в скважине НС 3 при откачке из скважины ЦС 1 (решение Ньюмана) (Ново-Орловское)

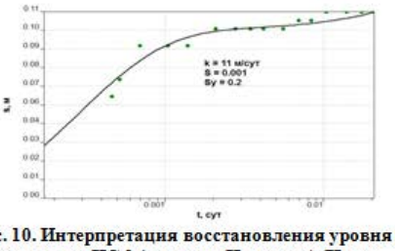


Рис. 10. Интерпретация восстановления уровня в скважине НС 3 (решение Ньюмана) (Ново-Орловское)

носить творческий характер, желательно при планировании откачки проводить имитационное моделирование.

С развитием компьютерных технологий в гидрогеологии стали активно применяться численные программные комплексы, ориентированные на интерпретацию опытно-фильтрационных опробований. В настоящее время широкую известность в России получила программа «ANSDIMAT», разработанная в Институте геоэкологии Российской академии наук (Санкт-петербургское отделение) и Санкт-Петербургским государственным университетом. Комплекс предусматривает возможность интерпретации результатов как одиночных и кустовых, так и групповых откачек аналитическими и графоаналитическими методами практически по всем распространенным в гидрогеологической практике типовым расчетным схемам. Авторы доклада имеют 30-ти летний опыт работы с этой программой.

С 80-х годов XX века фирмой «Гидрострим» при опытно-фильтрационных работах применяются датчики гидростатического давления, это позволяет получать более точные данные по всей толщи пласта, таким образом при опробовании неоднородной в разрезе толщи кустовой откачкой необходимо пробурить одну наблюдательную скважину и установить в ней датчики на разной глубине, изолированные между собой, что существенно снижает экономические затраты на проведение откачки. В настоящее время используются современные датчики струнного типа английской фирмы «Itm Soil».

Последние 5 лет фирма «Гидрострим» работает по изучению гидрогеологических условий участков строительства подземных гаражей. В Санкт-Петербурге в связи с плотной застройкой в центра города и с увеличением автомобиле потока последнее время остро стоит вопрос о строительстве подземных паркингов и гаражей. Однако, учитывая неоднородность четвертичных и техногенных отложений в центре города, необходимо детальное инженерно-гидрогеологическое изучение территории строительства, с применением численного моделирования по оценке изменения гидродинамического режима. Основной информацией для создания численной модели являются опытно-фильтрационные работы в сочетании с режимными наблюдениями. Авторы доклада имеют многолетний опыт работы в данной сфере, так фирмой ООО НПФ «Гидрострим» проводились работы на следующих объектах: Набережная Европы, Мойка 102, Ново-Орловское, Невская Ратуша, Никольские ряды, Лахта-центр. На всех этих объектах наблюдалось неоднородное в плане строение четвертичных и техногенных отложений, что подтверждается опытно-фильтрационными работами.

В центре Санкт-Петербурга преобладают песчано-глинистые образования четвертичного возраста, представленные суглинками, супесями и песками различной зерности, частично перекрытые техногенными и намывными (насыпными) отложениями средней мощностью 3 м, локально до 7 м. Вследствие такой неоднородности, при проведении инженерно-гидрогеологических работ на территории исторического центра Санкт-Петербурга часто встречается неоднородное распределение фильтрационных параметров в плане, даже на весьма малой территории. Таким образом, для уточнения фильтрационных параметров в городе необходимо проводить кустовые откачки, при проведении одиночных откачек можно получить значительную погрешность в оценке параметров.

На рисунке 2-10 приведены некоторые результаты интерпретации данных откачек, проведенных фирмой «Гидрострим» на перечисленных выше объектах. При интерпретации данных групповых откачек используется основные четыре расчетных схемы: схема Тейса, схема Хантуша, схема Ньюмана и схема Менча (с учетом емкости скважины).

Особенности гидрогеологических условий Санкт-Петербурга при строительстве подземных сооружений:

- вскрываются котлованами озерно-морские отложения проводимостью 10-30 м^2/сутки в Центральном, Адмиралтейском и Петроградском районах;
- в северной части Приморского района вскрываются надморенные отложения высокой проводимости до 600 м^2/сутки;
- на северном берегу Невской губы (Лахта) вскрываются озерно-морские отложения высокой проводимости до 100 м^2/сутки;
- насыпные отложения в прибрежных частях характеризуются высокой проводимостью более 100 м^2/сутки.

При строительстве в моренных отложениях и в котлинском горизонте необходима оценка силового влияния воды на работу свайных конструкций в основании подземных и надземных сооружений.

Режим питания подземных вод в Санкт-Петербурге зависит от инфильтрационного питания по всей территории (включая асфальтированные участки и участки под зданиями). Вблизи водотоков (полоса 50-150 м) уровенный режим зависит от колебания уровней в течение суток в р. Неве и других водотоках. Сезонные колебания (амплитуда) уровней приповерхностного горизонта в среднем составляет 0,8 м на участках за пределами прибрежных полос.

Норватов Ю.А., Петрова И.Б., Сергутин М.В., Шамшев А.А.
ООО НПФ «Гидрострим», Санкт-Петербург, saveliev78@gmail.com

ПОВЫШЕНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ ОПЫТНЫХ ОТКАЧЕК, ПРОВОДИМЫХ ПРИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ, ПРИ ПОМОЩИ ЧИСЛЕННОГО ГЕОФИЛЬТРАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Повышение информативности опытных откачек базируется на соблюдении трех основных принципов проведения опытно-фильтрационных работ:

- При планировании опытных откачек необходимо соблюдать принцип обратной связи.
- Планировать и проводить эксперимент необходимо с учетом возможностей современного оборудования (датчиков гидростатического давления, даталоггеров, расходомеров с самописцами и др.). Данное оборудование позволяет сократить объем буровых работ при опробовании многослойных систем и трудозатраты гидронаблюдателей при проведении опытов.
- Для планирования и интерпретации опытных откачек целесообразно использовать численное геофильтрационное моделирование

Остановимся более подробно на последнем принципе.

Численное моделирование может быть использовано как для постановки полевых экспериментов так и для их интерпретации. Опытная откачка может быть проимитирована на трех типах числовых геофильтрационных моделей (представлены на рисунке 1 а,б,в).

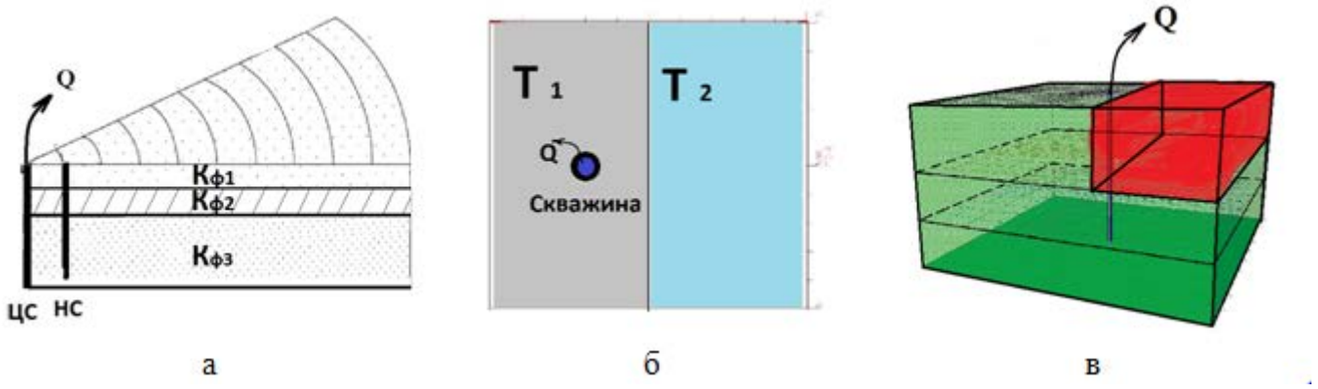


Рис. 1. Существующие разновидности численных геофильтрационных моделей

Модель а) соответствует схеме осесимметричной фильтрации и позволяет реализовать профильную неоднородность при относительной плановой однородности слоистой толщи.

Модели (б) и (в) построены на основе программы MODFLOW и позволяют реализовать плановую неоднородность в случае (б) и совместную плановую и профильную неоднородности (в).

В России первые эксперименты по имитации откачек на основе численного моделирования планово-неоднородного пласта проводились Русановым И.В. на программе MODFLOW, однако наибольший значение в повышении информативности опытных откачек, по мнению авторов статьи, представляет численное моделирование осесимметричной фильтрации (рисунок 1а).

Начиная с 90-х годов XX века, рабочей группой В.А. Мироненко выполнялись эксперименты по созданию осесимметричных моделей на зарубежных программах «KOX» (США) и «MUHA» (Чехия). Примерно в это же время Ломакиным Е.А. была разработана программа «SATIR», немного позднее Коносавский П.К. создал отечественную программу «RELIS». Авторы доклада имеют двадцатилетний опыт работы на программе «RELIS». В основу этой программы заложено решение дифференциальных конечноразностных уравнений осесимметричной фильтрации неявным методом. Программа «RELIS» позволяет моделировать слоистые толщи — учитывать профильную неоднородность пород, анизотропию по проницаемости в каждом слое, имитировать напорный, безнапорный и напорно-безнапорный режимы фильтрации, учитывать емкость и скин-эффект откачивающей скважины. Приведем некоторые результаты численных экспериментов, выполненных на численных геофильтрационных моделях.

Пример 1 — Влияние скин-эффекта на форму индикаторного графика откачки. Одиночная откачка проводилась из скважины 22г в районе Нижне-Свирского гидроузла, опробовался напорный водоносный пласт представленный галечником, залегающим в четвертичных отложениях. При интерпретации откачки на программе «ANSDIMAT» было выявлено наличие скин-эффектов. Для уточнения достоверности полученных при интерпретации параметров было принято решение о создании численной геофильтрационной модели откачки. Моделирование проводилось на программе «RELIS». Модель отражает опробуемый галечниковый водоносный горизонт (напорный), геологический разрез участка работ с заданными по слоям фильтрационными параметрами, полученными при интерпретации откачки аналитическими методами. В блоки, соответствующие положению центральной скважины, задавался расход (зафиксированный при проведении полевого эксперимента). Моделирование проводилось путем вариантного подбора фильтрационных характеристик для достижения известного понижения уровня воды в скважине.

В ходе численных экспериментов была выявлена степень влияния коэффициента фильтрации скина на форму индикаторного графика в зависимости от проводимости водоносного горизонта (рисунок 2).

Пример 2 — Влияние упругоемкости слабопроницаемого пласта при моделировании схемы Хантуша с перетеканием.

В данном случае моделировалась слоистая система «Пласт с перетеканием с постоянным напором в смежном пласте».

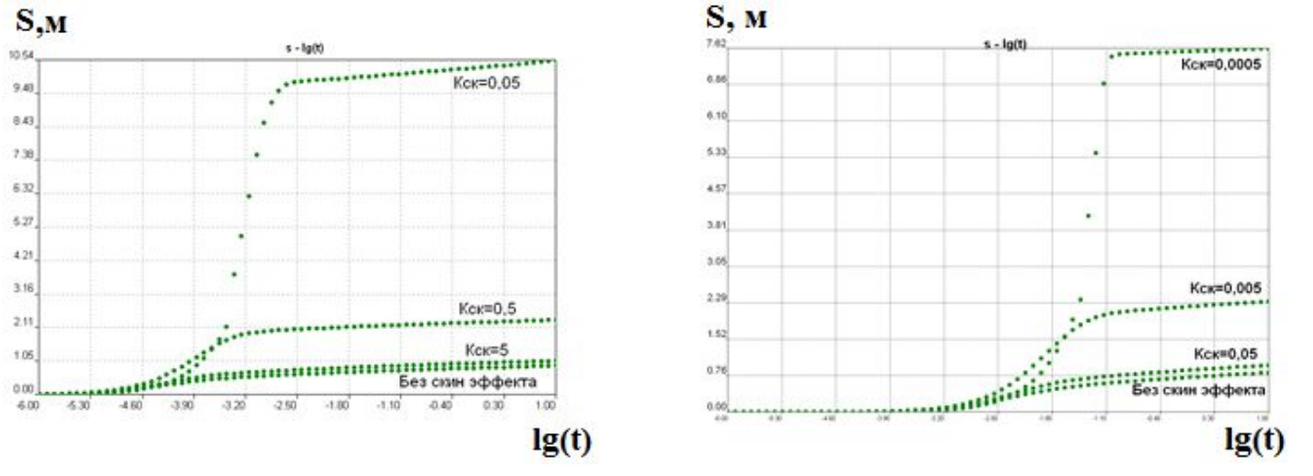


Рис. 2. Графики понижения уровней в центральной скважине при hазличных коэффициентах фильтрации скина и проводимости пласта а)T=500 м2/сутки, б)T=5 м2/сутки

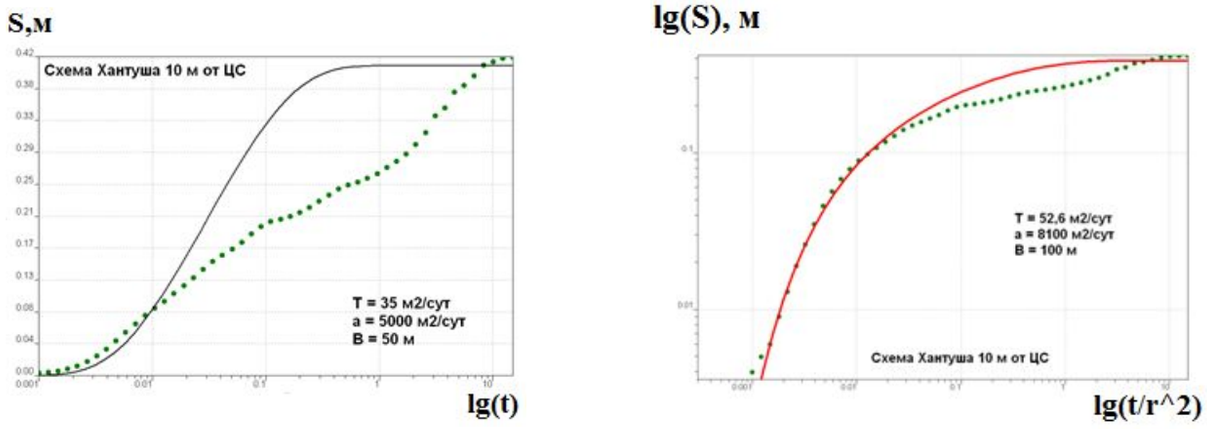


Рис. 3. Индикаторные графики полученные по результатам первого этапа численных экспериментов

Таблица 1

Фильтрационные параметры слоев, задаваемые на модели

Номер слоя	Мощность, м	Коэффициенты фильтрации слоя (K_x, K_z), м/сутки	Коэффициент упругоемкости, 1/м
1	5	100	10^{-3}
2	3	0,001	10^{-3}
3	3,5	10	10^{-3}

Таблица 2

Коэффициент упругоемкости слоев, задаваемый на втором этапе численных экспериментов

Номер слоя	Коэффициент упругоемкости, 1/м
1	10^{-2}
2	10^{-8}
3	10^{-4}

Цель численных экспериментов состояла в том, чтобы показать роль учета емкостных характеристик относительного водоупора. Исходная информация, задаваемая на модели, представлена в таблице 1.

Напор задан равным 15 м, Расход скважины 70 м^3/сутки, радиус модели 3500 м, расстояние до наблюдательной скважины 10 м.

Результаты моделирования интерпретировались на программе «ANSDIMAT»: на рисунке 3 представлены индикаторные графики, полученные по результатам моделирования, а также параметры, полученные при их интерпретации.

Как видно из рисунка 3а, построенного в координатах S-ln(t), типовая кривая при параметре близких к задаваемым, на модели совмещается лишь на начальном участке индикаторного графика, тогда как в координатах ln(S)-ln(t/r^2) (рис. 3б) типовая кривая совмещается полностью. Тем не менее, вариант представленный на рисунке 3б также нельзя считать достоверным, так как, полученные при совмещении типовой кривой с индикаторным графиком параметры не соответствуют изначально задаваемым на модели.

На следующем этапе моделирования коэффициент упругоемкости слоев был изменен (таблица 2), прочие параметры оставлены без изменений.

Как видно из таблицы 2, наибольшие изменения претерпел коэффициент упругоемкости относительного водоупора (слой 2). Индикаторные графики и их интерпертация представлены на рисунке 4.

Как в случае а) так и в случае б), параметры, заложенные при интерпретации, совпадают с параметрами, заложенными в модель.

Проанализировав представленные индикаторные графики, можно сделать вывод о непосредственном влиянии емкостных параметров водоупора на информативность и достоверность получаемых параметров опробуемого водоносного горизонта.

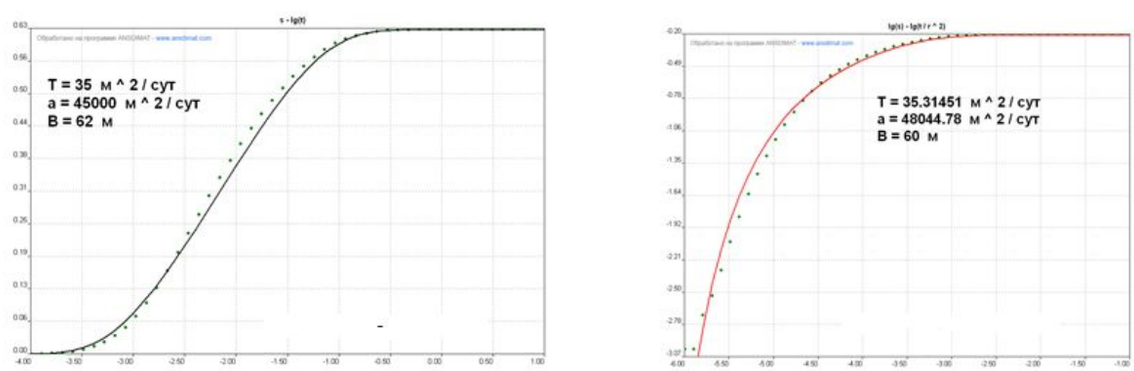


Рис. 4. Индикаторные графики полученные по результатам второго этапа численных экспериментов

Пантелеев В.П.[1], Ваньшин Ю.В.[2]
[1]МУП «Водосток»,
[2]Геологический факультет
СГУ им. Н.Н.Чернышевского,
Саратов, vanshin@sgu.ru

О ПЕРСПЕКТИВАХ ПРИМЕНЕНИЯ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТОВ ДРЕНАЖА НА ЗАСТРАИВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЯХ г. САРАТОВА

Рельеф территории г. Саратова сложный как с генетической, так и с орографической точек зрения. Это склоны водоразделов возвышенной и плоско-выпуклой поверхности эрозионных и аккумулятивных равнин-террас. Это долины: ущелья, балки, овраги. Геолого-литологическое сложение покровных отложений преимущественно представлено суглинками и глинами, что предполагает сток дождевых и талых вод и систематическое усложнение поверхности.

Эрозионный фактор усложнения поверхностей играет существенную роль в распределении стока, а стало быть, и в питании грунтовых вод. Поэтому классификация эрозионных форм рельефа способствует различению условий питания грунтовых вод, оптимизации изыскательских гидрогеологических и гидрологических исследований.

Наиболее совершенной классификацией эрозионных форм рельефа является классификация В.П. Философова, хотя в принципе ее применение ориентировано на поиск нефтегазоносных структур, т.е. для выделения неотектонических структур. Автор применил дихотомическую и монотомическую классификацию для организации гидрогеологических исследований на оросительных системах Саратовского Заволжья как и в размещении разведочных и режимных гидрогеологических скважин, так и в обобщении гидрогеологической информации.

Для построения морфометрических карт используются крупномасштабные топографические карты 1:10000, 1:30000, на которых достаточно полно выражается обзорная информация о площади водосбора, концентрирующего сток на изучаемом объекте застройки.

Для организации изысканий на обзорной карте наносится положение объекта. Проводится контур водосбора. В контуре водосбора строится морфометрическая карта-карта порядков долин. За долину первого порядка принимается вогнутая поверхность, выделяемая по едва заметному изгибу горизонталей рельефа. При слиянии долин первого порядка образуется долина второго порядка, при слиянии долин второго порядка образуется долина третьего порядка и т.д. При этом впадение в долину старшего порядка долин младшего не увеличивает порядок. Это дихотомическая система.

Для небольших водосборов удобно применять монотомическую систему, когда порядок долины определяется количеством слившихся долин.

На рис.1 приводится схема водосбора, концентрирующего сток на объекте застройки многоэтажных домов под названием «Сеноман» по ул. Шелковичная во Фрунзенском районе г. Саратова. Название объект застройки получает от названия водозабора, построенного в прошлом столетии в долине ущелья на выходе водоносного горизонта, заключенного в сеноманских песках.

На карте порядков долин видно, что объект застройки находится в долине третьего порядка. Не имея возможности провести специальные изыскания, здесь можно выделить два водоносных горизонта: это верховодки в долинах первого и второго порядков и водоносный горизонт, заключенный в горизонте сеноманских песков.

Произведя такую подготовку рельефной, а стало быть и воднобалансовой информации, становится возможным проведение инженерного обследования местности с целью разработки предложений по защите объекта застройки от подтопления поверхностными и подземными водами, в том числе и по организации гидрогеологических исследований, задачей которых является изучение связи верховодки и основного водоносного горизонта.

Однако, морфометрическая подготовка рельефной информации для организации проектно-изыскательских работ не производится, так как такого требования в методике гидрогеологических изысканий не содержится.

Пантелеевым В.П. разработано четыре методических положения, которые применяются при проведении морфометрических исследований для повышения достоверности гидрогеологических изысканий [1, 2, 3, 4].

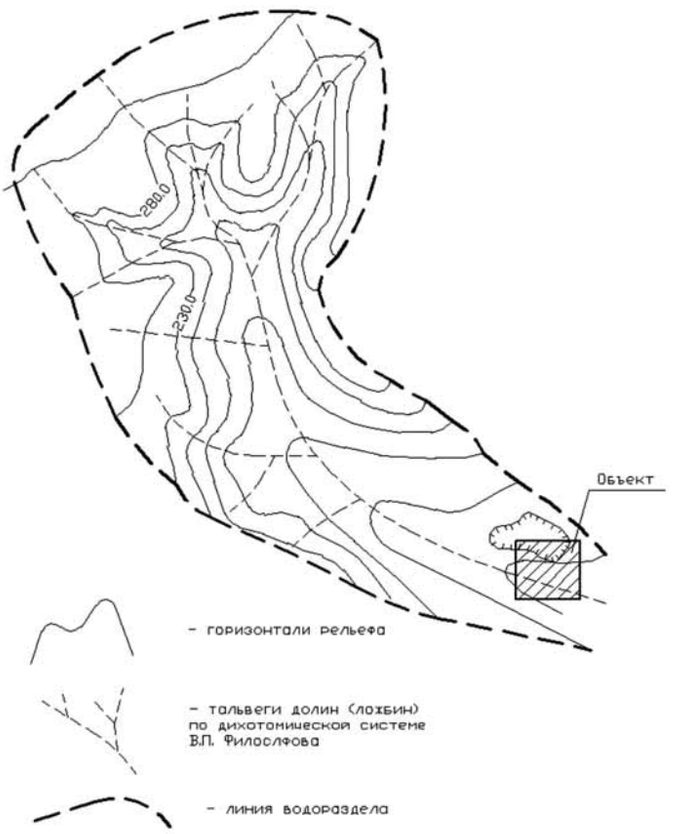


Рис. 1. Положение в рельефе местности объекта многоэтажной застройки «Сеноман» по ул. Шелковичная в г. Саратове. М. 1:30000

Методика имеет комплексный характер. Одновременно подвергается анализу: рельеф местности, фильтрационные свойства рельефообразующих грунтов, гидрографическая сеть.

Рассмотрим основные недостатки проведенных гидрогеологических исследований на объекте многоэтажной застройки «Сеноман» во Фрунзенском районе г. Саратова.

В отчете по изысканиям отмечается, что объект расположен на склоне Лысогорского массива, тогда как мы показали, что объект находится в днище долины третьего порядка и на его территории концентрируется сток с площадью около 270 га;

- грунтовые воды вскрываются на глубине 0,6-05 м, при этом не отмечается никакой связи с рельефом днища долины;
- из литературных и фондовых источников приводятся фильтрационные характеристики (коэффициент фильтрации) геолого-генетических разностей вскрытых грунтов: для суглинков d_Q — 1,0-0,2 м/сут, для щебенистых грунтов cd_Q — 1,0-3,0 м/сут, для песков k_{2S} — 1-5 м/сут, для алевритов k_{2S} -0,1-0,6 м/сут.
- черные глины(k_{2S}) с коэффициентом фильтрации 0,01 м/сут характеризуются как региональные водоупорные.

Гидрогеологического прогноза нет, рекомендаций по инженерной защите объекта также нет.

Заметим, что при сравнении уровней воды в скважинах, пройденных на объекте, обнаруживается значительный перепад уровней, что свидетельствует о том, что в одних случаях регистрируется верховодка, а в других — уровень основного водоносного горизонта.

Из отмеченного ясно, что гидрогеологическая и гидрологическая информация по объекту застройки недостоверна. Рациональное проектирование мероприятий по инженерной защите объекта невозможно. Для улучшения проектно-изыскательского дела предлагается внедрение в практику изысканий морфометрических положений [1, 2, 3, 4] автора.

Литература:

1. *Пантелеев В.П.* Применение морфометрии для типизации долин по способности удерживать воду водохранилищ. В сб. «Вопросы геоморфологии Поволжья». Выпуск 1(4). Изд-во Сарат. университета. 1977. С. 107-113.

2. *Пантелеев В.П.* О применении морфометрических карт для оконтуривания верховодки в Сыртовом Заволжье. В сб. «Вопросы геоморфологии Поволжья». Выпуск 2(5). Изд-во Сарат. университета. 1978. С. 107-115.

3 *Пантелеев В.П.* Принципы размещения режимных гидрогеологических скважин на орошаемых землях в условиях Сыртового Заволжья. В кн. Труды ГГИ, 1987, вып. 316. С.87-141.

4. *Пантелеев В.П.* Об оценке структурной неоднородности слабоводопроницаемых почвогрунтов. В сб. «Труды Саратовского научного центра жилищно-коммунальной Академии РФ» (вып. 1). Саратов. 1997. С. 149-162.

5. *Философов В.П.* О значении порядков долин и водораздельных линий при геолого-географических исследованиях. В сб. «Вопросы морфометрии». Изд-во Сарат. университета. 1967. С. 4-66.

Потапова Е.Ю.
Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, epotapova@geolink-group.com

ОЦЕНКА ВОДОПРИТОКОВ ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД К ПРОЕКТНЫМ КАРЬЕРАМ НА ЛЕВОБЕРЕЖНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Численная модель территории Левобережного участка Савинского месторождения известняков разрабатывалась для прогноза величины водопритоков подземных вод, и для выполнения последующих расчетов по воздействию осушения месторождения на гидрогеологические условия окружающей территории.

Моделируемая территория охватывает область потока подземных вод водоносного комплекса карбона, расположенную на водоразделе рр. Емца, Шелекса, Сяменьга. Площадь этой территории составляет около 99 км^2 и территориально включает в себя междуречье рр. Емцы, Шелексы (рис.1).Сеточная разбивка модели принята равномерной, с шагом сетки 50 на 50 м.

В вертикальном разрезе модель естественного (слабонарушенного) потока подземных вод, которая калибровалась в процессе решения обратной задачи, включает один расчетный слой). При этом отметим, при рассмотрении существующей гидродинамической обстановки толща средне-, верхнекаменноугольных отложений только в первом приближении может рассматриваться как единый слой.

Условия разгрузки подземных вод (родники) реализуются граничными условиями III рода исходя из предпосылки о не-

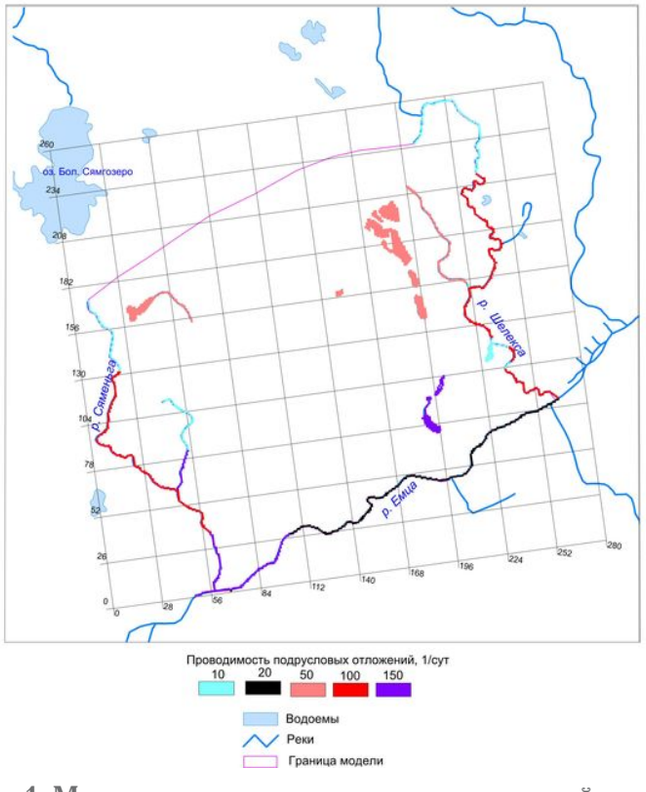


Рис. 1. Модельная карта задания граничных условий на реках

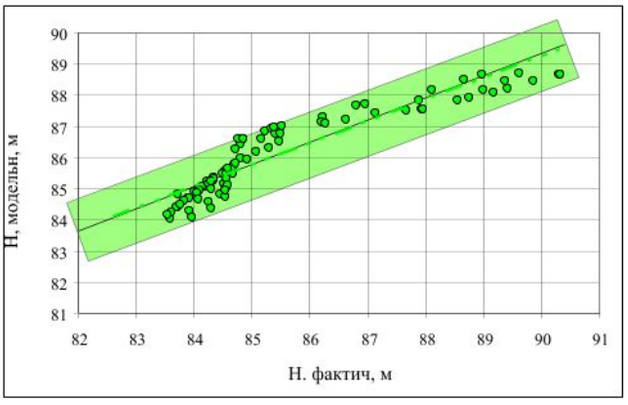


Рис. 2. График сопоставления модельных и фактических уровней (обратная задача)

изменности положения выхода родника на дневную поверхность. Такое допущение представляется достаточно правомерным для условий Левобережного участка, хотя в ряде специфических случаев оно может и не выполняться.

Поверхностные водотоки задаются в соответствующие блоки модели с реками в слое «Поверхностные воды» в виде условий III рода. ($Q=f(H_1-H_2)$). Для этого в соответствующих блоках модели (соответствующих расчетных слоев) задаются величины вертикальной проводимости раздельных относительно водоупорных пластов и подрусловых отложений. Задание граничных условий типа "река" представлено на Рис. .

Первоначальное распределение величин коэффициента фильтрации получено посредством интегрального анализа:

- данных опытно-фильтрационных работ на месторождениях известняков;
- данных о градиентах потока подземных вод средне-верхнекаменноугольных отложений (гидрогеологическая карта с изолиниями уровней подземных вод).

Исходными параметрами модели также являются фактически замеренные уровни подземных вод. Отметим, что для калибровки модели были выбраны меженные значения уровней, распределение которых в целом определяет среднегодовую (многолетнюю) разгрузку подземных вод.

В ходе калибровки модели основным контролируемым параметром являлся суммарный дебит родниковой разгрузки в целом для левобережья р. Емцы. Путем подбора величин сопротивлений родников, коэффициента фильтрации средне-, верхнекаменноугольных отложений и величины инфильтрационного питания были достигнуты минимальные величины разницы модельных и фактических уровней при минимальных расхождениях между реальными и расчетными дебитами родников. Невязки между суммарным фактическим и модельным дебитом родников по р. Емце не превышают 4,3%. Так фактический линейный родниковый сток по левобережью р Емца (данные Кальберга) составляет 320544 $м^3$/сут, в балансе модели он получен равным 306829 $м^3$/сут.

Погрешность калибровки по средневзвешенным отметкам уровней подземных вод не превышает 2 м по всей территории модели. Сопоставление модельных и фактических уровней подземных вод показано на рис.2. При этом величина общего небаланса модели составляет всего 0.001%. Модельная карта уровней подземных вод каменноугольного водоносного комплекса по результатам решения обратной задачи представлена на рис.3.

В целом, можно говорить о том, что откалиброванная модель соответствует природно-техногенным условиям территории исследований и может быть использована для прогноза водопритоков при отработке Левобережного участка известняков открытым способом.

Отработку Левобережного участка планируется проводить карьерным способом начиная с 1 очереди карьера с южной стороны.

Для реализации стационарной прогнозной задачи (оценка изменения величины водопритока к карьеру во времени) были заданы граничные условия типа "дрена". Исходя из этих допустимых снижений уровня расчитывалась отметка уровня воды в дрене, как разница уровней подземных вод, полученная при решении обратной задачи и этих допустимых понижений, которые были предварительно экспортированы в модель (в рабочую картограмму).

Дополнительная проводимость "дрены" задана равной 1500000 $м^2$/сут, рассчитывалось исходя из размера блока с дреной (50 на 50 м) и значения коэффициента фильтрации каменноугольного водоносного комплекса 600 м/сут.

В результате моделирования нестационарной задачи прогноза водопритоков к карьеру 1 очереди были получены величины водопритоков. Значения водопритоков к карьеру, заданному по всей площали Левобережного участка представ-

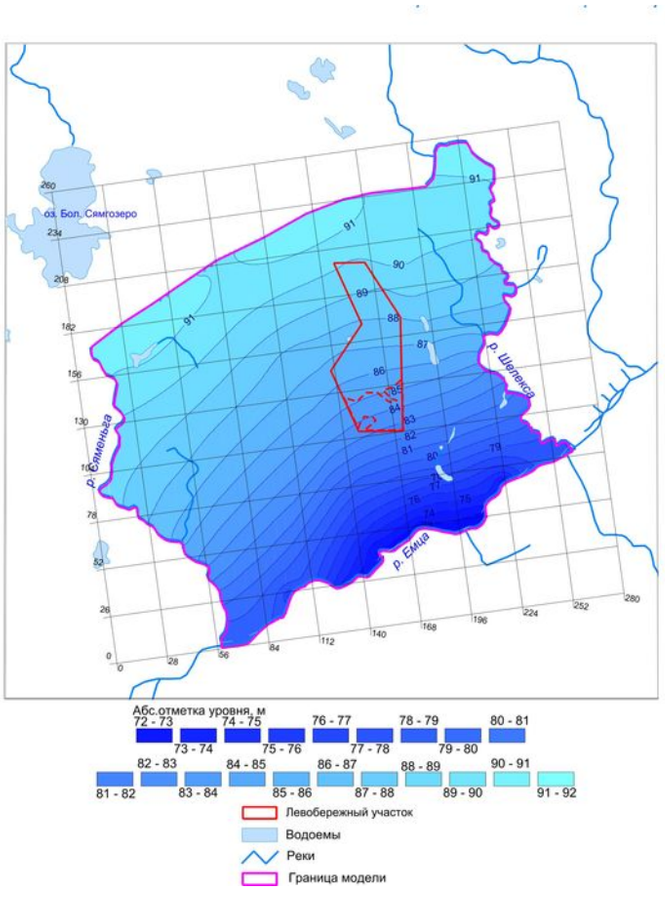


Рис. 3. Модельная карта уровней подземных вод каменноугольного водоносного комплекса по результатам решения обратной задачи

Таблица 1

Баланс модели (прогнозная задача – Левобережный участок)

Статья баланса	Приток	Отток	Невязка	Невязка(%)
Питание	150521			
Реки	101760	13749.1		
Родники		**247642**		
Дрены		**184312**		
H=const	230392	52522.9		
Итого	482673	498226	-15553	-3.12%

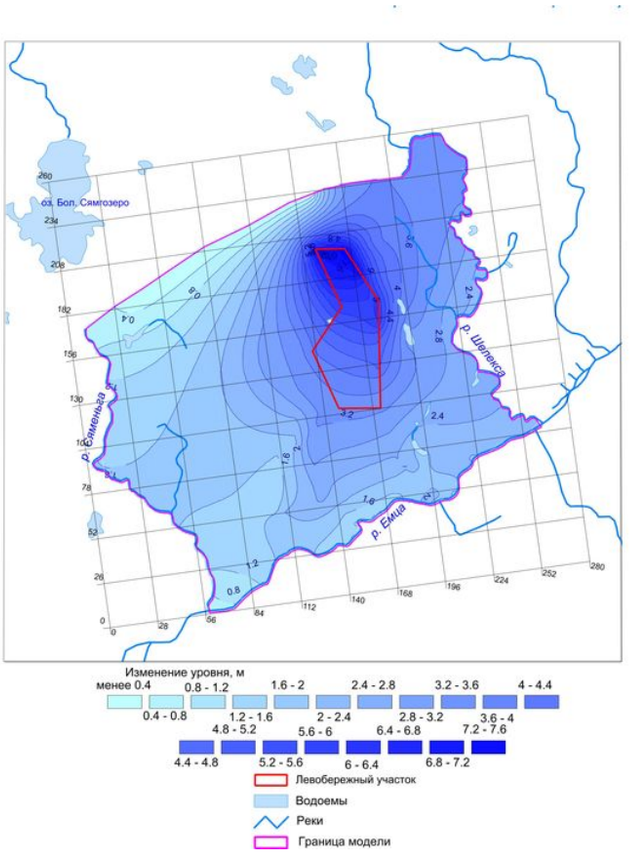


Рис. 4. Модельная карта прогнозного изменения уровней подземных вод каменноугольного водоносного комплекса (с заданием всего Левобережного участка)

лены в таблице (Табл. 1). Изменения уровня можно видеть на рис.4.

Изменения баланса родникового стока также можно видеть в балансах прогнозных задач. При отработке карьера 1 очереди родниковый сток на модели снизился на 37634 м^3/сут, что составляет порядка 12.3 %, а при отработке карьера, охватывающего всю площадь Левобережного участка приток к родникам снизился на величину 59187 м^3/сут, то есть на 19.3%.

Защита проектных карьеров от водопритоков поверхностных и подземных вод предполагает наличие системы водоотлива и водоотведения.

Результаты исследований, проведенных в ходе работы, в полной мере подтвердили тот факт, что Левобережный участок

Таблица 2

Изменение водного баланса при отработке карьера

Водный объект	Баланс по обратной задаче	Баланс по прогнозной задаче	Изменение баланса
	м^3/сут		
болото Дороватое	-41918	-53580	-11662
оз.Малое Остречье	-4307	-7909	-3602
оз.Большое Остречье	-16061	-24313	-8252
р.Манза	-2552	-3982	-1430
р.Шелекса до озера	-3718	-4200	-482
р.Шелекса от озера до р.Манза	1606	-1228	-2834
р.Шелекса после притока р.Манза	4556	-681	-5237

**приток подземных вод (-), отток (+)

месторождения цементного сырья относится к объектам, имеющим особо сложные гидрогеологические условия. Сложность гидрогеологических условий определяется:

- во-первых, огромными естественными ресурсами подземных вод (порядка 400 тыс. м^3/сут), которые формируются в пределах данной территории;
- во-вторых, высокими значениями фильтрационных параметров (проводимость составляет значения порядка десятков тысяч м^2/сут);
- в-третьих, существенной фильтрационной неоднородностью водовмещающих отложений карбона в плане и разрезе.

Естественно, что при отработке сырья открытым способом, водопритоки к горным выработкам без применения каких либо защитных мероприятий будут достаточно велики.

Можно ожидать, что в этом случае отработка месторождения существенно отразится на геоэкологических условиях сопредельных территорий. Это, в частности, проявится в существенном сокращении родникового стока.

Изменения водного баланса затронут р. Шелекса и ее приток р.Манзу, озера Малое и Большое Остречье и болото Дороватое, (эти водные объекты расположены ближе, чем все остальные к предполагаемым горным выработкам). Изменеия водного баланса при отработке Левобережного карьера приведены в табл.2.

СЕКЦИЯ «ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ»

Хмельницкий А. Ю.[1], Капустин В.В.[1]
[1]ООО «НИИ ГЕОТЕХ», Москва, 9704361@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СПЛОШНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

При обследовании фундаментных конструкций возникает ряд специфических задач, которые могут быть решены путем применения методов неразрушающего контроля:

1) Определение геометрических характеристик фундамента (глубина заложения, выдержанность требуемой мощности фундаментной плиты по всей ее площади).

2) Оценка фактических прочностных характеристик бетона и их соответствие проектным прочностным характеристикам.

3) Поиск и локализация дефектных зон: трещиноватые, разупрочненные зоны, пустоты, холодные швы.

4) Определение характера армирования плиты (глубина, шаг арматуры, количество слоев армирования).

5) Оценка контактных условий на границе фундамент-грунт, поиск пустот под плитой.

Данные задачи решаются в основном с помощью комплекса волновых методов: георадиолокации, сейсмоакустики, ультразвуковых методов.

В системе «плита-грунт» (рис. 1) может существовать довольно сложное волновое поле, содержащее практически все типы колебаний. Для изучения прочностных характеристик и состояния контакта плиты с грунтовым основанием может быть использован метод, основанный на явлении «толщинного» резонанса, заключающемся в образовании стоячих волн в результате отражения волны от верхней и нижней поверхностей плиты. В зарубежной литературе данный метод носит название Impact Echo Testing Method. Уравнение для набора резонансных частот может быть получено в следующем виде:

$$f(n) = Vn / 2d,$$

где $f(n)$ — частота собственных колебаний пластины;
$n = 1,2,3,\ldots$;
d — толщина пластины;
V — скорость распространения продольных волн в пластине.

Скорость, участвующую в расчете, можно определять различными способами (рис. 2):
А) измерения на преломленных волнах;
Б) измерения на отраженных волнах;
В) измерения «на просвет».

Применение Impact Echo Testing Method можно разделить на два случая:

1) если известна скорость распространения продольных волн в пластине, то можно определить толщину пластины (глубину заложения фундамента),

2) если известна толщина пластины, то можно определить скорость и, используя корреляционные зависимости, оценить прочность материала фундамента.

На рис. 3 представлен пример определения резонансных частот фундаментной плиты.

Данный метод обладает преимуществами, позволяющими применять его в тех случаях, когда затруднено применение иных методов.

1) Высокая производительность и относительно небольшая стоимость работ.

2) Возможность обследования фундаментных плит произвольной формы и площади.

3) Результатом оценки характеристик бетона с помощью данного метода является значение прочности материала в естественном залегании, которое невозможно получить путем лабораторных измерений на образцах.

На значение прочности фундамента оказывает влияние не только класс бетона, но и наличие дефектов: пустот, трещин, си-

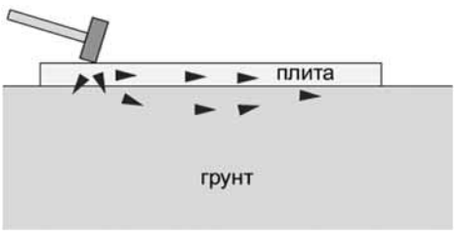


Рис. 1. Возбуждение акустического поля в бетонной плите, лежащей на поверхности полупространства

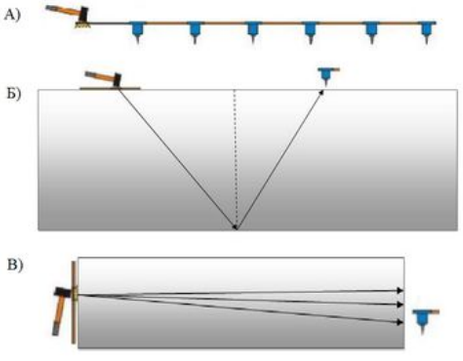


Рис. 2. Определение скорости акустической волны в фундаментной плите. Разъяснение в тексте

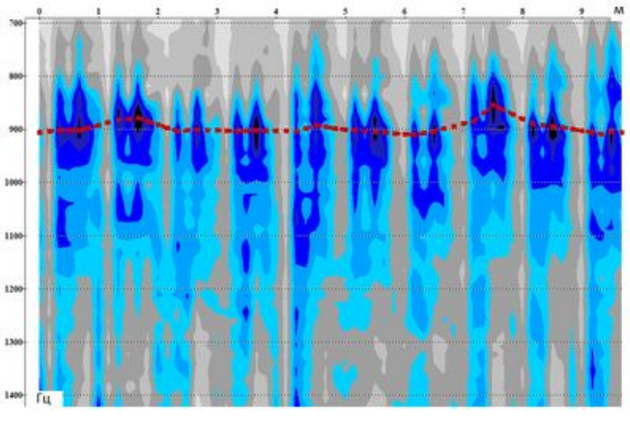


Рис. 3. Пример определения резонансной частоты фундаментной плиты по профилю наблюдений

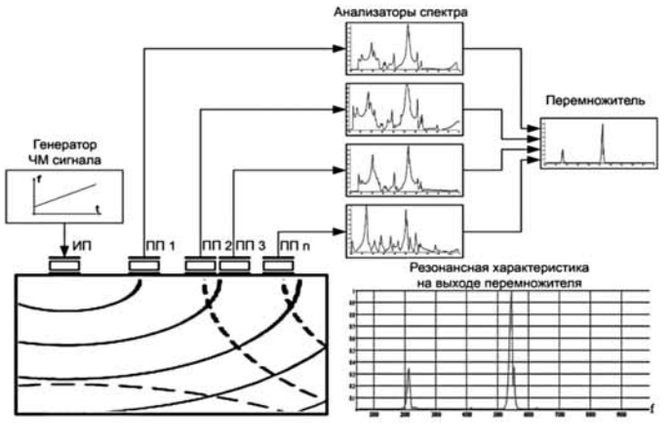


Рис. 4. Мультипликативная обработка акустических данных

стем трещин. Вследствие этого фактическая прочность фундаментной плиты, получаемая по методу Impact Echo Testing, как правило, ниже прочности, соответствующей классу применяемого бетона. Данный факт может остаться без внимания, если при обследовании опираться только на результаты лабораторных испытаний образцов бетона, места отбора которых могут не попасть на существующие в фундаментной плите дефекты.

При возбуждении собственных колебаний фундаментной плиты в спектре помимо основного резонансного пика будет возникать множество побочных, которые могут быть связаны с дефектами в фундаменте или боковыми отражениями от краев плиты. Для увеличения точности метода можно применять мультипликативную обработку измерений, позволяющую выделить в спектре колебаний резонансный пик, соответствующий «толщинному» резонансу (рис. 4).

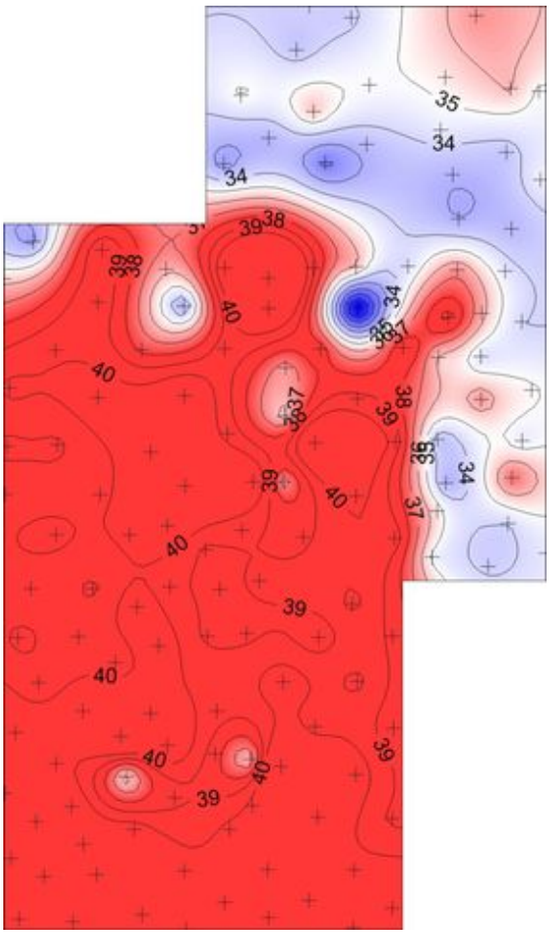


Рис. 5. Карта прочности бетона фундаментной плиты

Impact Echo Testing Method дает наилучшие результаты, если использовать его в комплексе с георадарным методом. Применение георадара позволяет получить информацию о внутреннем строении плиты (строение арматурного каркаса, глубина заложения фундамента, наличие трещиноватых зон и пустот), дополняющую результаты акустического метода.

Результатом применения комплекса методов неразрушающего контроля является карта, иллюстрирующая распределение прочности бетона по площади фундаментной плиты с учетом дефектных зон (системы трещин, пустоты). На рис. 5 представлен пример такой карты. Красным цветом закрашены области, соответствующие проектной прочности бетона, синим цветом — области с прочностью бетона ниже проектной.

Выводы:

1) Применение комплекса методов неразрушающего контроля, включающего в себя сейсмоакустику и георадиолокацию, позволяет оперативно обследовать фундаментные плиты сложной формы и получать распределение прочностных характеристик по всей площади исследуемой конструкции.

2) Значение прочности бетона, получаемое с помощью акустического метода, является интегральным значением, учитывающим наличие дефектов в фундаментной плите, которые могут быть пропущены при отборе кернов. Поэтому применение методов неразрушающего контроля в сочетании с лабораторными исследованиями образцов бетона позволяет получить наиболее полную и детальную картину, характеризующую строение и состояние фундаментной плиты.

Коротков Ю.В.
АНЦ УрО РАН, Архангельск,
korotkov.j@gmail.com

ВОЗМОЖНОСТИ ИНДУКЦИОННОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Современное развитие территорий РФ тесно связано с освоением природных энергетических ресурсов, сопровождающееся чрезвычайно высокими объемами инженерного строительства с активным техногенным воздействием, иногда превышающим критические нагрузки на окружающую среду. Особенно это существенно в местах концентрации газовых и нефтедобывающих комплексов арктической зоны со специфическими неблагоприятными природными условиями и ярко выраженной верхней частью геологического разреза. Где формирование рельефа связано с тектоническим фактором, абразионно-аккумулятивной деятельностью ледниково-морских, озерных и морских, озерно-речных, озерно-ледниковых бассейнов, эрозионно-аккумулятивной деятельностью современных водотоков и болотной аккумуляцией. Для этих районов характерно наличие многолетней мерзлоты (ММП), прибрежно-морское положение, тектони-

ческая активность, с высокой динамичностью и реактивностью протекающих геологических процессов и явлений типа: термоэрозия, солюфлюкция, термокарст, наледеобразование, заболачивание, обвалы, оползни, курумы, термоабразия и др.

Опыт работ показывает, что даже в самых суровых и удаленных арктических зонах состояние ММП является неоднородным, что обусловлено присутствием локальных таликовых зон, различных форм и размеров, не учет которых при возведении строительных сооружений, может значительно сказаться в последующей их эксплуатации. Поэтому очень важно при проектировании любого сооружения иметь четкое представление о состоянии грунтового массива до глубины потенциального воздействия (~10 м) с точки зрения проявления негативных экзогенных процессов, в том числе и связанных с наличием/отсутствием ММП с возможным качественным прогнозом изменения ситуации в процессе строительства и последующей эксплуатации объектов. Любое строительство предполагает фундамент, в основании которого лежит опорный грунт и поэтому необходима информации, которая несла бы как можно полное представление об его состоянии и свойствах.

В настоящее время инструментальная база, программное обеспечение и методические разработки многих геофизических направлений достигли высокого уровня, а их возможности значительно возросли и круг решаемых геологических задач существенно расширился. Среди геофизических методов для решения подобного рода задач, могут быть использованы некоторые разновидности или методические разработки электроразведки, которые позволяют работать одновременно с высокоомными и низкоомными разрезами, для которых мерзлый и твердый грунт не являются препятствием. В частности индукционный метод переходных процессов (МПП), как разновидность метода зондирования становлением (ЗС) поля является в данном случае достаточно эффективным. Мерзлотное состояние горных пород обуславливает низкую электрическую проводимость с искажением переходных процессов индукционно-вызванной поляризацией (IP), что проявляется в результатах электроразведочных измерений снижением величин ЭДС вплоть до появления отрицательных значений (рис. 1 кривая 331).

На рис. 1 представлены шесть кривых кажущегося сопротивления, которые отражают изменение сопротивления пород в зависимости от литологического состава и их состояния по отношению к промерзанию на момент измерения. Кривые 331, 333 и возможно 334, осложнены эффектом IP и характеризуют мерзлое состояние пород на некоторой глубине с постепенным оттаиванием по направлению маршрута. При повсеместном распространении ММП этот показатель может служить «индикатором» целостности (равномерности) мерзлого состояния пород, рассматривая его в качестве фонового (нормального), а всякое отклонение аномальным, требующим особого внимания. При этом любое отклонение должно быть изучено более детально как внутри, так и на некотором окружающем фоне, с тем, чтобы иметь возможность оценить качественно и сделать заключение о степени его опасности. Редкая сеть буровых работ и визуальное наблюдение с поверхности не позволяют получать полную и достоверную картину по всей толще используемого в строительстве массива пород (чаще до 10 м в глубину), и поэтому в этом случае существенно могут помочь геофизические исследования.

Современные технологии в геофизических методах позволяют детально и качественно решать такого рода задачи, что в частности хорошо доказывают результаты электромагнитных зондирований методом МПП с использованием TEM-FAST-технологии (рис. 2). На рис. 2 представлен геоэлектрический срез-инверсия по слою R2, где по распределению сопротивления можно сделать заключения о соотношении мерзлых и талых пород в ММП (на глубине 20-30 м).

Оценка природных условий для принятия строительных решений определяет устойчивость развития территорий, а также безопасность возводимых объектов и последующие затраты на их строительство и эксплуатацию. Из рис. 2 видно, что редкая сеть бурения (250×250 м и более) не позволяет уверенно оценивать всю площадь, так как не все талики попали под бурение. Талики сквозного и проникающего характера хорошо выделяются на послойном распределении сопротивления и определяются вертикальными секущими геоэлектрическими разрезами. Имея такие данные можно заранее принять меры предосторожности, или перераспределить места заложения строительных сооружений. В этом случае соответствующие геофизические исследования способствуют получению более полной картины состояния грунтового массива до глубины 40 и более метров.

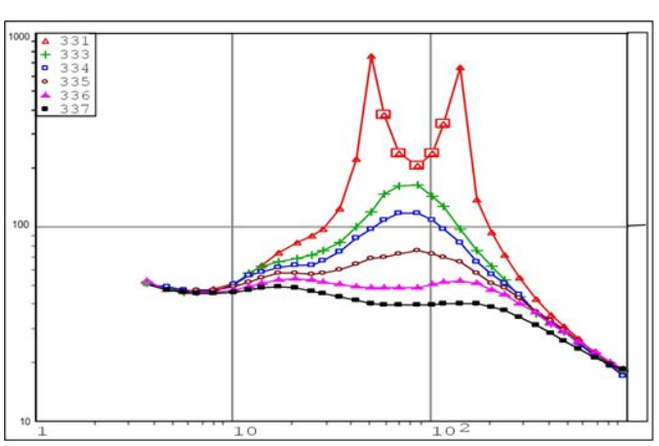


Рис. 1. Графики кривых кажущегося сопротивления по 6-ти точкам наблюдения, отображающие переходную зону от мерзлого к талому состоянию

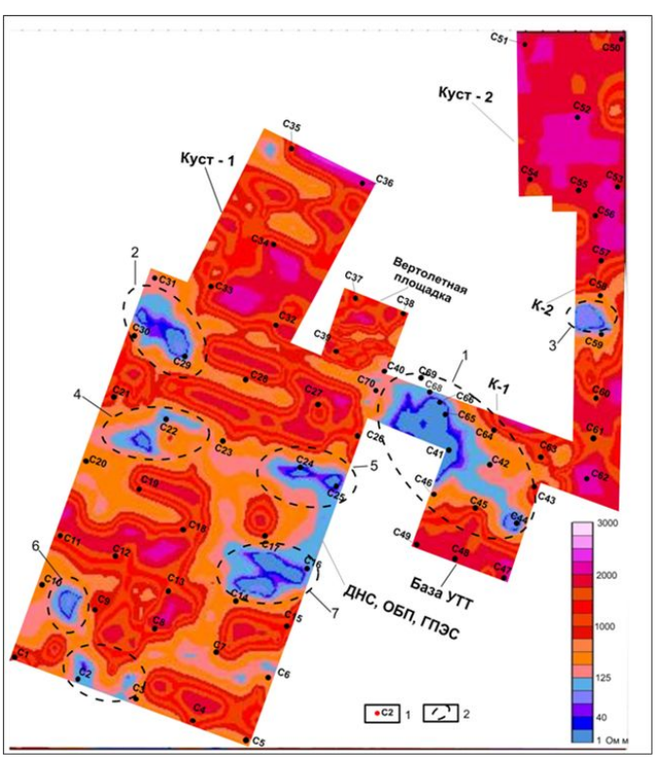


Рис. 2 Срез-инверсия для глубины 20-30 м по результатам измерений МПП (TEM-FAST). Условные обозначения: 1- пробуренные скважины. 2- участки таликовых зон с возможным подтоком глубинных вод

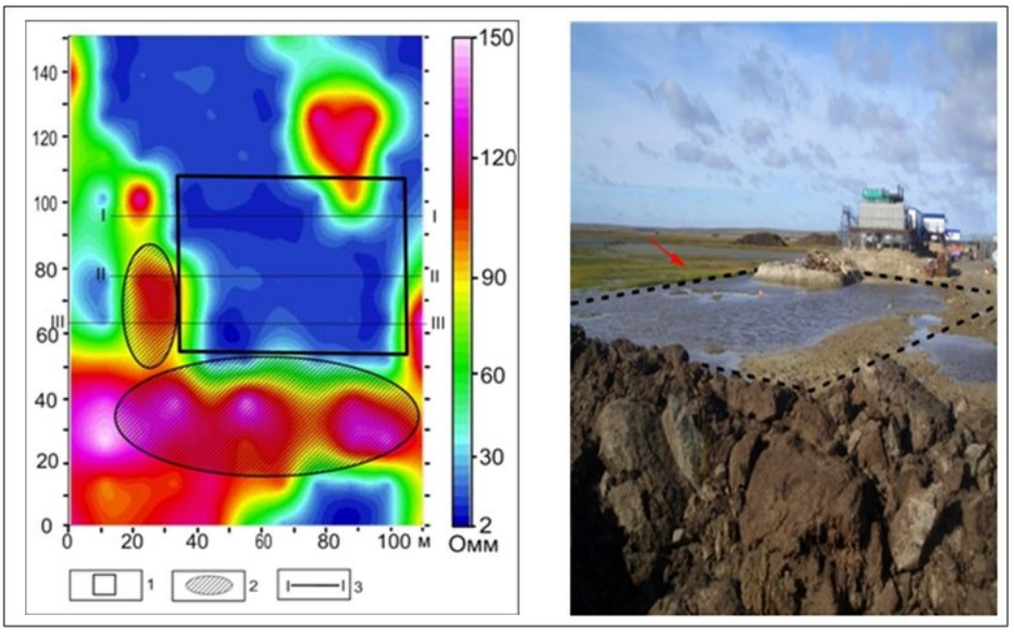


Рис. 3. Геоэлектрический срез распределения удельного электрического сопротивления в первом слое и фотография расположения участка на местности. Условные обозначения: 1 — контур проектной площадки; 2 — техногенные насыпные валы из почвенного слоя; 3 — линии, вдоль которых построены геоэлектрические разрезы

Инженерные изыскания должны обеспечивать безопасность объектов капитального строительства, чтобы избежать экономических ущербов и катастроф природно-техногенного характера. Сегодня в сфере инженерных изысканий сложилась противоречивая обстановка, создающая проблему снижения качества работ. Часть решения этой проблемы может быть выполнено индукционной электроразведкой МПП с использованием технологии TEM-FAST, так как она позволяет достаточно хорошо изучать (просвечивать) интересующую толщу. Насколько это точно, убеждают получаемые результаты в различных условиях. Например, на одном участке в арктической зоне (рис. 3), на геоэлектрическом срезе для первого слоя, хорошо прослеживаются следы техногенного воздействия, если сравнить фото и распределение сопротивления, то это хорошо можно наблюдать.

В первую очередь на геоэлектрическом срезе отмечаются прямоугольные контуры площадки со снятым грунтом, места его отвалов, а также затопленная часть и направление подтока (поступления) воды в эти места. Низкие значения сопротивления (менее 10 Ом·м), характеризуют водяную толщу совместно с небольшой частью увлажненной почвы. Наиболее высокие значения сопротивления характеризуют частично подсохший торф и влияние льда под ними (в ядрах насыпных валов). Таким образом, первый геоэлектрический слой на данном участке большей частью отображает состояние поверхности на момент измерения в летнее время и после техногенного преобразования территории. Геоэлектрические разрезы по любому выбранному направлению могут дать представление о состоянии и составе залегания пород на необходимую глубину (рис. 4).

На рис. 4 представлен геоэлектрический разрез по линии I-I (рис. 3), который характеризует толщу пород мощностью 40 м. В данном случае геоэлектрический разрез можно аппроксимировать четырехслойным. Первый слой выделяется по геоэлектрическим свойствам и характеризует в основном, сезонно-талый слой (СТС) на болоте и часть техногенного рельефа. Слой на территории неподверженной техногенному воздействию представлен увлажненным почвенно-растительным материалом (торфом), на отсыпном грунте в верхней части увлажненным песком, а на валах в основном торфяным и почвенно-растительным материалом большей частью сухим.

Второй слой отмечается относительно высокими значениями сопротивления, порядка 100-160 Ом·м и более. По результатам бурения слой состоит из разнозернистого мерзлого песка, который прослеживается до глубины 13-15 м. Далее залегают суглинки, положение кровли которых подтверждено бурением.

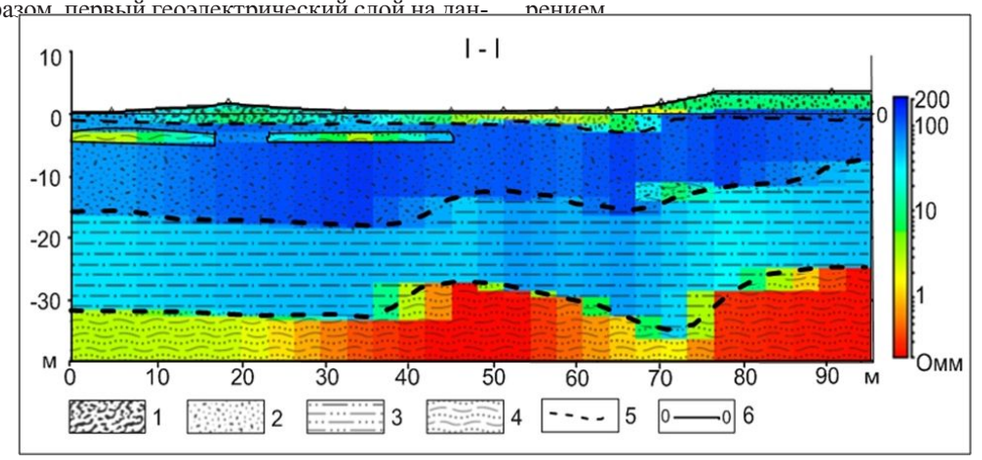


Рис. 4. Геоэлектрический разрез по линии I-I на участке дополнительного размещения электростанции. Условные обозначения: 1 — почвенно-растительный слой (талый); 2 — песок мерзлый с супесями; 3 — суглинок мерзлый с супесями; 4 — глинистые отложения с песком (талые); 5 — условные границы; 6 — условная нулевая отметка по уровню поверхности нетронутого почвенного слоя

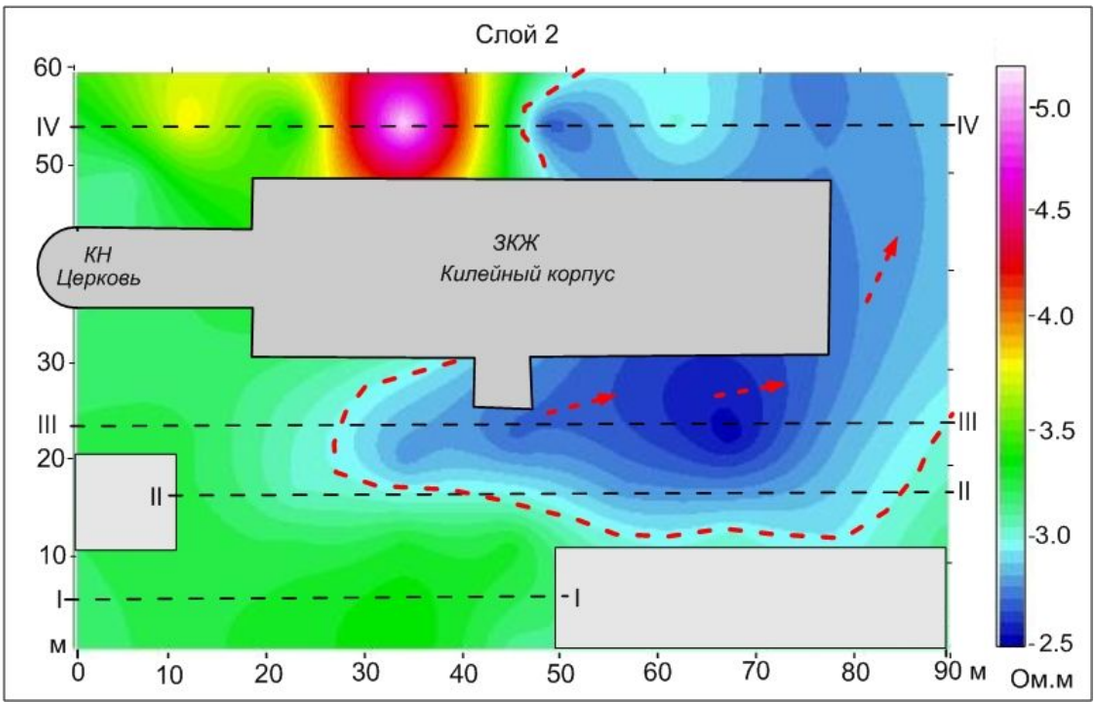


Рис. 5. Срез распределения удельного электрического сопротивления для глубины 3.0 — 4.5 м (второй слой) по данным измерений МПП

Надо отметить, что для строительных работ необходимо учитывать так же гидрогеологические условия, которые характеризуются наличием подземных вод, не учет их может тоже существенно сказываться на дальнейшей эксплуатации сооружений, что на практике очень часто встречается. Водовмещающими породами являются торфа, пески разной степени крупности с гравием и галькой, с прослоями супесей и суглинков, гравийно-галечниковый грунт. Водоупором служат озерно-ледниковые и ледниково-морские суглинки, глины и дочетвертичные породы. Питание на водоразделах осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и бокового притока подземных вод из горизонтов, граничащих с террасовым комплексом. И хотя горизонт может быть безнапорным, но его влияние может стать причиной многих нежелательных последствий, в частности просадки с разрывом какой-то части сооружений. В таких случаях геофизические исследования могут не только установить причину просадки, но и предсказывать ее (рис. 5).

На рис. 5 представлен геоэлектрический срез распределения сопротивления в толще пород на глубине более 3 м для участка со строением, в котором наметились трещины разрыва. Этого можно было бы избежать, если бы геофизические измерения выполнили до строительных работ, тем более временные и финансовые затраты небольшие. Ореол распределения низких значений сопротивления в данном случае можно сопоставить с кустовым (очаговым) обводнением, которое происходит из глубины, при этом «поражая» слой в нескольких местах. Надо также отметить, что выделяется зарегулированный сток влаги в направлении общего наклона слоя к водоему, примерное направление его на срезах, начиная со второго слоя, показано красными стрелками. То, что второй слой имеет наклон в этом направлении видно на всех вертикальных геоэлектрических разрезах.

Применение индукционной электроразведки в инженерных изысканиях не ограничивается решением только этих задач, круг их намного шире. И роль электроразведки МПП в составлении комплексной оценки состояния компонентов природной среды, конкурентных площадок нового строительства, учета естественной динамики отдельных компонентов и экосистем, возможных долгосрочных последствий строительства для экосистем прилегающих территорий может быть намного весомей и существенней.

Капустин В.В.[1], Хмельницкий А. Ю.[2]
ООО «НИИ ГЕОТЕХ», Москва, 9704361@mail.ru

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ АКТИВНОЙ И ПАССИВНОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОТЯЖЕННЫХ ГРУНТОВЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Находящиеся на поверхности и внутри грунтового массива протяженные геотехнические сооружения и строительные конструкции, выполняемые на основе искусственно и техногенно-преобразованных грунтов или бетона, в большинстве случаев являются объектом исследований, на котором могут применяться, в то числе, и методы геофизики. Необходимость оценки состояния и свойств таких сооружений как ограждающие конструкции котлованов, плотины и дамбы, дорожные и железнодорожные насыпи, тоннели, фундаментные плиты и других подобных сооружений определяется требованиями контроля качества и безопасности проведения строительных работ и надежности эксплуатации сооружений [1] .

Рассмотрим применение комплекса геофизических методов на основе исследования ограждающей конструкции шлюза. Одна из многочисленных проблем, возникающих при эксплуатации шлюзов, обусловлена явлением техногенной суффозии, происходящей в грунтах обратной засыпки, что может привести к образованию в грунтах пустот и разуплотненных участков. Подобные явления приводят к нарушению контактных условий сооружения с грунтом, провалов и просадок поверхности. Протеканию

техногенной суффозии способствуют: 1) проницаемость бетона, образовавшаяся за период длительной эксплуатации сооружения, 2) наличие грунтового потока, параллельного основному течению, 3) гидростатический напор, образующийся при изменении уровня воды в шлюзе. Для решения данной задачи был выбран комплекс методов, включающий: георадиолокацию, наземную сейсмоакустику и методы вибродиагностики, основанные на измерении вибрационных полей от природных и техногенных источников и определении спектрального коэффициента передачи в системе конструкция-грунт.

Для определения величины спектрального коэффициента передачи были проведены натурные измерения вибрационного поля, при этом запись производилась одновременно на два датчика: один располагался на конструкции, другой — на обратной засыпке.

Для записи колебаний использовался восьмиканальный регистратор сейсмических сигналов «Дельта-03» производства ООО «Логические системы», г. Раменское [2]. Запись производилась с регистрацией трех компонент вибрационного поля велосиметрами СПВ-3К. На каждой точке длительность наблюдений составила 2 мин.

Обработка результатов измерений, расчет значений виброскоростей и статистическая обработка данных проводилась при помощи программы DELTA-03 и программного пакета Вибро-СО.

Для определения состояния грунтовой засыпки и бетонных конструкций шлюза были использованы методы вибродиагностики, заключающиеся в наблюдении динамических (вибрационных) полей, создаваемых природными и техногенными источниками. В ж/б конструкциях шлюза распространяется большое количество различных мод упругих волн, возбуждаемых техногенными источниками. В соответствии с теорией распространения упругих волн в тонких вертикальных пластинах, в стенах шлюза образуются стоячие волны (Рис.1).

Условия соответствия плиты тонкой пластине означают, что ее толщина намного меньше длины распространяющейся волны ($d << \lambda$), а ее длина L намного больше толщины ($L >> d$) , что соответствует условию отсутствия напряжений на торцах. Нулевую моду продольной волны, распространяющейся в тонкой пластине без дисперсии фазовой и групповой скорости, принято называть «симметричной волной Лэмба нулевого порядка» или «юнговской волной». Скорость продольной волны нулевого порядка в тонкой пластине и скорость в безграничной среде связаны соотношением:

$$V_{Pcp} = V_{Pпл} = \sqrt{(1 - \mu)^2 / (1 - 2\mu)},$$

где μ — коэффициент Пуассона.

Уравнение для набора резонансных частот может быть получено в следующем виде:

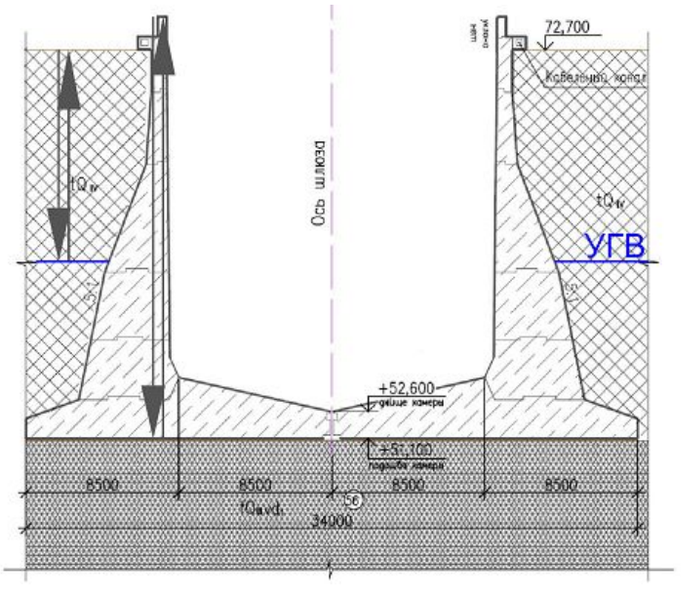


Рис. 1. Образование стоячих волн в ж/б конструкциях шлюза при распространении микросейсм

$$f(n) = Vn / 2d,$$

где $f(n)$ — частота собственных колебаний пластины; n=1,2,3,…; d — толщина пластины; V — скорость продольных волн в пластине. При скорости волны Юнга от 2800 до 4000 м/с наблюдаемые частоты собственных колебаний должны лежать в диапазоне от 70 до 100 Гц.

При определении скоростных характеристик обратной засыпки целевыми волнами являлись продольная волна и волна Рэлея, бетонных стен камеры — продольная волна и волна Юнга.

Оценка скоростей продольных и поверхностных волн в грунте обратной засыпки и материале стен камеры шлюза производилась на основании результатов сейсмоакустических измерений по методике ОПВ. Значения скоростей акустических волн в грунте определялись для оценки диапазона измерений резонансных частот в грунте. Полученные значения скоростей упругих волн находятся в диапазоне от 150 до 350 м/с.

Оценка скоростей продольных и поверхностных волн в материале стен камеры шлюза производилась для оценки диапазона регистрации микросейсм и определения коэффициента Пуассона (рис. 2).

Оценка состояния бетона производилась с разделением на три категории в зависимости от значений скоростей продольных волн: плохое, удовлетворительное и хорошее состояние по критерию Лесли-Чизмена.

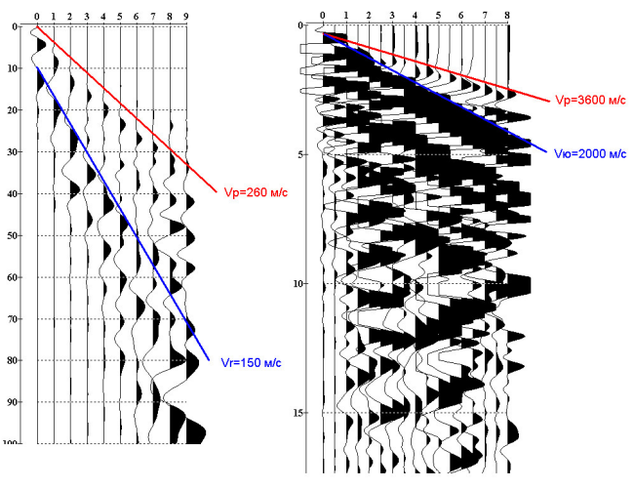


Рис.2. Определение скоростей упругих волн в грунте (слева) и материале конструкций шлюза (справа)

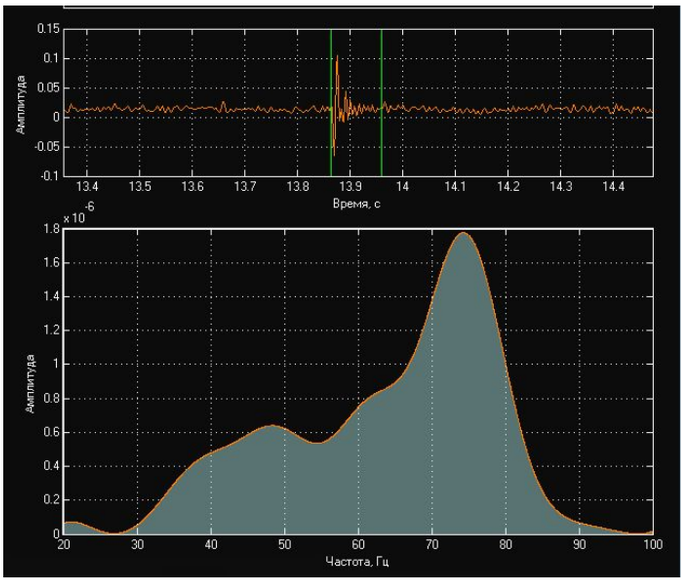


Рис. 3. График колебания и его спектральная оценка методом Уэлча при ударном возбуждении стенки шлюза

Таблица 2.1.

Пример определения коэффициента Пуассона (σ) методом сейсмоакустики

Vp	*Vr*	*Vs*	*Vs/Vp*	σ
3660	2000	2247	0,61	0,20
390	160	180	0,46	0,37

Частоты стоячих волн (собственных колебаний) определялись тремя способами:

Определение собственных частот продольных колебаний при возбуждении стенки шлюза ударом молотка (Рис. 3).

2. Определение собственных частот колебаний по записи микросейсм по продольной компоненте (Рис. 4).

3. Определение собственных частот колебаний при анализе отношения спектров поперечных и продольных колебаний микросейсм –метод Накамуры (Рис.5).

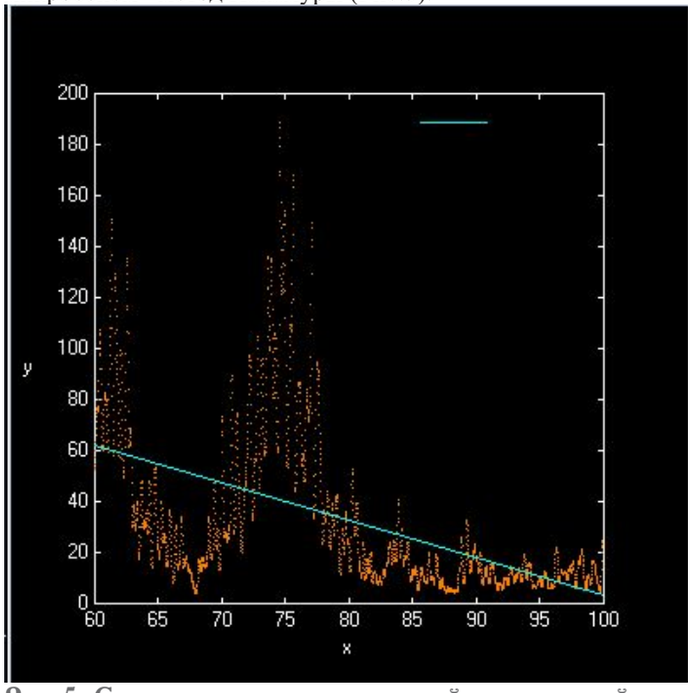


Рис. 5. Спектр отношения поперечной и продольной компонент колебаний

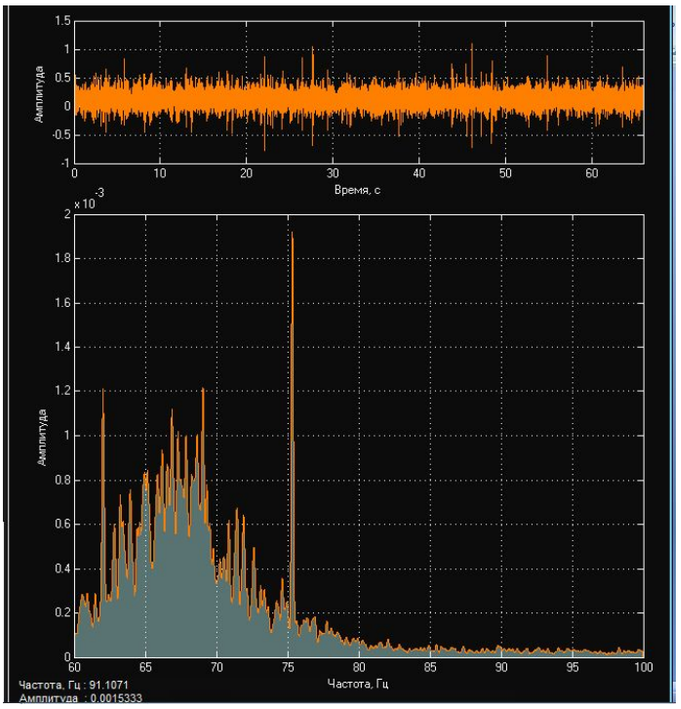


Рис. 4. Определение собственной частоты при анализе спектра продольных колебаний

Все три метода показали неплохую сходимость результатов. Скорости волны Юнга были пересчитаны в скорость продольной волны в бетоне с учетом среднего значения коэффициента Пуассона равного 0.2 (рис.6).

Для определения скорости распространения упругих волн в грунте использовалось явление усиления колебаний микросейсм при наличии в разрезе выраженного уровня грунтовых вод. В соответствии с данными определения скоростей, полученными сейсмоакустическим методом диапазон измеряемых колебаний должен быть от 7 до 18 гц.

Для определения ослабленных и разуплотненных зон в обратной засыпке за бетоном была применена методика определения спектрального коэффициента передачи в системе конструкция - грунт. Основное положение данного метода заключается в том, что при наличии в обратной засыпке пустот и разуплотнений значение коэффициента передачи уменьшается по сравнению с ненарушенным состоянием.

С помощью спектральных резонансных методов были оценены значения скорости продольной и поперечной волны в обратной засыпке, а также продольной волны и волны Юнга в стене камеры шлюза (рис. 3.4-3.11).

Области в обратной засыпке, характеризующиеся пониженным значением скорости, могут быть связаны с разуплотне-

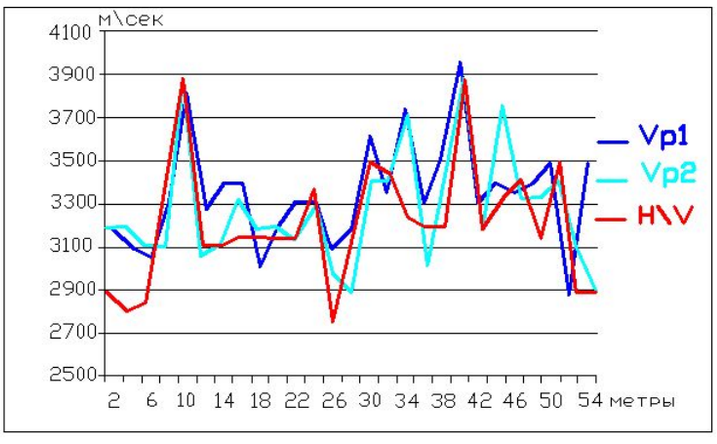


Рис. 6. Скорость в бетоне на участке правой стороны шлюза, определенная тремя способами

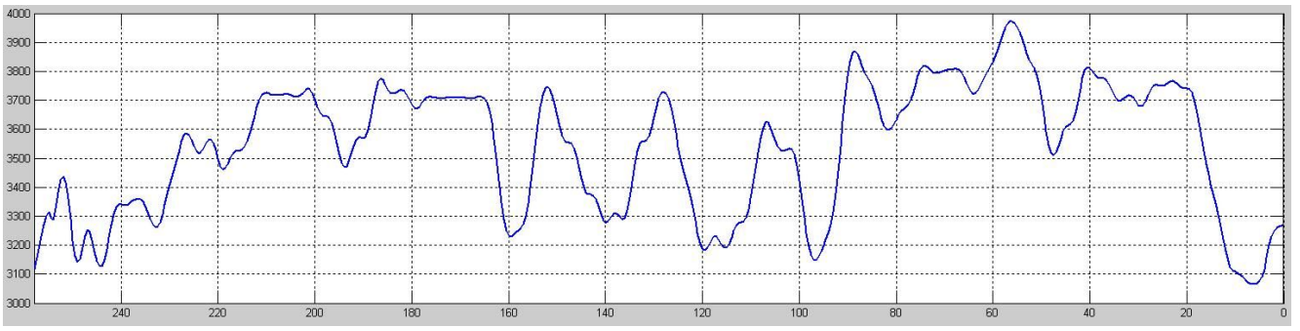


Рис. 7. Скорость продольной волны в бетоне (левая сторона) при σ=0,2

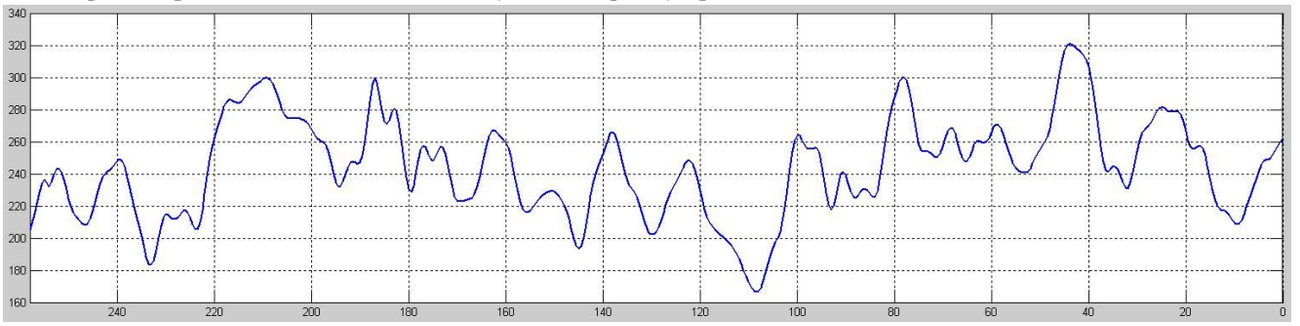


Рис. 8. Скорость продольной волны в обратной засыпке (левая сторона)

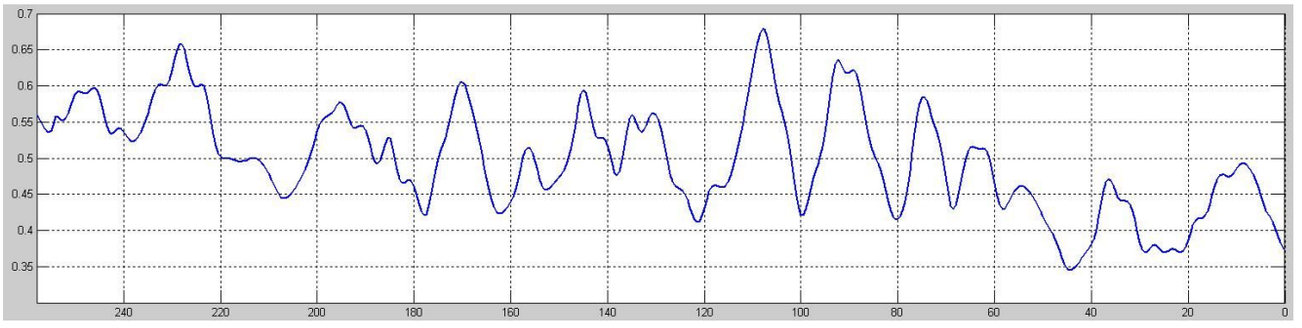


Рис. 9. Отношение скорости поперечной волны к скорости продольной волны в обратной засыпке (левая сторона)

нием грунта; повышенным значением скорости — с переувлажнением.

Сопоставление результатов определения скорости в обратной засыпке с результатами георадиолокации и разрезами спектрального коэффициента передачи показало хорошую сходимость данных, полученных разными методами.

Также чувствительным к увлажненности грунтов параметром является отношение скорости поперечных волн к скорости продольных волн Vs/Vp. Так для неводонасыщенных песков Vs/Vp=[0,5-0,7], для водонасыщенных песков Vs/Vp=[0,07-0,2].

Преимущества использования данного комплекса заключаются в возможности использования свойств различных источников, позволяющих исследовать среду в широком спектральном диапазоне, а также возможности организации долговременного мониторинга.

Литература:

1. *Черняков А.В., Богомолова О.В., Капустин В.В., Истратов В.А., Бобачев А.А.* Применение комплекса геофизических и геотехнических методов для организации контроля качества «скрытых» работ и мониторига при крупном городском строительстве., Геотехника №01\2013, стр 4-21.

2. Капустин В.В., Семейкин Н.П., Монахов В.В., Трушков В.Н. Аппаратурно-методический комплекс для измерения природных и техногенных вибрационных полей, Технологии сейсморазведки, № 1, 2013, с. 96–101

Овсюченко Н.И.[1], Овсюченко А.Н.[2], Рогожин Е.А.[2], Лутиков А.И.[2]
[1]ЗАО «НИПИ «ИнжГео», Краснодар, Ovsyuchenko.NI@injgeo.ru,
[2]ИФЗ РАН, Москва

О СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ НИЖНЕГО ПРИАМУРЬЯ (ДАЛЬНИЙ ВОСТОК)

Исследования, результаты которых освещены в предлагаемой статье, проводились в 2011-2012г г. в северо-восточной части Хабаровского края, в низовьях р. Амур.

Задачей работ является оценка современной активности тектонических нарушений и уточнение исходной сейсмичности (оценка величины сейсмических воздействий в баллах шкалы MSK-64 с соответствующими вероятностями их возникновения согласно СНиП II-7-81* и СП 14.13330.2011). Согласно карте ОСР-97-В, участок линейной части проектируемого нефтепродуктопровода 0-103 км отнесен к зоне 7-балльных воздействий; участок 103-325 км — к зоне 8-балльных воздействий

Исследования включили в себя: анализ древней и новейшей тектоники региона; обобщение материалов о глубинном строе-

нии, напряженном состоянии и современных движениях земной коры; всесторонний структурно-геоморфологический анализ материалов дистанционного зондирования; полевые сейсмотектонические исследования; выделение основных сейсмоактивных структур и оценка их сейсмического потенциала. Использование широкого спектра материалов дистанционного зондирования Земли, с применением ГИС-технологий, позволило выполнить детальный анализ рельефа в сопоставлении с геологической структурой. Тем самым были прослежены тектонические деформации молодых форм рельефа и структурно связанные с ними аномальные проявления экзогенных процессов, что, в свою очередь, позволило объединить их в линейные структуры (зоны активных разломов) и привязать на местности в детальном масштабе.

Конкретные параметры активных разломов получены по результатам дистанционных и полевых исследований. По этим данным на трассе трубопровода выявлено три активных разлома. Все они отличаются высоким уровнем активности и демонстрируют следы сейсмотектонических подвижек. К ним относятся высокоактивные Амурский, Центрально-Сихотэ-Алинский и Сомонский разломы. Параметры разломов были оценены по данным полевых наблюдений. Детальность наблюдений для этих целей оказалось достаточной, без необходимости привлечения расчетных способов. Скорости медленных (криповых) разрывных смещений были взяты по геодезическим данным с Карты современных вертикальных движений земной коры на территорию СССР [1989].

В зонах пересечения трассой трубопровода участков этих разломов необходимо выбрать оптимальный вариант прокладки трассы и выполнять защитные мероприятия от тектонических подвижек. К этим мероприятиям относятся: пересечение зон активных тектонических нарушений и прилегающих к ним участков подземным способом, прямолинейно; укладка трубопровода в траншею с выположенными стенками и засыпка ее несвязным материалом.

Проведенный комплекс исследований позволил локализовать сейсмогенерирующие структуры в районе проектируемого нефтепродуктопровода и составить схему зон ВОЗ (возможных очагов землетрясений). Трасса трубопровода пересекает следующие зоны ВОЗ: Курскую (Ммакс=6.5), Амурскую (Ммакс=6.8), Центрально-Сихотэ-Алинскую (Ммакс=6.5), Кадинскую (Ммакс=6.0), Сомонскую (Ммакс=6.8). Зоны ВОЗ охарактеризованы параметрами, необходимыми для расчета сейсмических воздействий: максимальной магнитудой ожидаемых землетрясений, глубиной их гипоцентров, кинематикой сейсмических смещений в очаге.

На основании анализа имеющихся сейсмологических баз данных для рассматриваемого региона был составлен Сводный унифицированный по магнитуде Ms каталог исторических и инструментально зарегистрированных землетрясений. Путем анализа пространственно-временного распределения сейсмических событий в каталоге были определены периоды представительности землетрясений различных магнитуд, в результате чего был составлен Каталог представительных землетрясений рассматриваемого региона, послуживший основой для оценки параметров сейсмического режима. Были составлены карты эпицентров землетрясений и построены распределения гипоцентров землетрясений по глубине.

При оценке параметров сейсмического режима были приняты две ступени исследований: региональная и локальная, включающая значимые непосредственно для района нефтепродуктопровода зоны ВОЗ. Региональные сейсмологические исследования проводились для достаточно большой области, обеспечивающей учет всех сейсмических проявлений на расстоянии не менее 400 км от проектируемого нефтепродуктопровода. На региональном и локальных уровнях были получены параметры графиков повторяемости землетрясений и рассчитана матрица сейсмической активности.

На основании данных о наклоне графика повторяемости (параметр b), матрицы сейсмической активности, данных о средних глубинах залегания сейсмоактивного слоя и схемы зон ВОЗ дана оценка исходного сейсмического балла для территории объекта с вероятностями возможного превышения 10%, 5% и 1% в течение 50 лет.

За оценку исходной балльности на средних грунтах (без учета результатов СМР) для проектирования рекомендуется принимать 5% уровень вероятности превышения за 50 лет. При 5% уровне вероятности превышения за 50 лет исходная балльность варьирует вдоль трассы Нефтепродуктопровода «Комсомольский НПЗ — порт Де-Кастри» в пределах 7.0 — 7.8 баллов по макросейсмической шкале MSK-64.

Сейсмотектонические и сейсмологические исследования выполнены ЗАО «НИПИ «ИнжГео» и институтом физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук (ИФЗ РАН).

Литература:

1. Карта современных вертикальных движений земной коры на территорию СССР. Масштаб 1:15000000, ГУГК СССР, 1989.

Акбашев Р. Р.[1], Бубнов А.Б.[2], Константинова Т.Г.[1], Тараканов А.И.[3]
[1]Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский, arr@emsd.ru, lrg334@emsd.ru.
[2]Камчатский госуниверситет им. В. Беринга, Петропавловск-Камчатский, saxa415@mail.ru.
[3]ООО «Изыскатель», Петропавловск-Камчатский

УТОЧНЕНИЕ СЕЙСМИЧНОСТИ ПЛОЩАДКИ НА ТЕРРИТОРИИ ВЫПОЛНЕНИЯ ДРЕНАЖНЫХ РАБОТ

Площадка размером 80х60 м расположена в северо-восточной части г. Петропавловска-Камчатского. На данную территорию имеются карты: геологическая, геоморфологическая, гидрогеологическая, инженерно-геологических условий и сейсмического микрорайонирования масштаба 1:10000. На карте сейсмического микрорайонирования (СМР-74) исследуемая площадка находится в пределах 10-бальной сейсмической зоны [1].

В 1986 г. «КамчатТИСИЗ» выполнил комплексные инженерно-строительные изыскания под застройку микрорайона, в который входит исследуемая территория. Для улучшения сейсмических условий площадок строительства рекомендована выторфовка и замена слабых грунтов, а также водопонижение с помощью дренажной системы на глубину не менее 5 метров. Основная причина высокого сейсмического балла, была связанна с близ поверхностным уровнем грунтовых вод (УГВ).

Для уточнения сейсмической опасности на этой территории были пройдены 6 скважин глубиной по 10 метров колонковым способом со сплошным отбором грунтов; проанализированы 48 проб грунта для определения классификационных показателей, по 25 образцам определена плотность и рассчитаны коэффициенты пористости; выполнено динамическое зонди-

рование в 3-х точках с интервалом испытаний — 3,7-6,6 м; проведены сейсморазведочные работы на двух профилях с помощью цифровой сейсмической станции «Лакколит ХМ-3». На все пробуренные скважины по полевому описанию были составлены геолого-литологические колонки и построены инженерно-геологические разрезы. Выполненные работы представлены на карте фактического материала (рис. 1). Использованы данные по характеристикам физико-механических свойств грунтов, определенные на территориях, прилегающих к исследуемому участку.

Полевые, лабораторные и камеральные работы проведены в период с 10 сентября по 3 октября 2013 года.

Геологическое строение площадки работ

На площадке выделено 2 геолого-генетических комплекса грунтов — современные техногенные и средне-верхнечетвертичные вулканогенно-осадочные отложения и 4 инженерно-геологических элемента (ИГЭ).

Современные техногенные отложения (tQ_{IV}) представлены неоднородным по составу насыпным грунтом (ИГЭ-1), состоящим из дресвяного и щебенистого грунта с песком, песка дресвяного, прослоев текучей и пластичной супеси, строительного мусора, древесных остатков и опилок. Содержание органических веществ по пробам грунта из насыпи достигает 5-8%. Давность отсыпки составляет не менее 15 лет, мощность насыпи изменяется от 1,2 до 2,3 м.

Вулканогенно-осадочные отложения (βQ_{II-III}) залегают под слоем насыпного грунта и слагают нижнюю часть изученного разреза до глубины 10 метров. По литологическому составу эта толща неоднородна. В пределах площадки она представлена песком дресвяным (ИГЭ-2), супесью дресвяной (ИГЭ-3) и щебенистым грунтом с песчаным заполнителем до 30% (ИГЭ-4). Распространение щебенистого грунта в разрезе преимущественное, но не повсеместное. Супесь дресвяная твердой консистенции подстилает слой щебенистого грунта на глубине 8,4-9,0 м от поверхности земли, а также залегает, как и песок дресвяный, в верхней части разреза в виде линзовидных слоев мощностью 2,8-3,2 м (рис.2).

Геологический разрез по профилю I-I Геологический разрез по профилю II-II

На геологических разрезах синим цветом обозначена глубина УГВ, нумерация в кругах соответствует геологическим слоям (ИГЭ-1,2,3,4).

Гидрогеологические условия

Исследуемая площадка расположена в пределах зоны действия дренажной системы. Ближайший дренаж проходит в 15 м от площадки изысканий. Дренажная система должна обеспечить водопонижение на территории площадки изысканий до глубины 5,0 м. Фактический уровень залегания подземных вод на площадке на глубинах 3,4-4,0 м от поверхности земли.

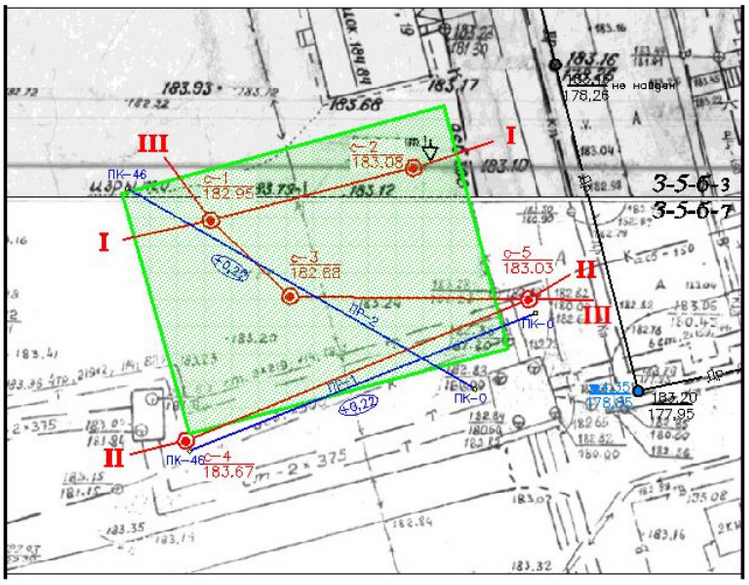


Рис. 1. Карта фактического материала

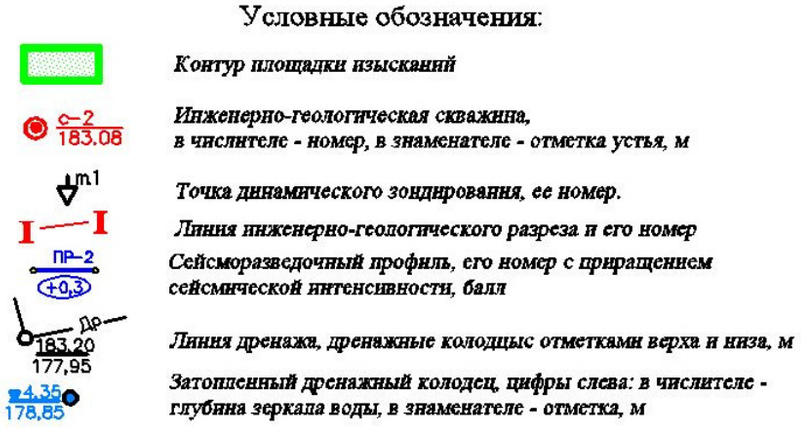


Рис 1. Карта фактического материала

Рис. 2. Керн твердой дресвяной супеси

Причина этому — нарушение нормальной работы дренажной системы в связи с ее засорением. При исправном дренаже уровень грунтовых вод на площадке совпадал с уровнем воды в дренажной системе.

Необходимо выполнить работы по восстановлению дренажной системы. Сбои в работе дренажной системы могут привести к подтоплению заглубленной части проектируемого здания и ухудшению сейсмических свойств грунтов основания.

Водовмещающими грунтами являются щебенистые грунты с песком и пески дресвяные, отдельные тонкие прослои песков в слое супеси. Воды поровые, безнапорные. Питание подземных вод носит комплексный характер: местное, связанное с накоплением и просачиванием в грунт атмосферных осадков с прилегающих выровненных поверхностей и впадин и, удаленное — фильтрация воды из вулканогенных отложений, расположенных гипсометрически выше по рельефу местности. Направление движения грунтовых вод на данной территории юго-восточное в сторону долины р. Кирпичной.

В верхней части разреза, в слое насыпи, установлены прослои текучих супесчаных грунтов, обусловленные типичным проявлением верховодки в неоднородном слое этих отложений. Верховодка может оказывать неблагоприятное воздействие на подземную часть фундамента здания, а также подтапливать отрытые строительные котлованы.

Свойства грунтов

Лабораторные исследования заключалась в анализе и сопоставлении с результатами ранее выполненных работ на сопредельных участках и подготовке объединенных выборок для статистической обработки. Выполнены статистические расчеты по основным классификационным показателям (влажность, пределы пластичности, показатель текучести, коэффициент водонасыщения, плотности частиц и плотности грунта) для каждого выделенного ИГЭ. На основании выполненных лабораторных работ и статистических расчетов сделаны следующие обобщения: пески дресвяные относятся к категории грунтов средней плотности; супесь дресвяная отнесена к твердой; данные по определению плотности щебенистых грунтов приведены по архивным материалам.

Грунты площадки изысканий по ГОСТ 25100-2011 (ГОСТ 25100-2011. «Грунты. Классификация», 1996 г ГОСТ 25100-2011. «Грунты. Классификация», 1996 г.) дополнительно характеризуются следующими показателями и свойствами: пески дресвяные, дресвяные и щебенистые грунты с песчаным заполнителем неоднородны по гранулометрическому составу; супесчаные грунты по процентному содержанию частиц размером 2,0-0,5 мм (<50%) относятся к пылеватым. Природные

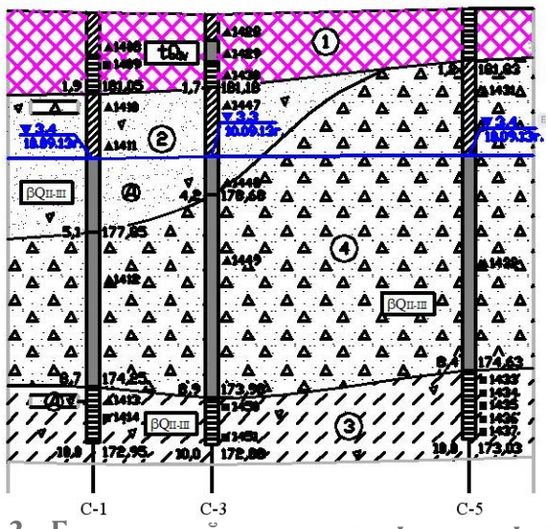


Рис. 2а. Геологический разрез по профилю профилю I-I

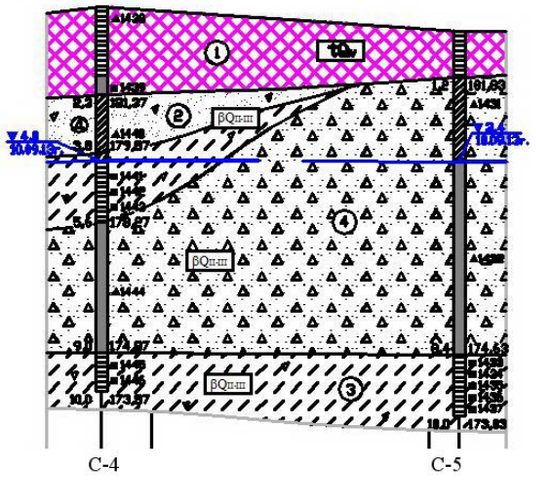


Рис. 2б. Геологический разрез по профилю профилю II-II

грунты площадки изысканий минеральные, не просадочные, не набухающие, не засоленные, но размокающие при нарушении структуры и замачивании; насыпные грунты в своем составе имеют примесь органических веществ до 8%; грунты изученной территории в зоне сезонного промерзания могут проявлять пучинистые свойства.

Специфические грунты

Насыпные грунты (ИГЭ-1) следует отнести к специфическим грунтам. В местах проходки скважин вскрыты, преимущественно, слежавшиеся неоднородные грунты песчаного, супесчаного и крупнообломочного состава с включениями строительного мусора и кусков бетона. Отдельные пласты супеси находятся в текучем состоянии. Не смотря на давность отсыпки, они не слежавшиеся, использовать насыпные грунты в качестве основания проектируемого здания не рекомендуется, они подлежат замене или прорезке на всю мощность.

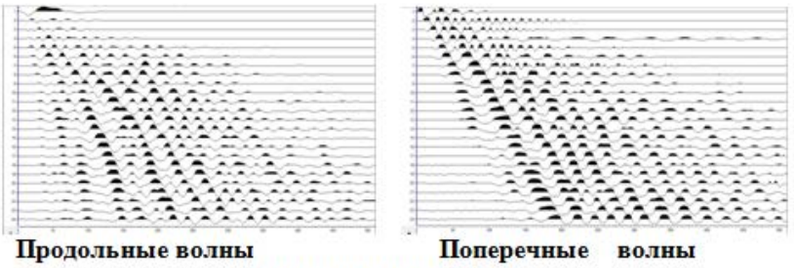
Геологические и инженерно-геологические процессы

Из неблагоприятных процессов на изученной территории можно отметить вулканическую опасность, подтопление и эрозионная деятельность временных водотоков.

Вулканическая опасность. Территория г. Петропавловска-Камчатского находится в зоне возможных пеплопадов при извержениях Авачинской группы вулканов, вулканов Горелого и Мутновского, а также активных вулканов Курильской гряды.

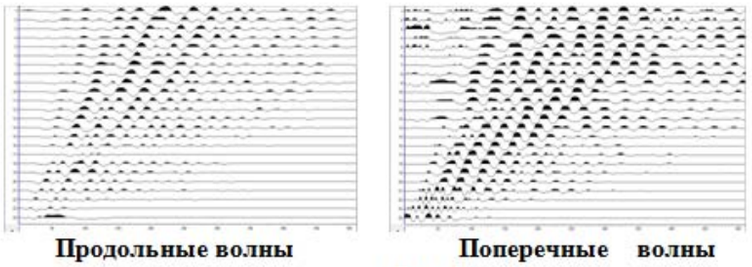
Подтопление. Изученная площадка на момент производства работ относится к категории потенциально подтопляемых в

Сейсмограммы продольных и поперечных сейсмических волн
Пункт удара на 1 канале



Продольные волны **Поперечные волны**

Пункт удара на 24 канале



Продольные волны **Поперечные волны**

Рис. 3

Годографы продольных и поперечных волн

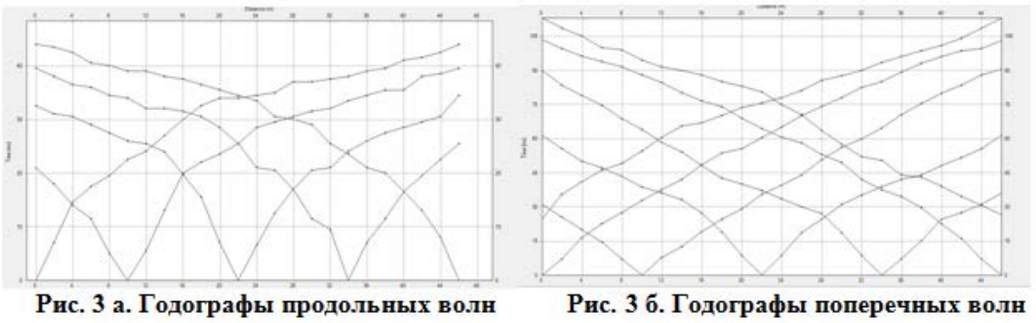


Рис. 3 а. Годографы продольных волн **Рис. 3 б. Годографы поперечных волн**

результате засорения действующей дренажной системы с повышением уровня воды в колодцах.

Эрозионная деятельность временных водотоков. Эрозионная деятельность временных водотоков, как процесс отмечается на участках нарушенного или перепланированного рельефа, еще не закрепленных растительностью, а также по искусственным канавам и понижениям рельефа. В результате проявления этих процессов происходит размыв и вынос частиц грунта плоскостным смывом поверхностных вод, вплоть до формирования рытвин и промоин разной глубины.

Сейсморазведочные работы

На исследуемой площадке изысканий зарегистрированы продольные (*Vp*), и поперечные (*Vs*) сейсмические волны. Сейсмограммы продольных и поперечных волн приведены на (рис. 3). Построены встречные и нагоняющие годографы сейсмических волн (рис. 4).

Интерпретация сейсмограмм проводилась по общепринятой методике способом пластовых скоростей. Годографы продольных и поперечных волн для профиля 2 приведены на рис. 3. В результате интерпретации получены значения скоростей распространения скоростей сейсмических волн и определены соответствующие им границы слоев (рис.4 а, б)

В результате интерпретации определены значения скоростей распространения сейсмических волн, рассчитаны соответствующие им границы слоев, их мощность и построены разрезы. Сейсмический разрез по продольным волнам на профиле 2 приведен на рис. 5.

Скорости продольных сейсмических волн Vp = 280-360 м/с и поперечных Vs = 180 м/с мощностью 1,0-2,0 м соответствует насыпным отложениям. Второй слой, залегающий на глубинах от 1,0 до 4,5 м, имеет Vp = 730-1010 м/с, Vs = 410-530 м/с. Они соответствуют необводненным четвертичным отложениям. Третий слой, прослеженный на глубинах 3,0-4,5 м и ниже имеет Vp = 1370-1780 м/с. Эти повышенные значения скоростей продольных сейсмических волн отчетливо указывают на глубину грунтовых вод.

Рассчитаны приращения сейсмической интенсивности в баллах относительно «средних грунтов», принятых для г. Петропавловска-Камчатского (ГОСТ 25100-2011. «Грунты. Классификация», 1996 г) в соответствии с требованиями нормативных документов (РСН 45-77. Инструкция по применению сейсморазведки в инженерных изысканиях для строительства. 1977 г.).

Среднее значение суммарного приращения () на сейсмических профилях 1 и 2, без учета резонанса, относительно сейсмичности на средних грунтовых условиях города Петропавловска-Камчатского, равной 9 баллам, составило от +0,2 до +0,6 балла. Сейсмичность данной площадки оценивается в 9 баллов на участках, где в разрезе преимущественно распространен щебенистый грунт. Дресвяный песок, обводненный с глубины 3,4 м является наихудшим грунтом для основания фундамента здания, приращения балльности для этой площадки +0,6 балла. Для перевода исследованной территории в 9-ти балльную зону необходимо понизить уровень грунтовых вод до 5,0 метра. Дренажная система должна обеспечивать водо-

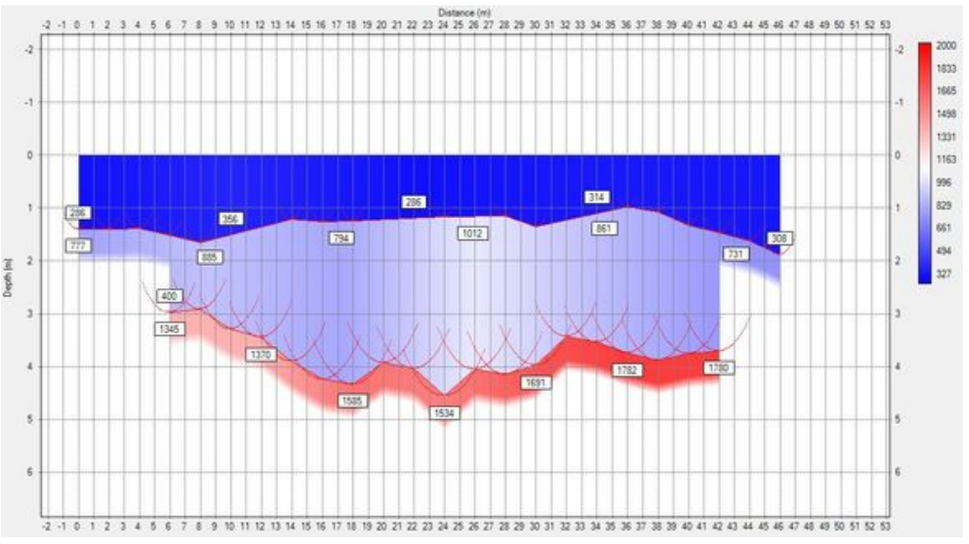


Рис. 5. Сейсмический разрез профиля 2, построенный по продольным волнам

понижение на такую глубину. Работа дренажной системы нарушена из-за ее засорения. Необходимо проведение работ по восстановлению дренажной системы выполнение контроля за нормальным состоянием дренажных колодцев. Сбои в работе дренажной системы приведут к ухудшению сейсмических свойств грунтов и большая часть территории микрорайона «Северо-Восток» снова вернется в 10 балльную зону сейсмической опасности.

Заключение

Территория работ по сложности инженерно-геологических условий относится к III категории. Грунтовые воды на площадке залегают на глубине 3,4-4,0 м от поверхности земли. Такое близкое залегание уровня обусловлено аварийным состоянием существующей дренажной системы, в зону действия которой попадает площадка изысканий и которая должна обеспечивать понижение уровня грунтовой воды на глубину до 5,0 м, а также поддерживать его стабильное положение. Для исправной работы дренажа требуется его восстановление.

Грунтовые условия в сочетании с климатическими особенностями района предполагают значительное распространение верховодки при строительстве. Необходимо предусмотреть тщательную вертикальную планировку, поверхностный водоотвод, снегоочистку территории и гидроизоляцию фундаментов и подвальных помещений.

Для предотвращения эрозии приповерхностного слоя грунтов при нарушенном почвенном покрове во время затяжных дождей и снеготаяния даже и при небольших уклонах рельефа местности требуется твердое покрытие территории вокруг здания.

Работы проводились в осенний период времени, когда уровень грунтовых вод значительно ниже, чем в весенний и начале летнего периода, то состояние сейсмичности на этой площадке в весенне-летний период будет составлять 10 баллов. Дренажная система не справится с большим объемом талой воды.

Литература:

1. *Константинова Т.Г., Шарапов В.Г.* О принципах построения карты сейсмического микрорайонирования территории г. Петропавловска-Камчатского. М., «Наука», 1977. С.232-236.

СЕКЦИЯ «ИНЖЕНЕРНО-ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ»

Косицкий А.Г., Айбулатов Д.Н., Колесникова М.С.
Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, alexhydro@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ОЛИМПИЙСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА СОСТОЯНИЕ РЕК г. СОЧИ

Территория г. Сочи в настоящее время находится под влиянием большого антропогенного прессинга, связанного с подготовкой к зимним олимпийским и паралимпийским играм 2014 г. Основная зона строительства находится в горном и прибрежном кластерах. Горный кластер расположен в бассейне р. Мзымты выше слияния с р. Ачипсе. Прибрежный кластер находится в Имеретинской низменности. Таким образом, наибольшее антропогенное влияние в горном кластере испытывают реки Мзымта и Ачипсе, а в прибрежном — бывший оросительный канал, протекающий через Имеретинскую низменность и впадающий в р. Мзымту недалеко от ее устья.

Река Мзымта ниже впадения р. Ачипсе имеет порядок (определяемый в соответствии с методом А.Шейдеггера) N=8,0. К устью его значение возрастает до 9,4. Увеличение порядка реки на 1,4 соответствует примерно трехкратному возрастанию водоносности. На этом участке р. Мзымта принимает несколько притоков, преимущественно с правого берега. Основными являются реки Бешенка (N=3,8), Монашка (N=3,6), Чвижепсе (N=6,6), Кепша (N=4,8).

При поступлении загрязняющих веществ в водные объекты, концентрации их могут изменяться за счет процессов разбавления и самоочищения. Все загрязняющие вещества подразделяются на консервативные и неконсервативные. Консервативные вещества не реагируют на физико-химические и биохимические процессы. Их концентрации изменяются лишь под влиянием процессов разбавления в соответствии с уравнением смешения

$$C_3 = (C_1Q_1 + C_2Q_2) / (Q1 + Q2). \qquad (1)$$

Здесь C_1, C_2 — соответственно концентрации загрязняющего вещества выше узла слияния рек с загрязненными (C_1) и незагрязненными (C_2) водами; Q_1 и Q_2 — расходы воды сливающихся рек; C_3 — концентрация загрязняющего вещества в реке ниже узла слияния. Из уравнения (1) следует, что чем больше боковой приток чистой воды ($C_2 \rightarrow 0$), тем меньше C_3. Процессы разбавления оказывают воздействие также и на содержание неконсервативных веществ. Однако, вступление в химические и биологические реакции последних приводит к уменьшению содержания их в водной среде.

Все вышеперечисленные притоки р. Мзымты не являются сильно загрязненными, поэтому оказывают серьезное разбавляющее воздействие. В результате, концентрации загрязняющих веществ в р. Мзымте существенно уменьшаются по мере удаления от пос. Эсто-Садок, расположенного непосредственно ниже зоны основного горного олимпийского строительства, к устью.

Для контроля качества воды в части оценки влияния подготовки Олимпийских игр на окружающую среду Международный олимпийский комитет (МОК) использует ряд показателей, к числу которых в числе прочих относятся два микробиологических компонента: содержание в воде фекальных стрептококков и кишечной палочки. Эти вещества являются неконсервативными.

Исследования, проведенные с участием авторов в период с 2010 по

2013 г.г., выявили основные закономерности распределения данных веществ в бассейне р. Мзымты. В частности, отбор проб, проведенный в июне 2013г. показал, что фоновое содержание фекального стрептококка составляет 40 КОЕ/100 мл, а кишечной палочки — 30 КОЕ/100 мл. В качестве фонового створа использована р. Ачипсе выше впадения р. Лауры. Здесь река протекает через территорию Кавказского государственного природного биосферного заповедника, где антропогенный прессинг практически отсутствует. После слияния р. Ачипсе с р. Лаура на нее начинает оказывать влияние горный кластер олимпийского строительства. Это влияние усиливается при впадении р. Ачипсе в р. Мзымту, в результате чего значения этих показателей резко возрастают. Так в пос. Эсто-Садок (в 50 км от устья р. Мзымты) концентрация фекального стрептококка равна 1300, а кишечной палочки 3000 КОЕ/100 мл. Ниже по течению концентрации уменьшаются. Например, в створе гидрологического поста Казачий Брод (пос. Форелевое Хозяйство), расположенного на р. Мзымте в 14 км от устья (после впадения всех основных притоков) содержание фекального стрептококка составляет 600, а кишечной палочки 900 КОЕ/100 мл. Использование уравнения (1) и фоновых значений данных показателей в качестве C_2 дает значительно большие величины C_3 для створа г/п Казачий Брод. Так содержание фекального стрептококка по уравнению смешения получается равным 700, а кишечной палочки 1500 КОЕ/100 мл. Следовательно, существенное изменение концентраций достигается за счет процессов самоочищения. В связи с этим, к устью р. Мзымты влияние горного кластера еще снижается. В реальности, степень самоочищения проявляется еще сильнее, поскольку значения исследуемых микробиологических элементов в притоках р. Мызмты очевидно выше фоновых значений, так как притоки частично подвержены антропогенной нагрузке.

Наибольшие значения этих показателей достигаются в ирригационном канале, протекающем в Имеретинской низменности. Содержание фекальных стрептококков составляет здесь 18 тыс., а кишечной палочки — 29 тыс. КОЕ/100 мл. Именно этот водный объект полностью принимает на себя влияние строительства прибрежного кластера олимпийских объектов. Расходы воды этого канала несоизмеримо меньше, чем в р. Мзымте, поэтому концентрации загрязняющих веществ достигают в нем наибольших значений. Канал впадает в р. Мзымту менее, чем в 100 м от ее устья, поэтому данные вещества неизбежно поступают в Черное море. Однако, те же процессы разбавления и самоочищения приводят к постепенному уменьшению их концентраций. В результате, влияние прибрежного кластера олимпийского строительства на качество воды в Черном море не столь велико, как можно было бы ожидать. Это подтверждает динамика концентрации микробиологических элементов в Черном море за последние три года. Отобранные пробы морской воды в черте городского пляжа пос. Адлер в разное время показали, что содержание фекальных стрептококков в феврале 2010 г. было равно 40, в сентябре 2011 г. — 100, а в июне 2013 г. — 6 КОЕ/100 мл. Содержание

кишечной палочки в том же месте, за те же периоды времени составило соответственно 27, 910 и 280 КОЕ/100 мл. Таким образом, отчетливо виден сезонный ход изменения данных показателей, связанный с рекреационным использованием Черного моря. Трэнда роста концентрации загрязняющих веществ в море не прослеживается.

Подытоживая вышеизложенное, можно сказать, что водные объекты г. Сочи по данным показателям справляются с антропогенным воздействием, вызванным подготовкой XXII зимних Олимпийских и XI Паралимпийских зимних игр 2014 г.

Айзель Г.В.
Институт водных проблем РАН, Москва,
hydrogo@yandex.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РАСЧЕТА СТОКА С МАЛОИЗУЧЕННЫХ ВОДОСБОРОВ В ПРАКТИКЕ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ

Проблема расчетов речного стока при недостаточности (или полном отсутствии) материалов гидрометрических наблюдений является одной из наиболее актуальных в современной гидрологии, а также в практике гидрометеорологических инженерных изысканий. Подтверждением тому служит организованная в период с 2003 по 2012 годы Международной ассоциацией гидрологических наук (International Association of Hydrological Sciences, IAHS) декада исследований, направленных на качественное улучшение методов расчетов речного стока для недостаточно обеспеченных гидрометеорологической информацией бассейнов (Prediction in Ungauged Basins initiative, PUB). Тем не менее, несмотря на интенсификацию изучения данной проблемы в последние годы мировым (и российским в том числе) научным сообществом, в инженерно-гидрометеорологических изысканий существенных подвижек со времен принятия СНиП 2.01.14-83 не произошло. В современной редакции СП 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик», пришедшему на замену упомянутому выше советскому СНиП, не введено никаких кардинальных методологических изменений, связанных с расчетами стока с малоизученных водосборов, хотя именно с этой проблемой инженеры-гидрологи сталкиваются наиболее часто. Планы государства по строительству новых веток нефтегазовых транспортных систем от удаленных слабоизученных территорий месторождений российского Севера и Востока также подтверждают то, что эта тема будет продолжать оставаться актуальной.

Последние сообщения Международной рабочей группы по изменению климата (Intergovernmental panel of climate change, IPCC), а также доклады Росгидромета об особенностях климата на территории Российской Федерации указывают на факт изменений природной среды и глобального гидрологического цикла в частности. Соответственно, методы оценки расчетных гидрологических характеристик теряют свою пригодность в силу потери условия однородности. Вторым аспектом, подтверждающим необходимость смены парадигмы стандартизации расчетов стока, является рост числа экстремальных природных явлений. Так, в 2012 году число экстремальных явлений (засухи, экстремальные осадки, паводки и др.) на 65% превысило показатели 2011 года. Степень учета происходящих экстремальных явлений в расчетах стока недостаточна, а применяющиеся вероятностные методы могут взаимокомпенсировать положительные и отрицательные выбросы, внося в оценки параметров (средних годовых, максимальных расходов воды, объемов стока весеннего половодья и дождевых паводков и др.) лишь незначительные изменения. Таким образом, в практике инженерных гидрометеорологических изысканий, связанных с расчетом характеристик речного стока, назрела необходимость смены вероятностной (основанной на использовании наблюденных рядов и инструментов теории вероятности) парадигмы расчетов, на модельную (основанную на физико-математическом моделировании процессов формирования стока).

Одной из главных задач гидрологического моделирования является получение гидрографа речного стока. В нашей работе при решении указанной задачи используется разработанная в Лаборатории физики почвенных вод Института водных проблем РАН модель тепло- и влагообмена поверхности суши с атмосферой SWAP, представляющая собой физико-математическую модель формирования речного стока с сосредоточенными параметрами. Модельные параметры являются физически обоснованными величинами, но в силу недостаточности информации о почвенном и растительном покрове, определение части модельных параметров осуществляется на основе их калибровки. Калибровка параметров модели происходит посредством сопоставления модельного и наблюденного гидрографов стока на основе двух критериев — эффективности по Нэш-Сатклиффу и среднеквадратичному отклонению и реализуется на основе немного модифицированного алгоритма поиска глобального минимума SCE-UA. Однако для водосборов, не обеспеченных рядами измерения суточного расхода воды, произвести калибровку модельных параметров не представляется возможным. Поэтому, задача расчета суточного гидрографа стока для необеспеченных гидрометрическими наблюдениями бассейнов является в первую очередь задачей нахождения для них адекватных модельных параметров другими методами.

Общий методологический блок по нахождению модельных параметров для необеспеченных данными наблюдений бассейнов интенсивно разрабатывался участниками PUB и получил название «regionalization techniques» (методы районирования). Наибольшую популярность получили методы, основанные на близости (пространственной или физико-географической) «водосбора-мишени» и «водосбора-донора». При использовании данной группы методов весь набор модельных параметров переносится с «водосбора-донора» на «водосбор-мишень» при условии минимального их различия по выбранным факторам. Другую же группу представляют регрессионные методы, характеристикой которых является установление достоверной зависимости между дескрипторами водосбора (его природными характеристиками) и модельными параметрами на группе обеспеченных материалами наблюдений бассейнов, и последующий перенос полученных зависимостей на водосборы, наблюдения за расходом воды на которых отсутствуют. Из итогов работы PUB следует, что использование регрессионных методов для нахождения модельных параметров редко дает приемлемые результаты. В предложенных работах, исследователи при использовании регрессионных методов нередко ограничивались лишь применением одиночной и множественной линейной регрессии для связи ландшафтных и модельных параметров, оставляя без внимания современные методы множественной нелинейной регрессии. Одним из таких методов является построение искусственных нейронных

сетей (ИНС). В самом простом определении ИНС — это математическая модель поиска связи заданных входных и выходных параметров посредством обучения на некоторой выборке. Модель позволяет установить указанную связь на основе многопараметрической нелинейной оптимизации.

В данной работе были использованы данные с 323 водосборов, расположенных на территории США. К сожалению, для России получить подобный набор данных не представляется возможным из-за абсолютной непрозрачности структур Росгидромета, этими данными распоряжающийся. Для каждого из исследуемых водосборов была проведена калибровка параметров и расчеты суточного слоя стока (гидрографа) за период с 1986 по 1995 гг. В качестве предикторов ландшафтных условий были использованы данные по 17 параметрам подстилающей поверхности, полученные из глобальной базы данных проекта GSWP (Global Soil Water Project) с разрешением 1°*1°. Для проверки эффективности применения ИНС для нахождения модельных параметров бассейнов, не обеспеченных информацией о стоке, все водосборы были разделены на две группы по 210 и 113 единиц. Первая группа бассейнов использовалась для построения зависимостей между ландшафтными и модельными параметрами, вторая группа являлась «мишенью» для транспонирования найденных зависимостей. В ходе исследования получены удовлетворительные результаты по использованию стандартных методов, а также метода ИНС для нахождения модельных параметров гидрологической модели для водосборов с недостаточным информационным обеспечением.

Таким образом, в данной работе показано, что применение гидрологических моделей для расчета стока с малоизученных бассейнов является перспективным для внедрения в практику инженерных изысканий. Применение моделей помогает не только более правдоподобно оценить расчетные характеристики стока, но и понять характер связей в гидрологической системе, а также открывает путь к прогнозированию изменений в системе.

Жуков Г.Д., Жуков И.Г., Каргаполова И.Н.
ООО «ЭКОНГинжиниринг», г. Дзержинский,
Московская область, econg@mail.ru

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕМОНТЕ ПЕРЕХОДОВ ЧЕРЕЗ ВОДНЫЕ ПРЕГРАДЫ

Анализ данных диагностирования переходов (мостовых, трубопроводных и т.п.) через водные преграды показывает, что наиболее часто встречающимися неисправностями в процессе эксплуатации являются размывы их конструкций.

Ретроспективный анализ причин размыва на этих переходах показывает, что непрогнозируемые проявления опасных деформаций русел, вызванных разрушительными паводками, селями или нерегламентированными техногенными факторами, отмечены не более чем в 5 % случаев. В остальном неблагоприятная статистика связана, в основном, с недоучетом ряда факторов, влияющих на естественное протекание русловых процессов, еще на стадиях проектно-изыскательских работ.

Эти недочеты носят системный характер и заключаются как в неправильном выборе мест пересечения с водной преградой, так и в ошибках расчетов заглубления конструкций переходов в русловой и пойменной частях рек.

Первичное рассмотрение участка реки в районе проектируемого объекта и планирование изысканий следует проводить, прежде всего, на основе анализа архивных картографических материалов и космических снимков. В случае возможности сопоставления нескольких архивных снимков друг с другом определяются тенденции развития русловых деформаций и назначаются зоны топографической и гидрографической съемки.

При анализе русловых процессов необходимо учитывать морфологию и динамику русла, поэтому протяженность русловой съемки должна назначаться в соответствии с длиной русловых форм и на крупных реках может достигать нескольких десятков километров.

В основе полевых работ лежит создание цифровой модели рельефа района изысканий, в составе которых выполняются промерные работы в русловой части и наземная топографическая съемка береговой и пойменной части реки

Ввиду ряда географических и природных причин, а также вследствие большой протяжённости исследуемых объектов, становится весьма неудобным и непродуктивным использование традиционных методов и инструментов развития съёмочного обоснования и съемки рельефа дна и берегов. Поэтому при изысканиях целесообразно применять GPS-технологии геодезических измерений, которые обеспечивают необходимую точность как съемки рельефа дна и берегов, так и нивелирования водной поверхности даже при небольших уклонах.

При промерных работах, выполняемых однолучевыми эхолотами, получается массив точек, сосредоточенных только вдоль промерных галсов. Для больших рек, где частота галсов значительно сказывается на объеме работ, неравномерность получения данных приводит к возникновению ошибок при построении поверхности интерполированием. Это может исказить картину развития русловых процессов и требует значительных затрат времени для предварительного анализа и корректировки данных.

Таких недостатков нет при использовании современных многолучевых эхолотов и гидролокаторов, которые позволяют получить равномерный массив точек рельефа и качественное изображение дна.

Для водоемов глубиной более 3 метров нами внедрен и используется современный фазовый гидролокатор SWATHplus (Великобритания) позволяющий получать равномерный массив точек рельефа и качественное изображение дна, соответствующее международным стандартам.

Фазовые гидролокаторы обеспечивают полное акустическое освещения дна, что улучшает разрешающую способность съемки. При этом вместе с данными о глубине собираются данные обратного рассеяния акустических сигналов, что позволяет выявить характер и размеры естественных русловых форм — донных гряд, а также идентифицировать объекты антропогенного характера, попавшие в район изысканий.

Для повышения производительности и точности гидрометрических измерений используются доплеровские измерители скоростей потока типа RioGrande (США), которые в сочетании с GPS-технологиями позволяют получить подробные данные о скоростях и направлениях течений по всему сечению реки. Сплошная съемка скоростей наглядно выявляет зоны максимальных и минимальных скоростей на разных глубинах и позволяет определить воздействие водного потока на проектируемый объект.

Эффективным методом изучения русловых процессов следует признать применение технологий дистанционного зондирования Земли (космической съемки). Появившийся в последнее десятилетие доступ к зарубежным и отечественным

спутниковым снимкам разрешением менее 2 метров позволяют:

- выявлять русловые макроформы значительной протяженности и определять направление прохождения паводковых вод;
- по архивным снимкам за несколько лет отслеживать плановые деформации русла реки, оценивать их опасность.

По результатам камеральной обработки полевых данных создается цифровая модель рельефа (ЦМР) района изысканий. Сравнение ЦМР с оцифрованными данными архивного картографического материала позволяет получать разностные планы изменения рельефа, и таким образом, проанализировать горизонтальные и вертикальные деформации дна и берегов.

Полученная ЦМР района изысканий и расчетные гидрологические характеристики используется для проведения компьютерного моделирования деформаций дна, которое достаточно близко увязывает данные полевых измерений и численного эксперимента, позволяет наглядно распознать характер развития русловых деформаций при различных сезонных ситуациях и, при необходимости, крупномасштабно «проигрывать» различные проектные варианты защиты перехода от размыва.

Для этих целей используется программный комплекс российской разработки FLOOD (НИИЭС), в основе которого заложены двумерные уравнения Сен-Венана, уравнение переноса частиц наносов и уравнение деформаций дна.

Для прогноза дальнейшего развития русла и оценки предельной линии размыва проводится экспертный анализ полученной информации о плановых и вертикальных деформациях дна и берегов с учетом морфологических характеристик и типа руслового процесса на рассматриваемом участке реки и результатов компьютерного моделирования.

Сочетание перечисленных методов инженерных изысканий и экспертного анализа позволяет учесть многофакторный процесс динамики русел рек, спрогнозировать дальнейшие деформации дна и берегов и разработать оптимальные проектные решения для надежной эксплуатации переходов через водные преграды.

Айбулатов Д.Н.[1], Косицкий А.Г.[1], Федорченко А.В.[2]
[1]Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, gidroden@mail.ru
[2]«Трансэлектропроект» — филиал ОАО «Росжелдорпроект», Москва, xelaxxx@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

На современном этапе развития инфраструктуры железных дорог в Российской Федерации, планов строительства высокоскоростных магистралей, электрификации существующих объектов, реконструкции БАМа, инженерные изыскания для нужд проектирования устройств электрификации и энергетического хозяйства на переменном токе, станций стыкования, релейных защит, автоматики и телемеханики, по защите от искрообразования и электрохимической коррозии и др. имеют важное значение.

Особенностью проведения инженерно-гидрометеорологических изысканий для данных объектов является их принадлежность как к площадным объектам (тяговые подстанции, дежурные пункты дистанции контактной сети и т.д.), так и к линейным объектам (контактная сеть, СЦБ и связь, ВЛ и т.п.). Кроме того, они относятся как к объектам железнодорожного транспорта, так и к объектам энергетики. Похожая проблема стоит и для других объектов изысканий, которые не прописаны в СП 11-103-97. Например, кабели ВОЛС, прокладка которых в последнее время идет очень активно. Их можно отнести как к объектам трубопроводов и пользоваться пунктом 9.5 СП 11-103-97 для определения состава инженерных гидрометеорологических изысканий, так и к объектам строительства ВЛ и пользоваться пунктом 9.4 СП 11-103-97. Похожая путаница происходит и при прохождении экспертизы таких объектов, когда эксперты не могут определиться по каким пунктам СП 11-103-97 проверять инженерные изыскания. К сожалению, в новом актуализированном СНиП («СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96») также не решена эта проблема.

Получается, что метеорологические характеристики, необходимые для составления климатической записки и дальнейшего использования в проектировании объектов электрификации и электроснабжения железных дорог для площадных объектов необходимо брать по таблице 7.1 СП 11-103-97, а для линейных объектов и подстанций по таблицам 9.2 и 9.5 СП 11-103-97. Из-за этого получается довольно большой набор метеорологических параметров, большинство из которых вообще не используется в проектировании. Похожая ситуация наблюдается и с составом инженерно-гидрологических изысканий по данным объектам. Для площадных объектов обязательно получение следующих данных (согласно п.7 СП 11-103-97): расчетные наивысшие уровни и расходы воды; границы затопления при расчетных уровнях; наивысший уровень ледохода; расчетные скорости течений; средняя скорость планового смещения русла и граница зоны деформации берега к концу прогнозируемого периода. Для линейных объектов добавляются гидрологические параметры из таблиц 9.2 и 9.4 СП 11-103-97.

Таким образом, назрело решение о выпуске ВСН, в котором было бы четко прописаны характеристики, требуемые для проектирования и реконструкции именно таких объектов. Набор этих параметров, требуемые обеспеченности климатических и гидрологических характеристик, методы их получения должны быть согласованы совместно со специалистами гидрометеорологами и профильными проектировщиками.

Рузанов В.Т.
ФГБУ науки Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило ДО РАН, Анадырь-Магадан, gidrogeoruz@mail.ru

ЛЕДНИКОВЫЕ ОЗЁРА АНАДЫРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ: ПЕРСПЕКТИВЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Озёра Анадырской низменности по происхождению наиболее часто подразделяются на термокарстовые (провальные, по [2]), ледниковые, речных долин (или пойменные) и лагунные

Рис.1. Схема расположения озёр в районе г. Анадыря: В — Воротное, Ве — Верхнее, Во — Водокачечное, К — Куликовое, М — Мысовое, Н — Нижнее, Ос — Островное, П — Предгорное, С — Солёное.

[4, 5; монографии; Гидрогеология СССР. Том XXVI. Северо-Восток, 1972; Север Дальнего Востока, 1970; Н.А. Шило, 1964; Л.Е. Симова, 1964 и др. исследователи]. При этом подавляющая часть озёр отнесена к термокарстовым.

В статье об озёрном термокарсте [5] выделено, в пределах описываемого района, четыре озерно-термокарстовые зоны: морской, аллювиальной, флювиогляциальной и ледниковой аккумуляции. Все озера низменности, в частности, старичные и лагунные, отнесены к термокарстовым, с чем трудно согласиться.

В то же время в работе [1], используя классификацию Б.Б. Богословского (1960), в Анадырской низменности выделены три большие группы озёр:

а) ледниково-аккумулятивные — в пределах распространения ледниковых и водно-ледниковых отложений;

б) водно-эрозионные и водно-аккумулятивные речного и морского происхождения — старицы, плёсовые озёра, лагуны, лайды;

в) вторичные водоёмы — в днищах более древних котловин.

Термокарстовые озёра не вошли в «большую группу» — как единичные водоёмы, связанные лишь с разрушением бугров пучения, а также в связи с «… отсутствием надежных критериев отнесения озер к термокарстовым.» [1].

Б.И. Втюрин (1964) отмечает слабое развитие термокарста по повторно-жильным льдам в Анадырской низменности.

По нашему мнению, при отнесении озёр к тому или иному генетическому типу следует учитывать как «генеральное», так и смешанное во многих случаях их происхождение. Так, например, в изначально образовавшихся понижениях среди ледниковых и водно-ледниковых форм рельефа первичное накопление воды происходило за счет осадков или водотоков. В дальнейшем углубление такого озера могло происходить при оттаивании подземных льдов, подпруживании и т.д.

Наиболее изучены озёра в районе г. Анадыря — в бассейнах рек Волчья, Угольная, Казачка и др. (рис. 1). Большая часть озёр изучена Анадырской мерзлотной станцией (АНИМС) в период с 1935 до середины 1980 гг. (П.Ф. Швецов, И.А. Некрасов, Б.И. Втюрин, А.С. Любомиров и др.); исследования также проводили трест «Дальвостуглеразведка» (М.В. Петайчук, Т.Н. Елисафенко, С.М. Медведь, В.Т. Рузанов), Анадырская ГРЭ (Бурханов А.А. и др.), СВКНИИ (С.В. Томирдиаро, В.К. Рябчун, С.Н. Бражник, В.Т. Рузанов и др.).

В Анадырской низменности, в удалении от речных долин, эстуариев и морских побережий (где сформировались пойменные или лагунные озёра), на современных морских, верхне- и среднеплейстоценовых морских, ледниковых и водно-ледниковых отложениях распространены всего две разновидности озёр:

- относительно молодые, по [4], возрастом в несколько сот лет, глубиной в основном до 1,5-2,0 м, с ровным илистым дном, в зимнее время полностью или частично промерзающие (Нижнее, Предгорное, Охотничье и др.); такие озёра отнесены к термокарстовым (рис. 2);
- более древние, возрастом в несколько тысяч лет, значительно более глубокие — свыше 3,5- 4,0 м, с неровным дном (Верхнее, Ходеевское, Воротное и др.). Озёра этой разновидности в работах [3, 4 и др.] отнесены к ледниковым. Типичные ледниковые озёра: Водокачечное, расположенное в ложбине, соединяющей долину р. Волчья с Анадырским лиманом; Верхнее — водораздельное озеро в седловине между двумя грядами (рис. 3, 4).

Рис. 2. Термокарстовое озеро Нижнее

Рис. 3. Ледниковое озеро Водокачечное. Заброшенный водозабор

Рис. 4. Ледниковое водораздельное озеро Верхнее

Таблица 1

Параметры озёр Анадырской низменности

№ пп	Название озера	Размеры, км / площадь, км2	Глуб., м	Отм. уреза	ВГМ, м	М, мг/л
А. Ледниковые озёра						
1	Воротное	0,10x0,145	3,77	9,8	-	80-479
2	Водокачечное	0,25x0,5	4,5	21,4	-	40
3	Ходеевское	0,6x1,0 / 0,465	3,0	50,0	-	20-300
4	Ходеевское (водохр.)	0,8x1,6 / 0,651	4,2	51,2	-	20-300
5	Верхнее	0,2x0,45	Н.с.	37	-	
6	Четвёртое	0,16x0,45 / 0,06	3,66	48,0	-	30-87
Б. Термокарстовые озёра						
1	Нижнее	0,2x0,35	1,9	5,7	20,5	
2	Предгорное	1,3x1,8	2,2	2,4	30	
3	Охотничье	1,5-3x4,5	1,9	1,1	15	1330
4	Гагрье	2x2,8 / 4,2	3,8	19,0	-	51
5	Александра	4,5x6,2/ 20,15	2	15	Н.с.	

Примечание. 1. Знак «-» (прочерк) – под озером сквозной талик. 2. Н.с. – нет сведений.

Озеро Водокачечное (на топокарте 1: 25 000 — Каменистое) «… — древнее образование. Оно развито во флювиогляциальных отложениях предгорного шлейфа гряды Гребешки. Поэтому в отличие от термокарстовых озер его котловина неровная, имеет западины и отмели, а также песчано-галечные пляжи. … Температуры по скважине почти не понижаются с глубиной до самого забоя (22 м) и составляют около +4°С …» [4]. Следует отметить, что данное озеро много лет использовалось для водоснабжения п. Шахтерский и одной из воинских частей. В настоящее время водозабор на озере заброшен (рис. 3).

Основные параметры хорошо изученных ледниковых, а также некоторых термокарстовых озёр представлены в табл. 1.

Анализ данных табл. 1 приводит к выводу, что под относительно молодыми термокарстовыми озёрами почти всегда находится несквозной талик; редкое исключение для Анадырской низменности — сквозной устойчивый талик под гораздо более старым термокарстовым озером Гагарье, образовавшийся в условиях преграды его «кочеванию» в виде моренного увала со стороны «подветренного» берега (В.С. Кривощеков, Мелиорация …, 2000).

Мощность толщи многолетней мерзлоты (ТМП) на большей части Анадырской низменности, в удалении от водотоков и водоёмов, составляет в основном 100-200 м. Однако даже под небольшими озёрами ледникового происхождения установлены сквозные талики. Так, ширина оз. Воротного всего 80-110 м, длина 145 м, но под его акваторией, по данным бурения и геотермии в скважинах, установлен сквозной талик (см. ниже). При этом ТМП вблизи этого озера составляет около 120-140 м [3].

Одним из наиболее детально изученных ледниковых озер Чукотки является оз. Ходеевское, расположенное на предгорной равнине, сложенной ледниковыми и водно-ледниковыми

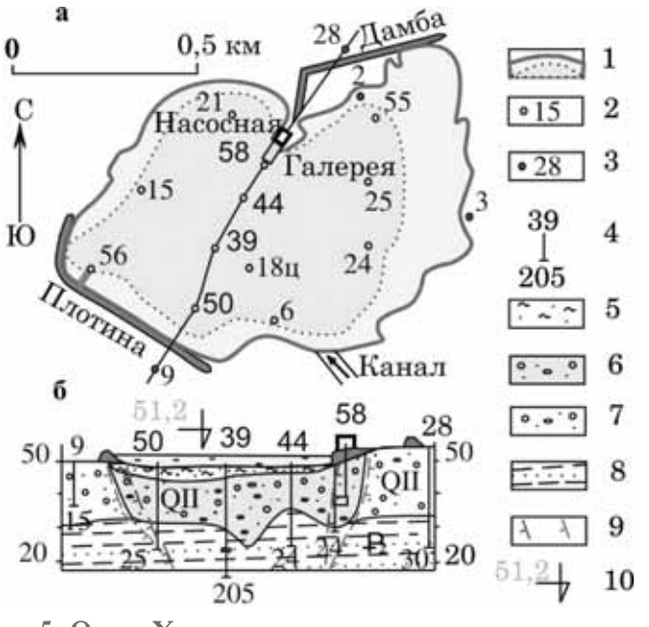


Рис. 5. Озеро Ходеевское: мерзлотно-гидрогеологическая схема и разрез

Рис. 6. Окрестности озера Воротное (по топокарте 1953 г.)

Рис. 7. Вид на озеро Воротное

отложениями (рис. 5). До строительства плотины максимальная глубина озера не превышала 3,0 м. После создания водохранилища площадь и глубина заметно возросли (табл. 1). Талик под озером сквозной, основной водоносный горизонт (ВГ) связан с гравийно-галечниковыми отложениями ($gfgQ_{II}$) средней мощностью 12,4 м. От вод озера основной ВГ отделён илисто-суглинистым слоем мощностью до 5,4 м; местами этот изолирующий слой отсутствует. Рельеф дна неровный, с тремя котловинами в разных частях озера [3]. Подземные воды подозёрного талика эксплуатировались гале-

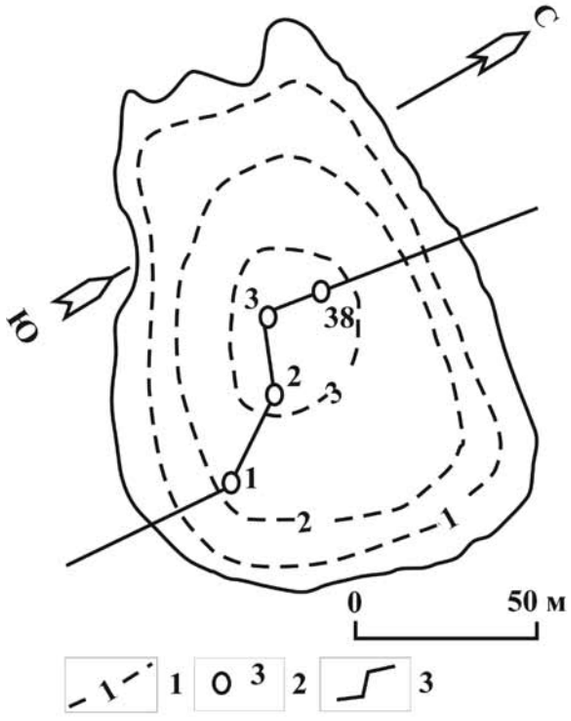


Рис.8. Батиметрический план озера Воротного (2013 г.)

рейным водозабором (крупнейшим на Северо-Востоке России) более 30 лет для водоснабжения п. Угольные Копи; водоотбор достигал 3-4 тыс. м^3/сутки.

Ледниковое озеро Воротное впервые исследовано в январе 1938 г., когда со льда была пробурена скважина. Результаты этих работ приведены, весьма сжато, в работе [2]: «… Озеро имеет глубину 3,5 м. При бурении до глубины 17 м верхняя граница вечной мерзлоты не была достигнута.»; сведения о разрезе, температуре по скважине, гидрохимии не приведены.

В январе-феврале 1994 г. ТОО «Геоаква», при участии автора, на оз. Воротном проведены гидрогеологические работы для хозяйственно-питьевого водоснабжения Анадырского рыбозавода (п. Шахтерский): бурение трёх скважин глубиной до 32 м, геотермия, откачки воды, отбор гидрохимических проб. Качество воды оказалось неудовлетворительным (повышенные против ГОСТ цветность, сухой остаток, содержание железа). Отчет не был составлен, но копии первичных материалов сохранены автором и ниже частично приводятся. Позднее, в июле и сентябре 2013 г., автором и Н.Н. Тыненкевой проведены гидрохимические, термометрические и батиметрические полевые исследования.

Озеро Воротное — типичное водораздельное (рис. 6). Отметки вершин окружающей озеро гряды Гребешки составляют всего 80-117 м. Но рельеф окрестности всё-же близок к низкогорью (рис. 7). При отметке водораздела около 10 м ясно, что в периоды плейстоценовых трансгрессий водораздел «Воротковый» был затоплен морем. С другой стороны, наличие в низах разреза крупнообломочных фракций предполагает о действии здесь, до трансгрессии, ледника.

Работами 1994 и 2013 гг. уверенно доказано наличие сквозного талика под крайне небольшим озером на территории Чукотки. Данные термометрии озера и подозёрного талика (06.09.2013) приводятся ниже (табл. 2).

В сентябре 2013 г. впервые детально изучен рельеф дна оз. Воротного (рис. 8). По сравнению с данными 1938 г. (3,5 м) максимальная глубина озера практически не изменилась (3,77 м). Следует отметить, что в центральной части озера дно слагают крупнообломочные отложения, а илистые осадки зафиксированы лишь в узкой полосе вдоль берега. Мерзлотно-гидрогеологический разрез участка представлен на рис. 9.

По химическому составу воды подозёрного талика гидрокарбонатные натриевые или магниево-натриевые, с минерализацией 1,2-1,7 г/л (зимой 1994 г.). Вода озера Воротного в

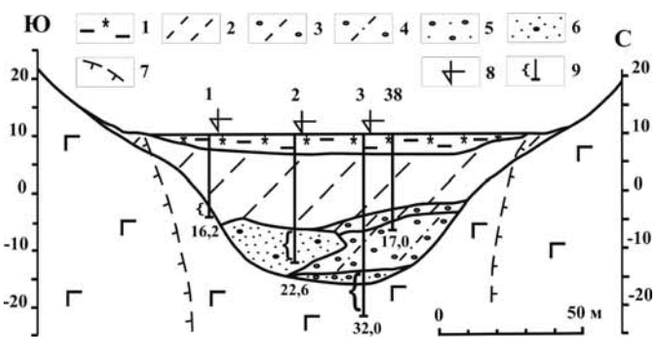


Рис.9. Озеро Воротное. Мерзлотно-гидрогеологический разрез

Таблица 2

Данные термометрии на озере Воротное

Глубина, м	0,1	1	2	3	3,5	4	7	10	15	20	30
Озеро	8,2	8,1	8,2	8,2	8,1						
Скв. 3		8,4	8,0	7,3		7,3	6,0	4,7	3,8	3,3	3,3

это же время по составу несколько отличалась: хлоридно-гидрокарбонатная натриевая, с меньшей минерализацией — 0,479 мг/л. В летнее время (2013 г.) минерализация озёрной воды составляла всего 70-80 мг/л.

Выводы.

Озёра Анадырской низменности всесторонне изучались на протяжении десятков лет, сначала Анадырской станцией Севморпути, позднее другими организациями. Предложены различные гипотезы их формирования и происхождения, но вопрос о генезисе озёр низменностей Чукотки, в том числе Анадырской, остаётся ещё открытым. Многолетний опыт водоснабжения населённых пунктов и предприятий Анадырского района Чукотского АО за счет поверхностных вод озёр или подземных вод подозёрных таликов может быть использован и в других регионах Сибири.

Литература:

1. Озера криолитозоны Чукотки / Любомиров А.С. — Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО РАН, 1990. — 176 с.

2. *Пономарев В.М.* Четвертичные отложения и вечная мерзлота Чукотки. — М.: Изд-во АН СССР, 1953. — 267 с.

3. *Рузанов В.Т., Медведь С.М.* Оценка надежности водозаборных геотехнических систем в районе г.Анадырь // Комплексные исследования Чукотки (проблемы геологии и биогеографии). — Магадан: Чф СВКНИИ СВНЦ ДВО РАН, 1999. — С. 159-165.

4. *Томирдиаро С.В.* Лёссово-ледовая формация Восточной Сибири в позднем плейстоцене. — М.: Наука, 1980. — 184 с.

5. *Томирдиаро С.В., Рябчун В.К.* Озерный термокарст на Нижне-Анадырской низменности // Вторая Межд. конф. по мерзлотоведению. Доклады и сообщения. Вып. 2. Региональная геокриология. — Якутск: Кн. изд-во, 1973. -154 с.

6. *Швецов П.Ф.* Вечная мерзлота и инженерно-геологические условия Анадырского района. — Л.: Изд-во Главсевморпути, 1938. — 79 с.

Виноградов Р.А.
ФГБУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» («ААНИИ»), Росгидромет, Санкт-Петербург, vinra@aari.nw.ru

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОБСКОЙ ГУБЫ ДЛЯ ТРАСС ТРУБОПРОВОДОВ НА ОСНОВЕ АРХИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Последние годы значительно активизировались работы по освоению углеводородных месторождений региона Обской губы. К наиболее перспективным из них относится Салмановское (Утреннее) месторождение на Гыданском берегу Обской губы. При разработке углеводородных месторождений одним из важных вопросов является дальнейшая переработка и транспортировка сырья. Применительно к Салмановскому, возможным путем может быть перегонка извлекаемых углеводородов по трубопроводу в район п. Сабетта с последующим использованием строящихся мощностей местного завода СПГ и порта.

На предварительном этапе. для определения районов дальнейших детальных изысканий, был проведен анализ природных (в первую очередь гидрометеорологических) условий на обширной акватории в северной части Обской губы между Салмановским месторождением и п. Сабетта. Были привлечены архивные источники и результаты экспедиционных исследований последних лет в прилегающих районах. Так же, учитывались технологические ограничения (места отвалов грунта, границы охранных зон и др.). На основе этого были выделены наиболее перспективные районы и направления трасс трубопровода. Одновременно был рассмотрен вариант трассы, предложенный как базовый. Сравнительный анализ трасс был проведен по ряду критериев, влияющих на безопасность и экономичность возможного трубопровода. По результатам анализа были выбраны предпочтительные трассы прокладки трубопровода, в районе которых были оперативно запланированы дальнейшие детальные изыскания в период заканчивающегося полевого сезона 2013 года.

Магуськин М.А.[1], Магуськин В.М.[1]
[1]Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, magma@kscnet.ru

О КВАЗИСКАЧКООБРАЗНЫХ ДВИЖЕНИЯХ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ БЕЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В СЕЙСМОАКТИВНЫХ РАЙОНАХ

Полуостров Камчатка и Курильские о-ва являются самым сейсмоактивным регионом России. Здесь ощутимые землетрясения так часты, что они воспринимаются населением как обычное явление. Однако, сильные землетрясения (магнитудой более 7) происходят редко, т.е. с интервалом в десятки лет и сопровождаются скачкообразными движениями земной поверхности, которые легко измеряются геодезическими методами. Деформации земной коры, предваряющие даже сильные землетрясения малы. Для обнаружения их необходим мониторинг (непрерывное слежение) за напряженно-деформированным состоянием земной коры высокоточными геодезическими измерениями и комплекс непрерывных наблюдений за различными геофизическими полями, как на земле, так и в околоземном пространстве. Совместный анализ всех этих данных должен приблизить нас к краткосрочному прогнозу сильных и разрушительных землетрясений. Пока мы далеки от реального краткосрочного прогноза (время, сила, место) опасных для всего живого на земле землетрясений.

В тоже время в практике повторных геодезических измерений замечено много случаев, когда значимые подвижки (превышающие погрешности измерений в десятки раз) есть, а землетрясений нет. Здесь следует оговорить, что подвижки были обнаружены дискретными измерениями, т.е. точное время происхождения их неизвестно. Такой факт был обнаружен на Камчатке в процессе ежегодного (с 2004г.) слежения за поведением реперов, относительно которых определяются осадки инженерных сооружений Мутновской ГеоЕс (геотермальная электростанция). Здесь на территории площадью 4х5 км были заложены 20 реперов, в том числе 6 глубинных в разных местах и в одном «куст» из трех реперов. Глубина закладки — 11-15 м.

По данным исследований геологического строения этого района и по рекомендации авторов этих работ, один из глубинных реперов считался заложенным на устойчивом геологическом блоке. Относительно этого блока (репера) определялись условные отметки всех остальных в каждый год наблюдений. Анализ результатов показал, что в период с сентября 2008 г. по сентябрь 2009 г. произошло резкое оседание (до 3 см) реперов, расположенных по широтному направлению от исходного условно неподвижного репера. Здесь нивелирный ход I класса пересекает продолжение (нечитаемое на поверхности в месте пересечения) каньона северного направления. Этот каньон представляет собою ныне живущий тектонический разлом. Резкое движение земной коры, вызвавшее на поверхности осадку в 3 см должно ощущаться в виде землетрясений. Однако их не было. По-видимому, здесь произошло плавное смещение блоков земной коры.

Лапшин А.Ю., Староверов С.В., Фялковский А.Л.
Геодезический факультет МИИГАиК, Москва, a.fialkovskii@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СУТОЧНОГО ДВИЖЕНИЯ ШУХОВСКОЙ БАШНИ СПУТНИКОВЫМИ МЕТОДАМИ

В 2012 году в рамках совместного российско-немецкого проекта были произведены наблюдения за деформациями башни архитектора В. Г. Шухова в городе Москва. Эта башня, известная так же, как Шаболовская башня или радиобашня (рис. 1), была построена по проекту архитектора Владимира Григорьевича Шухова в 1922 году. До 1967 года башня использовалась для радио- и телевещания. Башня архитектора Шухова является памятником архитектуры и инженерной мысли и рекомендована на включение в список всемирного наследия ЮНЕСКО.

Радиобашня имеет гиперболоидную конструкцию и выполнена в виде несущей сетчатой оболочки. При проектировании архитектором был заложен основной принцип — определённая доля подвижности и самокомпенсации по отношению к внешним нагрузкам. Высота сооружения составляет 160 метров. Благодаря сетчатой конструкции достигается минимальное воздействие ветровой нагрузки, представляющей большую опасность для высотных сооружений. Кроме того, решетчатая конструкция частично пропускает солнечные лучи, в результате чего нагревается не только солнечная сторона

Рис. 1. Шуховская башня

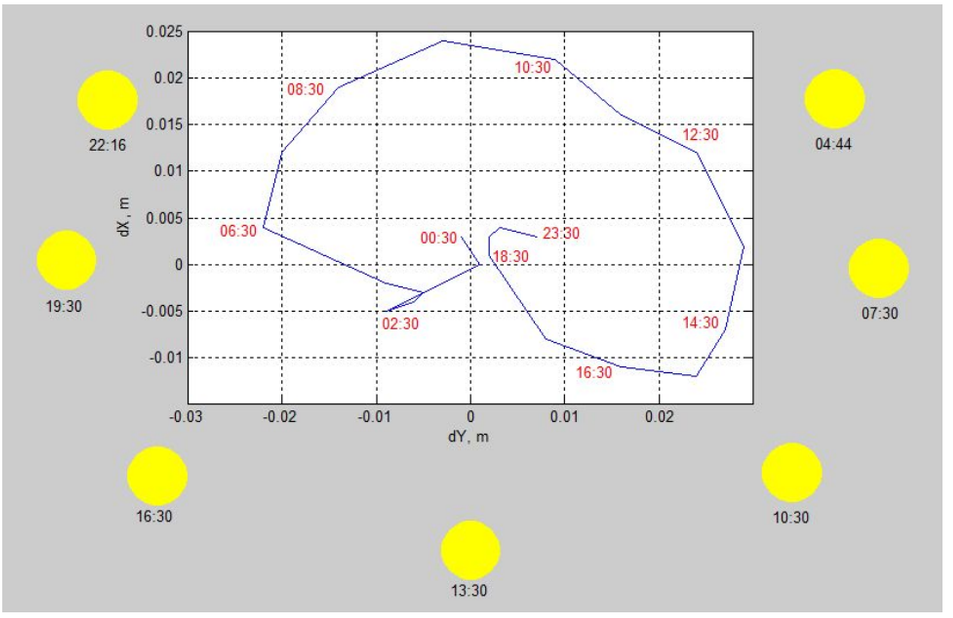


Рис. 2. График движения башни за 17.06.12. Погода ясная

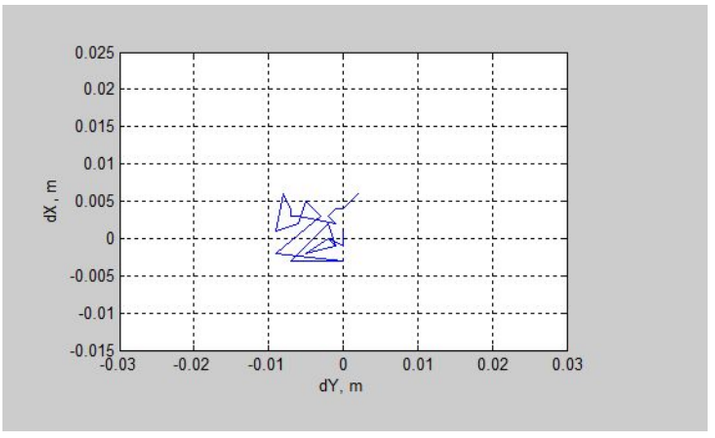


Рис. 3. График движения башни за 16.06.12. Погода пасмурная

башни, но и теневая, благодаря чему уменьшаются деформации, вызываемые неравномерным солнечным нагревом конструкции. Несмотря на это, перечисленные факторы всё же воздействуют на сооружение, что приводит к наклонам башни и движению её верхней части.

Основная задача исследования — установить величину и характер движения верхней части башни. Наблюдения были проведены спутниковыми двухчастотными GPS-приёмниками Leica GX1230, один из которых был размещён на вершине башни, другой, в качестве базовой станции, был установлен на крыше двухэтажного здания, расположенного поблизости. Измерения проводились в период с 16 июня по 20 июня 2012 г.

Так, как измерения были выполнены относительным методом, результатом обработки данных явились приращения координат приёмника, размещённого на вершине башни, относительно базовой станции. Частота записи измерений — 1 секунда, поэтому обработка такого ряда данных, состоящего из сотен тысяч отдельных приращений координат, является сложной задачей, требующей не только инженерных, но и обширных математических знаний [1, 2].

Для повышения эффективности анализа ряд данных был разделён на суточные интервалы. Начало каждого интервала — полночь. Данные со спутниковых приёмников, были конвертированы в формат RINEX, и обработаны двумя способами: как статические, и как кинематические наблюдения. При этом результаты обработки кинематических наблюдений были аппроксимированы при помощи преобразования Фурье [2]. Математическая обработка проводилась в среде MATLAB [3].

Обработка статических наблюдений

Ряд данных разделён на интервалы времени по 1, 3, 10, 30 и 60 минут и обработан, как статические измерения. По результатам обработки построены графики зависимости dY и dX, показывающие изменение планового положения объекта во времени. Наиболее удобным для восприятия и достаточно информативным является график, полученный по результатам обработки часовых наблюдений. На рис. 2 показан график движения башни за 17.06.12.

Положение Солнца в различное время суток показано на рис. 2 жёлтыми кружками. Как видно на графике, верхняя часть башни со временем описывает траекторию, близкую к эллипсу. Данные о погоде на 17.06.12: ясно, ветер северный 2 м/с [4]. На рис. 3 приведён график движения башни за 16.06.12, на котором видно, что движение верхней части башни не превышает 1 см в течение суток. Данные о погоде на 16.06.12: пасмурно, ветер северный 2 м/с. То есть внешние условия отличаются лишь тем, что 17.06.12 погода солнечная, а 16.06.12 — пасмурная.

На основании полученных данных можно сделать следующий вывод: в основе движения верхней части Шуховской башни лежит неравномерный солнечный нагрев сооружения. Анализ данных за остальные дни подтверждает сделанный вывод: прослеживается прямая зависимость между общей облачностью и движением верхней части башни. В пасмурный день движение практически отсутствует, в ясный — достигает 5 см (Расписание Погоды rp5.ru [электронный ресурс] URL: http://rp5.ru).

Следует напомнить, что подобная величина деформаций конструкции, вызываемых солнечным нагревом, характерна лишь для этого уникального и весьма специфического сооружения. Для большинства других сооружений башенного и мачтового типов, более традиционных в архитектурном плане, величины деформаций могут значительно отличаться от значений, приведённых выше.

Сглаживание результатов вычислений с помощью преобразования Фурье

Второй способ, применённый при обработке результатов спутниковых наблюдений — аппроксимация результатов вы-

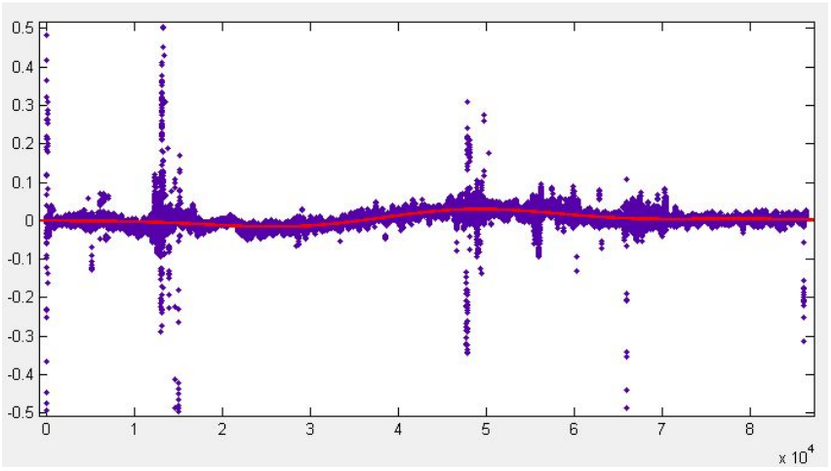


Рис. 4. Аппроксимация сигнала функцией, которая раскладывается в ряд Фурье

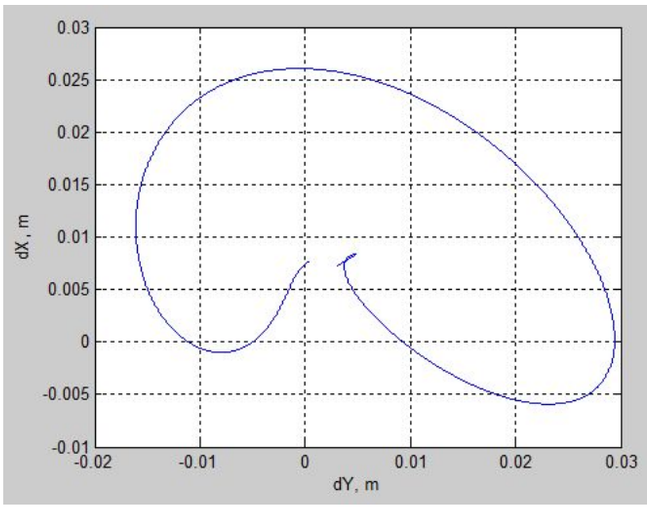


Рис. 5. График движения башни за 17.06.12, полученный с помощью разложения сигнала в ряд Фурье

числений математической функцией. При решении данной задачи ряд приращений координат рассматривался как дискретный сигнал. В общем случае башня движется по эллипсу, а подобное движение удобнее всего описывается тригонометрическими функциями. Поэтому в данной работе исходный сигнал был аппроксимирован функцией, которая в дальнейшем была разложена в ряд Фурье (рис. 4). По полученным функциям были построены графики, выражающие движение верхней части башни. На рис. 5 показан график за 17.06.12.

Сравнивая рис. 5 с рис. 2 можно сделать вывод: выделенное движение качественно описывает геометрию сигнала, но не несёт информации о времени, когда башня занимала то или иное положение.

Приведённым способом был обработан ряд данных за все дни с общей облачностью менее 50%, то есть за период с 17.06.12 по 19.06.12. По результатам обработки составлен график среднего суточного движения башни, показанный на рис. 6.

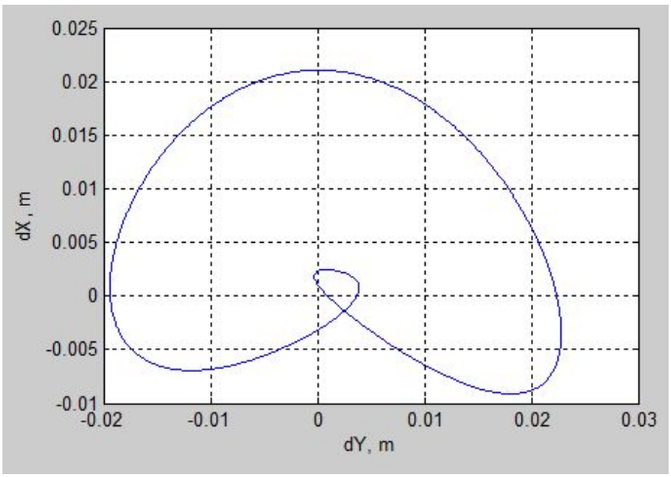


Рис. 6. График среднего суточного движения радиобашни

Рис. 7. Экспериментальная установка

Применение экспериментальной установки для оценки полученных результатов

График, показанный на рис. 3 показывает изменение координат в пределах одного сантиметра в течение суток. Нельзя сразу сказать, что это — ошибки измерений или собственное движение башни. Для ответа на этот вопрос можно либо продолжить математическую обработку данных с применением высокочастотных фильтров, либо провести исследования — съимитировать движение башни с помощью экспериментальной установки (рис. 7). Установка обеспечивает малые, но известные заранее смещения антенны приёмника. При этом устанавливаются скорости смещений, сопоставимые с реальными. Необходимо определить, насколько качественно используемое спутниковое оборудование и применяемые методы обработки позволяют выявить малые перемещения антенны. На данный момент ведутся работы по реализации данного эксперимента.

Обработка экспериментальных данных позволит установить степень чувствительности приведённых ниже методов обработки к смещениям антенны приёмника. Это, в свою очередь, даст ответ на вопрос — что показывает график на рис. 3 — влияние ошибок измерений или смещения башни. Кроме того, экспериментальные данные позволят установить, насколько объективно графики отражают реальное движение башни.

Литература:

1. *Герасимов В. А., Лобазов В. Я., Резник Б. Е.* Концепция геодезического мониторинга деформационных процессов в условиях Заполярья// Геопрофи. — 2010 — № 1. — С. 17-21.

2. *Резник Б.Е.* Непрерывные геодезические измерения деформаций строительных конструкций эксплуатируемых сооружений // Геопрофи. — 2008 — № 4. — С. 4-11.

3. *Чен К., Джиблин П., Ирвинг А.* MATLAB в математических исследованиях. «Мир», Москва, 2001.

Федосеев Ю.Е.
Геодезический факультет МИИГАиК, Москва, fedoseev-u@rambler.ru

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Общие понятия о деформационном мониторинге как о междисциплинарной технологической процедуре, направленной на всестороннее исследование динамики изменения формы объектов исследования и причин возникновения смещений и изменения формы, необходимо рассматривать в первую очередь с позиций потребностей геодезического рынка исследований и производственных услуг. На рис.1 схематически представлены различные сферы геодезической деятельности по состоянию на текущий момент.

Во всех рассмотренных сегментах возникают свои, весьма специфические задачи деформационного мониторинга, однако, все эти задачи направлены на удовлетворение именно междисциплинарного исследования процесса деформаций. Рассматривать геодезические технологии в отрыве от этого основополагающего тезиса, на наш взгляд, недопустимо. Для обоснования высказанного тезиса рассмотрим причины проявления негативного воздействия деформационных процессов на конкретный инженерный объект.

Схематически рассматриваемый процесс проиллюстрирован на рис.2.

Цели и задачи деформационного мониторинга многогранны. Основной целью мониторинга деформационных процессов является обеспечение безопасности жизнедеятельности на территории, обслуживаемой этим мониторингом. Эта задача должна пониматься в самом широком смысле от экологической безопасности до промышленной безопасности и безопасности зданий и сооружений. Мерой безопасности может служить риск наступления негативных явлений или материальные затраты, связанные с необходимостью ликвидации последствий и восстановлению утраченного. Суть заключается не в устранении рисков, а в оценке этих рисков и принятии соответствующих административных или инженерных решений по их минимизации. Можно говорить о возрастающем риске разрушения строящихся и эксплуатируемых зданий, что, в свою очередь, сопряжено с финансовыми рисками, не нужном провоцировании возрастания социальной напряженности и потерями человеческих жизней. Одной из причин развития негативной ситуации является активизация деформационных процессов.

Традиционно, о необходимости создания систем деформационного мониторинга говориться много, но реальные шаги предпринимаются на наш взгляд значительно реже, хотя требования к проведению такого мониторинга закреплены во многих нормативных и законодательных актах. Часто мероприятия проводятся формально, их финансирование осуществляется по остаточному принципу, так как капиталовложения не несут очевидной прямой прибыли. О последствиях часто рассуждают с позиции русского «авось». Существуют и объективные, технические и организационные причины. В частности, стороны, принимающие непосредственное участие в процессах создания и эксплуатации сооружений, не имеют четких представлений о взаимной заинтересованности в организации непрерывного процесса деформационного мониторинга территорий и сооружений. Каждая сторона рассматривает проблему только в узком понимании, с позиции своей заинтересованности только в части этого процесса. В связи с вышеизложенным, необходимо оговорить весь спектр возникающих задач. На рис. 3 приведена классификация таких задач, причем выделение отдельных видов проведено не по признаку ведомственной принадлежности, а по степени сложности решаемых проблем и размеров территорий, на которых необходимо выполнять исследования .

На практике существует большое количество нормативной и рекомендательной литературы, посвященной различным вопросам решения частных задач, однако, необходимо акцентировать внимание на то, что, не смотря на большие различия, нужно говорить о некоторых общих принципах организации работ по геодезическому мониторингу деформационных процессов и явлений. Такие, наиболее общие вопросы отражены в новом ГОСТ Р 55535-2013, вступающем в силу с 01.01.2014. В частности можно отметить наличие общей технологической схемы организации и проведения работ.

Структурная блок-схема технологии организации и проведения геодезического мониторинга деформаций с учетом описанных выше особенностей представлена на рис.4. Необходимо выделять геодинамические и геотехнические исследования. В данном случае, обращено внимание именно на геодезическую проблематику, однако существенным является отмеченная неразрывная связь с иными комплексами работ. Отметим следующие обязательные технологические этапы проведения работ:

- Оценка современного состояния деформационных процессов, протекающих на объекте и его предыстории.
- Проект производства натурных наблюдений.
- Натурные измерения и исследования.

Рис. 1

- Оценка точности результатов геодезических работ и особенности уравнительных вычислений.
- Интерпретация результатов комплексных натурных измерений.

При проектировании и математической обработке результатов геодезических изысканий, выполняемых при наблюдении за деформациями, возникает целый ряд специфических вопросов, пренебрежение которыми делает весьма проблематичным возможность достоверной интерпретации результатов наблюдений. То есть средства истрачены, какие-то натурные измерения выполнены, а вот достоверное суждение о состоя-

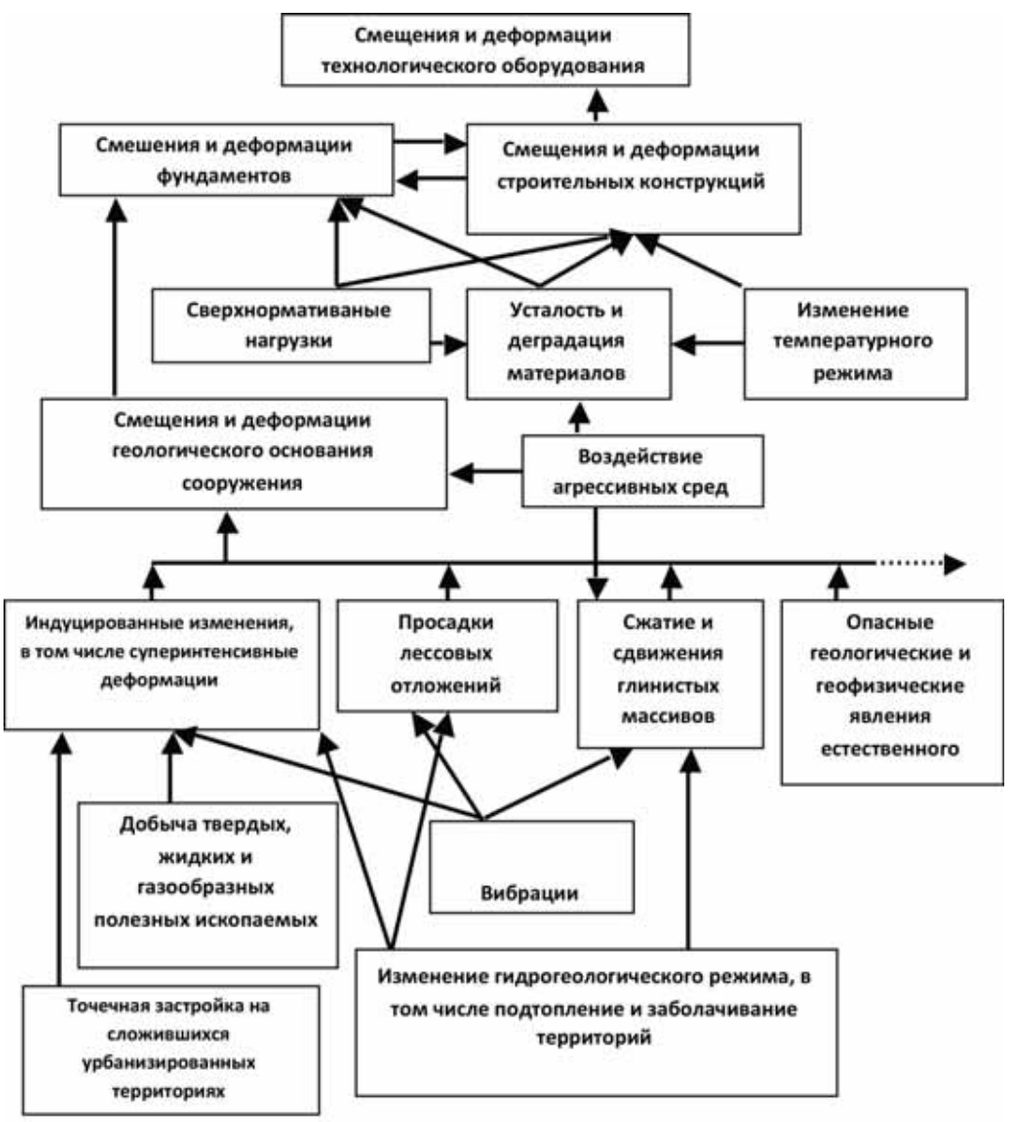


Рис. 2

Рис. 3

нии сооружения и характере развития негативных деформационных явлений невозможно сделать.

Для решения проектных задач, решаемых, в основном, с использованием технологий САПР, можно оговорить требования к геодезической информации, исходя из сформулированной задачи.

Нужно говорить о трех критериях, которым должна отвечать эта информация:

- Необходимость.
- Достаточность.
- Целостность.
- Избыточность

Обсудим эти критерии более подробно.

Необходимость. Результаты геодезических изысканий должны на первых этапах работ, как минимум, давать возможность составить суждение о территории, на котором предполагается разместить объект нового строительства или уже размещен объект, подлежащий реконструкции. Естественно, что получение данных такого рода должно проводиться с минимальными капитальными вложениями. С другой стороны, необходимые данные должны получатся при минимальном времени, затраченном на их сбор. Это требование выполнимо только при наличии возможности получить искомую информацию в некоторых внешних базах данных при минимальном

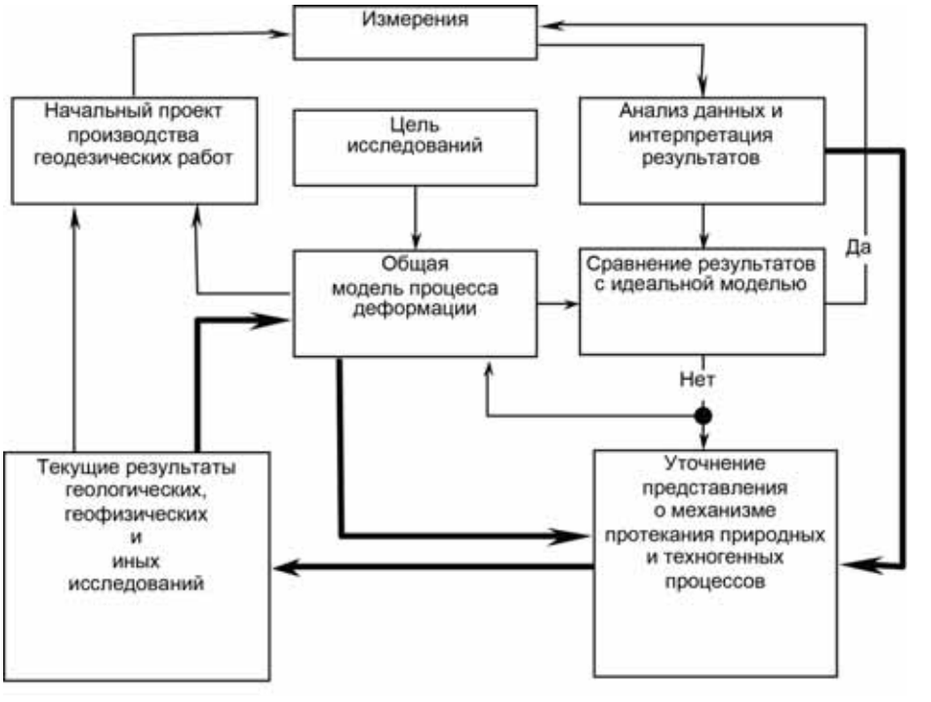


Рис. 4

объеме полевых измерений, предназначенных на актуализацию собранных сведений.

Достаточность. Напомним еще раз, что основной целью инженерно-геодезических изысканий является формулирование обоснованного суждения его целесообразности и местоположения, сбор необходимых данных для проектирования. Эти данные должны быть достаточными для решения всех возможных задач, стоящих перед проектировщиком. Однако, необходимо отметить, что на момент начала проектных работ никто не может предположить всех нюансов фактического состояния района проектирования или здания, подлежащего реконструкции. Эти сведения появляются в процессе проектирования и, поэтому, подлежат оперативному обеспечению результатами натурных исследований. То есть, существует объективная необходимость оперативного уточнения ТЗ и ТУ с возможностью оперативного получения необходимой изыскательской информации. Такая возможность появляется за счет хранения изыскательской информации в базах пространственно распределенной информации и оперативного обмена массивами данных с использованием Интернет-технологий.

Целостность. Этот термин — стандартное требование системы ИСО, суть которого заключается в предоставлении гарантий, того, что данные инженерно-геодезических изысканий, их значения и точностные характеристики не потеряли актуальности на данный момент и не были изменены с момента их включения в базу данных или путем внесения поправок.

Процессы инженерно-геодезических изысканий занимают значительное время, за которое могут произойти значимые изменения, то есть необходимо рассматривать их результаты как некоторые временные ряды. При этом необходимо гарантировать, что сведения и исходные данные, используемые при проектировании, не содержат внутренних противоречий. Такие противоречия потенциально могут привести к принятию сомнительных проектных решений совокупности и в итоге привести к аварийной ситуации. Можно предъявить к результатам инженерно-геодезических изысканий следующие требования:

1 Необходимо обеспечить координатное единство всех упомянутых временных рядов, элементами которых являются база пространственно распределенных данных.

2 Необходимо рассматривать и анализировать кинематическую составляющую эволюции этих баз.

3 По своей внутренней структуре и наполнению элементы упомянутых временных рядов оказываются неоднородными, так как повторить в точности измерения выполненных ранее, технически не представляется возможным.

4 Время наполнения баз должно быть столь коротким, чтобы содержащаяся в них информация не оказалась искаженной за счет скорости протекания процессов.

Избыточность. Суть этого специфического требования вытекает из необходимости проведения процедуры интерпретации. Так как это непривычный технологический этап, нужно остановиться на нем более детально.

На наш взгляд, особо необходимо оговорить тот факт, что геодезические исследования, выполняемые в процессе мониторинга деформационных процессов, заканчиваются не привычной сдачей каталогов (в данном случае это промежуточный результат), а результатами интерпретации данных натурных измерений по всему комплексу геотехнических исследований.

Интерпретация данных натурных измерений есть технологическая аналитическая процедура, в результате исполнения которой создается семейство моделей, позволяющих вынести обоснованное суждение о характере протекания процесса деформаций изучаемого объекта.

Целью интерпретации является получение конкретных сведений, необходимых для практической реализации закона Российской Федерации «О промышленной безопасности опасных производственных объектов » и закона Российской Федерации «О безопасности зданий и сооружений», то есть защита от негативного влияния развития деформационных процессов в местах наибольшего скопления населения и концентрации объектов промышленных инфраструктур. Интерпретация результатов наблюдений сводиться к получению численных характеристик моделей, описывающих форму объекта по состоянию на административный момент времени, к которому отнесены все результаты, полученные в процессе всех измерений, выполненных на данную эпоху, или моделей, описывающих динамику развития процесса деформаций во времени.

Под моделированием понимается метод опосредсвенного практического и теоретического оперирования объектами, при котором исследуется не сам интересующий нас объект, а используется вспомогательная искусственная или естественная система («квазиобъект»). Модель, находящаяся в определенном объективном соответствии с познаваемым объектом, способна замещать его на определенных этапах познания и дающая при ее исследовании, в конечном счете, информацию о самом моделируемом объекте.

Модель никогда не будет точно совпадать с самим объектом. Всегда будет существовать некоторое отличие, описываемое вектором $\boldsymbol{\delta}$, который можно рассматривать как случайный и тогда его можно характеризовать корреляционной матрицей $\boldsymbol{K_\delta}$, или как неслучайный вектор, значения которого есть функция координат рассматриваемой точки.

Во всех случаях должна выполняться оценка точности (достоверности) параметров моделей, именуемых деформационными характеристиками как функция ошибок измерений и методических неточностей.

На входе рассматриваемой технологической, аналитической процедуры должна поступать в виде баз данных следующая информация, полученная как результат постобработки и уравнительных вычислений:

- координаты всех пунктов деформационных сетей, округленные и принятые за константу (адресные координаты);
- административные моменты проведения измерений в данной эпохе;
- смещения всех пунктов деформационных сетей по отношению к начальной эпохе (абсолютные смещения), включая исходные пункты, для которых смещения декларируются равными нулю;
- корреляционная матрица абсолютных смещений;
- смещения всех пунктов деформационных сетей по отношению к предыдущей эпохе (текущие смещения), включая исходные пункты, для которых смещения декларируются равными нулю;
- иные данные, например, численные значения деформаций растяжения — сжатия, отнесенные к центру некоторой области, в пределах которой они определены (адресные координаты).

Деформационные характеристики можно подразделить на два класса:

- параметрические;
- непараметрические.

Параметрические деформационные характеристики можно разделить на два подкласса:

- характеристики, являющиеся оценкой коэффициентов уравнений описывающих изучаемый процесс формально с определением значимости численных значений;
- характеристики, являющиеся оценкой параметров выражений, имеющих физический смысл с определением значимости численных значений.

Во всех случаях необходимо понимать, что модели описывают только частную суть отдельных составляющих общего процесса и ни в коем случае не абсолютизировать частный результат. Во всех случаях параметрические деформационные

характеристики могут привести к решению обратных задач геофизики или строительной механики, то есть аналитического описания первопричин наблюдаемых деформационных явлений.

Процессы деформаций системы «инженерное сооружение-среда» являются следствием некоторой композицией воздействия порождающих их процессов, которые действуют по неизвестному сценарию. Эту ситуацию приближенно можно описать следующим соотношением. Пусть $\Phi_i(x,y,z,t_i)$ — состояние системы в момент t_i, известное в точках с координатами $(x,y,z,)$

$$\Phi_i(x,y,z,t_i) = [G_0(x,y,z,t_0)+T_i(x,y,z,t_i)]*P(x,y,z,t_i)$$

Компонентам выражения придан следующий смысл.

Вектор $\Phi_i(x,y,z,t_i)$, содержит значение всех факторов, известных на момент t_i, описывающих состояние объекта.

Адресные координаты $(x,y,z,)$ точек или областей сооружения, для которых определены оговоренные факторы.

Жесткости системы $G_0(x,y,z,t_0)$, то есть ее способностью компенсировать внешнее воздействие на момент t_0,- момента начала проведения мониторинга.

$T_i(x,y,z,t_i)$ изменения G на момент t_i с момента начала проведения мониторинга, если эти изменения существенны, то можно говорить о некотором событии.

Вектор $P(x,y,z,t_i)$, содержит значение всех воздействий на объект мониторинга, известных на момент t_i, влияющих на его состояние.

Большинство факторов, составляющих содержательную часть выражения $[G_0(x,y,z,t_0)+T_i(x,y,z,t_i)]$, измерить в процессе мониторинга не представляется возможным.

Большинство факторов, составляющих содержательную часть выражения $P(x,y,z,t_i)$, то есть всевозможные воздействий на объект, можно только предположить, измерить их так же либо очень трудно, либо невозможно. Существует совокупное влияние неучтенных факторов $F_\Theta(\Theta(x,y,z,t_i)$, но они могут быть весьма значительными. В числе факторов, описание которых содержится в компонентах вектора $\Phi_i(x,y,z,t_i)$, могут появиться такие, которые содержат в качестве аргументов перемещения точек Δx, Δy, и Δz. Пусть эти компоненты имеют вид

$$\Phi_i[(x,y,z,t_i, \Psi(\Delta x,\Delta y,\Delta z)],$$

где Ψ — некоторая обратная функция, связывающая перемещения $(\Delta x,\Delta y,\Delta z)$ и вызвавшие их воздействие $P_\psi(x,y,z,t_i)$.

В этом случае можно говорить, что выражение $\Psi(\Delta x,\Delta y,\Delta z)$ есть некоторая параметрическая деформационная характеристика при условии, что вид функции Ψ остается неизменным.

В общем случае решение обратной задачи для определения вида функции $\Psi(\Delta x,\Delta y,\Delta z)$ и ее параметров представляется чрезвычайно сложной задачей. Вектор $\Phi i(x,y,z,t_i)$, приходится моделировать (в смысле, оговоренном в п.4) некоторой функцией $F(\Delta x,\Delta y,\Delta z,t_i)$

$$\Phi_i(x,y,z,t_i), = F(\Delta x,\Delta y,\Delta z, t_i)+ D(\Delta x,\Delta y,\Delta z,t_i),$$

где $F(\Delta x,\Delta y,\Delta z,t_i)$-пространственно-временная модель тренда;

$D(\Delta x,\Delta y,\Delta z, t_i)$-остаток.

В пространстве объект может состоять из некоторых блоков, в пределах которых пространственная модель окажется гладкой и не имеющей разрывов. Следовательно, для каждого такого блока необходимо подбирать свою частную модель. Возникает задача зонирования исследуемого пространства. Для достаточно адекватного описания исследуемого объекта, придется строить дискретную пространственно-временная модель, состоящую из блоков

$$\Phi_i(x,y,z,t_i)=\Sigma(Fj(\Delta x,\Delta y,\Delta z,t_i))+ \delta(\Delta x,\Delta y,\Delta z,t_i),$$

где j-номер блока.

Остаток можно охарактеризовать его дисперсией

$$K_\delta=\Sigma(\delta^2)/n,$$

$$K_\delta \rightarrow min.$$

Любая технология и методика численных процедур, требует наличия определенных объемов информации, получаемой как результат обработки данных натурных наблюдений. В качестве параметров деформационных процессов можно использовать численные значения инвариантов — тензоров деформаций, определенных для избранных симплексов в плоской или пространственной системах координат.

Численные значения параметров должны сопровождаться их точностными характеристиками.

Непараметрические деформационные характеристики никогда не смогут привести к решению обратных задач, однако они позволяют на качественном уровне сделать следующие суждения:

- объективно оценить факт появления или активизации негативных процессов путем проведения экспресс анализа;
- оценить границы зоны развития активных деформационных процессов;
- выделить зоны развития деформационных процессов, характеризующихся различными тенденциями развития;
- оценить корреляционные связи следствий — смещений отдельных точек и их блоков, и причин — объективно протекающих физических процессов, могущих потенциально привести к появлению смещений;
- выбрать эффективную стратегию проведения дополнительных исследований для обоснованного принятия решений по инженерной защите.

Зонирование — аналитически технологический прием, позволяющий рассматривать распределение данных деформационных характеристик по топографической поверхности или распределение непараметрических деформационных характеристик во времени, то есть оценить зависимость интенсивности протекания процесса деформаций от времени.

Решение задачи зонирования можно решить разными путями, например:

- аналитически, с пошаговым использованием технологий, в том числе построение пространственно-временных диаграмм;
- увеличивая на каждом шаге область моделирования на один деформационный до тех пор, пока новая модель не будет существенно отличаться от предыдущей (метод определения общих блоков);
- использовать элементы ГИС-технологии, состоящие в создании на топографической основе по адресным координатам деформационных пунктов схемы изолиний равных одномерных значений либо величин смещения, либо их функций, например средних квадратических значений смещений, определенных за весь период наблюдений для каждого конкретного пункта, полученное мнемоническое изображение достаточно легко дешифрируется.

Процессы инженерно-геодезических изысканий занимают значительное время, за которое могут произойти значимые изменения, то есть необходимо рассматривать их результаты как некоторые временные ряды. При этом не-

обходимо гарантировать, что сведения и исходные данные, используемые при проектировании, не содержат внутренних противоречий. Такие противоречия потенциально могут привести к принятию сомнительных проектных решений совокупности и могут привести к аварийной ситуации. Можно предъявить к результатам инженерно-геодезических изысканий следующие требования:

Необходимо обеспечить координатное единство всех упомянутых временных рядов, элементами которых являются база пространственно распределенных данных.

Необходимо рассматривать и анализировать кинематическую составляющую эволюции этих баз.

По своей внутренней структуре и наполнению, элементы упомянутых временных рядов оказываются неоднородными, так как повторить в точности измерения выполненных ранее технически не представляется возможным.

Время наполнения баз должно быть столь коротким, чтобы содержащаяся в них информация не оказалась искаженной за счет скорости протекания процессов.

Особо необходимо оговорить задачи деформационного мониторинга, возникающие при выполнении инженерных изысканиях для проектирования, при этом нужно говорить об экспресс-оценках и об обосновании необходимости проведения деформационного мониторинга на постоянной основе.

Увеличение объемов производственных работ, связанных с изучением деформаций инженерных сооружений, и новые возможности, связанные с использованием информационных технологий, с одной стороны дает неоспоримые преимущества, но, с другой стороны, не отменяет принципов, которые использовались при применении классических технологий. Эйфория по поводу применения самых современных средств измерений и якобы их неограниченных возможностей на практике привело к увеличению брака. В тоже время приходится констатировать резкое увеличение капиталовложений в новую измерительную технику на фоне ее неэффективного использования. Во многих случаях смонтированные и отлаженные информационно-измерительные системы простаивают, либо вообще не используются. Результаты натурных измерений, организованных без системы и без проектирования часто оказываются либо бросовыми, либо для их интерпретации приходится применять такие усилия, что фактически камеральная и аналитическая часть в несколько раз оказывается дороже стоимости, задействованных технических средств.

Одним из путей сокращения риска подобных явлений нужно считать проведение систематического геодезического деформационного мониторинга, как самих инженерных объектов, так и прилегающих территорий, рассматриваемые процессы нельзя отрывать от системы «сооружение — окружающая среда». Необходимо говорить о фоновых процессах и локальных процессах, которые оказываются взаимосвязанными причинно-следственными отношениями.

Последним замечанием по вопросу геотехнического мониторинга деформационных процессов, нужно отметить тот факт, что принципиально этот вид деятельности необходимо относить к научным исследованиям, то есть создания некоторой интеллектуальной собственности, которая может быть использована отдельно от данной задачи. Например, общая оценка территорий при проектировании размещения новых производств. Этот факт влечет за собой соответствующие требования к квалификации исполнителей в зависимости от уровней упомянутой интеллектуальной собственности.

Ефимов Г.Н.
ФГБУ «Центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных», Управление геодезических исследований, Москва, g.n.efimov@mail.ru

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КООРДИНАТНОЙ ОСНОВЫ РОССИИ

Для решения задач государственного картографирования построена государственная геодезическая сеть 1-4 класса (ГГС) с плотностью в среднем 1 пункт на 38 кв.км (в малообжитых и труднодоступных районах — 1 пункт на 75-90 кв.км). Количество пунктов геодезических сетей сгущения (ГСС) в населенных пунктах исчисляется тысячами, а в больших городах десятками тысяч. Координаты этих пунктов определяются как в государственной, так и местных системах (МСК). Практически все локальные геодезические сети, развитые в МСК, за небольшим исключением, в обязательном порядке привязываются к ГГС. Таким образом, так или иначе, все геодезические работы в конечном счете выполняются в единой государственной системе координат. И только этот непреложный порядок позволяет избежать неразберихи и неопределенности на стыках локальных геодезических сетей (ЛГС). Наглядным примером нарушения принципа: «от общего к частному» может служить координатное обеспечение кадастрового учета. Вместо того, чтобы повсеместно осуществить конвертирование координат точек поворота из огромного числа местных систем координат (МСК) в государственную систему координат (ГСК), создав базу данных ключей МСК и классификатор их соответствия кадастровым номерам, повсеместно начали преобразование координат из одной МСК в другую. Децентрализованный и бессистемный подход только еще больше осложнил ситуацию и, в общем-то, всех запутал. Нетрудно догадаться, что существуют структуры, которым такая неразбериха только на руку: можно бесконечно требовать дополнительного финансирования. Ссылка на режимные ограничения не состоятельна. Можно было привлечь к этой работе АГП, которые сначала конвертировали бы точки в ГСК, а затем в любую затребованную МСК.

О построении и обработке государственной сети написано очень много работ. На мой взгляд наиболее компактно и доходчиво эта тема раскрыта в научно-техническом и историческом обзоре Л.А. Кашина [1]. Вкратце коснусь основных вех на пути к современному состоянию ГСК [2].

Первое уравнивание было проведено в 1932 году. Результатом его стала Система координат 1932 г. (Пулковская, кроме нее до 1946 года действовало еще 9 независимых друг от друга координатных систем, нестыковка между ними была на уровне 300-400 метров). Методику обработки предложил Ф.Н.Красовский, использовав в ней принцип развертывания на эллипсоиде Бесселя. Начиная с 1939 года в течение 7-ми лет проводились подготовительные работы ко 2-ому уравниванию АГС. В 1946 году завершено уравнивание 87 полигонов 1 класса и Постановлением Правительства СССР № 760 от 7 апреля 1946 года была введена в действие система координат 1942 года (СК-42). В обработку было включено 4733 пункта, решено 174 уравнения широт и долгот и 310 азимутальных. При этом был применён принцип проектирования измеренных элементов на поверхность референц-эллипсоида. Система из 484 нормальных уравнений реша-

лась методом итераций. Эта сеть обеспечила координатами около трети территории страны. В последующем к ней было присоединено еще 3 блока с общим числом пунктов 10527 (Двинский объект в 1958 году, блок «Север» в 1969 году и блок «Дальний Восток» в 1972 году). В общей сложности при уравнивании сети было использовано 535 базисов, 1232 азимута и 1481 астропункт. Таким образом, к 1972 году система координат 1942 года была распространена фактически на всю страну. Уравнивание сравнительно небольших окраинных блоков: «Крайний Север», «Ямал», «Таймыр», «Камчатка», «Сахалин» и др. было выполнено предприятиями, производившими там полевые работы. Далее распространение системы координат проводилось посредством заполнения полигонов 1 класса сплошными сетями 2 класса. В качестве исходных принимались длины и азимуты выходных сторон базисных сетей 1 и 2 класса, координаты пунктов триангуляции 1 класса. В результате уравнивания измеренные элементы сплошных сетей получали поправки, значительно превышающие ошибки измерений. Деформации возникали за счет влияния ошибок исходных данных. Необходимость скорейшего распространения координатной системы на всю страну заставляла мириться с плохой геометрией полигонального построения и «нанизыванием» новых полигональных систем на 87 полигонов. Точность взаимного положения смежных пунктов АГС в среднем составляла от 10 до 30 см. Ошибка передачи координат от Пулково на восточную границу страны достигала 30 метров.

В 1982 году были развернуты работы по подготовке измерительной информации к общему уравниванию АГС. Возглавил и организовал эту уникальную работ ученик и последователь Ф.Н. Красовского Л.А. Кашин. В течение 9 лет ведущие специалисты 18-и аэрогеодезических предприятий, 4-х войсковых частей и ученые ЦНИИГАиК, МИИГАиК и НИИ-29 МО РФ по крупицам собирали и анализировали информацию для уравнивания АГС, разрабатывали и обсуждали методику этого уравнивания, стремясь сделать его максимально строгим (более 400 инженеров-геодезистов, ученых и программистов). Эти люди обладали большим опытом обработки и анализа геодезических сетей. Многие из них активно участвовали в уравнивании блоков АГС 1 класса, в том числе и 87-ми полигонов, в уравнивании заполняющих сетей триангуляции 2 класса и подготовке к изданию каталогов пунктов ГГС в СК-42. Начиная с 1982 г., практически ежегодно вопросы и проблемы этой уникальной работы обсуждались на семинарах главных инженеров предприятий. Кроме того, ведущие специалисты предприятий и Военно-топографической службы (ВТС) Минобороны достаточно часто обменивались мнениями на общесоюзных и кустовых совещаниях.

Третье уравнивание АГС началось с полигонального. В общей сложности были использованы измеренные горизонтальные направления на 40 тысячах пунктов АГС, 2434 азимута и 1600 базисов. Полигональная сеть состояла из 576 узловых пунктов и 403 полигонов, образованных 978 замыкающими. Уравнивание проведено в 1985-86 г.г. Получена средняя квадратическая ошибка единицы веса =1.02. Затем было выполнено блочное уравнивание АГС (5 блоков с перекрытием в шестиградусную колонку). В мае 1991 г. в ДВ АГП (г. Хабаровск) было завершено решение системы нормальных уравнений методом сопряженных градиентов для 164306 пунктов АГС, продолжавшееся 5 тысяч часов. Средняя квадратическая ошибка единицы веса =1.061. В 1992 году был составлен Технический отчет по общему уравниванию АГС СССР. В нем подробно описана технология, организация, порядок проведения уравнивания и анализ результатов.

В основу системы координат 1995 года (введена с 01.07.2002 г. постановлением Правительства № 568 от 28.07.2000) положено совместное уравнивание АГС, КГС и ДГС. Полученная референцная система координат отвечает

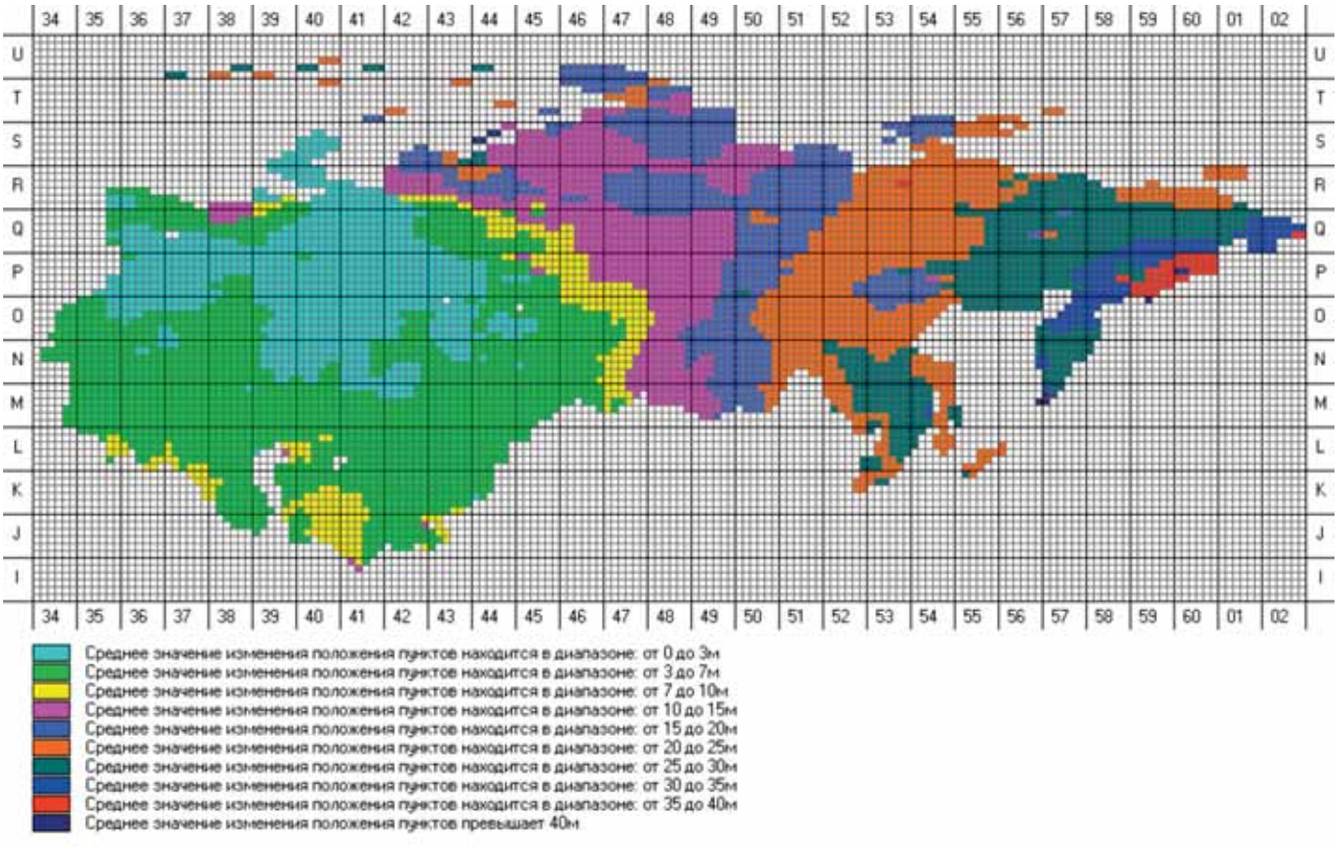


Рис. 1. Схема изменения положения пунктов ГГС в СК-95 относительно СК-42

теоретическому положению о параллельности осей отсчетных эллипсоидов космической и наземной сетей. Это позволяет осуществлять взаимный переход из одной системы координат в другую с использованием только трех параметров связи систем. При этом система осталась по прежнему «Пулковской». Но вот сравнительно недавно выяснилось, что система ПЗ-90 несостоятельна и пришлось в срочном порядке с 20.09.2007 ввести уточненную версию государственной геоцентрической системы координат «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ–90.02). Теперь переход из СК-95 в ПЗ-90 приходится выполнять не по трем параметрам, а по семи.

Уравнивание сетей ГГС 3 и 4 класса выполнялось отдельными блоками с опорой на пункты АГС уже в СК-95. Взаимное положение смежных пунктов ГГС в результате проведенного уравнивания в основном не претерпело значительных изменений. Выполненный по трапециям масштаба 1:200 000 анализ поправок к координатам в СК-42 показал, что их разброс в рамках отдельной трапеции в 97% случаев не превышает 10 см. Это позволило конвертировать координаты пунктов ГСС из СК-42 в СК-95 с точностью 5-15 см. Измерительная информация на эти сети была в основном утрачена, поэтому уравнять их не представлялось возможным.

Завершающим этапом построения и уравнивания ГГС стало составление каталогов геодезических пунктов 1-4 класса в СК-95 по листам карты масштаба 1:200000 на всю территорию страны в 2002-2004 гг. Принятый порядок и технология уравнивания позволили избежать каких бы то ни было деформаций координатной системы. Результаты опубликованы в журнале «Геодезия и картография» [3,5,6,12]. Специалистами ВТС [7] выполнен всесторонний и глубокий анализ результатов совместного уравнивания астрономо-геодезической, доплеровской и космической геодезических сетей. Авторами сделан вывод: ***«Полученный результат, распространяющий геоцентрическую систему координат на всю АГС, может быть принят в качестве координатной основы государственной геодезической сети Российской Федерации»***.

Система координат 1942 года просуществовала более полувека и служила надежной основой для картографирования всей страны. Тем не менее, в настоящее время она не обеспечивает надлежащей точности взаимного положения пунктов и стала тормозом в развитии современных геодезических, кадастровых и картографических работ. Отличительной особенностью последнего уравнивания является безукоризненная строгость совместной обработки сетей 1-го и 2-го класса и высокая точность взаимного положения смежных пунктов (не хуже 5 см или 1:240 000). До сих пор АГС обрабатывалась поэтапно: сначала уравнивались полигоны 1-го класса, затем в них вставлялась заполняющая сеть 2-го класса, что, естественно, не могло не отразиться на точности результатов. Полученная точность координат пунктов ГГС вполне удовлетворительно вписывается в концепцию перехода топографо-геодезического производства на методы спутниковых координатных определений. Надежно закрепленные пункты ГГС послужат хорошей основой для сгущения геодезических сетей с помощью спутниковых приемников, в частности, для передачи координат на пункты нивелирования, которые также хорошо закреплены и находятся вблизи дорог и в населенных пунктах. Изменения положения пунктов в СК-95 по сравнению с СК-42 показаны на рис. 1.

По разностям геодезических координат пунктов ГГС в СК-95 и СК-42, выраженных в длинах дуг меридианов и параллелей, сформирована сетка поправок к координатам в СК-42. Она предоставляет возможность преобразовать координаты любой точки из СК-42 в СК-95 с точностью не хуже 10-15 см.

Имеется достаточно богатый международный опыт уравнивания национальных геодезических сетей и обеспечения потребителей геодезическими и картографическими данными. Приведу некоторые опубликованные результаты [8]. В 80-ые годы переуравняли свои национальные сети многие страны.

США, Канада, Мексика, Гренландия образовали NAD-83 из 250 тысяч пунктов (кроме классической сети включены доплеровские наблюдения и трансконтинентальный траверс), совместная обработка с космической сетью не проводилась. Ссылочной основой WGS-84 является 3D Декартова геоцентрическая рамка (структура), которая, для всех прак-

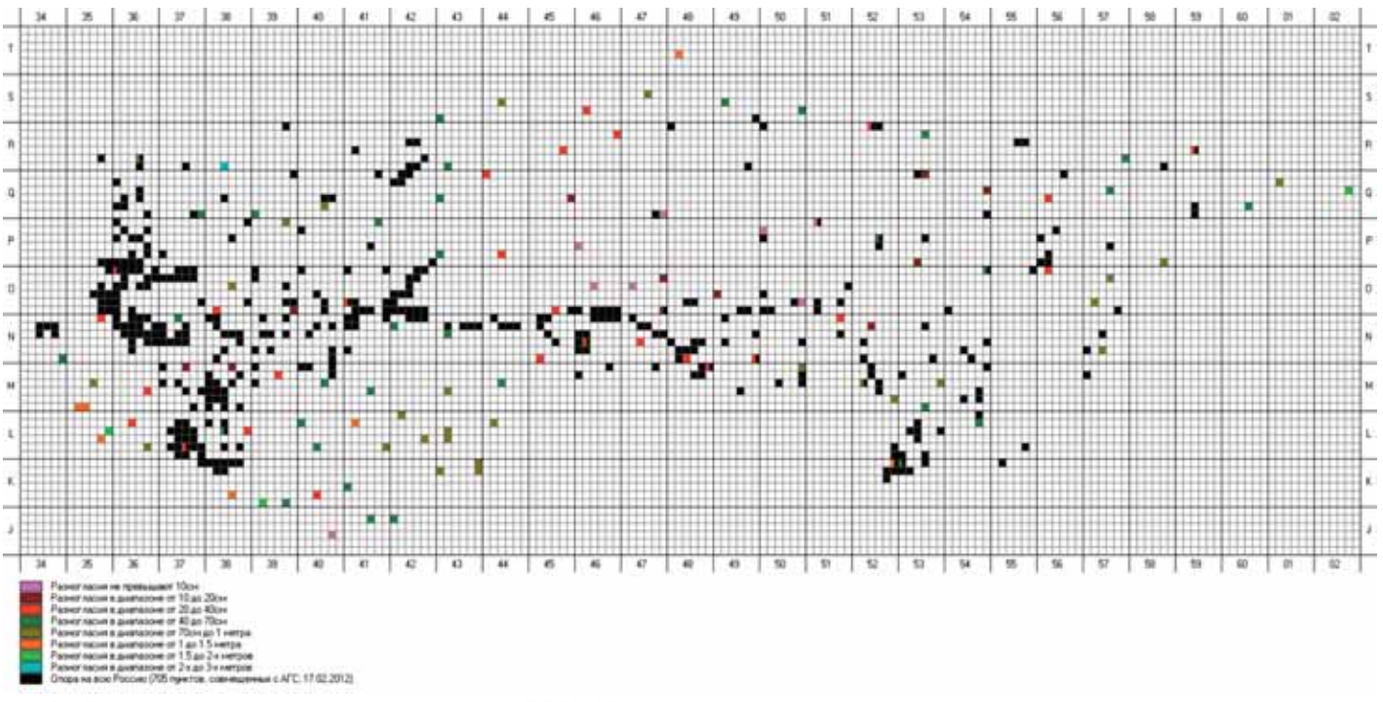


Рис. 2. Схема размещения опорных пунктов ГСК-2011 (черные квадратики) и изменения положения пунктов, бывших опорными в СК-95 (цветные квадратики)

тических приложений, идентична ссылочной основе ITRF. Предполагается, что ссылочная основа NAD-83 также является геоцентрической. Однако, из-за ограниченной точности техники измерений того времени, начало ссылочной основы NAD-83 сдвинуто относительно начала ITRF примерно на 2 метра. Кроме того, ссылочная основа NAD-83 немного повернута относительно ITRF. В результате координаты точки на WGS-84 отличаются от тех же координат на NAD-83 до 2 метров. Преобразование NAD-83 в WGS-84 выполняется по 6-ти параметрам: сдвиг и вращение. Для преобразования горизонтальных координат между NAD-27 и NAD-83 используется интерполяционная сетка — NADCON, которая рассчитана по отклонению между NAD-83 и NAD-27 в тысячах геодезических реперных точек. Использование сетки NADCON позволяет проводить преобразование с ошибкой не более 0,2 м *(у нас преобразование между СК-42 и СК-95 выполняется с ошибкой 0.1-0.2 м)*.

В 1979 г. завершено уравнивание Западно-Европейской триангуляционной сети RETRIG-11 из 3597 пунктов взамен ED50. Расхождения между ED50 и ED79 оказались незначительными (до 1.5 м). Попытка включить в сеть доплеровские наблюдения к улучшению качества Европейской сети не привела.

В 1981 году начались работы по уравниванию АГС Китая из 50 тысяч пунктов. В нее включены высокоточные траверсы общей протяженностью 10000 км. Общее уравнивание проводилось двумя методами: по блокам, которые затем связывались условиями идентичности, и совместное уравнивание всей сети параметрическим способом. Решение системы нормальных уравнений выполнялось на мощной ЭВМ прямым способом.

В 1979 году выполнено переуравнивание АГС Австралии из 3052 пунктов — GMA79 (взамен GMA76). Применен метод Гельмерта.

Из обзора по обработке геодезической информации [8] ясно, что все страны выполняли эти работы по сходной методике и результаты получились так же сходными.

В 1963 году начала функционировать Автоматическая почтовая служба Национальной геодезической службы США. В 1981 году она обслуживала около 3000 пользователей, включая 350 государственных, 1500 коммерческих агентов и 1150 членов из университетов и локальных агентов. Подписчики обеспечивались последними геодезическими данными на требуемый район и в дальнейшем получали на этот район новейшую информацию по мере ее появления. Система выдает документы с информацией для пользователя. По завершении в 1985 году уравнивания Североамериканского континента почтовая служба предоставляет информацию из базы NGS на всю территорию Североамериканского континента плюс Гавайи. Возможен доступ к информации геодезической основы NAD-83 через информационную сеть.

В Баден-Вюртембюрге (Германия) функционирует база данных и технология электронной обработки геодезических данных, начиная с журналов наблюдений до выдачи информации потребителям в диалоговом режиме. В Австрии, Германии, Голландии, Швейцарии, Швеции действует автоматизированные информационные системы землепользования. Ключевым элементом этих систем является геодезическая база данных. В настоящее время в США, Франции, Австралии и других странах результаты измерений и координаты референцных станций предоставляются всем желающим (в том числе зарубежным пользователям) свободно и бесплатно; в Германии, Канаде, Швеции и других государствах — только лицензированным пользователям за невысокую плату.

Обратите внимание, какие беззаботные эти иностранцы! Совсем не беспокоятся о гостайне для своих координат. Наверное, у них там не доплачивают за работу с секретными данными. Вот если наша Госдума отменит эти надбавки, то с ГСК и карт быстренько снимут гриф и мы наконец заживем, как цивилизованные люди. Ведь именно режимные ограничения явились тормозом для широкого внедрения в производство СК-95. Роскартография нас все время подгоняла, чтобы мы по-быстрее завершили уравнивание ГГС и выпустили каталоги. В 1996 году мы завершили уравнивание АГС в СК-95. После этого все как-то затормозилось. В 2002 уравняли ГГС 3 и 4 класса, вычислили координаты ГСС и составили большую часть каталогов в СК-95. Однако, на производстве продолжали работать в СК-42, СК-63 и МСК.

А тут всем начали навязывать МСК субъектов федерации (СФ). Очередная кормушка. Разработчики поленились даже создать их на основе СК-95. Они просто порезали СК-63 на много мелких кусочков и уменьшили значения абсцисс на круглые величины, кратные 100 км. Введенная в 1963 году в качестве системы координат для гражданских пользователей СК-63 была прогрессивной для своего времени, так как основывалась на трехградусных зонах и соответственно была более близкой к измерениям на физической поверхности Земли. Но это скорее был повод, чем истинная причина, поскольку не существовало никаких препятствий для использования в СК-42 трехградусных зон. Главной причиной для появления СК-63 была попытка со стороны ВТС расширить круг пользователей государственной системой координат без снятия с нее грифа «секретно». Вот и была придумана, в общем-то, местная система координат, но для районов, площадь которых значительно превышает допустимую для МСК. Вычисление редукционных поправок в этой системе осложнялось закрытостью перехода от СК-42 к СК-63. Однако это продолжалось недолго. В скором времени пользователи сообразили, что в параметрах перехода от СК-42 к СК-63 использовано всего 4 варианта смещения ординат и вычислить значения ординат относительно осевого меридиана СК-63 не было сложной задачей. На наш взгляд разработчики СК-63 должны были довести до сведения пользователей значения смещений ординат каждого района, т.к. поправки в длины линий за переход с эллипсоида на плоскость проекции даже в трехградусной зоне далеко не пренебрегаемы. Спустя почти 40 лет существования СК-63 решение об ее отмене следует признать еще более неудачным, чем ее введение. Следовало рассчитать параметры СК-63/95 для перехода в нее из СК-95 под условием наименьших отклонений абсолютных значений координат от СК-63/42, но с точностью взаимного положения пунктов СК-95. Все МСК «привязать» к СК-63/95. Кроме того, вычислить параметры связи этой системы с ПЗ-90, WGS-84 и ITRF. В МСК можно вообще ничего не хранить. Она нужна лишь для уменьшения проективных искажений, поэтому ее следует использовать только на этапе создания графических документов. Все остальное можно делать «в цифре» в той или иной ГИС и лучше всего в геодезической (географической) системе координат.

Как указывалось выше, для сравнительно небольших объектов (200-300 кв. км) взаимное положение пунктов в СК-95 по сравнению с СК-42 изменилось очень несущественно. Вот это и позволяет топографам продолжать работать в СК-42 и СК-63, поскольку большинство из них работают на сравнительно мелких объектах.

Что касается дальнейшего развития ГГС и ГСС, то оно не останавливалось, просто изменилась технология. До сих пор действует правило использовать в локальных геодезических сетях пункты государственной геодезической сети в качестве твердых. А это уже недопустимо. Ошибка передачи координат с пункта на пункт по измеренным элементам составляет 6-15 см., а в СК-42 она может достигать 10-30 см.

В СК-95 эта ошибка составляет 3-5 см. Геодезические построения на некоторых объектах выполняются с повышенной точностью. В настоящее время в связи с заменой СК-42 на СК-95 эта проблема стала менее острой, но не исчезла полностью. Учитывая, что в последние годы стали широко использоваться современные методы спутниковой технологии построения геодезических сетей, особенно в населенных пунктах, «жесткая» вставка построений, точность которых в 3-5 раз выше точности измерений, на основе которых создана СК-95, в метрику ГГС становится просто бессмысленной. Эта проблема вполне разрешима. В населенных пунктах, на крупных объектах народного хозяйства, при межевании земель и решении других специальных задач возникает необходимость в построении локальных геодезических сетей, предназначенных для обеспечения крупномасштабного картографирования, как правило, в местной системе координат. При этом МСК рассчитываются таким образом, чтобы планы отражали взаимное положение контуров с минимальными искажениями. Это позволяет либо полностью исключить необходимость учета редукционных поправок в измеренные элементы, либо упростить процедуру их расчета. Цель достигается правильным выбором отсчетного меридиана и проектированием местности не на уровень моря, а на средний уровень города. В большинстве случаев каждая МСК должна иметь связь с ГСК. Для этого рассчитываются параметры связи МСК с ГСК. Их принято называть «ключами. Наиболее распространёнными объектами, для которых создаются МСК, являются населённые пункты, особенно крупные. Такие объекты, как железные и автомобильные дороги, различные трубопроводы, линии электропередачи, каналы, геологические и геофизические объекты, объекты землепользования и лесного хозяйства и целый ряд других также испытывают потребность в МСК, хотя часто топографическая съёмка на них проводится в ГСК. Например, уравнивание городской опорной геодезической сети совместно с участком ГГС выполнять с опорой на достаточно удаленные от города пункты ГГС в СК-95, при этом следует задавать веса спутниковым определениям в 3-5 раз выше, чем наземным. Затем необходимо вычислить новый ключ связи систем при условии минимальных уклонений новых координат пунктов в местной системе от старых их значений без учета масштабного фактора. Это позволит приблизиться по абсолютным значениям к старой МСК, но с новой метрикой по взаимному положению пунктов [9,10].

Теперь обратимся к нашему ближайшему будущему. Более 20 лет назад в топографо-геодезическую практику вошли спутниковые технологии определения координат. Сразу же появились «горячие головы», призывающие забыть о классической геодезии, о ГГС. Мол, все это теперь не нужно. Правда, в последнее время они как-то поутихли. Всем, кто развивает спутниковые сети, я всегда советую включать в них любой геодезический пункт, мимо которого вы проходите. И необязательно стоять на нем долго. Достаточно сделать простенькую привязку. Нет необходимос ти включать такие пункты в число опорных, а просто использовать его для контроля. Лишнего контроля не бывает! При развитии наземных сетей мы не сталкивались с проблемой — «эпоха». Разве только при обработке астрономических определений и переуравнивании ГГС. На земле, конечно, все постепенно смещается, но это происходит глобально и на действующей СК не отражается. В спутниковых же определениях это очень важный фактор [11]. Например, не всегда есть возможность привести спутниковые определения 2-х сетей к одной и той же эпохе стандартным образом. Вот здесь и может помочь наземная сеть, если в нее включены пункты ГГС, необязательно одноименные. Достаточно определить элементы взаимного ориентирования обеих сетей с ГГС, а затем сначала по своим параметрам конвертировать одну из сетей в ГСК, а затем уже по другим параметрам, обратно, в пространственную СК. Способ достаточно простой и надежный. И вообще с эпохой следует быть крайне осторожными. Целесообразно поступить, как в астрономии. Взять за основу какую-то эпоху и в дальнейшем всем приводить свои измерения только к ней.

В России действует программа построения фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС), высокоточной геодезической сети (ВГС) и спутниковой геодезической сетей 1 класса (СГС-1). В основном эти сети уже построены и будут использованы для создания ГСК-2011 на общеземном эллипсоиде ГСК-2011. Почти год назад вышло Постановление Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. № 1463 «**О единых государственных системах координат»**:

1. Установить следующие единые государственные системы координат:

- геодезическая система координат 2011 года (ГСК-2011) — для использования при осуществлении геодезических и картографических работ;
- общеземная геоцентрическая система координат «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ-90.11) — для использования в целях геодезического обеспечения орбитальных полетов и решения навигационных задач.

2. Установить, что система геодезических координат 1995 года (СК-95), установленная постановлением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2000 г. № 568 в качестве единой государственной системы координат, и единая система геодезических координат 1942 года (СК-42), введенная постановлением Совета Министров СССР от 7 апреля 1946 г. № 760, применяются до 1 января 2017 г. в отношении материалов (документов), созданных с их использованием.

Параметры общего земного эллипсоида (началом системы координат является центр масс Земли).

В качестве отсчетного эллипсоида принят общеземной эллипсоид, ось вращения которого совпадает с осью Z геодезической системы координат (ГСК-2011)

Большая полуось *а* м 6378136,5 Сжатие *α* — 1/298,2564151 В качестве отсчетного эллипсоида принят общеземной эллипсоид, ось вращения которого совпадает с осью Z системы координат «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ-90.11)

Большая полуось *а* м 6378136 Сжатие *α* — 1/298,25784 Весной этого года был выполнен предварительный вариант уравнивания АГС на эллипсоиде ГСК-2011 с опорой на 705 пунктов ФАГС, ВГС, СГС-1 в ГСК-2011. До этого было сделано несколько вариантов уравнивания АГС в СК-95м на той же опоре, но на эллипсоиде Красовского. На рис. 2 показано расположение опоры ГСК-2011 (черные квадратики) и изменения положения пунктов, бывших в СК-95 опорными, а здесь — они определяемые.

Уравнивание выполняется по тем же программам для майнфрейма, по которым оно выполнялось в 1990-91 гг., в среде эмулятора «Hercules» на персональном компьютере. Считаю очень важным подчеркнуть, что решение системы нормальных уравнений с 330 тысячами неизвестных, которое на ЭВМ ЕС-1061 выполнено за 5 тысяч часов машинного времени, в среде «Hercules» выполняется за 120 часов. На рисунках 3 и 4 показаны изменения координат пунктов АГС в ГСК-2011 на общеземном эллипсоиде ГСК-2011 в проекции Гаусса-Крюгера. Как вы видите из рисунков, изменения координат не превысят 125 метров. Посредством такого уравнивания ГСК-2011 распространено на все пункты АГС. Следует отметить, что пространственные (геоцентрические) координаты практически идентичны координатам

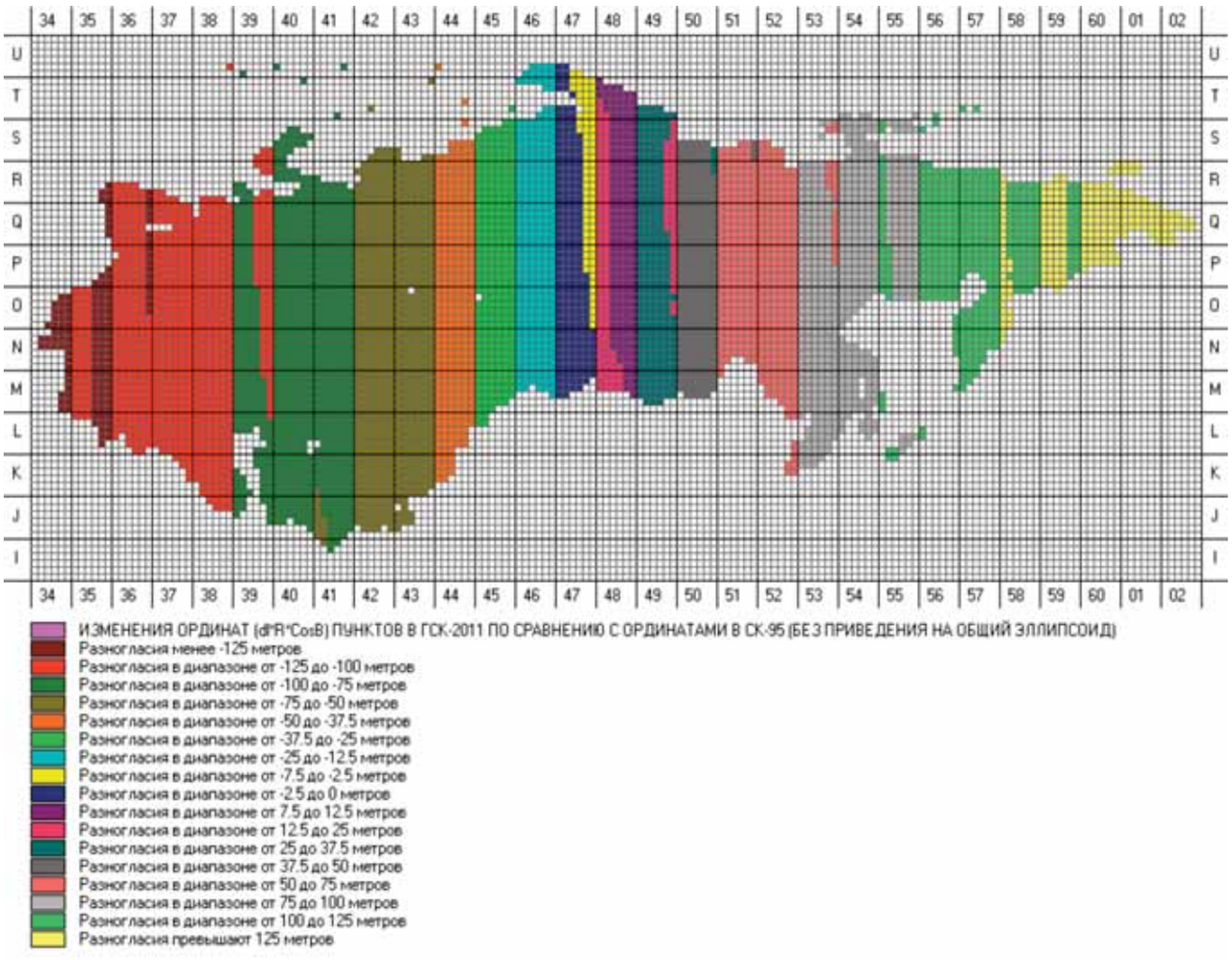


Рис. 4. Изменения ординат (dl*R*CosB) пунктов в ГСК-2011 по сравнению с ординатами в СК-95 (без приведения на общий эллипсоид

в СК ПЗ-90.11, ITRF и WGS-84, но геодезические координаты в итих СК будут различаться из-за различия параметров эллипсоидов. На мой взгляд, это очень неудобно. Параметры эллипсоидов отличаются на величины, меньшие погрешности их определения. Это дополнительный и ничем неоправданный источник ошибок. Был смысл принять их значения такими же, как в WGS-84. В ближайшее время будет выполнен 2-ой вариант уравнивания в ГСК-2011 (возможно окончательный) сначала АГС, затем ГГС 3 и 4 класса.

Был исследован также вопрос, как отразится переход на новый эллипсоид на взаимном положении пунктов в проекции Гаусса-Крюгера и UTM. Для этого произведен рассчет изменений значений геодезических координат, координат на плоскости проекций и расстояний при переходе от СК-95 к ГСК-2011. Для анализа взяты колонка 37 и пояс Р. Узловые точки расположены в 1-ом варианте (таблица 1) через 1 градус по долготе в границах 37-ой колонки на парных параллелях через 1 градус по широте (в каждой паре 14 точек: 7+7), начиная с широты = 81 градус. Следующая пара выбрана южнее на 10 градусов. Диапазон широт: от 81 до 40 градусов. Во 2-ом варианте (таблица 3) узловые точки выбраны в поясе Р. Пары исследуемых параллелий расположены по колонкам, как в 1-ом варианте. Шаг выбора пар = 12 и 18 градусов. Диапазон долгот: от 30 до 180 градусов. Заданные геодезические координаты отнесены к СК-95. По параметрам связи СК-95 и ГСК-2011 вычислены геодезические координаты на общеземном эллипсоиде и на плоскости проекций Гаусса-Крюгера и UTM. Сопоставляются геодезические кооррдинаты СК-95 и ГСК-2011 и прямоугольные координаты в проекции Гаусса-Крюгера и UTM. В проекции Гаусса-Крюгера получены разногласия порядка 100 м, в UTM — 2-4 км. Gw-Gk — разность высот квази-геоида над общеземным эллипсоидом и эллипсоидом Красовского.

Из таблиц 2 и 4 следует, что при переходе в ГСК-2011 в проекции Гаусса-Крюгера взаимное положение пунктов практически не изменится, изменения порядка 100 метров коснутся абсолютных значений координат (таблицы 1 и 3). При переходе в UTM масштабные изменения будут весьма ощутимые.

Очень часто ко мне обращаются с просьбой конвертировать координаты из WGS-84 в ГСК или МСК, а иногда наоборот. Иногда это группа точек, иногда текстовые файлы с расширением .mif. Такие преобразования можно осуществлять либо по общероссийским параметрам с точностью до 1.5 метра, либо по локальным с точностью порядка 10-15 см, либо по грид-сетке — с точностью порядка 5 см. Однако, надо помнить, что стремление добиться такой точности не что иное, как подгонка под метрику той СК, в которую мы конвертируем те или иные координаты. Тем самым, мы намеренно деформируем полученные из спутниковых определений высокоточные значения. Это, так сказать, бездумная дань традициям. Помня, что заказчик всегда прав, исполнитель вынужден на это идти. Благодаря проведенному уравниванию в ГСК-2011, у меня появилась возможность создать такую сетку, так сказать, для подгонки. На ее основе разработана программа конвертирования из ITRF в любую МСК и обратно. Точность «попадания», естественно, зависит насколько близки искомые координаты к мировой СК. Но сейчас меня больше привлекает возможность распространить на пункты ГГС геодезические высоты из геоцентрической СК-2011 и создать грид-сетку для перехода к нормальным высотам с более высокой точностью, чем позволяет EGM-

Таблица 1

Изменения значений геодезических и прямоугольных координат при переходе от СК-95 к СК-2011((

№№	Широта в СК-95	Долгота в СК-95	Высота Hg: в СК-95	СК2011-СК95 dB"	dL"	dX	dY	СК2011-СК95 на Крюгере Gw-Gk:	dX	СК2011utm-СК95кр. dY
1	8100 0.0000	3601 0.0000	478.18	1.445	-24.692	-105.08	-116.51	21.82	-3704.36	-95.62
2	8100 0.0000	3700 0.0000	478.50	1.510	-24.484	-105.07	-116.56	21.50	-3704.05	-102.54
3	8100 0.0000	3800 0.0000	478.82	1.576	-24.266	-105.06	-116.61	21.18	-3703.86	-109.58
4	8100 0.0000	3900 0.0000	479.13	1.642	-24.040	-105.04	-116.66	20.87	-3703.79	-116.62
5	8100 0.0000	4000 0.0000	479.45	1.707	-23.807	-105.03	-116.72	20.55	-3703.83	-123.66
6	8100 0.0000	4100 0.0000	479.76	1.771	-23.566	-105.02	-116.77	20.24	-3704.00	-130.70
7	8100 0.0000	415959.0000	480.07	1.835	-23.318	-105.01	-116.82	19.93	-3704.30	-137.73
8	8000 0.0000	3601 0.0000	500.18	1.396	-22.230	-104.76	-116.42	21.06	-3659.42	-93.24
9	8000 0.0000	3700 0.0000	499.88	1.462	-22.043	-104.74	-116.48	20.71	-3659.08	-100.92
10	8000 0.0000	3800 0.0000	499.55	1.528	-21.847	-104.73	-116.53	20.35	-3658.87	-108.73
11	8000 0.0000	3900 0.0000	499.16	1.593	-21.643	-104.72	-116.59	20.00	-3658.79	-116.54
12	8000 0.0000	4000 0.0000	498.81	1.658	-21.433	-104.70	-116.64	19.65	-3658.85	-124.35
13	8000 0.0000	4100 0.0000	498.48	1.722	-21.216	-104.69	-116.70	19.31	-3659.03	-132.17
14	8000 0.0000	415959.0000	498.23	1.785	-20.993	-104.68	-116.76	18.97	-3659.35	-139.97
15	7100 0.0000	3601 0.0000	498.89	0.942	-11.792	-102.44	-115.71	15.44	-3255.74	-72.30
16	7100 0.0000	3700 0.0000	498.51	1.005	-11.693	-102.42	-115.78	14.78	-3255.13	-86.65
17	7100 0.0000	3800 0.0000	497.91	1.069	-11.588	-102.39	-115.84	14.11	-3254.74	-101.26
18	7100 0.0000	3900 0.0000	497.35	1.132	-11.479	-102.37	-115.91	13.46	-3254.60	-115.86
19	7100 0.0000	4000 0.0000	497.00	1.194	-11.367	-102.34	-115.98	12.80	-3254.69	-130.47
20	7100 0.0000	4100 0.0000	496.96	1.255	-11.252	-102.32	-116.05	12.16	-3255.03	-145.08
21	7100 0.0000	415959.0000	497.09	1.316	-11.133	-102.29	-116.11	11.52	-3255.60	-159.67
22	7000 0.0000	3601 0.0000	499.62	0.890	-11.218	-102.24	-115.63	14.95	-3210.96	-70.03
23	7000 0.0000	3700 0.0000	499.55	0.953	-11.123	-102.22	-115.70	14.26	-3210.32	-85.11
24	7000 0.0000	3800 0.0000	499.33	1.016	-11.024	-102.19	-115.77	13.56	-3209.92	-100.45
25	7000 0.0000	3900 0.0000	498.92	1.078	-10.920	-102.16	-115.83	12.87	-3209.77	-115.79
26	7000 0.0000	4000 0.0000	498.46	1.140	-10.814	-102.14	-115.90	12.18	-3209.87	-131.13
27	7000 0.0000	4100 0.0000	498.51	1.201	-10.704	-102.11	-115.97	11.51	-3210.22	-146.47
28	7000 0.0000	415959.0000	498.53	1.262	-10.590	-102.08	-116.04	10.84	-3210.82	-161.80
29	6100 0.0000	3601 0.0000	500.42	0.406	-7.871	-100.84	-114.96	11.88	-2808.52	-50.36
30	6100 0.0000	3700 0.0000	500.69	0.465	-7.804	-100.81	-115.02	10.89	-2807.67	-71.69
31	6100 0.0000	3800 0.0000	502.03	0.524	-7.734	-100.77	-115.08	9.91	-2807.14	-93.39
32	6100 0.0000	3900 0.0000	503.46	0.582	-7.661	-100.73	-115.14	8.92	-2806.94	-115.09
33	6100 0.0000	4000 0.0000	503.60	0.640	-7.586	-100.69	-115.20	7.95	-2807.06	-136.80

34	6100	0.0000	4100	0.0000	504.47	0.697	-7.508	-100.66	-115.27	6.99	-2807.52	-158.50
35	6100	0.0000	415959	.0000	505.34	0.753	-7.428	-100.62	-115.33	6.04	-2808.31	-180.19
36	6000	0.0000	3601	0.0000	501.89	0.351	-7.627	-100.72	-114.88	11.68	-2763.86	-48.26
37	6000	0.0000	3700	0.0000	501.05	0.409	-7.562	-100.68	-114.94	10.67	-2762.99	-70.26
38	6000	0.0000	3800	0.0000	501.61	0.468	-7.494	-100.64	-115.00	9.65	-2762.45	-92.64
39	6000	0.0000	3900	0.0000	503.10	0.525	-7.423	-100.61	-115.06	8.64	-2762.24	-115.02
40	6000	0.0000	4000	0.0000	503.72	0.582	-7.350	-100.57	-115.12	7.64	-2762.37	-137.40
41	6000	0.0000	4100	0.0000	504.75	0.639	-7.275	-100.53	-115.19	6.64	-2762.84	-159.78
42	6000	0.0000	415959	.0000	505.54	0.695	-7.198	-100.49	-115.25	5.66	-2763.64	-182.14
43	5100	0.0000	3601	0.0000	502.91	-0.150	-6.027	-99.77	-114.19	11.27	-2362.30	-30.38
44	5100	0.0000	3700	0.0000	503.03	-0.098	-5.976	-99.72	-114.25	10.00	-2361.32	-58.05
45	5100	0.0000	3800	0.0000	503.16	-0.045	-5.922	-99.67	-114.31	8.72	-2360.70	-86.19
46	5100	0.0000	3900	0.0000	503.88	0.007	-5.866	-99.62	-114.38	7.44	-2360.46	-114.33
47	5100	0.0000	4000	0.0000	504.12	0.058	-5.808	-99.58	-114.44	6.18	-2360.60	-142.47
48	5100	0.0000	4100	0.0000	504.07	0.109	-5.748	-99.53	-114.51	4.94	-2361.13	-170.62
49	5100	0.0000	415959	.0000	503.56	0.160	-5.686	-99.49	-114.57	3.70	-2362.03	-198.75
50	5000	0.0000	3601	0.0000	502.73	-0.206	-5.898	-99.67	-114.11	11.38	-2317.72	-28.51
51	5000	0.0000	3700	0.0000	502.40	-0.155	-5.847	-99.62	-114.17	10.08	-2316.73	-56.77
52	5000	0.0000	3800	0.0000	502.45	-0.103	-5.794	-99.57	-114.23	8.77	-2316.10	-85.51
53	5000	0.0000	3900	0.0000	503.72	-0.052	-5.739	-99.52	-114.30	7.47	-2315.86	-114.25
54	5000	0.0000	4000	0.0000	504.66	-0.001	-5.683	-99.47	-114.37	6.18	-2316.00	-143.00
55	5000	0.0000	4100	0.0000	504.79	0.049	-5.624	-99.43	-114.43	4.91	-2316.53	-171.74
56	5000	0.0000	415959	.0000	504.29	0.099	-5.564	-99.38	-114.50	3.64	-2317.45	-200.48
57	4100	0.0000	3601	0.0000	518.62	-0.711	-4.997	-98.68	-113.35	13.69	-1916.62	-12.89
58	4100	0.0000	3700	0.0000	517.80	-0.666	-4.954	-98.62	-113.44	12.16	-1915.61	-46.09
59	4100	0.0000	3800	0.0000	516.89	-0.622	-4.909	-98.56	-113.54	10.62	-1914.97	-79.84
60	4100	0.0000	3900	0.0000	517.47	-0.578	-4.862	-98.50	-113.64	9.10	-1914.72	-113.59
61	4100	0.0000	4000	0.0000	517.42	-0.534	-4.814	-98.45	-113.74	7.59	-1914.86	-147.35
62	4100	0.0000	4100	0.0000	520.89	-0.491	-4.764	-98.40	-113.84	6.09	-1915.39	-181.10
63	4100	0.0000	415959	.0000	522.40	-0.448	-4.713	-98.36	-113.94	4.61	-1916.31	-214.85
64	4000	0.0000	3601	0.0000	520.11	-0.766	-4.921	-98.55	-113.26	14.10	-1872.06	-11.30
65	4000	0.0000	3700	0.0000	521.46	-0.723	-4.878	-98.49	-113.36	12.55	-1871.06	-45.00
66	4000	0.0000	3800	0.0000	522.46	-0.679	-4.834	-98.42	-113.46	10.99	-1870.42	-79.26
67	4000	0.0000	3900	0.0000	523.23	-0.636	-4.788	-98.37	-113.57	9.44	-1870.17	-113.52
68	4000	0.0000	4000	0.0000	523.23	-0.593	-4.740	-98.31	-113.67	7.90	-1870.31	-147.79
69	4000	0.0000	4100	0.0000	523.02	-0.551	-4.691	-98.27	-113.78	6.38	-1870.84	-182.05
70	4000	0.0000	415959	.0000	522.91	-0.509	-4.641	-98.22	-113.88	4.88	-1871.75	-216.31

Таблица 2

Сопоставление расстояний между точками на эллипсоидах и плоскостях проекций

Bn-Ln=>Bk-Lk	Sэл.Крас.:	Sэл.2011 :	S/dS	:Sпл.95Крюг.:	Sпл.2011Кр.:	S/dS	: Sutm	: S/dS
81-36=>81-37	17180.18	17180.24	-318752	17180.64	17180.59	331959	17173.71	2481
81-36=>80-36	111664.70	111665.04	-322390	111669.17	111668.84	339666	111624.17	2481
81-37=>81-38	17471.36	17471.42	-323881	17471.57	17471.52	331953	17464.53	2481
81-37=>80-37	111664.70	111665.04	-327912	111666.90	111666.57	339677	111621.90	2481
81-38=>81-39	17471.37	17471.42	-329174	17471.44	17471.39	331917	17464.40	2481
81-38=>80-38	111664.71	111665.04	-333673	111665.51	111665.18	339656	111620.51	2481
81-39=>81-40	17471.37	17471.42	-334592	17471.44	17471.39	331851	17464.40	2481
81-39=>80-39	111664.71	111665.04	-339583	111665.04	111664.71	339604	111620.05	2481
81-40=>81-41	17471.37	17471.42	-340135	17471.57	17471.52	331756	17464.53	2481
81-40=>80-40	111664.72	111665.04	-345648	111665.51	111665.18	339519	111620.51	2481
81-41=>81-42	17466.51	17466.57	-345806	17466.98	17466.92	331631	17459.94	2481
81-41=>80-41	111664.72	111665.04	-351869	111666.90	111666.57	339404	111621.90	2481
71-36=>71-37	35745.29	35745.37	-472891	35749.00	35748.93	539124	35734.63	2488
71-36=>70-36	111569.87	111570.11	-469638	111586.97	111586.77	552565	111542.13	2488
71-37=>71-38	36351.14	36351.21	-497184	36352.58	36352.51	538931	36337.97	2488
71-37=>70-37	111569.89	111570.11	-494170	111577.69	111577.49	552411	111532.86	2488
71-38=>71-39	36351.14	36351.21	-524126	36351.40	36351.34	538764	36336.80	2488
71-38=>70-38	111569.90	111570.11	-521641	111572.01	111571.80	552256	111527.18	2488
71-39=>71-40	36351.14	36351.21	-553888	36351.40	36351.34	538617	36336.80	2488
71-39=>70-39	111569.91	111570.11	-552048	111570.11	111569.91	552099	111525.28	2488
71-40=>71-41	36351.15	36351.21	-586905	36352.58	36352.51	538475	36337.97	2488
71-40=>70-40	111569.92	111570.11	-585868	111572.01	111571.80	551938	111527.18	2488
71-41=>71-42	36341.05	36341.11	-623674	36344.83	36344.76	538303	36330.22	2488
71-41=>70-41	111569.93	111570.11	-623703	111577.69	111577.49	551779	111532.86	2488
61-36=>61-37	53205.99	53206.07	-652188	53218.06	53218.00	872598	53196.71	2492
61-36=>60-36	111422.42	111422.60	-625993	111459.27	111459.15	888939	111414.56	2492
61-37=>61-38	54107.77	54107.85	-725239	54112.38	54112.31	871677	54090.67	2492
61-37=>60-37	111422.44	111422.60	-693790	111439.08	111438.96	887530	111394.38	2492
61-38=>61-39	54107.78	54107.85	-816433	54108.50	54108.43	871076	54086.79	2492
61-38=>60-38	111422.46	111422.60	-778823	111426.72	111426.60	886744	111382.03	2492
61-39=>61-40	54107.79	54107.85	-932218	54108.50	54108.43	870723	54086.79	2492

61-39=>60-39	111422.47	111422.60	-886493	111422.60	111422.47	886622	111377.91	2492
61-40=>61-41	54107.80	54107.85	-1085315	54112.38	54112.31	871467	54090.67	2492
61-40=>60-40	111422.49	111422.60	-1027155	111426.72	111426.60	887160	111382.03	2492
61-41=>61-42	54092.78	54092.82	-1295564	54105.10	54105.04	872615	54083.39	2492
61-41=>60-41	111422.51	111422.60	-1218582	111439.08	111438.96	888342	111394.38	2492
51-36=>51-37	69028.26	69028.35	-705531	69054.61	69054.54	1093950	69026.92	2494
51-36=>50-36	111240.41	111240.58	-653668	111301.75	111301.65	1089116	111257.13	2494
51-37=>51-38	70198.22	70198.31	-821525	70208.21	70208.15	1090545	70180.07	2494
51-37=>50-37	111240.43	111240.58	-753110	111268.07	111267.97	1085166	111223.46	2494
51-38=>51-39	70198.24	70198.31	-983201	70199.72	70199.66	1089637	70171.58	2494
51-38=>50-38	111240.45	111240.58	-889529	111247.45	111247.35	1083538	111202.85	2494
51-39=>51-40	70198.25	70198.31	-1220905	70199.72	70199.66	1090750	70171.58	2494
51-39=>50-39	111240.47	111240.58	-1084110	111240.58	111240.47	1084299	111195.98	2494
51-40=>51-41	70198.26	70198.31	-1605351	70208.21	70208.15	1094282	70180.07	2494
51-40=>50-40	111240.50	111240.58	-1383970	111247.45	111247.35	1087465	111202.85	2494
51-41=>51-42	70178.78	70178.81	-2331984	70205.68	70205.62	1100167	70177.54	2494
51-41=>50-41	111240.52	111240.58	-1905922	111268.07	111267.97	1093074	111223.46	2494
41-36=>41-37	82733.73	82733.88	-562695	82779.20	82779.10	852096	82745.99	2492
41-36=>40-36	111045.97	111046.18	-516330	111133.58	111133.45	829948	111088.99	2492
41-37=>41-38	84136.00	84136.13	-650605	84153.23	84153.13	849210	84119.47	2492
41-37=>40-37	111045.99	111046.18	-590004	111085.45	111085.32	826692	111040.89	2492
41-38=>41-39	84136.02	84136.13	-771188	84138.58	84138.48	848901	84104.82	2492
41-38=>40-38	111046.02	111046.18	-689141	111056.00	111055.86	825664	111011.44	2492
41-39=>41-40	84136.04	84136.13	-944224	84138.58	84138.48	850623	84104.82	2492
41-39=>40-39	111046.05	111046.18	-826834	111046.18	111046.05	826943	111001.63	2492
41-40=>41-41	84136.06	84136.13	-1215257	84153.23	84153.13	855378	84119.47	2492
41-40=>40-40	111046.07	111046.18	-1030844	111056.00	111055.86	830518	111011.44	2492
41-41=>41-42	84112.71	84112.76	-1694199	84159.16	84159.06	861745	84125.39	2492
41-41=>40-41	111046.10	111046.18	-1364231	111085.45	111085.32	836500	111040.89	2492

Таблица 3

Изменения значений геодезических и прямоугольных координат при переходе от СК-95 к СК-2011

№№	Широта в СК-95	Долгота в СК-95	Высота Hg: в СК-95	СК2011-СК95 dB"	dL"	dX	dY	СК2011-СК95 на Крюгере Gw-Gk:	dX	dY
1	6100 0.0000	3001 0.0000	498.36	0.041	-8.228	-111.91	-120.83	18.03	-2819.58	-56.23
2	6100 0.0000	3100 0.0000	499.26	0.102	-8.175	-111.87	-120.94	17.00	-2818.73	-77.61
3	6100 0.0000	3200 0.0000	499.50	0.163	-8.120	-111.83	-121.05	15.97	-2818.19	-99.36
4	6100 0.0000	3300 0.0000	499.82	0.225	-8.062	-111.79	-121.16	14.94	-2817.99	-121.12
5	6100 0.0000	3400 0.0000	501.01	0.285	-8.001	-111.75	-121.28	13.91	-2818.12	-142.87
6	6100 0.0000	3500 0.0000	501.03	0.346	-7.938	-111.72	-121.39	12.90	-2818.58	-164.62
7	6100 0.0000	355950.0000	500.41	0.405	-7.872	-111.68	-121.50	11.90	-2819.37	-186.31
8	6000 0.0000	3001 0.0000	497.84	-0.011	-7.973	-111.68	-120.74	18.03	-2774.81	-54.12
9	6000 0.0000	3100 0.0000	498.84	0.050	-7.922	-111.64	-120.86	16.97	-2773.94	-76.17
10	6000 0.0000	3200 0.0000	499.55	0.111	-7.868	-111.60	-120.97	15.90	-2773.40	-98.60
11	6000 0.0000	3300 0.0000	500.90	0.171	-7.812	-111.56	-121.09	14.84	-2773.19	-121.04
12	6000 0.0000	3400 0.0000	502.00	0.232	-7.753	-111.52	-121.20	13.78	-2773.32	-143.47
13	6000 0.0000	3500 0.0000	502.71	0.291	-7.692	-111.48	-121.32	12.74	-2773.79	-165.91
14	6000 0.0000	355950.0000	501.92	0.350	-7.629	-111.45	-121.44	11.70	-2774.59	-188.27
15	6100 0.0000	4201 0.0000	505.35	0.754	-7.427	-90.39	-107.79	6.03	-2798.07	-43.20
16	6100 0.0000	4300 0.0000	505.74	0.809	-7.346	-90.36	-107.81	5.10	-2797.23	-64.48
17	6100 0.0000	4400 0.0000	505.99	0.865	-7.261	-90.32	-107.82	4.17	-2796.70	-86.13
18	6100 0.0000	4500 0.0000	506.30	0.919	-7.175	-90.29	-107.83	3.25	-2796.50	-107.79
19	6100 0.0000	4600 0.0000	506.73	0.973	-7.086	-90.25	-107.85	2.34	-2796.62	-129.45
20	6100 0.0000	4700 0.0000	506.73	1.027	-6.995	-90.21	-107.86	1.44	-2797.08	-151.10
21	6100 0.0000	475950.0000	507.07	1.079	-6.901	-90.17	-107.88	0.56	-2797.86	-172.69
22	6000 0.0000	4201 0.0000	505.55	0.696	-7.196	-90.37	-107.73	5.65	-2753.51	-41.11
23	6000 0.0000	4300 0.0000	506.54	0.750	-7.118	-90.34	-107.74	4.69	-2752.65	-63.06
24	6000 0.0000	4400 0.0000	507.29	0.805	-7.036	-90.30	-107.75	3.73	-2752.11	-85.38
25	6000 0.0000	4500 0.0000	507.48	0.859	-6.952	-90.26	-107.76	2.78	-2751.90	-107.71
26	6000 0.0000	4600 0.0000	506.76	0.913	-6.866	-90.22	-107.77	1.85	-2752.03	-130.04
27	6000 0.0000	4700 0.0000	506.67	0.966	-6.777	-90.18	-107.78	0.92	-2752.50	-152.37
28	6000 0.0000	475950.0000	507.14	1.018	-6.687	-90.14	-107.79	0.01	-2753.29	-174.63
29	6100 0.0000	4201 0.0000	505.35	0.754	-7.427	-90.39	-107.79	6.03	-2798.07	-43.20
30	6100 0.0000	4300 0.0000	505.74	0.809	-7.346	-90.36	-107.81	5.10	-2797.23	-64.48

31	6100	0.0000	4400	0.0000	505.99	0.865	-7.261	-90.32	-107.82	4.17	-2796.70	-86.13
32	6100	0.0000	4500	0.0000	506.30	0.919	-7.175	-90.29	-107.83	3.25	-2796.50	-107.79
33	6100	0.0000	4600	0.0000	506.73	0.973	-7.086	-90.25	-107.85	2.34	-2796.62	-129.45
34	6100	0.0000	4700	0.0000	506.73	1.027	-6.995	-90.21	-107.86	1.44	-2797.08	-151.10
35	6100	0.0000	475950	.0000	507.07	1.079	-6.901	-90.17	-107.88	0.56	-2797.86	-172.69
36	6000	0.0000	4201	0.0000	505.55	0.696	-7.196	-90.37	-107.73	5.65	-2753.51	-41.11
37	6000	0.0000	4300	0.0000	506.54	0.750	-7.118	-90.34	-107.74	4.69	-2752.65	-63.06
38	6000	0.0000	4400	0.0000	507.29	0.805	-7.036	-90.30	-107.75	3.73	-2752.11	-85.38
39	6000	0.0000	4500	0.0000	507.48	0.859	-6.952	-90.26	-107.76	2.78	-2751.90	-107.71
40	6000	0.0000	4600	0.0000	506.76	0.913	-6.866	-90.22	-107.77	1.85	-2752.03	-130.04
41	6000	0.0000	4700	0.0000	506.67	0.966	-6.777	-90.18	-107.78	0.92	-2752.50	-152.37
42	6000	0.0000	475950	.0000	507.14	1.018	-6.687	-90.14	-107.79	0.01	-2753.29	-174.63
43	6100	0.0000	5401	0.0000	505.89	1.381	-6.296	-71.78	-89.92	-4.51	-2779.46	-25.33
44	6100	0.0000	5500	0.0000	505.19	1.428	-6.190	-71.75	-89.85	-5.30	-2778.63	-46.53
45	6100	0.0000	5600	0.0000	504.06	1.474	-6.080	-71.72	-89.78	-6.08	-2778.10	-68.10
46	6100	0.0000	5700	0.0000	503.87	1.520	-5.969	-71.69	-89.71	-6.85	-2777.90	-89.67
47	6100	0.0000	5800	0.0000	504.09	1.565	-5.855	-71.65	-89.64	-7.61	-2778.03	-111.24
48	6100	0.0000	5900	0.0000	505.48	1.609	-5.740	-71.61	-89.56	-8.35	-2778.48	-132.81
49	6100	0.0000	595950	.0000	505.98	1.653	-5.623	-71.56	-89.50	-9.07	-2779.26	-154.31
50	6000	0.0000	5401	0.0000	507.01	1.317	-6.100	-71.93	-89.87	-5.22	-2735.08	-23.26
51	6000	0.0000	5500	0.0000	506.53	1.363	-5.997	-71.91	-89.79	-6.03	-2734.23	-45.12
52	6000	0.0000	5600	0.0000	505.88	1.409	-5.891	-71.88	-89.71	-6.84	-2733.69	-67.36
53	6000	0.0000	5700	0.0000	505.29	1.455	-5.783	-71.84	-89.63	-7.63	-2733.49	-89.60
54	6000	0.0000	5800	0.0000	505.51	1.499	-5.673	-71.80	-89.55	-8.41	-2733.62	-111.84
55	6000	0.0000	5900	0.0000	506.34	1.543	-5.561	-71.76	-89.47	-9.18	-2734.08	-134.07
56	6000	0.0000	595950	.0000	506.05	1.586	-5.448	-71.71	-89.39	-9.92	-2734.87	-156.24
57	6100	0.0000	6601	0.0000	497.71	1.894	-4.884	-56.88	-67.99	-13.13	-2764.57	-3.41
58	6100	0.0000	6700	0.0000	496.95	1.930	-4.757	-56.86	-67.86	-13.73	-2763.74	-24.55
59	6100	0.0000	6800	0.0000	495.94	1.966	-4.628	-56.83	-67.71	-14.34	-2763.22	-46.04
60	6100	0.0000	6900	0.0000	495.70	2.001	-4.496	-56.80	-67.57	-14.92	-2763.02	-67.55
61	6100	0.0000	7000	0.0000	495.49	2.035	-4.363	-56.76	-67.44	-15.49	-2763.15	-89.05
62	6100	0.0000	7100	0.0000	494.87	2.068	-4.229	-56.72	-67.30	-16.04	-2763.60	-110.55
63	6100	0.0000	715950	.0000	494.10	2.100	-4.094	-56.67	-67.16	-16.58	-2764.37	-131.99
64	6000	0.0000	6601	0.0000	497.91	1.825	-4.731	-57.17	-67.96	-14.10	-2720.33	-1.36
65	6000	0.0000	6700	0.0000	497.34	1.861	-4.608	-57.16	-67.81	-14.73	-2719.48	-23.15
66	6000	0.0000	6800	0.0000	496.97	1.897	-4.482	-57.13	-67.66	-15.35	-2718.95	-45.31

67	6000	0.0000	6900	0.0000	496.24	1.931	-4.355	-57.10	-67.50	-15.96	-2718.75	-67.48
68	6000	0.0000	7000	0.0000	495.32	1.965	-4.226	-57.06	-67.35	-16.54	-2718.88	-89.64
69	6000	0.0000	7100	0.0000	494.27	1.997	-4.096	-57.01	-67.20	-17.11	-2719.34	-111.81
70	6000	0.0000	715950	.0000	493.94	2.029	-3.965	-56.96	-67.05	-17.66	-2720.13	-133.90
71	6100	0.0000	6601	0.0000	497.71	1.894	-4.884	-56.88	-67.99	-13.13	-2764.57	-3.41
72	6100	0.0000	6700	0.0000	496.95	1.930	-4.757	-56.86	-67.86	-13.73	-2763.74	-24.55
73	6100	0.0000	6800	0.0000	495.94	1.966	-4.628	-56.83	-67.71	-14.34	-2763.22	-46.04
74	6100	0.0000	6900	0.0000	495.70	2.001	-4.496	-56.80	-67.57	-14.92	-2763.02	-67.55
75	6100	0.0000	7000	0.0000	495.49	2.035	-4.363	-56.76	-67.44	-15.49	-2763.15	-89.05
76	6100	0.0000	7100	0.0000	494.87	2.068	-4.229	-56.72	-67.30	-16.04	-2763.60	-110.55
77	6100	0.0000	715950	.0000	494.10	2.100	-4.094	-56.67	-67.16	-16.58	-2764.37	-131.99
78	6000	0.0000	6601	0.0000	497.91	1.825	-4.731	-57.17	-67.96	-14.10	-2720.33	-1.36
79	6000	0.0000	6700	0.0000	497.34	1.861	-4.608	-57.16	-67.81	-14.73	-2719.48	-23.15
80	6000	0.0000	6800	0.0000	496.97	1.897	-4.482	-57.13	-67.66	-15.35	-2718.95	-45.31
81	6000	0.0000	6900	0.0000	496.24	1.931	-4.355	-57.10	-67.50	-15.96	-2718.75	-67.48
82	6000	0.0000	7000	0.0000	495.32	1.965	-4.226	-57.06	-67.35	-16.54	-2718.88	-89.64
83	6000	0.0000	7100	0.0000	494.27	1.997	-4.096	-57.01	-67.20	-17.11	-2719.34	-111.81
84	6000	0.0000	715950	.0000	493.94	2.029	-3.965	-56.96	-67.05	-17.66	-2720.13	-133.90
85	6100	0.0000	8401	0.0000	492.16	2.403	-2.377	-42.86	-29.63	-21.64	-2750.56	34.93
86	6100	0.0000	8500	0.0000	492.78	2.420	-2.231	-42.85	-29.43	-21.93	-2749.74	13.86
87	6100	0.0000	8600	0.0000	492.93	2.437	-2.081	-42.83	-29.23	-22.22	-2749.23	-7.57
88	6100	0.0000	8700	0.0000	493.28	2.453	-1.931	-42.80	-29.02	-22.48	-2749.03	-29.01
89	6100	0.0000	8800	0.0000	492.88	2.468	-1.780	-42.77	-28.82	-22.73	-2749.16	-50.45
90	6100	0.0000	8900	0.0000	492.12	2.482	-1.629	-42.72	-28.62	-22.96	-2749.61	-71.89
91	6100	0.0000	895950	.0000	493.06	2.494	-1.477	-42.67	-28.42	-23.16	-2750.38	-93.26
92	6000	0.0000	8401	0.0000	491.74	2.329	-2.301	-43.30	-29.62	-22.88	-2706.46	36.97
93	6000	0.0000	8500	0.0000	491.76	2.346	-2.159	-43.28	-29.40	-23.19	-2705.62	15.25
94	6000	0.0000	8600	0.0000	491.53	2.363	-2.014	-43.26	-29.18	-23.48	-2705.09	-6.85
95	6000	0.0000	8700	0.0000	491.56	2.379	-1.868	-43.24	-28.96	-23.75	-2704.89	-28.94
96	6000	0.0000	8800	0.0000	491.27	2.394	-1.722	-43.20	-28.74	-24.01	-2705.02	-51.04
97	6000	0.0000	8900	0.0000	490.32	2.407	-1.575	-43.15	-28.52	-24.24	-2705.48	-73.14
98	6000	0.0000	895950	.0000	490.80	2.420	-1.428	-43.10	-28.30	-24.46	-2706.27	-95.17
99	6100	0.0000	10201	0.0000	492.12	2.556	0.374	-40.00	11.91	-24.16	-2747.70	76.46
100	6100	0.0000	10300	0.0000	493.09	2.554	0.526	-40.00	12.12	-24.11	-2746.89	55.40
101	6100	0.0000	10400	0.0000	493.90	2.550	0.681	-39.98	12.34	-24.05	-2746.37	33.98
102	6100	0.0000	10500	0.0000	494.29	2.545	0.835	-39.95	12.56	-23.97	-2746.18	12.55

```
103 6100 0.0000 10600 0.0000    494.22  2.540   0.990   -39.92    12.77 -23.87 -2746.31    -8.88
104 6100 0.0000 10700 0.0000    494.08  2.533   1.144   -39.88    12.99 -23.75 -2746.77   -30.30
105 6100 0.0000 1075950.0000    494.43  2.525   1.297   -39.82    13.20 -23.61 -2747.54   -51.66
106 6000 0.0000 10201 0.0000    492.46  2.481   0.367   -40.46    11.92 -25.48 -2703.62    78.49
107 6000 0.0000 10300 0.0000    493.08  2.478   0.515   -40.45    12.15 -25.44 -2702.79    56.78
108 6000 0.0000 10400 0.0000    493.68  2.475   0.664   -40.44    12.38 -25.37 -2702.27    34.70
109 6000 0.0000 10500 0.0000    494.60  2.470   0.814   -40.41    12.62 -25.29 -2702.07    12.61
110 6000 0.0000 10600 0.0000    494.34  2.465   0.964   -40.38    12.85 -25.18 -2702.20    -9.47
111 6000 0.0000 10700 0.0000    494.69  2.458   1.113   -40.33    13.09 -25.06 -2702.67   -31.56
112 6000 0.0000 1075950.0000    495.35  2.450   1.261   -40.28    13.32 -24.92 -2703.45   -53.57
113 6100 0.0000 12001 0.0000    502.85  2.339   3.102   -48.58    52.57 -20.44 -2756.27   117.10
114 6100 0.0000 12100 0.0000    505.18  2.317   3.245   -48.57    52.74 -20.06 -2755.45    96.00
115 6100 0.0000 12200 0.0000    507.16  2.293   3.389   -48.55    52.92 -19.66 -2754.94    74.54
116 6100 0.0000 12300 0.0000    507.98  2.268   3.533   -48.53    53.09 -19.24 -2754.75    53.07
117 6100 0.0000 12400 0.0000    509.10  2.243   3.675   -48.50    53.27 -18.80 -2754.89    31.61
118 6100 0.0000 12500 0.0000    510.28  2.216   3.816   -48.46    53.45 -18.34 -2755.34    10.14
119 6100 0.0000 1255950.0000    511.12  2.188   3.956   -48.41    53.62 -17.87 -2756.12   -11.26
120 6000 0.0000 12001 0.0000    505.06  2.266   3.011   -48.95    52.58 -21.65 -2712.11   119.13
121 6000 0.0000 12100 0.0000    506.86  2.244   3.150   -48.94    52.77 -21.26 -2711.27    97.38
122 6000 0.0000 12200 0.0000    509.29  2.220   3.290   -48.93    52.96 -20.84 -2710.75    75.26
123 6000 0.0000 12300 0.0000    511.07  2.196   3.429   -48.90    53.15 -20.41 -2710.56    53.13
124 6000 0.0000 12400 0.0000    512.31  2.170   3.567   -48.87    53.34 -19.96 -2710.69    31.00
125 6000 0.0000 12500 0.0000    513.94  2.144   3.704   -48.83    53.53 -19.49 -2711.16     8.88
126 6000 0.0000 1255950.0000    515.13  2.116   3.840   -48.78    53.72 -19.00 -2711.95   -13.18
127 6100 0.0000 13801 0.0000    519.95  1.774   5.538   -67.74    88.36 -10.85 -2775.43   152.88
128 6100 0.0000 13900 0.0000    520.45  1.734   5.658   -67.73    88.45 -10.17 -2774.60   131.69
129 6100 0.0000 14000 0.0000    520.64  1.692   5.778   -67.71    88.53  -9.47 -2774.09   110.14
130 6100 0.0000 14100 0.0000    519.91  1.649   5.897   -67.69    88.62  -8.75 -2773.90    88.59
131 6100 0.0000 14200 0.0000    520.23  1.606   6.013   -67.66    88.71  -8.02 -2774.04    67.03
132 6100 0.0000 14300 0.0000    519.75  1.562   6.128   -67.63    88.80  -7.27 -2774.51    45.48
133 6100 0.0000 1435950.0000    519.48  1.517   6.241   -67.59    88.88  -6.51 -2775.29    23.99
134 6000 0.0000 13801 0.0000    521.68  1.706   5.373   -67.93    88.38 -11.76 -2731.08   154.92
135 6000 0.0000 13900 0.0000    522.08  1.666   5.490   -67.91    88.48 -11.06 -2730.24   133.08
136 6000 0.0000 14000 0.0000    522.02  1.625   5.606   -67.90    88.58 -10.34 -2729.71   110.86
137 6000 0.0000 14100 0.0000    521.73  1.583   5.721   -67.87    88.67  -9.59 -2729.52    88.64
138 6000 0.0000 14200 0.0000    521.31  1.540   5.834   -67.85    88.77  -8.84 -2729.66    66.42
```

139	6000	0.0000	14300	0.0000	520.61	1.496	5.945	-67.81	88.87	-8.07	-2730.14	44.20
140	6000	0.0000	143595	0.0000	521.19	1.452	6.055	-67.78	88.96	-7.28	-2730.94	22.04
141	6100	0.0000	15601	0.0000	511.34	0.914	7.445	-95.62	115.79	3.67	-2803.29	180.29
142	6100	0.0000	15700	0.0000	508.80	0.861	7.530	-95.60	115.75	4.58	-2802.47	158.98
143	6100	0.0000	15800	0.0000	507.23	0.805	7.614	-95.58	115.70	5.52	-2801.95	137.30
144	6100	0.0000	15900	0.0000	506.34	0.749	7.696	-95.55	115.66	6.46	-2801.76	115.62
145	6100	0.0000	16000	0.0000	506.40	0.693	7.775	-95.53	115.62	7.42	-2801.90	93.93
146	6100	0.0000	16100	0.0000	506.09	0.635	7.852	-95.51	115.58	8.38	-2802.37	72.25
147	6100	0.0000	161595	0.0000	504.40	0.578	7.927	-95.48	115.54	9.36	-2803.17	50.64
148	6000	0.0000	15601	0.0000	511.53	0.855	7.222	-95.54	115.83	3.22	-2758.68	182.35
149	6000	0.0000	15700	0.0000	509.99	0.801	7.304	-95.52	115.79	4.16	-2757.83	160.38
150	6000	0.0000	15800	0.0000	508.81	0.747	7.386	-95.49	115.75	5.12	-2757.30	138.02
151	6000	0.0000	15900	0.0000	507.79	0.691	7.465	-95.47	115.71	6.10	-2757.11	115.66
152	6000	0.0000	16000	0.0000	507.18	0.635	7.542	-95.45	115.67	7.08	-2757.26	93.30
153	6000	0.0000	16100	0.0000	507.23	0.578	7.617	-95.42	115.63	8.08	-2757.74	70.95
154	6000	0.0000	161595	0.0000	505.74	0.521	7.689	-95.40	115.59	9.08	-2758.55	48.66
155	6100	0.0000	17401	0.0000	481.83	-0.154	8.635	-129.48	132.16	21.71	-2837.15	196.66
156	6100	0.0000	17500	0.0000	478.19	-0.217	8.677	-129.45	131.96	22.76	-2836.31	175.19
157	6100	0.0000	17600	0.0000	475.80	-0.280	8.717	-129.43	131.77	23.84	-2835.78	153.36
158	6100	0.0000	17700	0.0000	473.89	-0.344	8.754	-129.40	131.57	24.92	-2835.60	131.52
159	6100	0.0000	17800	0.0000	474.10	-0.409	8.788	-129.38	131.37	26.00	-2835.74	109.68
160	6100	0.0000	17900	0.0000	477.06	-0.473	8.820	-129.37	131.17	27.09	-2836.22	87.84
161	6100	0.0000	179595	0.0000	477.18	-0.538	8.850	-129.36	130.98	28.18	-2837.03	66.07
162	6000	0.0000	17401	0.0000	477.13	-0.204	8.376	-129.08	132.22	21.82	-2792.20	198.75
163	6000	0.0000	17500	0.0000	475.49	-0.265	8.416	-129.05	132.02	22.91	-2791.34	176.61
164	6000	0.0000	17600	0.0000	474.58	-0.329	8.455	-129.02	131.82	24.02	-2790.81	154.08
165	6000	0.0000	17700	0.0000	474.12	-0.392	8.491	-128.99	131.61	25.13	-2790.62	131.56
166	6000	0.0000	17800	0.0000	473.85	-0.456	8.525	-128.98	131.41	26.25	-2790.77	109.03
167	6000	0.0000	17900	0.0000	473.05	-0.520	8.556	-128.96	131.20	27.37	-2791.26	86.51
168	6000	0.0000	179595	0.0000	472.43	-0.584	8.584	-128.95	131.00	28.50	-2792.09	64.06

Таблица 4

Сопоставление расстояний между точками на эллипсоидах и плоскостях проекций

Bn-Ln=>Bk-Lk	Sэл.Крас.:	Sэл.2011 :	S/dS	:Sпл.95Крюг.:	Sпл.2011Кр.:	S/dS	: Sutm	: S/dS
61- 30=>61- 31	53205.94	53206.07	-401314	53218.06	53217.95	479610	53196.66	2487
61- 30=>60- 30	111422.31	111422.60	-388130	111459.27	111459.04	480688	111414.46	2487
61- 31=>61- 32	54107.72	54107.85	-429055	54112.38	54112.26	479106	54090.62	2487
61- 31=>60- 31	111422.33	111422.60	-414395	111439.08	111438.85	480178	111394.28	2487
61- 32=>61- 33	54107.73	54107.85	-461029	54108.50	54108.38	478873	54086.74	2487
61- 32=>60- 32	111422.35	111422.60	-444807	111426.72	111426.49	479884	111381.92	2487
61- 33=>61- 34	54107.74	54107.85	-497933	54108.50	54108.38	478915	54086.74	2487
61- 33=>60- 33	111422.37	111422.60	-479774	111422.60	111422.37	479817	111377.80	2487
61- 34=>61- 35	54107.75	54107.85	-540705	54112.38	54112.26	479008	54090.62	2487
61- 34=>60- 34	111422.39	111422.60	-520383	111426.72	111426.49	479973	111381.92	2487
61- 35=>61- 36	53957.46	53957.55	-591066	53969.79	53969.67	479355	53948.09	2487
61- 35=>60- 35	111422.40	111422.60	-568104	111439.08	111438.85	480357	111394.28	2487
61- 42=>61- 43	53206.04	53206.07	-1605672	53218.06	53218.05	3857390	53196.76	2498
61- 42=>60- 42	111422.53	111422.60	-1499781	111459.27	111459.25	4484220	111414.66	2498
61- 43=>61- 44	54107.82	54107.85	-2093308	54112.38	54112.36	3839231	54090.72	2498
61- 43=>60- 43	111422.54	111422.60	-1924844	111439.08	111439.06	4458070	111394.48	2498
61- 44=>61- 45	54107.83	54107.85	-3002989	54108.50	54108.48	3831283	54086.84	2498
61- 44=>60- 44	111422.56	111422.60	-2692211	111426.72	111426.70	4445130	111382.13	2498
61- 45=>61- 46	54107.84	54107.85	-5263799	54108.50	54108.48	3832941	54086.84	2498
61- 45=>60- 45	111422.58	111422.60	-4442541	111422.60	111422.58	4445352	111378.01	2498
61- 46=>61- 47	54107.85	54107.85	-20460282	54112.38	54112.36	3841357	54090.72	2498
61- 46=>60- 46	111422.59	111422.60	-12414445	111426.72	111426.70	4458309	111382.13	2498
61- 47=>61- 48	53957.56	53957.55	11052083	53969.79	53969.77	3862672	53948.18	2498
61- 47=>60- 47	111422.61	111422.60	16069473	111439.08	111439.06	4485789	111394.48	2498
61- 42=>61- 43	53206.04	53206.07	-1605672	53218.06	53218.05	3857390	53196.76	2498
61- 42=>60- 42	111422.53	111422.60	-1499781	111459.27	111459.25	4484220	111414.66	2498
61- 43=>61- 44	54107.82	54107.85	-2093308	54112.38	54112.36	3839231	54090.72	2498
61- 43=>60- 43	111422.54	111422.60	-1924844	111439.08	111439.06	4458070	111394.48	2498
61- 44=>61- 45	54107.83	54107.85	-3002989	54108.50	54108.48	3831283	54086.84	2498
61- 44=>60- 44	111422.56	111422.60	-2692211	111426.72	111426.70	4445130	111382.13	2498
61- 45=>61- 46	54107.84	54107.85	-5263799	54108.50	54108.48	3832941	54086.84	2498
61- 45=>60- 45	111422.58	111422.60	-4442541	111422.60	111422.58	4445352	111378.01	2498
61- 46=>61- 47	54107.85	54107.85	-20460282	54112.38	54112.36	3841357	54090.72	2498
61- 46=>60- 46	111422.59	111422.60	-12414445	111426.72	111426.70	4458309	111382.13	2498

```
61- 47=>61- 48  53957.56    53957.55 11052083    53969.79    53969.77  3862672    53948.18   2498
61- 47=>60- 47 111422.61   111422.60 16069473   111439.08   111439.06  4485789   111394.48   2498
61- 54=>61- 55  53206.12    53206.07   986392    53218.06    53218.13  -758630    53196.84   2508
61- 54=>60- 54 111422.71   111422.60   990257   111459.27   111459.42  -723676   111414.84   2508
61- 55=>61- 56  54107.91    54107.85   880084    54112.38    54112.45  -758906    54090.80   2508
61- 55=>60- 55 111422.73   111422.60   881397   111439.08   111439.24  -723900   111394.66   2508
61- 56=>61- 57  54107.92    54107.85   794936    54108.50    54108.57  -758761    54086.92   2508
61- 56=>60- 56 111422.74   111422.60   794116   111426.72   111426.88  -723896   111382.30   2508
61- 57=>61- 58  54107.92    54107.85   726042    54108.50    54108.57  -758484    54086.92   2508
61- 57=>60- 57 111422.75   111422.60   723748   111422.60   111422.75  -723696   111378.18   2508
61- 58=>61- 59  54107.93    54107.85   669048    54112.38    54112.45  -757885    54090.80   2508
61- 58=>60- 58 111422.77   111422.60   665822   111426.72   111426.88  -723259   111382.31   2508
61- 59=>61- 60  53957.64    53957.55   621488    53969.79    53969.86  -757377    53948.27   2508
61- 59=>60- 59 111422.78   111422.60   617366   111439.08   111439.24  -722622   111394.66   2508
61- 66=>61- 67  53206.19    53206.07   426095    53218.06    53218.20  -387788    53196.91   2516
61- 66=>60- 66 111422.87   111422.60   420179   111459.27   111459.57  -375391   111414.98   2516
61- 67=>61- 68  54107.98    54107.85   409585    54112.38    54112.51  -387731    54090.87   2516
61- 67=>60- 67 111422.88   111422.60   403763   111439.08   111439.38  -375332   111394.81   2516
61- 68=>61- 69  54107.99    54107.85   394545    54108.50    54108.64  -387617    54086.99   2516
61- 68=>60- 68 111422.89   111422.60   388716   111426.72   111427.02  -375236   111382.45   2516
61- 69=>61- 70  54107.99    54107.85   380968    54108.50    54108.64  -387501    54086.99   2516
61- 69=>60- 69 111422.90   111422.60   375130   111422.60   111422.90  -375121   111378.33   2516
61- 70=>61- 71  54108.00    54107.85   368659    54112.38    54112.51  -387372    54090.87   2516
61- 70=>60- 70 111422.91   111422.60   362811   111426.72   111427.02  -374977   111382.45   2516
61- 71=>61- 72  53957.70    53957.55   357464    53969.79    53969.93  -387210    53948.34   2516
61- 71=>60- 71 111422.92   111422.60   351602   111439.08   111439.38  -374799   111394.81   2516
61- 66=>61- 67  53206.19    53206.07   426095    53218.06    53218.20  -387788    53196.91   2516
61- 66=>60- 66 111422.87   111422.60   420179   111459.27   111459.57  -375391   111414.98   2516
61- 67=>61- 68  54107.98    54107.85   409585    54112.38    54112.51  -387731    54090.87   2516
61- 67=>60- 67 111422.88   111422.60   403763   111439.08   111439.38  -375332   111394.81   2516
61- 68=>61- 69  54107.99    54107.85   394545    54108.50    54108.64  -387617    54086.99   2516
61- 68=>60- 68 111422.89   111422.60   388716   111426.72   111427.02  -375236   111382.45   2516
61- 69=>61- 70  54107.99    54107.85   380968    54108.50    54108.64  -387501    54086.99   2516
61- 69=>60- 69 111422.90   111422.60   375130   111422.60   111422.90  -375121   111378.33   2516
61- 70=>61- 71  54108.00    54107.85   368659    54112.38    54112.51  -387372    54090.87   2516
61- 70=>60- 70 111422.91   111422.60   362811   111426.72   111427.02  -374977   111382.45   2516
61- 71=>61- 72  53957.70    53957.55   357464    53969.79    53969.93  -387210    53948.34   2516
61- 71=>60- 71 111422.92   111422.60   351602   111439.08   111439.38  -374799   111394.81   2516
```

```
61- 84=>61- 85  53206.26    53206.07   273690    53218.06    53218.26  -266041    53196.97   2523
61- 84=>60- 84 111423.02   111422.60   267818   111459.27   111459.70  -258811   111415.12   2524
61- 85=>61- 86  54108.05    54107.85   270332    54112.38    54112.58  -265937    54090.93   2523
61- 85=>60- 85 111423.02   111422.60   264472   111439.08   111439.52  -258714   111394.94   2524
61- 86=>61- 87  54108.05    54107.85   267231    54108.50    54108.70  -265828    54087.06   2523
61- 86=>60- 86 111423.03   111422.60   261354   111426.72   111427.15  -258612   111382.58   2524
61- 87=>61- 88  54108.05    54107.85   264412    54108.50    54108.70  -265728    54087.06   2523
61- 87=>60- 87 111423.03   111422.60   258509   111422.60   111423.03  -258507   111378.46   2524
61- 88=>61- 89  54108.06    54107.85   261852    54112.38    54112.58  -265626    54090.93   2523
61- 88=>60- 88 111423.04   111422.60   255918   111426.72   111427.15  -258397   111382.58   2524
61- 89=>61- 90  53957.76    53957.55   259535    53969.79    53969.99  -265515    53948.40   2523
61- 89=>60- 89 111423.04   111422.60   253575   111439.08   111439.52  -258286   111394.94   2524
61-102=>61-103  53206.28    53206.07   248675    53218.06    53218.27  -250677    53196.99   2525
61-102=>60-102 111423.06   111422.60   241839   111459.27   111459.73  -244012   111415.14   2525
61-103=>61-104  54108.07    54107.85   249184    54112.38    54112.59  -250525    54090.95   2525
61-103=>60-103 111423.06   111422.60   242238   111439.08   111439.54  -243875   111394.97   2525
61-104=>61-105  54108.07    54107.85   249887    54108.50    54108.71  -250376    54087.07   2525
61-104=>60-104 111423.06   111422.60   242825   111426.72   111427.18  -243735   111382.61   2525
61-105=>61-106  54108.06    54107.85   250784    54108.50    54108.71  -250229    54087.07   2525
61-105=>60-105 111423.06   111422.60   243592   111422.60   111423.06  -243591   111378.49   2525
61-106=>61-107  54108.06    54107.85   251879    54112.38    54112.59  -250088    54090.95   2525
61-106=>60-106 111423.06   111422.60   244553   111426.72   111427.18  -243451   111382.61   2525
61-107=>61-108  53957.77    53957.55   253177    53969.79    53970.00  -249953    53948.41   2525
61-107=>60-107 111423.05   111422.60   245702   111439.08   111439.54  -243308   111394.97   2525
61-120=>61-121  53206.25    53206.07   292945    53218.06    53218.23  -307941    53196.95   2520
61-120=>60-120 111422.99   111422.60   282171   111459.27   111459.64  -299050   111415.06   2521
61-121=>61-122  54108.03    54107.85   298278    54112.38    54112.55  -307652    54090.91   2520
61-121=>60-121 111422.99   111422.60   287051   111439.08   111439.46  -298804   111394.88   2521
61-122=>61-123  54108.03    54107.85   304104    54108.50    54108.67  -307344    54087.03   2520
61-122=>60-122 111422.98   111422.60   292426   111426.72   111427.10  -298536   111382.52   2521
61-123=>61-124  54108.02    54107.85   310454    54108.50    54108.67  -307050    54087.03   2520
61-123=>60-123 111422.97   111422.60   298257   111422.60   111422.97  -298252   111378.40   2521
61-124=>61-125  54108.02    54107.85   317351    54112.38    54112.55  -306748    54090.91   2520
61-124=>60-124 111422.97   111422.60   304596   111426.72   111427.10  -297967   111382.52   2521
61-125=>61-126  53957.72    53957.55   324836    53969.79    53969.96  -306436    53948.37   2520
61-125=>60-125 111422.96   111422.60   311482   111439.08   111439.46  -297669   111394.88   2521
61-138=>61-139  53206.17    53206.07   528861    53218.06    53218.15  -622411    53196.86   2510
61-138=>60-138 111422.82   111422.60   495469   111459.27   111459.46  -597151   111414.87   2510
```

61-139=>61-140	54107.95	54107.85	560855	54112.38	54112.46	-621119	54090.82	2510
61-139=>60-139	111422.81	111422.60	523402	111439.08	111439.27	-596131	111394.70	2510
61-140=>61-141	54107.94	54107.85	598071	54108.50	54108.58	-619635	54086.94	2510
61-140=>60-140	111422.80	111422.60	555975	111426.72	111426.91	-594967	111382.34	2510
61-141=>61-142	54107.93	54107.85	641729	54108.50	54108.58	-618218	54086.94	2510
61-141=>60-141	111422.79	111422.60	593691	111422.60	111422.79	-593656	111378.22	2510
61-142=>61-143	54107.93	54107.85	693139	54112.38	54112.46	-616510	54090.82	2510
61-142=>60-142	111422.77	111422.60	637879	111426.72	111426.91	-592244	111382.34	2510
61-143=>61-144	53957.62	53957.55	754830	53969.79	53969.87	-614787	53948.29	2510
61-143=>60-143	111422.76	111422.60	690254	111439.08	111439.27	-590695	111394.70	2510
61-156=>61-157	53206.05	53206.07	-2515633	53218.06	53218.02	1295375	53196.73	2495
61-156=>60-156	111422.57	111422.60	-3420771	111459.27	111459.19	1340383	111414.60	2495
61-157=>61-158	54107.82	54107.85	-1844797	54112.38	54112.33	1300158	54090.69	2495
61-157=>60-157	111422.55	111422.60	-2288492	111439.08	111439.00	1345005	111394.43	2495
61-158=>61-159	54107.81	54107.85	-1450629	54108.50	54108.45	1306415	54086.81	2495
61-158=>60-158	111422.53	111422.60	-1707168	111426.72	111426.64	1351073	111382.07	2495
61-159=>61-160	54107.80	54107.85	-1192822	54108.50	54108.45	1313789	54086.81	2495
61-159=>60-159	111422.52	111422.60	-1358272	111422.60	111422.52	1358576	111377.95	2495
61-160=>61-161	54107.80	54107.85	-1011674	54112.38	54112.33	1323248	54090.69	2495
61-160=>60-160	111422.50	111422.60	-1125729	111426.72	111426.64	1367560	111382.07	2495
61-161=>61-162	53957.49	53957.55	-877558	53969.79	53969.75	1334696	53948.16	2495
61-161=>60-161	111422.48	111422.60	-959760	111439.08	111439.00	1378161	111394.43	2495
61-174=>61-175	53205.90	53206.07	-309734	53218.06	53217.87	273465	53196.58	2477
61-174=>60-174	111422.25	111422.60	-316294	111459.27	111458.86	271663	111414.28	2477
61-175=>61-176	54107.67	54107.85	-294510	54112.38	54112.18	273630	54090.53	2477
61-175=>60-175	111422.23	111422.60	-300380	111439.08	111438.67	271795	111394.10	2477
61-176=>61-177	54107.66	54107.85	-280566	54108.50	54108.30	273907	54086.65	2477
61-176=>60-176	111422.21	111422.60	-285693	111426.72	111426.31	272019	111381.74	2477
61-177=>61-178	54107.65	54107.85	-267786	54108.50	54108.30	274228	54086.66	2477
61-177=>60-177	111422.19	111422.60	-272318	111422.60	111422.19	272334	111377.62	2477
61-178=>61-179	54107.64	54107.85	-256060	54112.38	54112.18	274620	54090.53	2477
61-178=>60-178	111422.17	111422.60	-260093	111426.72	111426.31	272744	111381.74	2477
61-179=>61-180	53957.33	53957.55	-245420	53969.79	53969.59	275259	53948.00	2477
61-179=>60-179	111422.15	111422.60	-248882	111439.08	111438.68	273252	111394.10	2477

2008. Идеи, как это осуществить, у меня есть, но пока не хватает времени.

В заключение, несколько слов о высотной составляющей. С 1993 года в бывшем МАГП велись работы по сбору информации и уравниванию Главной высотной основы страны. Балтийскую систему 1977 года давно уж пора обновить. Вся измерительная информация давно собрана, программа уравнивания разработана еще в 1996 году, выполнено несколько вариантов обработки, а новой ГВО до сих пор нет**.** Нет лидера, поэтому некому поставить точку.

Литература:

1. *Кашин Л.А.* Построение классической астрономо-геодезической сети России и СССР (1816-1991 г.г.). Научно-технический и исторический обзор. — М.: Картгеоцентр. — Геодезиздат, 1999. — 192с.: ил. 2. *Сафонов Г.Д., Залесская Т.Ю., Ефимов Г.Н.* НТО о построении и уравнивании АГС СССР (07.06.1518) в 6-ти томах. МАГП ФСГК РФ (ЦКГФ). — Москва, 1994.

3. *Дражнюк А.А., Лазарев С.А., Макаренко Н.Л., Демьянов Г.В., Зубинский В.И., Ефимов Г.Н., Максимов В.Г.* Завершение уравнивания ГГС и введение новой государственной системы геодезических координат. // Геодезия и картография. — 1998. — № 12. — С. 1-5

4. ГОСТ Р 51794_2001. Аппаратура радионавигационная глобальной навигационной спутниковой системы и глобальной системы позиционирования. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек. — М.:, Госстандарт России, 2001.

5. *Бовшин Н.А., Зубинский В.И., Остач О.М.* Совместное уравнивание общегосударственных геодезических сетей. — “Геодезия и картография”, 1995, № 8, с. 6 — 17.

6. *Ефимов Г.Н.* Результаты уравнивания астрономо-геодезической сети. //Геодезия и картография. — 1995. –№ 8. — С. 17-2

7. *Базлов Ю.А., Галазин В.Ф., Каплан Б.Л., Максимов В.Г., Чугунов И.П.* Анализ результатов совместного уравнивания астрономо-геодезической, доплеровской и космической геодезических сетей. //Геодезия и картография. — 1996. — №7.-С. 26-37.

8. Обработка геодезической информации на ЭВМ. Обзорная информация. Выпуск 78.//ЦНИИГАиК ГУГК, 1984. С. 22-37.

9. *Ефимов Г.Н.* Проблемы использования единой координатной основы. Доклад на 9-ой Всероисйской конференции «Проблемы ввода и обновления пространственных данных». Москва, 15-17 марта 2005 г о д а .

10. *Лобазов В.Я., Ефимов Г.Н., Колевид Т.К.* Использование систем географических координат и состояние опорных геодезических сетей в Российской Федерации. Современная ситуация и перспективы развития. // Информационный бюллетень ГИС- Ассоциации. — 2005. — № 2(49). — С. 17-27.

11. *Комаровский Ю.А.* Использование различных референц-эллипсоидов в судовождении: Учеб. пособие. Изд. второе, перераб. и дополн. — Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2005. — 341 с.

12. Results of C.I.S. Astro-geodetic Network Adjustment. G.N. Efimov Federal Services of Geodesy and Cartografy of Ryssia Moskow Airgeodetic Enterprise. III Sesion of the B-Symposium “Status and Future of Geodetic Networks”. 11-13 August 1993.

Федосеев Ю.Е.
Геодезический факультет МИИГАиК, Москва, fedoseev-u@rambler.ru

ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СЕТИ И МЕСТНЫЕ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

Геодезические сети, создаваемые в процессе выполнения инженерных изысканий для строительства, являются специфическими геодезическими построениями, основной целью которых — создать на ограниченной территории плановую и высотную координатную основы. Существенной чертой этого вида геодезических работ является его скоротечность и высокая степень ответственности, так как в системе координат, реализованной на местности изыскательскими сетями, будут определены все объекты нового строительства и все сопряжения нового строительства с существующей инженерной инфраструктурой, системой землепользования и природной средой. В этой связи представляется целесообразным обсудить требования к особенностям построения изыскательских геодезических сетей.

Специфической особенностью современной топографо-геодезической информации, передаваемой для проектирования различных объектов, является ориентация на последующее использование различных САПР. В результате топографо-геодезическая информация предоставляется в электронном виде. При этом, как правило, оговариваются требования к этой информации в традиционном изложении (таблица1).

При таком подходе не учитывается, что требования, изложенные в таблице 1, по сути, являются характеристикой точности определения контуров объектов, составляющих суть изыскательских планов, так как при использовании современных методов съемки положение контуров по отношению к пунктам съемочной сети легко определяется с точностью, превосходящей оговоренную на порядок.

Если рассматривать этот факт с точки зрения электронных баз данных, то можно утверждать, что требования, изложенные в таблице 1, можно рассматривать как требования к разрешающей способности информации, собираемой в различных слоях изыскательских планов. Тогда можно прийти к выводу, что координатная основа должна позволить соединять по слоям информацию, характеризуемую различной разрешающей способностью, таким образом, чтобы сдвигов и искажений, вызванных ошибками координатной основы, было

Таблица 1

Масштаб топографической съемки для создания инженерно-топографических планов и инженерной цифровой модели местности	**Допустимые средние квадратические погрешности координат пунктов съемочной геодезической сети относительно пунктов опорной сети, м**	
	Застроенная территория, открытая местность на незастроенной территории	**Незастроенная территория, закрытая древесной и кустарниковой растительностью**
1:10000	1,00	1,50
1:5000	0,50	0,75
1:2000	0,25	0,35
1:1000	0,12	0,20
1:500	0,07	0,10
1:200	0,03	-

Таблица 1

Категории	Содержание задач, использующих ГИС -технологии	Точность определения положения по отношению к началу счета	Точность определения взаимного положения	Территория, обслуживаемая единой плоской системой координат (максимум) км^2
Первая категория	Градостроительные задачи, обеспечение урбанизированных территорий, промышленное строительство, транспортные сооружения, инженерные сети на застроенных территориях	Mx,y=2см MH=1см	Mx,y=1см MH=1см	5000
Вторая категория	Изыскания под проектирование крупных сооружений, землеустроительные работы на застроенных территориях, ведениеГИС городов и крупных поселков, подземные сооружения и сети	Mx,y$_н$=5см	Mx,y$_н$=2см	7000
Третья категория	Землеустроительные работы в сельской местности и на малозаселенных территориях, инвентаризация существующих транспортных сооружения	Mx,y$_н$=10см	Mx,y$_н$=5см	В пределах шести градусной зоны проекции Гаусса-Крюгера
Прочие	Более 85% всех задач по созданию ГИС	Назначается базовый масштаб схематической картографической подложки		

не заметно, применительно к некоторому базовому (топографическому) слою. Более высокие требования предъявляются к ограниченным участкам, которые обеспечиваются следующим образом. Для них можно создавать и закреплять на местности, так называемые приведенные системы координат. То есть, системы координат и реализующие их на местности изыскательские геодезические сети, не противоречащие в оговоренным выше смысле точности, определения контуров базового слоя, но обеспечивающие необходимую точность взаимного положения контуров и предметов, включенных в цифровую модель местности (ЦММ). Для слоев, у которых точность взаимного положения элементов ЦММ ниже требований к элементам базового слоя обеспечение будет автоматическим.

Следовательно, необходимо выполнить районирование участка территории, на котором проводятся изыскания, с выделение базового слоя и обоснованием требований к точности информации, содержащейся в соответствующем слое ЦММ. Таким образом, можно обосновать требования к точности реализации местной системы координат (МСК).

Цель создание МСК можно сформулировать следующим образом. Необходимо создать плоскую плановую сеть, обеспечивающую для обслуживаемой территории пренебрегаемо низким уровенем методических погрешностей, вызванных переходом от эллипсоида на плоскость. Плановая сеть должна быть дополнена высотной сетью, отметки пунктов которой определены в нормальной системе высот с оговоренным началом счета. Плановая и высотная каркасные сети должны обеспечивать применение любых современных технологий геодезических измерений, при этом исполнитель не должен использовать документы и сведения, имеющие гриф секретности.

Обоснованные требования можно обеспечить путем последовательного решения следующих задач:

1 Подобрать проекцию перехода от криволинейных координат или геоцентрических координат на плоскость, обеспечивающую допустимую методическую погрешность и не приводящую к необходимости проведения изощрённых редукционных вычислений.

2 Создать на территории проведения инженерных изысканий каркасные сети надлежащей плотности и точности.

3 Определить ключи перехода от государственной системы координат к местной системе координат, как этого требует Постановление Правительства Российской Федерации от 3 марта 2007 года № 139 «Об утверждении правил установления местных систем координат».

4 Определить ключи перехода от систем координат, эксплуатируемых на территории проведения изысканий и прилегающих территориях к созданной местной системе координат.

Применительно к задачам изысканий предлагается следующая градация опорных геодезических сетей, проиллюстрированная табл. 1.

Более 85% всех задач по созданию ГИС Назначается базовый масштаб схематической картографической подложки

Поясним описанный подход на примере районирования территории Владимирской области (рис. 1).

Территории, ограниченные пунктиром, нуждаются в сетях первой категории. Прочие территории можно обеспечивать сетями более низкой категории, если иное не оговорено в Техническом задании. Таким же образом можно решать задачу назначения точности и при выполнении изысканий на территориях, меньших по площади.

Особое внимание необходимо уделить требованиям к определению ключей переходов к иным системам координат, то есть к соблюдению требований постановления правительства РФ от 3 марта 2007 года № 139 «Об утверждении правил установления местных систем координат» и обеспечению возможности согласования результатов изысканий с иными пользователя данной территории.

Для однозначного и надежного решения поставленной задачи желательно, что бы в сопрягаемых системах координат было определено 5-7 совмещенных пунктов. При этом можно протестировать качество геодезических построений в различных системах координат. К сожалению, до сих пор в некоторых районах точность взаимного положения пунктов ГГС характеризуется средними квадратическими ошибками порядка 03,-0,5 м., а сети, поддерживающие СК субъектов, по сути, являются проекциями сетей ГГС в иную координатную основу, но с прежними ошибками.

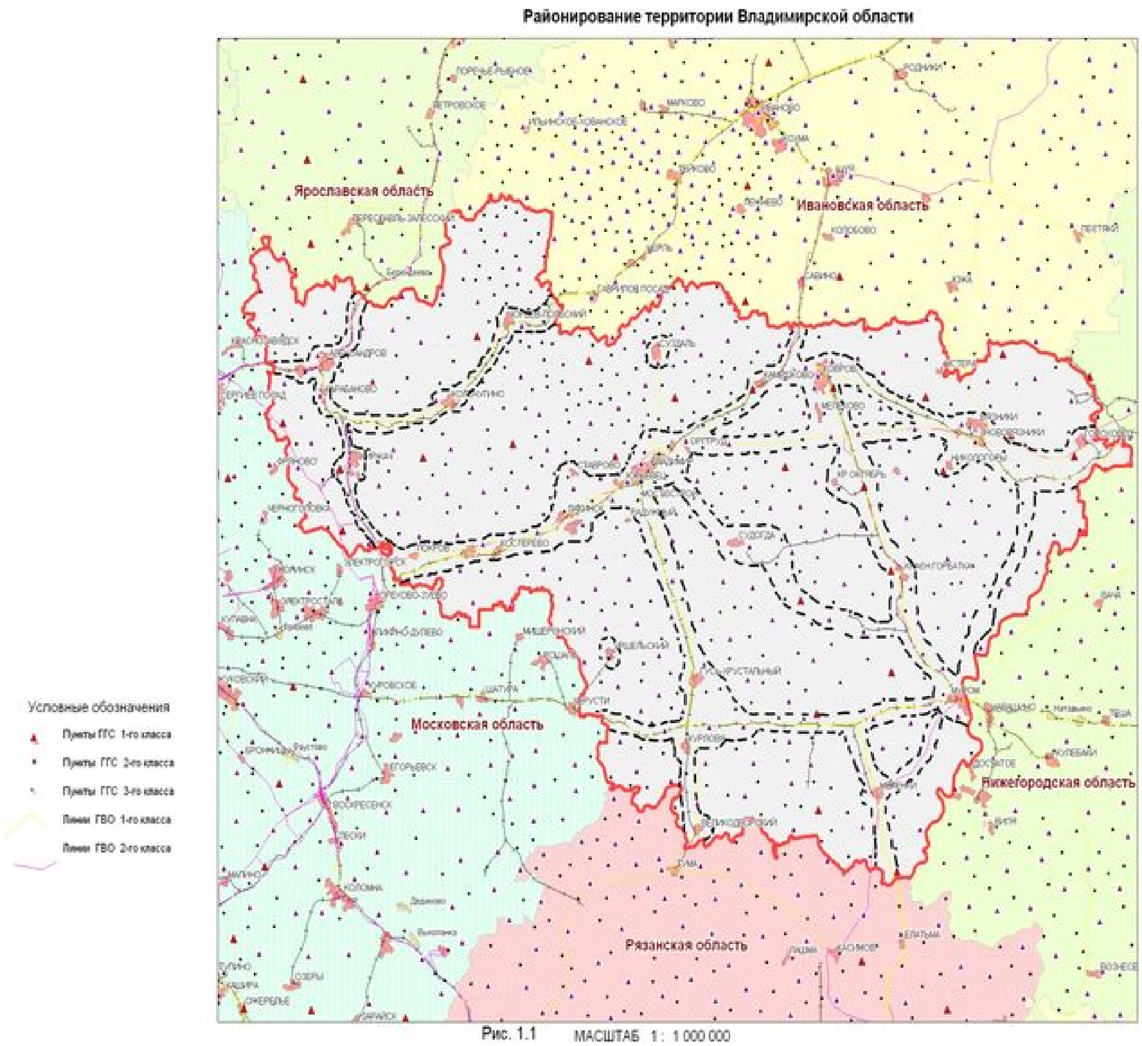
Высотные изыскательские сети должны создаваться путем сгущения высотных сетей, отметки реперов которых определены в Системе высот 77 года. Однако, на практике не редко встречаются случаи, когда отметки, выписанные из соответствующих каталогов, не согласуются с реальной обстановкой. Можно рекомендовать выполнять тестирование каталожных значений отметок с использованием технологии спутникового нивелирования. Рассмотрим предлагаемую технологию на примере юго-западного фрагмента территории Владимирской области. Суть предложений заключается в следующем.

Известно, что аномалия высоты ξ, то есть разница нормальных H^{γ} и геодезических высот $H^{г}$ оговаривается соотношением

$$H^{\gamma} - H^{г} = \xi^{*}.$$

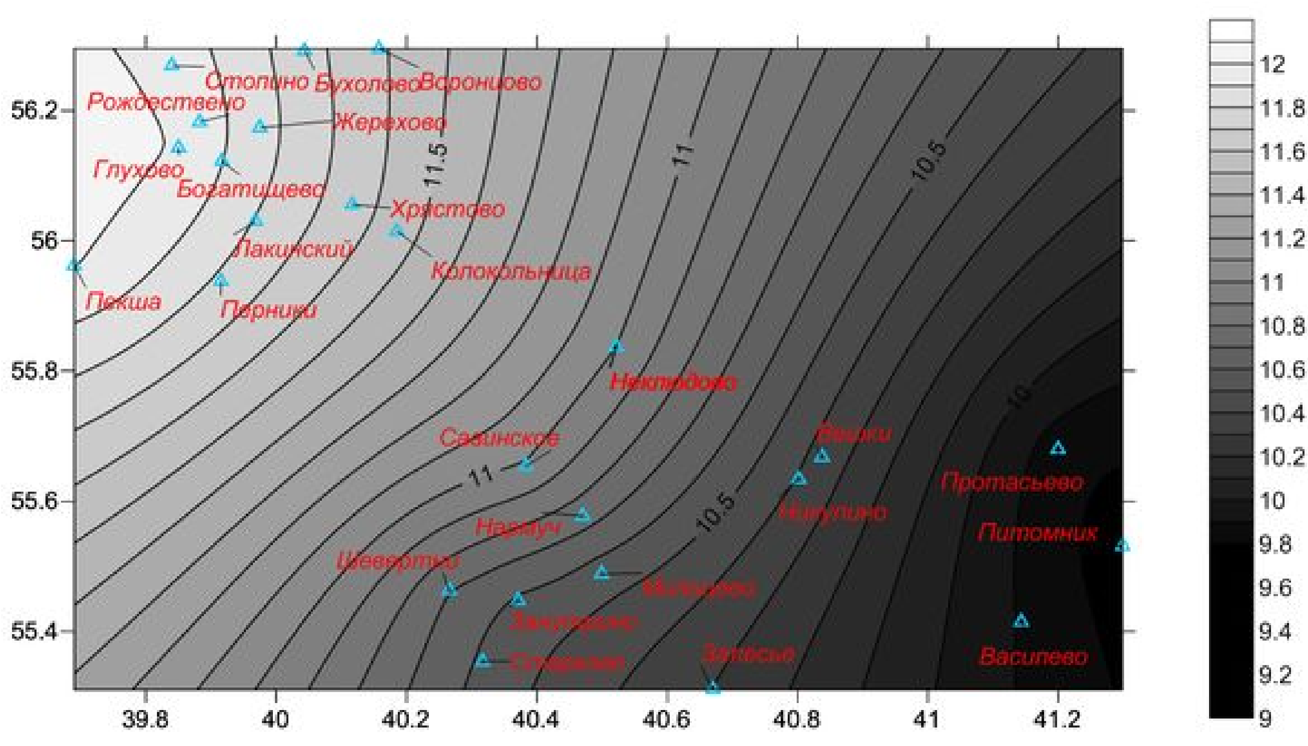
Нами используется аномалия ξ^{*}, оговариваемая по отношению к условному началу счета, что снимает какие-либо ограничения с их использования.

В поле, спутниковыми методами достаточно точно и технологично определяется $H^{г}$. Из каталогов выбираются значения нормальных высот H^{g}, а значения определяются с использование модели высот квазигеоида EGM-2008, опубликованной в Интернете. Таким образом, все составляющие известного соотношения определены независимо. Можно их срав-



Районирование территории Владимирской области
Ярославская область
Ивановская область
Московская область
Рязанская область
Нижегородская область
Условные обозначения
Пункты ГГС 1-го класса
Пункты ГГС 2-го класса
Пункты ГГС 3-го класса
Линии ГВО 1-го класса
Линии ГВО 2-го класса
Рис. 1.1
МАСШТАБ 1 : 1 000 000

Рис. 1.



Рождествено
Столпино
Бухолово
Воронцово
Жерехово
Глухово
Богатищево
Христово
Лакинский
Колокольница
Пекша
Перники
Неклюдово
Савинское
Вязки
Протасьево
Питомник
Шевертни
Васильево

Рис. 2.

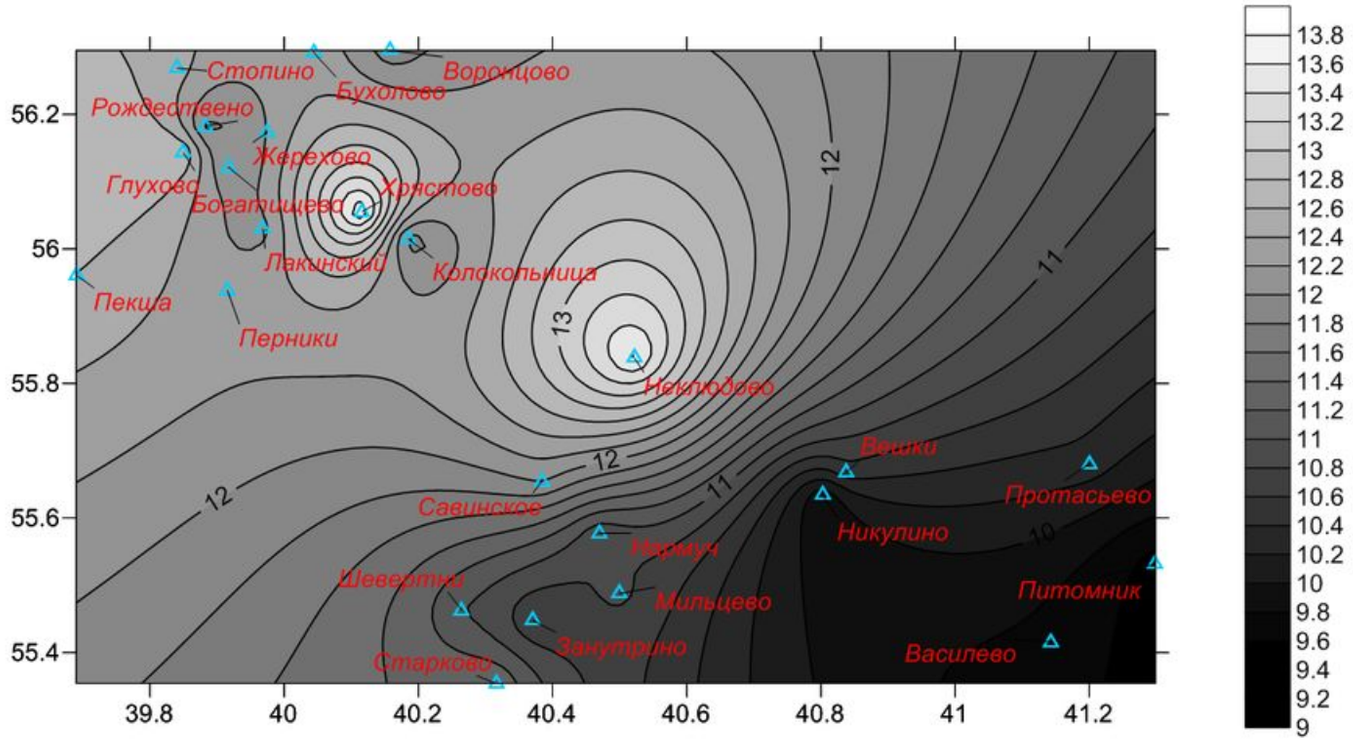


Рис. 3.

нить. Нами использовалась модель высот квазигеоида. На рис.2 приведена модель, полученная по данным EGM-2008. На рис 3. приведена аналогичная модель, построенная по разностям $H^{\gamma} - H^{r}$. Считаем, что результаты сравнения этих двух рисунков в комментариях не нуждаются.

Необходимо предостеречь от возможной эйфории по поводу использования методов спутникового нивелирования и решения практических задач изысканий с использованием модели EGM-2008. Разрешающая способность модели составляет 3-5 км, что недопустимо. Для примера приведем фрагмент модели EGM-2008 на территорию г. Владимира (рис.4).

Известно, что высоты квазигеоида коррелируют с отметками местности с коэффициентом корреляции 0,95. На рис. 4 не видно никаких признаков существенного перепада высот к р. Клязьме. В данном случае, необходимо создавать местную модель квазигеоида с достаточной разрешающей способностью. Это дорогое удовольствие, так как потребуется проведение полевых нивелирных и спутниковых измерений с необходимой плотностью.

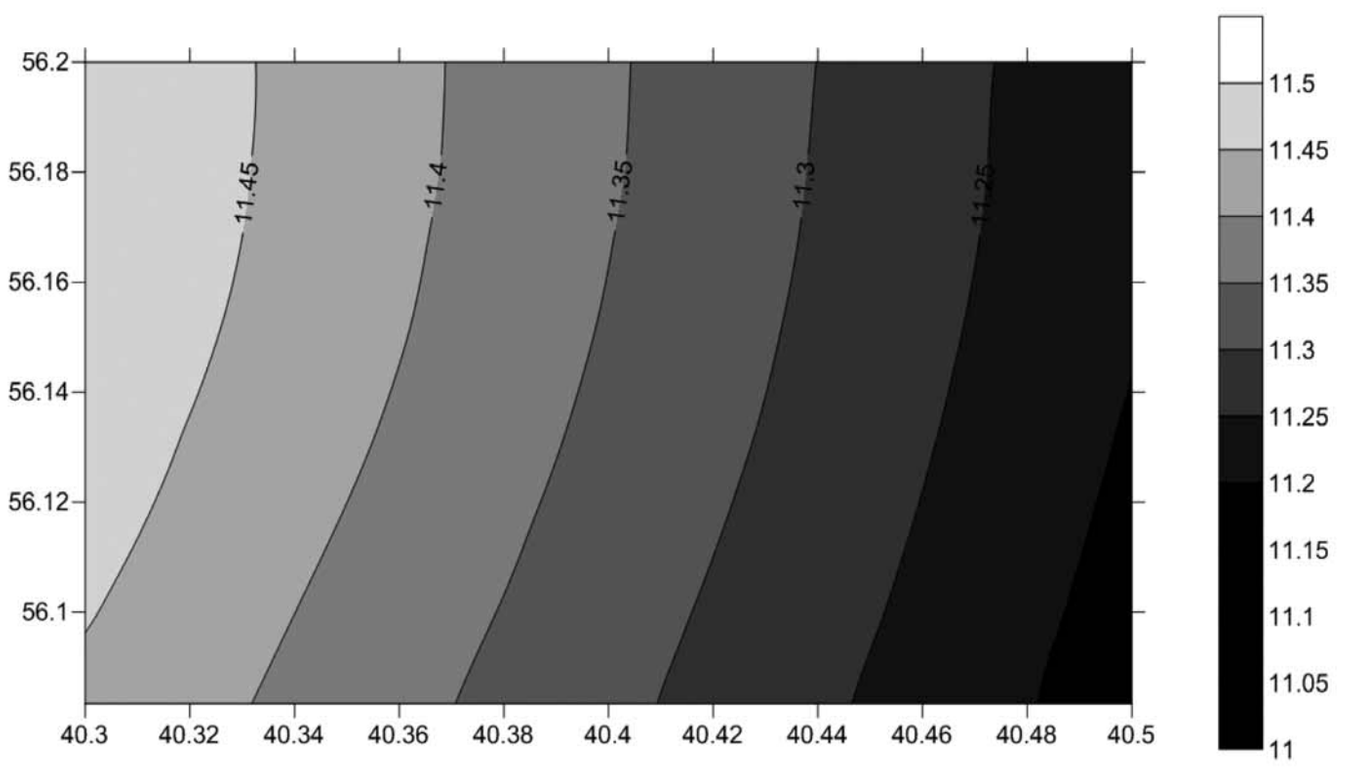


Рис. 4.

Гаврилов В.С.
ООО «Геометр-Центр», Москва, gavrilov@geometer-center.ru

ВЫПОЛНЕНИЕ КОМПЛЕКСА РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО И КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ АБХАЗИЯ (СГО РА)

В 2012-2013 г.г. ООО «Геометр-Центр» по контракту с Министерством Экономики Республики Абхазия выполнило работы по созданию Системы геодезического обеспечения Республики Абхазия.

- Реализация проекта «Создание системы геодезического обеспечения Республики Абхазия (СГО РА)» была разделена на следующие этапы:
- Разработка рабочего проекта СГО РА.
- Выполнение работ по монтажу и установке одиночных базовых станций.
- Выполнение полевых геодезических работ.
- Разработка положения о Местной системе координат.

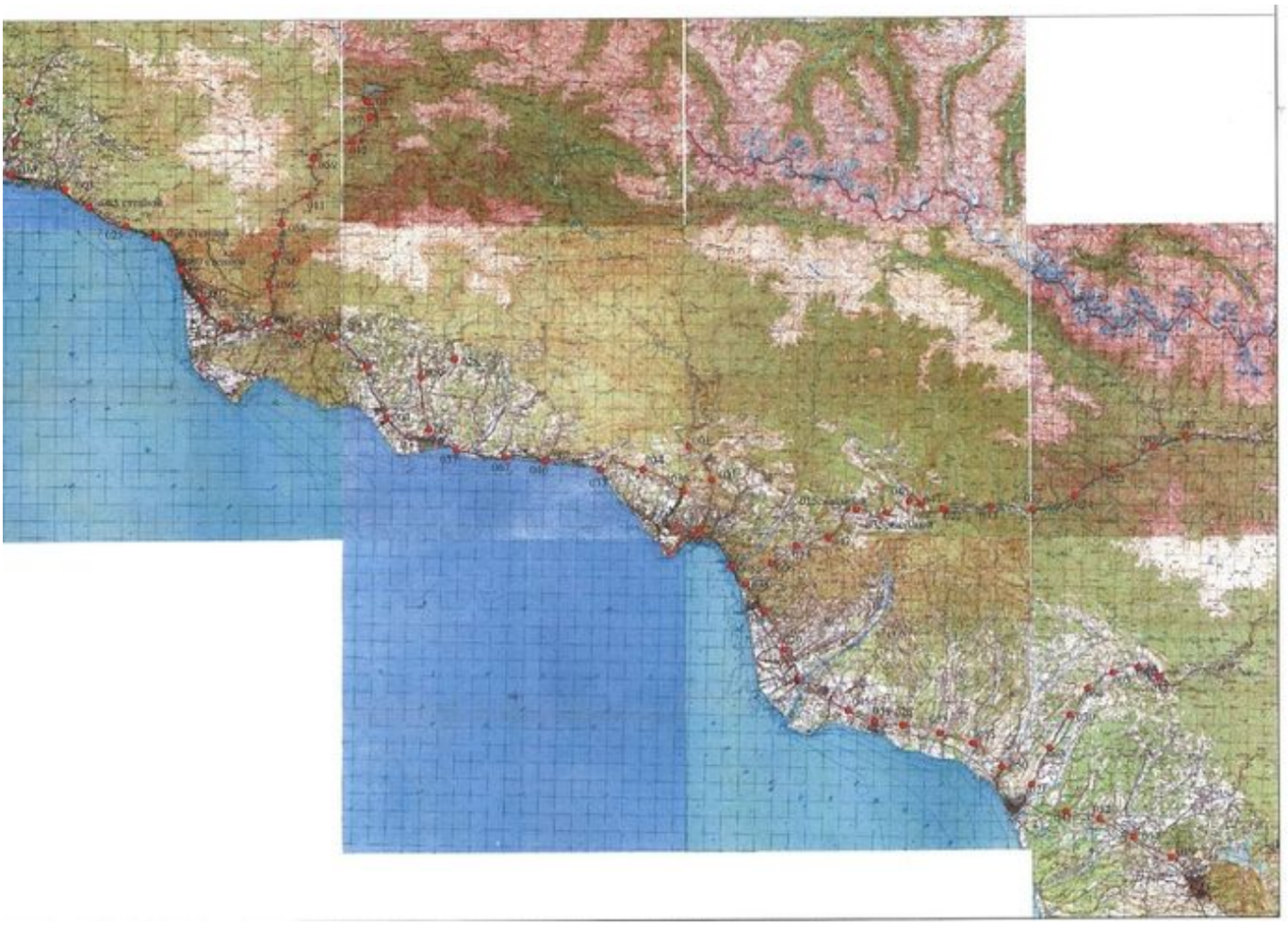
По сведениям Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный картографо-геодезический фонд» (ФГУП ЦКГФ), исходные геодезические данные, включая сведения о применявшихся системах отсчёта координат и высот, схемы (планы) расположения геодезических пунктов, абрисы привязки, выписки из каталогов координат и высот и иные сведения о состоянии геодезической основы на территории Республика Абхазия на начало работ отсутствовали.

На основании полученных данных был создан рабочий проект, который включал две очереди реализации.

Первая очередь — создание сети одиночных базовых станций

На первом этапе создана сеть базовых станций, каждая из которых работает автономно, результаты наблюдений в единый центр обработки данных не передаются. Пространственные координаты антенн базовых станций определяются в ходе создания СГС РА, что обеспечивает производство работ в зоне покрытия системы в едином координатном пространстве. Поддерживается возможность работы в режимах реального времени и постобработки. В режиме реального времени каждая базовая станция получает фиксированный IP-адрес и настраивается для трансляции корректирующей информации в информационную сеть Интернет через GSM/GPRS модем, входящий в ее состав.

Пользователь на расстоянии до 30 — 50 км от базовой станции получает корректирующую информацию через информационную сеть Интернет с использованием каналов сотовой GSM/GPRS связи. Погрешности определения положения увеличиваются по мере удаления от базовой станции. При отсутствии возможности приема дифференциальных поправок работы проводятся в режиме постобработки или наземными гео-



дезическими методами. В режиме постобработки результаты наблюдений на каждой базовой станции сохраняются на съемных носителях памяти приемников.

Для формирования файловых архивов и предоставления данных пользователям результаты наблюдений перемещаются с карт памяти приемников на стационарные средства вычислительной техники персоналом оператора системы. Регламент считывания данных со станций и предоставления их пользователям разрабатывает Оператор системы на этапе опытной эксплуатации. Данные предоставляются пользователям по их заявкам с использованием отчуждаемых носителей информации или по электронной почте персоналом оператора системы.

Проектные решения по созданию СГС РА выработаны с учетом требований нормативно-технических документов Российской Федерации, определяющих порядок развития геодезических сетей. В соответствии с требованиями задания на производство работ СГО РА должна обеспечивать все виды хозяйственной деятельности, требующие производства геодезических измерений, включая определение высот.

В состав СГС РА было включено 6 базовых станций и 68 геодезических пунктов. Базовые станции ГЛОНАСС/GPS располагаются в населенных пунктах, на капитальных охраняемых зданиях с надежной системой электроснабжения, относительно равномерно расположенных по территории республики на расстоянии 30 — 50 км друг от друга, и круглосуточно принимают сигналы ГЛОНАСС/GPS. Пункты СГС РА закладывались в местах, обеспечивающих их долговременную сохранность и удобных для производства спутниковых определений и геометрического нивелирования. Расстояния между пунктами СГС РА определены на основании действующей инструкции по нивелированию

Закладка рядовых пунктов СГС РА

В процессе работ было заложено 68 грунтовых реперов. Закрепление пунктов СГС РА на местности выполнялись в соответствии с требованиями Правил закрепления центров пунктов спутниковой геодезической сети, Москва, ЦНИИГАиК, 2001 и Правил закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей, Москва, Картгеоцентр-Геодезиздат, 1993.

Для закрепления применяют центры тип 162 оп.знак для глубины промерзания 75 см, длина реперной трубы 110 см, или тип 9 оп.знак.

Для каждого рядового пункта СГС РА изготавливались фотоснимки с изображением центра пункта и окружающей местности по сторонам света, составлялся абрис привязки.

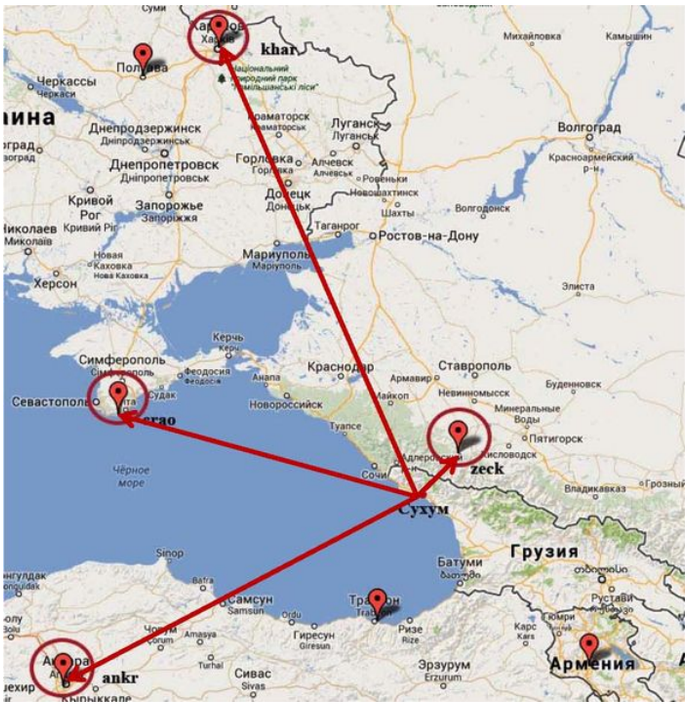
Рядовые пункты СГС РА закладывались, как правило, вдоль автомобильных дорог. Среднее расстояние между реперами принято 4 км, в прибрежных районах допускалось увеличить расстояние между реперами до 5 км.

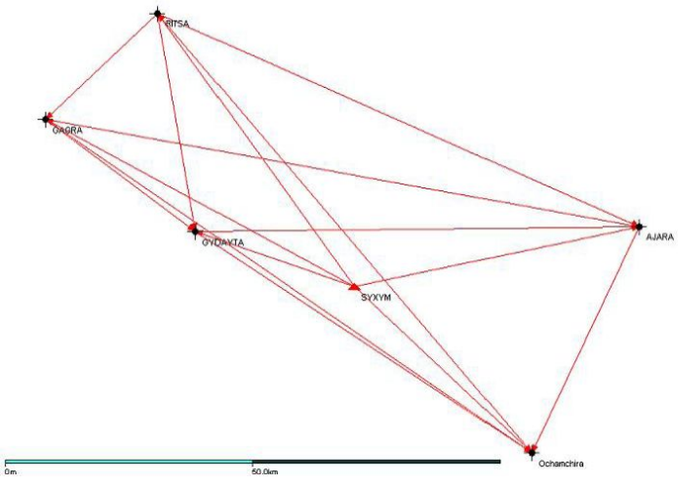
Производство спутниковых определений координат. Привязка СГС РА к сети IGS (International GNSS Service)

В соответствии с Рабочим проектом, пространственная система координат Республики Абхазия (ПСК РА) совпадает с Международной общеземной системой координат ITRF2008. Этот этап обработки выполняется с целью вычисления уравненных пространственных координат опорной базовой станции Сети БС РА. Привязка выполнялась для обеспечения производства спутниковых определений с помощью Сети БС РА и возможности использования общеземной модели высот квазигеоида EGM2008.

В качестве опорной выбрана базовая станция Сухум, ее положение определено относительно станций международной службы International GNSS Service (IGS)

Расстояния между станциями IGS и определяемым пунктом СГС РА изменяются от 98 км (станция ZECK, Зеленчукская) до 858 км (станция Khar, Харьков). Относительно пунктов сети IGS определялось положение одной из станций Сети БС РА





Средние квадратические погрешности пространственных координат базовых станций Сети БС РА

Название станции	Число связей с БС	Связь с опорной БС	Mx, мм	My, мм	Mн, мм
Сухум(опорная)	5	-			
Гудаута	5	+	2,0	1,8	2,1
Очамчира	5	+	1,8	1,6	1,9
Ажара	5	+	2,1	2,0	2,3
Гагры	5	+	2,2	1,9	2,2
Рица	5	+	3,1	2,7	3,0

(далее — опорная станция), выбор которой осуществляется исполнителем в ходе реализации настоящего рабочего проекта.

1. Программа наблюдений следующая:
2. Монтаж держателя антенны опорной станции.

Выполнение измерений с помощью спутникового геодезического двухчастотного ГЛОНАСС/GPS приемника со следующими параметрами наблюдений:

- Режим «статика».
- Угол маскирования 10 градусов.
- Дискретность записи результатов 5 сек.
- Продолжительность сеанса 24 часа, разделение на подсеансы не допускалось.

3. Высоту антенны над точками-хранителями координат (высот) измеряли дважды, перед началом и после окончания наблюдений. Результаты измерений записывали в журнал. В журнале вычисляли высоту фазового центра антенны над точкой.
4. Опорная станция связывалась измерениями не менее чем с тремя пунктами IGS. Для этого с помощью сервисов IGS на даты производства наблюдений на опорной станции были получены данные с ближайших к району работ станций IGS (ZECK, ANKR, CRAO и KHAR), их пространственные координаты в геоцентрической системе координат ITRF2008 и точные эфемериды.
5. До завершения работ на объекте производились контрольные вычисления в следующем составе:

- Вычисление базовых линий (векторов).
- Предварительное уравнивание спутниковой сети в пространственной системе координат с исключением векторов с недопустимыми нормализованными поправками.
- Контроль выполнения требований к схеме сети и к точности конечных результатов. В соответствие с требованиями рабочего проекта ср.кв.погрешность уравненных координат опорной станции в системе координат ITRF2008 на дату определения не должно превышать 10 — 15 см.

В результате были получены ср.кв.погрешности определения координат опорной базовой станции Сухум по осям координат X, Y и Z соответственно 8.1 мм, 8.1 мм и 8.1 мм, что отвечало требованиям Рабочего проекта. Координаты опорной базовой станции Сухум включены в каталог координат пунктов СГС РА.

Определение взаимного положения станций Сети БС РА

1. Наблюдения выполняли с использованием штатного оборудования станций Сети БС РА после завершения монтажа и проведения пусконаладочных работ. Параметры наблюдений:

- Режим «статика».
- Угол маскирования 10 градусов.
- Дискретность записи результатов 5 сек.
- Продолжительность наблюдений 12 часов, не менее.

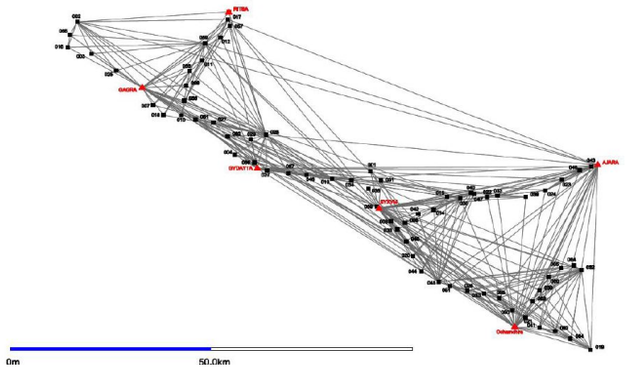
2. Каждая станция Сети БС РА была связана измерениями не менее чем с тремя другими станциями Сети БС РА, одна была опорной станцией.
3. Высоты антенн над точками-хранителями координат (высот) измеряли дважды, перед началом и после окончания наблюдений. Результаты измерений записывали в журнал. В журнале вычисляют высоту фазового центра антенны над точкой.
4. До завершения работ на объекте производят контрольные вычисления в следующем составе:

- Вычисление базовых линий (векторов).
- Предварительное уравнивание спутниковой сети в пространственной системе координат с фиксацией одного пункта и исключением векторов с недопустимыми нормализованными поправками.
- Контроль выполнения требований к схеме сети и к точности конечных результатов. В соответствии с требованиями рабочего проекта ср.кв.погрешности взаимного положения станций Сети БС РА должны быть не более 2 см по плановому положению и 3 см по высоте.

Определение положения рядовых пунктов СГС РА

В качестве исходных при уравнивании использовались пространственные координаты базовых станций Сети БС РА, определенные в ПСК РА на предыдущем этапе. Каждый пункт СГС РА был связан не менее чем тремя базовыми линиями со станциями Сети БС РА или смежными пунктами СГС РА.

- Параметры наблюдений:
- Режим «статика».
- Угол маскирования 10 градусов.



- Дискретность записи результатов 5 сек.
- Продолжительность наблюдений для длин базовых линий, не менее:
- до 10 км — 1 час;
- 11-20 км — 1 час 30 мин;
- более 20 км — 2 часа.

Высоты антенн над центрами СГС РА измерялись дважды, перед началом и после окончания наблюдений. Результаты измерений записывались в журнал. В журнале вычисляли высоту фазового центра антенны над точкой.

До завершения работ на объекте производили контрольные вычисления в следующем составе:

Вычисление базовых линий (векторов).

Предварительное уравнивание спутниковой сети в пространственной системе координат с фиксацией одного пункта и исключением векторов с недопустимыми нормализованными поправками.

Контроль выполнения требований к схеме сети и к точности конечных результатов. Ср.кв.погрешности определения взаимного положения смежных пунктов СГС РА по каждой из плановых координат не должны были превышать 3мм+1мм10-7D и по высоте 2мм+2мм10-7D.

Определение нормальных высот рядовых пунктов СГС РА

Определение нормальных высот рядовых пунктов СГС РА выполнялось по методике нивелирования II класса. Общая протяженность нивелирных ходов составила 480 км. Нивелирование проводилось в прямом и обратном направлениях по костылям.

В соответствии с Рабочим проектом было необходимо определить отметки рядовых пунктов сети относительно уровня Черного моря. В соответствии с официальным уведомлением от директора Гидрофизического института Академии наук Абхазии, превышение между средним уровнем Черного моря и нивелирной маркой гидрологического поста «Сухумский маяк» составляет +2.53 м. Таким образом, отметка нивелирной марки гидрологического поста «Сухумский маяк» принята равной +2.5300 м относительно среднего уровня Черного моря.

Обработка спутниковых наблюдений

Порядок обработки измерений в пространственной системе координат следующий:

1 Вычисление базовых линий (векторов).

2 Уравнивание сети в ПСК с фиксацией одного пункта. Последовательное исключение векторов, нормализованные поправки для которых превышают допустимые значения (с контролем сохранения числа связей для каждого пункта).

3 Ввод координат исходных пунктов и их ср.кв.погрешности.

4 Уравнивание сети в ПСК с заданным количеством исходных пунктов. В случае выявления векторов, нормализованные поправки для которых превышают допустимые значения, последовательное отключение фиксации пунктов (перевод исходных пунктов в определяемые).

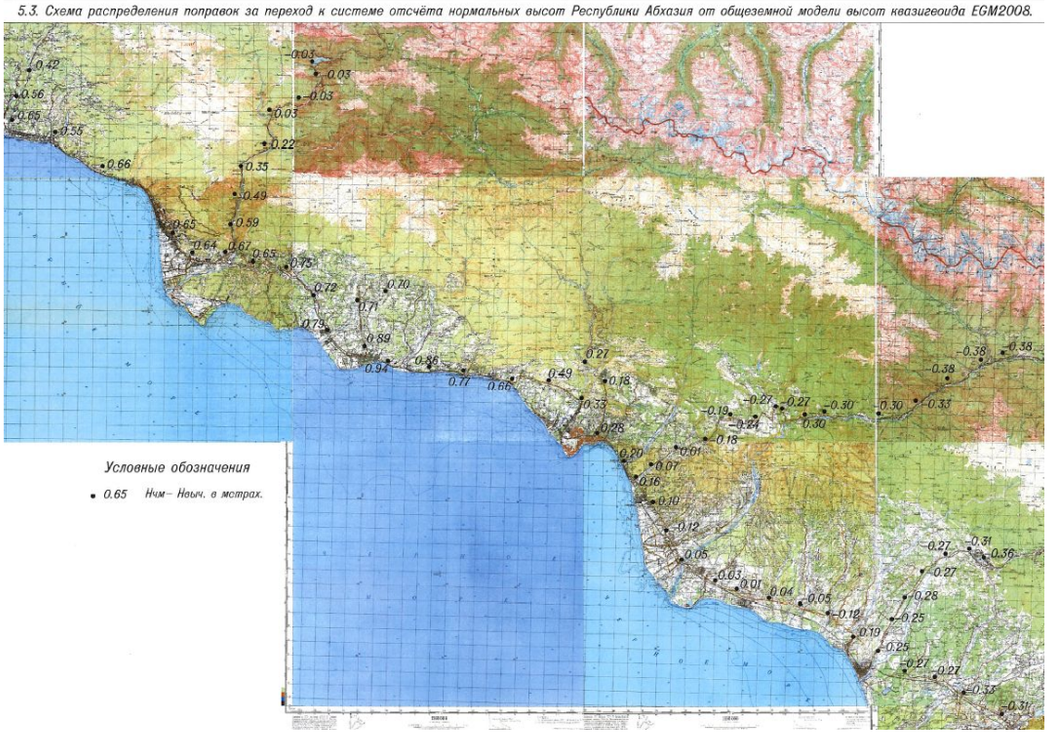
5 Формирование каталога (списка) координат пунктов сети и их ср.кв.погрешностей

Установление параметров проекции Гаусса-Крюгера для местной топоцентрической системы координат, система высот

В соответствии с требованиями Рабочего проекта, параметры проекции Гаусса-Крюгера должны быть подобраны таким образом, чтобы на всей территории республики плановые координаты были положительные, а их числовые значения удобными для практического использования. Исходя из этого, назначены следующие параметры проекции для местной топоцентрической системы координат Республики Абхазия.

В качестве поверхности относимости используется эллипсоид вращения WGS84, высота поверхности относимости

5.3. Схема распределения поправок за переход к системе отсчёта нормальных высот Республики Абхазия от общеземной модели высот квазигеоида EGM2008.



Параметр	Значение
Эллипсоид	WGS84
Полуось, м	6738137.00
Сжатие	1/298.257223563
Проекция	Гаусса-Крюгера
Широта точки начала отсчета	0°00’00”
Долгота осевого меридиана	41°06’00”
Масштабный коэффициент	1.0
Сдвиг системы координат по оси абсцисс X, м	-4 690 000
Сдвиг системы координат по оси ординат Y, м	100 000
Угол поворота осей координат местной системы	00°00’00”

H=0. Применение в качестве поверхности относимости эллипсоида вращения WGS84 в обеих системах координат, пространственной и топоцентрической (плоской), исключает необходимость выводить и применять при вычислениях параметры (ключи) перехода для ортогональных преобразований пространственных координат. Это уменьшает погрешности пересчета координат из ПСК в МСК и упрощает алгоритмы вычислений.

Для вычисления нормальных высот по пространственным координатам точек используется цифровая модель высот квазигеоида, сформированная на основе модели EGM2008. Ср.кв. погрешность вычисления нормальных высот равна 0.41 м (получена с использованием координат и нормальных высот пунктов СГС РА).

Аникин А.С., Тимофеев А.Н.
ООО «Новосибирский инженерный центр» (НИЦа), Новосибирск, nica.nsk@mail.ru

ОПЫТ РАБОТЫ С СЕТЬЮ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ НСО В ООО «НИЦА»

В г. Новосибирске и Новосибирской области (далее НСО) в последние годы широкое распространение получило использование в топографо-геодезическом производстве постоянно действующих базовых станций (далее ПДБС) и сетей из них. Новосибирск охвачен сетью ПДБС НСО (31 станция), сетью ОАО «ПО Инжгеодезия» (3 станции), кроме того на территории города и близ него расположены несколько отдельных базовых станций: ЗАО «Геостройизыскания» ООО «ЗапСибГеодезия» и др.

Одиночные базовые станции являются собственностью отдельных организаций, созданы, как правило, для обеспечения внутренних нужд этих предприятий и часто доступны для других пользователей, работают на безвозмездной основе.

Сеть ОАО «ПО Инжгеодезия» включает три ПДБС, одной из которой является пункт ФАГС г.Новосибирска (идентификатор — NSK1). Сеть работает в режиме «статика», т.е. имеется возможность пользоваться только файлами сырых данных для постобработки. На сегодня эта сеть является *единственной легитимной* сетью ПДБС в г.Новосибирске и НСО:

Постоянно действующий пункт ФАГС Новосибирск включен в службу точных эфемерид системы ГЛОНАСС. Координаты рабочего центров двух других ПДБС определены по программе построения спутниковой геодезической сети 1 класса (СГС-1) в соответствии с нормативными документами;

Координаты пунктов сети представлены в системах координат МСК НСО и местной г.Новосибирска NSK (производной СК-42).

По своему значению, точности определения координат, характеру закрепления пункт ФАГС Новосибирск можно считать главным геодезическим пунктом на территории города и области.

В Новосибирской области с 2011 года развернута сеть постоянно действующих базовых станций ГЛОНАС/GPS, включающая 31 станцию. Первая очередь включала 19 станций. Базовые станции 2-ой очереди были запущены в опытную эксплуатацию в августе-сентябре 2013 года. Непосредственная разработка и реализация проекта была выполнена силами ГОУ ВПО СГГА и ОАО НАВГЕОКОМ. Финансировала создание сети администрация Губернатора Новосибирской области. До сентября 2013 года техническая эксплуатация осуществлялась Сибирской Государственной Геодезической Академией, с сентября — ГБУ НСО «Центр навигационных и геоинформационных технологий Новосибирской области» департамента информатизации и развития телекоммуникационных технологий правительства Новосибирской области.

Сеть покрывает бóльшую часть области. Пункты ПДБС расположены во всех районных центрах и крупных населенных пунктах. Пункты расположены на расстояниях приблизительно 40-80 км друг от друга.

Основная функция сети — предоставление файлов измерений с базовых станций в формате «rinex» для постобработки, а также предоставление пользователям спутниковой аппаратуры корректирующей информации в режиме реального времени, что позволяет производить определение и контроль координат непосредственно в процессе проведения измерений в полевых условиях, а также повысить производительность работ за счет малого времени измерений. На всех пунктах сети используется оборудование фирмы Leica Geosystems. Оборудование и программное обеспечение вычислительно центра позволяет реализовать использование различных методов формирования сетевых поправок, таких как VRS (метод виртуальной базовой станции), i-MAX (формирование сетевых поправок посредством реальной базовой «мастер-станции»). В качестве канала связи при работе в сетевом режиме используется GSM/GPRS канал (мобильный интернет).

Сеть ПДБС НСО является очень востребованной на сегодня и перспективной, поскольку позволяет выполнять геодезические работы на территории НСО с высокой оперативностью и точностью. Основной проблемой данной сети ПДБС на сегодня является отсутствие её лигитимности, не определён статус сети по классу точности, отсутствуют официальные координаты пунктов сети в управлении Росреестра. В результате использование сети ПДБС НСО в производственных целях до сих пор не представляется возможным.

По просьбе департамента информатизации ООО «Новосибирский инженерный центр» проводил независимую экспертизу параметров и характеристик сети. Силами научно-технического отдела была выполнена оценка точностных характеристик сети тремя способами.

В первом способе для оценки сети были использованы суточные измерения в формате RINEX с 19 станций. Координаты пунктов сети были зафиксированы в системе СК-95 в качестве исходных, затем выполнено решение базовых линий и уравнивание сети. Полученные из обработки расстояния между базовыми станциями сравнивались с вычисленными. При среднем расстоянии между станциями — 60 километров, среднее квадратическое отклонение вычисленных расстояний от измеренных составило менее 5 см.

Во втором способе, оценка сети выполнялась как внешний контроль сети. Было выполнено контрольное определение координат пункта фундаментальной астрономо-геодезической сети «Новосибирск» от пяти ближайших базовых станций. Полученные из уравнивания координаты совпадают с координатами пункта ФАГС с точностью в пределах единиц сантимет-

ров, что не превышает предельной погрешности определения пунктов планово-высотного обоснования для планов масштаба 1:500.

Третий способ заключался в определении координат самих базовых станций при фиксированном положении четырех станций на краю сети. Полученные из уравнивания координаты базовых станций в целом также совпадают с каталожными: СКО положения пунктов не превышает 5 сантиметров в плане и 8 сантиметров по высоте, что также не превышает предельной погрешности определения пунктов съемочного обоснования.

Из результатов проведенного анализа можно сделать вывод о том, что по точностным характеристикам ПДБС НСО вполне подходит для выполнения работ, связанных с инженерно-геодезическими изысканиями и кадастровых съемок.

ООО «Новосибирский инженерный центр» так же выполнил проверку различных режимов работы базовых станций в полевых условиях. Чтобы уйти от внутренних ошибок государственных или местных систем координат и их преобразований, все работы проводились в системе координат ITRF. Использовалось оборудование фирм Javad (Triumph-1), Trimble (Trimble R8 и Trimble GeoXR), Topcon (GR-3). На сервере управление работой сети ПДБС НСО осуществляется программным обеспечением GNSS Spider.

Для начала, в нескольких местах, а именно внутри сети и за её пределами, были выполнены статические наблюдения на некоторых точках. Статические измерения выполнялись в открытых условиях, а так же продолжительное время (не менее часа). По результатам постобработки от нескольких базовых станций сети, координаты этих точек принимались в качестве исходных (верных). Далее на этих же точках были выполнены измерения с использованием классического режима RTK от ближайшей БС, а так же в режимах формирования сетевых поправок VRS и I-MAX. Полученные координаты в этих режимах сравнивались с исходными (полученными в режиме «статика»). Расхождения при этом в разных частях сети составили порядка 2-3 сантиметров, как в режиме классического RTK, так и в сетевых режимах. Это оправдывает возможность развития планово-высотного съемочного обоснования с использованием сетевого режима VRS, как это написано в новом СП 47.13330.2012, что в свою очередь значительно увеличивает производительность полевых геодезических работ.

Косинова И.И.[1], Соколова Т.В.[1], Сейдалиев Г.С.[2]
[1]Филиал «АИИС-Воронеж»,voronezh@oaiis.ru
[2]Управление Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (РОСПРИРОДНАДЗОРА) по Воронежской области, Воронеж

ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ НА ВОДОХРАНИЛИЩАХ

Создание искусственных водоемов в России исторически привязано к 70 годам прошлого столетия. Именно в это время на государственном уровне реализовались программы строительства крупных водохранилищ различного назначения, прудов. Следует подчеркнуть, что помимо хозяйственного значения эти объекты рассматривались и с эстетической точки зрения. Среди основных задач, решаемых с помощью искусственных водоемов можно отметить:

1) обеспечение необходимыми водными ресурсами крупных промышленных предприятий;

2) решение проблем орошения засушливых регионов;

3) подпитка водозаборов хозпитьевого водоснабжения крупных городов.

За рубежом водохранилища также строились для улучшения ландшафта и микроклимата. Однако при реализации проектов по строительству искусственных водных объектов ни на момент их создания ни, к сожалению, до настоящего времени, не учитывают одно важное обстоятельство — искусственно созданный объект не может существовать без системы поддержки. Указанная система должна включать широкий комплекс мероприятий от: механических, химических, биологических до градостроительных. Разработка подобных систем является сложной методологической задачей, решение которой производится силами специалистов различных направлений как естественного, так и технического профилей, в том числе в рамках инженерно-экологических изысканий (ИЭИ).

В настоящее время законодательством в рамках ИЭИ на проектной стадии строительства водохранилищ, помимо изучения экологических условий территории, предусматривается разработка мероприятий по сохранению водных объектов, водосборных площадей, почв и земель, лесов и иной растительности, биологического разнообразия. В результате внедрения мероприятий должно быть обеспечено устойчивое функционирование естественных экологических систем, сохранение особо охраняемых природных территорий, природных ландшафтов. И в отличие от советских вариантов создания проектов водохранилищ, в настоящее время при их проектировании должны предусматриваться мероприятия по предупреждению и устранению возможного загрязнения окружающей среды, влияния на здоровье населения, восстановлению природной среды, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов.

Для этого в рамках ИЭИ проводятся лабораторные исследования почв и грунтов акватории, донных отложений водоема, атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод. Кроме того, в рамках ИЭИ осуществляются специальные аналитические инженерно-экологические исследования, включающие численное моделирование. На основании полученных данных разрабатываются мероприятия по охране окружающей среды, включающие:

- мероприятия по обеспечению нормативного состояния воздушной атмосферы, поверхностных и подземных вод;
- мероприятия по утилизации строительных и бытовых отходов;
- мероприятия для поддержания индикационных показателей и критериев безопасности развития опасных процессов для социально-экологического мониторинга;
- мероприятия для обеспечения надежности производственного контроля строительных работ.

Проведение ИЭИ на стадии проектирования водохранилищ является основой оценки социально-экологических рисков в результате строительства и эксплуатации искусственного водоема, а также комплексно оценить состояние окружающей среды до строительства и в результате последующей эксплуатации объекта.

Следует отметить, что большая часть существующих водохранилищ была создана без учета возможных последствий загрязнения окружающей среды, не были разработаны меро-

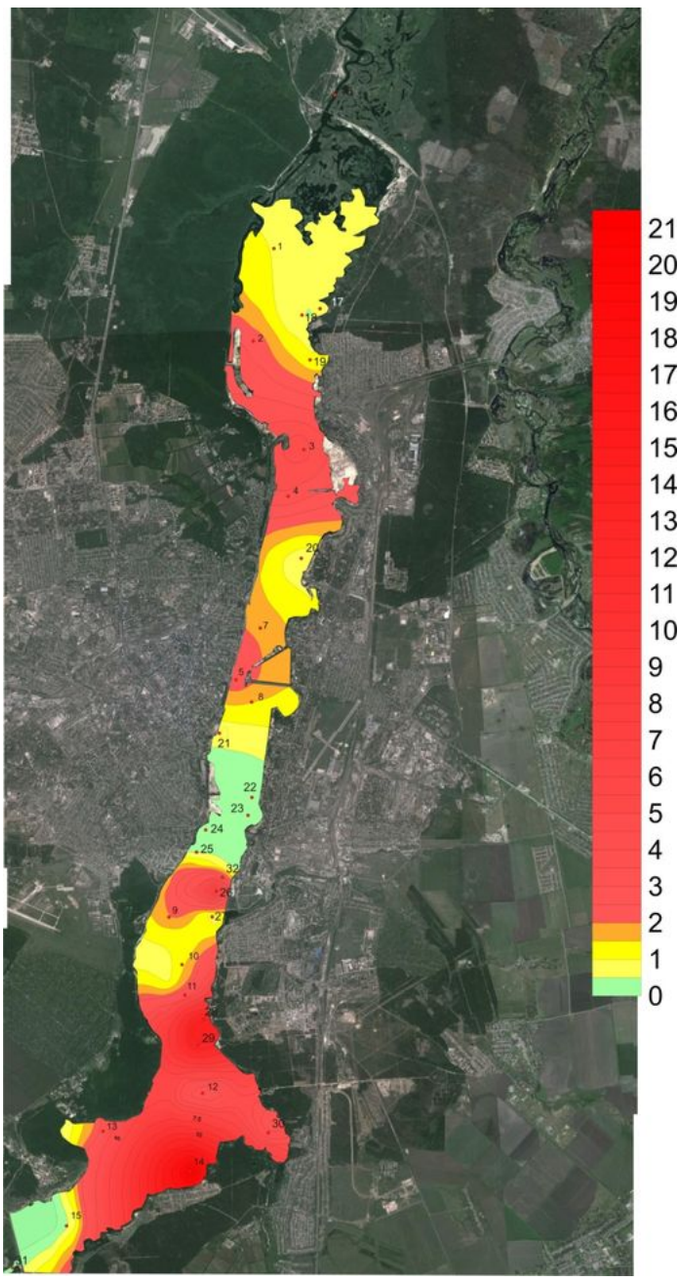


Рис. 1. Схема загрязненности донных отложений Воронежского водохранилища кадмием

приятия по предотвращению негативных последствий по предупреждению и устранению возможного загрязнения окружающей среды. Так, Воронежское водохранилище было создано в 1972 году без должной расчистки русла. Почвенные отложения не были сняты, пойменная часть не освобождена от строительного и бытового мусора. В результате, донные отложения водоема уже на момент создания водохранилища, были загрязнены тяжелыми металлами и органическими веществами, содержащимися в почвенных отложениях поймы реки Воронеж.

В настоящее время при проведении ИЭИ в основном проводятся лабораторные исследования атмосферного воздуха, почв, грунтов, поверхностных и подземных вод. Это позволяет выявлять зоны загрязнения окружающей среды в плане и вертикальном разрезе по основным компонентам, источникам загрязнения, миграции и аккумуляции загрязняющих веществ. Размещение точек опробования производится в зависимости от структуры полей загрязнения, преобладающих направлений движения воздушных масс, поверхностного и подземного стока, геологического строения территории.

Однако изучение природных условий района исследований и техногенного привноса загрязняющих элементов в окружающую среду без учета состояния донных отложений водоема не дает полной картины ее состояния. Отсутствие анализа донных отложений водоема зачастую связано с тем, что именно донные отложения являются одним из наименее изученных элементов искусственных водных объектов (ИВО). Формирование донных отложений происходит в результате аккумулятивного воздействия ряда процессов, среди них: снос твердого вещества с речным стоком, накопление наносов при стоке ливневых и талых вод, а так же в процессе абразионных изменений береговых склонов. Помимо перечисленных, важное значение приобретает фактор образования конусов выноса многочисленных техногенных сбросов сточных вод, а также несанкционированных канализационных сбросов. В результате ложе искусственного водоема характеризуется весьма пестрым гранулометрическим и качественным составом донных отложений. Важным фактором так же является относительное постоянство русла основного водотока, оно, как правило, характеризуется максимальными глубинами в результате донной эрозии вскрывает коренные породы. Периферийные части водоема в основном мелководные и характеризуются значительным объемом донных осадков. Все это необходимо учитывать при проведении инженерных изысканий на ИВО.

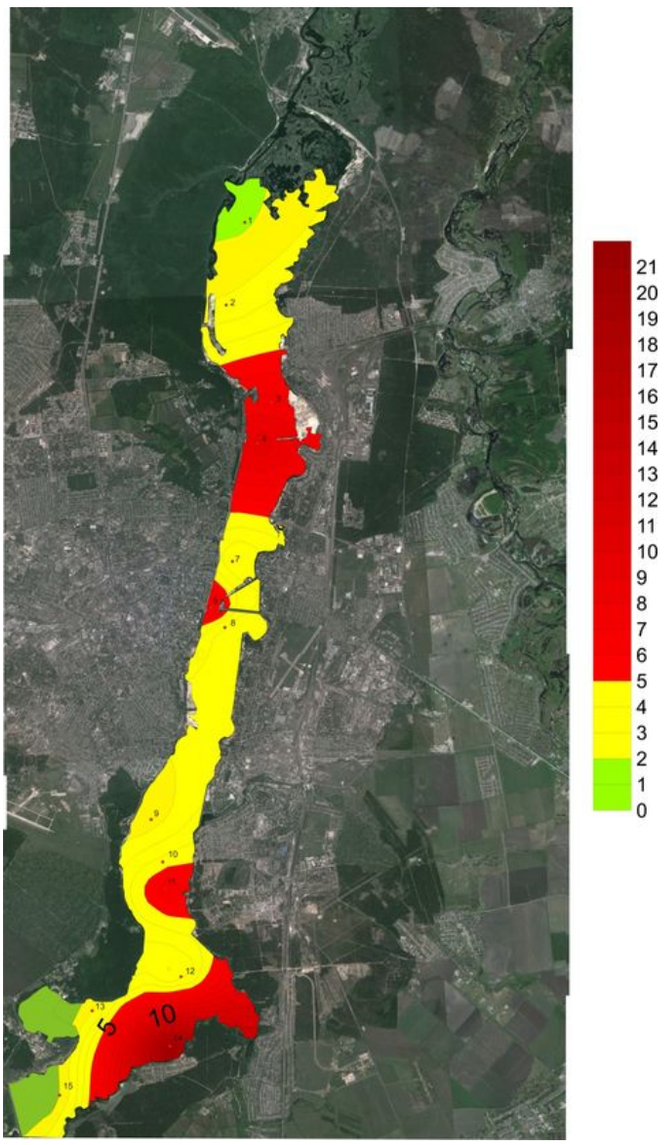


Рис. 2. Карта загрязненности донных отложений Воронежского водохранилища нефтепродуктами по величине коэффициентов концентраций

Для изучения состояния донных отложений искусственных водных объектов в период с 2010-2013 годов нами проводились инженерно-экологические изыскания на крупных водохранилищах и малых прудах Воронежской и Липецкой областей. Методика исследования базировалась на выявлении:

1) зон максимального аккумулирования наносов;
2) конусов выносов;
3) уровня загрязнения донных отложений.

Существующие теоретические подходы к изучению донных отложений подчеркивают их роль в качестве долговременных накопителей загрязняющих веществ. Проведенные исследования в пределах Воронежского и Матырского водохранилищ выявили роль механических и геохимических барьеров в данном процессе. Первый — механический барьер — находится в месте входа основной речной системы в акваторию водохранилища. Здесь отлагается значительное количество песчаных частиц, которые практически полностью формируют гранулометрический состав донных отложений. Тонкий илистый осадок на данном участке практически отсутствует. Формируются интересные природно-техногенные объекты.

Так, в верховьях Воронежского водохранилища была создана ловушка для сбора песчаных частиц при впадении реки Воронеж в искусственный водоем. В течение 25-30 лет она была полностью заполнена песчаными частицами, и на месте ловушки сформировалось искусственное болото значительной площади. Застойный режим стал причиной формирования типичных процессов болотных участков. Это проявилось в высоких концентрациях в воде содержание железа, марганца, кадмия, появления сероводорода. Отсутствие прогноза появления подобных техногенных болот, а также решений по устранению подобной негативной ситуации в современном состоянии водоема приводит к загрязнению поверхностных и подземных вод выше перечисленными компонентами. По мере прохождения первого механического барьера в верховьях искусственных водоемов формируются более благоприятная эколого-геохимическая обстановка. Достаточно высокие показатели живой силы реки справляются с ситуацией застойного режима. Донные отложения по-прежнему представлены песчаными разностями, мощность илового осадка не превышает 10-15 см. В верховьях активно развивается водная растительность высшего порядка, нередко ее площади покрывают до 30 % водного зеркала. Их развитие следует рассматривать с двух позиций. Первая — определяет условия накопления наносов в условиях зарастания дна. Высота водной растительности дости-

гает 1,5-2 метров, ее плотность на 1 м^{2}дна составляет до 60%. С другой стороны, водные экосистемы являются фильтраторами большей части видов загрязнения. Эффект самоочищения водоема здесь представлен в максимальной степени. В верховьях искусственного водоема вода характеризуется благоприятными органолептическими показателями, загрязняющие элементы не превышают величин ПДК. В этой связи именно здесь располагаются водозаборные сооружения, рекреационные зоны. Проведение работ по очистке дна в верховьях искусственных водоемов нецелесообразно. Формирующаяся экологическая система в целом благоприятная и не нуждается во внешних факторах воздействия. В случае фиксирования высоких концентраций загрязняющих элементов в донных отложений верховьев искусственных водных объектов необходимо проведение работ по выявлению источников загрязнения с последующей их ликвидацией. В подобных ситуациях особое внимание следует обращать на сохранность водных экосистем, очищающих водоем. Перспективы градостроительного освоения верховий искусственных водных объектов должны быть ориентированы на создание оборудованных рекреационных зон, а также создания водозаборов.

Средняя часть искусственных водоемов представляет собой зону транзита тонких наносов, привносимых рекой. Однако именно здесь сказывается влияние техногенных сбросов вещества. Конуса выносов имеют длину до 100-150 метров, ширина устья конуса может составлять до 50 метров. Гранулометрический и качественный состав донных отложений здесь в каждом конкретном случае зависит от источника. Так наиболее мощные конуса — выноса формируются в местах сбросов очищенных стоков различных очистных сооружений. Причем в радиусе их воздействия фиксируются уникальные ситуации. Так в районе сброса сточных вод Левобережных очистных сооружений в акваторию Воронежского водохранилища донные отложения на расстоянии до 150 метров от трубы представлены плотным ракушняком, сложенным дрессеной. Образование подобных нехарактерных для равнинных водоемов осадков связано с режимом периодического сброса в водоем высоко загрязненных вод. На первоначальной стадии водные экосистемы активно развиваются на участках поступления в водоем теплых, насыщенных органикой сточных вод. В случае неэффективности работы очистных сооружений происходят периодические сбросы загрязненных вод, что приводит к массовому вымиранию водного бентоса и формированию отложений ракушняка.

Нижняя часть искусственных водных объектов является наиболее нагруженной с точки зрения накопления донных отложений. Здесь аккумулируются все виды привнесенного вещества. Мощность иловых отложений здесь по результатам проведенных исследований может достигать 1 м.

В качестве примера осаждения тяжелых металлов и органических веществ в донных отложениях ИВО можно рассмотреть распространение кадмия (рис. 1) и нефтепродуктов (рис.2) в донных осадках Воронежского Водохранилища.

Эколого-геохимические аномалии кадмия приурочены к мостам через Воронежское водохранилище, а также местам сбросов сточных вод и выбросов в атмосферу. Так, в районе железнодорожного, Северного и Чернавского мостов уровень загрязнения донных отложений кадмием увеличивается до очень сильного относительно общего фона слабого загрязнения отложений. Ниже по течению в районе Вогрессовского моста содержание кадмия в донных отложениях находится на уровне природного содержания, несмотря на сбросы кадмий содержащих сточных вод ОАО «Электроприбор» и ОАО «ВАСО». Ниже по течению фиксируется аномалия кадмия, образовавшаяся в результате деятельности «ТЭЦ-1». Содержание кадмия в месте сброса их сточных вод увеличивается до 7,6 мг/кг, что превышает ОДК в 3,8 раза. Ниже по течению фиксируется сокращение содержания кадмия, уровень загрязнения донных отложений в районе впадения реки Песчанка слабый. Ниже по течению отравляющее действие на водоем оказывает сброс сточных вод с ООО «ЛОС», где содержание кадмия превышает ОДК в 7,9 раза. Его накопление фиксируется и ниже по течению от сброса, где вплоть до самой плотины уровень загрязнения донных отложений находится на уровне очень сильного. Максимальное накопление кадмия в донных отложениях фиксируется в районе пос. Таврово, где его концентрация превышает ОДК в 10,5 раза. Ниже по течению за счет постоянного смыва донных отложений через гидрослив происходит сокращение содержания кадмия до природного значения.

Содержание нефтепродуктов в семи отобранных пробах донных отложений находится в пределах двух фоновых значений, что соответствует природному содержанию. Таким образом, верховье водоема, Воронежское водохранилище в районе дамбы Чернавского моста, парка «Алые паруса», а также в правобережной части низовья водохранилища вплоть до гидроузла характеризуются наименьшим уровнем загрязненности донных отложений. Ниже по течению идет выполаживание рельефа дна, что приводит к значительному накоплению донных отложений в Шиловском затоне, где концентрация нефтепродуктов достигает 255 мг/кг. Кроме того, отмечено заиление водохранилища в районе гидроузла, но концентрации нефтепродуктов в данном районе минимальны на фоне их общего содержания в водохранилище.

К загрязненным донным отложениям отнесены пробы, отобранные в районе ВПС-4 и ниже впадения реки Песчанка. Так, в районе ВПС-4 содержание нефтепродуктов составляет 355 мг/кг, что превышает фоновые показатели более, чем в 2 раза. Влияние реки Песчанка фиксируется в резком скачке содержания нефтепродуктов до 1200 мг/кг.

К сильно загрязнённым нефтепродуктами участкам относится акватория водохранилища, наиболее подверженная влиянию автомобильного и железнодорожного транспорта, а также сбросу сточных вод с ООО «ЛОС», являющимся приемников стоков от многочисленных промпредприятий города. Так, влияние железнодорожного моста фиксируется ниже по течению в содержании нефтепродуктов в концентрации 1250 мг/кг, в районе Чернавского моста содержание нефтепродуктов составляет 1510 мг/кг. Значительный транспортный поток через акваторию водоема приводит к накоплению нефтепродуктов в донных отложениях. Необходимо оборудовать данные путепроводы ливневой канализацией с последующей их очисткой от нефтепродуктов и взвешенных веществ. Кроме того, в районе набережной М.Горького, содержание нефтепродуктов превышает фоновые концентрации в 9,9 раза и составляет 1680 мг/кг. Данная точка пробоотбора расположена в центральной части водоема, куда сбрасываются сточные воды промпредприятия, такие как «ВЗПП-Сборка», МУП «Горкомхоз» и др., также в непосредственной близости расположена лодочная станция. Все это приводит к поступлению нефтепродуктов в поверхностные воды и их накоплению в донных отложениях.

Наибольшие концентрации органических веществ третьего класса опасности выявлены в месте сброса сточных вод ООО «ЛОС» и в районе с. Таврово. Проблема левобережных очистных сооружений в настоящее время становится все более острой. Ввод в эксплуатацию очистных сооружений был произведен в 1964 г., сегодня их мощность составляет не более 140 тыс. м^3/сут. при этом объем принимаемых стоков постоянно увеличивается за счет роста на-

селения и увеличения мощностей отдельных предприятий города, выхода из строя балансовых очистных сооружений и др. Несмотря на проводимые мероприятия, направленные на улучшение качества очистки стоков, указанные природоохранные объекты технологически и физически устарели, они не могут обеспечить очистку принимаемых ими сточных вод на сбросе в концентрациях, предусмотренных законодательством в области охраны окружающей среды. Все это приводит к значительному загрязнению поверхностных вод и донных отложений Воронежского водохранилища. Значительный расход стоков привел к тому, что концентрация нефтепродуктов в месте сброса достигает 1200 мг/кг, что превышает фоновые концентрации в 7,1 раза.

Но наибольшему загрязнению донные отложения Воронежского водохранилища подвержены в районе с. Таврово. Неканализованность поселка, направленность поверхностного стока в сторону низовьев водоема приводит к поступлению загрязнённых сточных вод в водохранилище. Концентрация нефтепродуктов достигает 3650 мг/кг, что в 20,9 раза превышает фоновые показатели. Необходимо срочное провдение природоохранных мероприятий в данном районе, направленных на уменьшение содержания нефтепродуктов и сокращению сброса неочищенных сточных вод в водоем.

Проведенные исследования показывают, что при приведении инженерно-экологических изысканий и анализе эколого-геохимической обстановки одним из наиболее информативных объектов исследований являются донные отложения. Аккумулируя загрязнители, поступающие с водосборов в течение длительного промежутка времени, донные осадки являются индикатором экологического состояния территории, своеобразным интегральным показателем уровня загрязненности. Целесообразным является включение контроля за состоянием донных отложений в программу наблюдений за водным объектом на предприятиях — водопользователях. Анализ сточных вод и их влияние на поверхностные воды, включенный в настоящее время в программу наблюдений, не отражает процесс накопления загрязнения. Влияние источников загрязнения всегда зависит от гидрологических параметров водотока, которые рассчитываются для водоема в целом и не отражают изменения в процессе разбавления стоков водой водоема, связанные с морфологией дна, характером течения, наличием затонов и др. в конкретном месте сброса. Донные отложения и процесс их накопления позволяют с большей точностью определять влияние источника загрязнения на водный объект и разрабатывать природоохранные мероприятия.

В связи с этим анализ донных отложений необходим при проведении ИЭИ как на стадии проектирования, так и в процессе эксплуатации ИВО. Отсутствие разработанных нормативов, концепций и методик для определения мощности и качества донных отложений приводит к игнорированию природопользователями и изыскателями данного типа отложений для анализа эколого-геологической обстановки. В результате теряется часть наиболее информативных данных, позволяющих разработать природоохранные мероприятия, направленные на улучшение качества окружающей природной среды.

Литература:

1. Методические указания по организации и проведению наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов. Проект МПР РФ, Москва, 2012 г.

2. Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов, МПР РФ. РЭФИА, НИА — Природа, Москва, 2002 г.

Ланцова И.В.[1], Григорьева И.Л.[2]
[1]ОАО ПНИИИС, Москва, liveco@rambler.ru
[2]ФГБУ науки Институт водных проблем РАН, Москва, Irina0103@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Рекреация, предъявляя, с одной стороны, определенные требования к качеству компонентов природной среды, с другой часто оказывает негативное влияние на них. Поэтому при планировании и размещении рекреационных зон по берегам водных объектов необходим анализ и оценка состояния почв, растительности, водной среды, атмосферного воздуха, подземных вод, прогноз изменения каждого компонента под влиянием рекреационного освоения территории и расчет допустимых нагрузок на береговые и аквальные комплексы водохранилищ.

Под рекреационным водопользованием следует понимать деятельность населения, связанную с осуществлением различных видов рекреационных занятий (отдыха, спорта, туризма) на акватории и побережья водоемов, оказывающую прямое или косвенное (опосредованное) воздействие на качество воды и экосистемы водных объектов [1]. Рекреационное водопользование объединяет в себе многие виды отдыха, отличающиеся между собой сезонами максимальных нагрузок, интенсивностью использования природных комплексов, путями, характером и объемами загрязнений, поступающих в водоемы. Вот почему изучение влияния рекреационного водопользования на природные (аквальные и территориальные) геосистемы требует проведения комплексных исследований при планировании рекреационных зон.

Все виды рекреационного водопользования значительно различаются по характеру и интенсивности воздействия на береговые и водные экосистемы. Однако, по основным последствиям для береговой зоны и акватории их можно объединить в две группы: виды отдыха с преимущественным использованием территории и виды отдыха с преимущественным использованием акватории [2, 3]. К первой группе относятся организованный отдых в учреждениях отдыха, стационарный и неорганизованный пеший туризм, пикники, осмотр местности, отдых с использованием автомототранспорта и т.п. Во вторую группу входят купание, отдых с использованием маломерного моторного флота, байдарок и яхт, рыболовство, подводное плавание, виндсерфинг и т.д.

Требования отдельных видов отдыха к качеству компонентов природы представлены в таблице 1.

При рекреационном использовании территории важную роль играют ***климатические характеристики*** и конкретно: средние и экстремальные температуры зимы и лета, сумма и внутригодовое распределение осадков, повторяемость и скорость господствующих ветров, влажность, солнечная инсоляция и другие факторы, в значительной степени определяющие масштабы, интенсивность и сочетание видов водопользования. Кроме того, климат и погода существенно влияют на формирование условий стока и на устойчивость системы «водо-

Таблица 1

Требования отдельных видов отдыха к качеству компонентов природы

Виды отдыха	Компоненты природной среды											
	Атмосферный воздух			Поверхностные воды			Почвы			Растительность		
	3**	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1
Стационарный неорганизованный отдых*	+***	+/-	-	+	+/-	-	+	+/-	-	+	+/-	-
Отдых с использованием автомомтотранспорта	+	+/-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Пеший туризм	+	+/-	-	+	+	+	+	+/-	-	+	+/-	-
Сбор грибов и ягод	+	+/-	-	+	+	+	+	+/-	-	+	-	-
Рыболовство с берега	+	+/-	-	+	-	-	+	+/-	-	+	+/-	-
Рыболовство с лодки	+	+/-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+
Рыболовство со льда	+	+/-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+
Охота на водоплавающую дичь	+	+/-	-	+	+	+/-	+	+	+	+	+	+
Отдых с использованием маломерного моторного флота	+	+/-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Купание и пляжный отдых	+	+/-	-	+	+/-	-	+	+/-	-	+	+/-	-
Парусный туризм и виндсерфинг	+	+/-	-	+	+/-	-	+	+	+	+	+	+
Байдарочный туризм	+	+/-	-	+	+/-	-	+	+	+	+	+	+

ём-водосбор» к антропогенному воздействию и на интенсивность процессов самоочищения, а значит и на объем капиталовложений на проведение природоохранных мероприятий.

Литолого-геоморфологическая основа территории определяет устойчивость береговых комплексов, характер и объем инженерно-планировочных, инженерно-мелиоративных, биотехнических, природоохранных и других мероприятий, направленных на оптимизацию антропогенного использования территории. Существует и обратная связь — литолого-геоморфологическая основа испытывает значительный антропогенный пресс и претерпевает определенные изменения.

Характеристики литолого-геоморфологических условий (геологические структуры и особенности залегания слоев, литологический состав четвертичных пород, крутизна склонов, расчлененность рельефа, высота берегов, механический и химический состав зоны аэрации и т.д.) определяют интенсивность поверхностного стока, его химический состав, а также характеристики грунтовой составляющей водного баланса водоемов.

Гидрогеологические условия (годовое и сезонное изменение залегания уровня грунтовых вод, связанное с режимом регулирования речного стока, механическим составом и фильтрационными свойствами грунтов и т.д.) определяют характер увлажнения территории, наличие и распространение подтопленных или, наоборот, хорошо дренируемых участков. От гидрогеологических условий во многом зависит структура природопользования и, наряду с другими природными факторами, в значительной степени интенсивность энергомассообмена в системе «водоем-водосбор».

Типы почвенно-растительных ассоциаций формируют разнообразие и аттрактивность береговых комплексов и в первую очередь реагируют на антропогенное воздействие, являясь индикатором дигрессии береговых экосистем. Степень дигрессии природно-территориальных комплексов и характер энергомассообмена находятся в прямой зависимости.

Почвенно-растительный покров является хорошим адсорбентом ЗВ, поступающих на территорию водосбора. От типа, характера, распространения по территории, мозаичности и сочетаний почвенно-растительных ассоциаций напрямую зависит качество поверхностного и грунтового стоков. Поэтому особенно важна сохранность природных комплексов в водоохранной зоне водных объектов, которая должна выполнять барьерную роль по отношению к поступающим со всего водосбора ЗВ.

Поверхностные воды при интенсивном природопользовании испытывают значительный антропогенный пресс, в результате чего некоторые компоненты аквальных комплексов могут изменяться. Наиболее подвержены воздействию литоральные (мелководные) комплексы. Сильным изменениям подвергаются комплексы в зоне распространения подтопления или временного затопления, отличающиеся пониженной резистентной способностью к антропогенным нагрузкам, что необходимо учитывать при разработке районных планировок и комплекса природоохранных мероприятий.

Для того чтобы оценить достаточность и востребованность природного ресурса для различных видов туризма и рекреации, необходимо провести ***оценку значимости*** рекреационного ресурса для различных видов отдыха.

Для выявления значимости компонентов природной среды при развитии различных видов рекреации авторами проводился социологический опрос самодеятельных и организованных отдыхающих на различных водохранилищах РФ, по результатам которого были составлены матричные таблицы оценки рекреационной значимости компонентов природной среды и проведена их экспертная оценка. По вертикали в таблице приведены оцениваемые параметры ресурса, а по горизонтали — виды отдыха, для которых оценивается данный параметр.

Оценка значимости рекреационных ресурсов для различных видов отдыха проводилась по трехбалльной шкале. Сумма баллов по горизонтали определяет значение данного показателя для всех видов рекреационных занятий, а по вертикали — требовательность определённого вида рекреации к параметрам компонента природы. Для корректности сравнения полученных оценок по каждому компоненту природной среды было выбрано одинаковое количество оцениваемых параметров. Суммы баллов по горизонтали сильно отличаются для зимних и летних видов отдыха, что связано с большим количеством рассматриваемых видов отдыха в летний период по сравнению с зимой.

Таблица 2

Интегральная оценка значимости компонентов природной среды для некоторых летних видов отдыха и туризма (в баллах)

Компоненты природной среды	Виды отдыха														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	*Итого:*
Климатические условия	3	2	2	2	3	3	2	2	3	3	2	3	2	3	*35*
Геолого-геоморфологические условия	3	1	2	1	1	3	1	1	3	3	3	3	3	3	*31*
Почвенно-растительные условия	2	1	1	1	1	3	2	1	3	3	2	3	2	3	*28*
Характеристики поверхностных водных объектов	3	2	2	2	3	2	3	3	2	3	2	2	2	3	*34*
Итого:	*11*	*6*	*7*	*6*	*8*	*11*	*8*	*7*	*11*	*12*	*9*	*11*	*9*	*12*	*128*

В таблице 2 приведена интегральная оценка значимости компонентов природной среды для летних видов отдыха.

Наиболее высокий балл по интегральной оценке значимости компонентов природной среды имеют такие виды отдыха как пикники, стационарный самодеятельный отдых, купание и пляжный отдых, пеший туризм, сбор грибов и ягод, велотуризм. Затем идут (по убывающей) — отдых с использованием автомототранспорта, стационарный организованный отдых, виндсерфинг и любительское рыболовство с берега, байдарочный туризм и рыболовство с лодки, отдых с использованием маломерного моторного флота и парусный туризм.

Среди видов рекреационных занятий отмечается избирательность по отношению к ведущему компоненту.

Значимость компонентов природной среды для различных видов отдыха имеет большое значение для определения видов и объёмов инженерно-экологических изысканий и разработки Программы проведения работ.

Так, для видов отдыха с ***преимущественным использованием территории*** максимальные объёмы изысканий следует ориентировать на исследование территориальных природных комплексов. При экологическом обосновании проектов по рекреационному обустройству территорий проводится следующие виды работ и исследований:

- оценка геоморфологических особенностей территории с оценкой их ценности по видам отдыха;
- детальные геоботаническая и почвенные съёмки с определением их эстетической, психологической, технологической и продукционной ценности по видам отдыха. При геоботаническом исследовании указываются границы, площадь, видовой состав, урожайность грибных, ягодных угодий и местообитаний лекарственных растений для промыслового туризма;
- исследование видового состава, численности и местообитаний представителей животного мира, в том числе и орнитофауны, с определением границ, площади и продуктивности охотничьих угодий, проведением оценки безопасности для отдыхающих по паразитологическим показателям непромысловых видов и т.д.;
- исследование водных объектов (тип, морфометрические, гидрологические характеристики, органолептические свойства воды, характер и состояние берегов);
- детальная ландшафтная съёмка с указанием размещения функциональных зон по рекомендуемым для данной территории видам отдыха;
- геоэкологическое опробование компонентов природной среды (атмосферного воздуха, почв, поверхностных и грунтовых вод, донных отложений);
- наличие, проявление, активность опасных экзогенных геологических процессов (карст, оползни, заболачивание, подтопление, суффозия и др.) и опасных гидрологических явлений (половодье, наводнения и т.д.);
- исследование вредных физических воздействий.

При лабораторных исследованиях проб компонентов природной среды помимо основных химических показателей (СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства/Госстрой России. — М.:ПНИИИС Госстроя России, 1997. 41 с.) особое внимание уделяется оценке их медико-биологической безопасности (наличие токсичных веществ, представляющих опасность для здоровья человека при вдыхании или прямом контакте с кожей и при попадании внутрь организма при употреблении в пищу съедобных грибов, ягод, лекарственных трав, а также болезнетворных микроорганизмов и т.д.).

Для видов отдыха ***с преимущественным использованием водных объектов*** максимальное внимание уделяется исследованию аквальных комплексов:

- тип объекта (река, озеро, пруд, водохранилище, море и др.);
- характеристика берегов (обрывистые, пологие, подмываемые, аккумулятивные, задернованные, незадернованные, характер и тип зарастания, наличие опасных склонов — оползневые, обвальные, заболоченные, подтопленные и др.);
- морфометрические характеристики (длина, ширина, глубина);
- направление, скорость и характер течения;
- наличие, распространение, состав и мощность донных отложений;
- - наличие, распространение по акватории, видовой состав и продуктивность высшей водной растительности;
- - гидробиологические исследования, включающие определение видового состава и продуктивности фито- и зоопланктона, зообентоса и ихтиофауны; наличие, расположение и площади нерестилищ, зимовальных ям, мест нагула молоди рыб и кормовые угодья ихтиофауны;
- геоэкологическое опробование компонентов природной среды (атмосферного воздуха, поверхностных вод, донных отложений, гидробиологических объектов и почв в пляжной и береговой зоне водного объекта);
- наличие опасных экзогенных геологических процессов и опасных гидрологических объектов и явлений в прибрежной зоне и на акватории водного объекта (наличие омутов, водоворотов, перекатов, отмелей, водопадов и др.) с оценкой их опасности для различных видов отды-

ха (купания, любительского рыболовства, байдарок и т.д.).

При лабораторных исследованиях проб компонентов природной среды помимо основных химических показателей (СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства/Госстрой России. — М.:ПНИИИС Госстроя России, 1997. 41 с.) особое внимание уделяется оценке их медико-биологической безопасности (наличие токсичных веществ, представляющих опасность для здоровья человека при вдыхании или прямом контакте с кожей и при попадании внутрь организма воды при купании, нырянии и др., а также болезнетворных микроорганизмов и т.д.). При исследовании ихтиофауны определяется наличие рыб, поражённых гельминтами, и их встречаемость, содержание загрязняющих, в т.ч. и токсичных веществ в мышечной ткани, наличие других микробиологических, паразитологических и патологических изменений у представителей ихтиофауны.

По результатам ИЭИ определяется степень безопасности экологического состояния компонентов природной среды для отдыхающих и оценивается вероятность экологических рисков, предлагается функциональное зонирование по видам отдыха и рассчитываются допустимые рекреационные нагрузки для каждого природно-территориального (ПТК) и аквального (АК) комплексов. Допустимая нагрузка для всего рекреационного участка устанавливается по нижнему пределу нагрузок для береговых и аквальных комплексов его составляющих.

Допустимые нагрузки зависят от ряда показателей: типа природного комплекса и его первоначального состояния; площади рекреационного участка и функциональных зон; продолжительности рекреационного сезона (по видам отдыха); уклона поверхности рекреационного участка; допустимого уплотнения почв и обеднения видового состава растительности и др.

Определение этих показателей проводится для каждого ПТК. Допустимая нагрузка для всего рекреационного участка устанавливается по нижнему пределу нагрузок для береговых комплексов его составляющих.

Поскольку рекреационное природопользование ориентировано на оздоровление отдыхающих и восстановление их физического и психологического состояний для проектирования и размещения рекреационных объектов рекомендуются территории с:

- безопасным уровнем загрязнения атмосферного воздуха (для всех видов отдыха), почв (для видов отдыха с преимущественных использованием территории), поверхностных вод и донных отложений (для видов отдыха с преимущественным использованием акватории);
- отсутствием опасности бактериологического и паразитологического заражения отдыхающих через контакт с компонентами природной среды (почвы, воды, донные отложения и биологические объекты — грибы, ягоды, лекарственные растения, промысловые животные, в т.ч. орнито- и ихтиофауна);
- не превышением допустимых уровней опасных физических воздействий (радиационного фона, электромагнитного воздействия, шумового и вибрационного воздействий).

Литература:

1.Авакян А.Б., Бойченко В.К., Салтанкин В.П. Некоторые вопросы рекреационного использования водохранилищ//Водные ресурсы. 1986. №3. С.77─84.

2. *Григорьева И.Л., Ланцова И.В., Тулякова Г.В.* Геоэкология Иваньковского водохранилища и его водосбора. Конаково, 2000. 248 с.

3. *Ланцова И.В., Григорьева И.Л., Тихомиров О.А.* Водохранилища как объект рекреационного использования//Тверь: ТГУ, 2004. 160 с.

Гуман О.М., Макаров А.В., Антонова И.А.
ООО «Уралгеопроект», Екатеринбург,
Guman2007@mail.ru

ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ТЕХНОГЕННО-ИЗМЕНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ МЕДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАЛА

Техногенез — относительно новый геологический фактор в истории нашей планеты, проявления которого связаны с широким потреблением человечеством руд, металлов и других полезных ископаемых, приводит как к изменениям рельефа планеты, так и новому — антропогенному источнику миграции химических элементов. В целом техногенез проявляется через взаимодействие технических средств, применяемых человеком, и геологической среды, преобразуя верхнюю часть земной коры, преображающий ее структуру, модифицируя геохимические и геофизические поля [1,2].

Под техногенезом в настоящее время понимают процесс изменения природных комплексов под воздействием производственной деятельности человека, который заключается в преобразовании верхних оболочек планеты, вызываемый совокупностью геохимических процессов, связанных с деятельностью по извлечению, концентрации и перегруппировке химических элементов, их минеральных и органических соединений. Это определило и формирование новой оболочки Земли, в которой проявляется техногенез, — техносферы.

В пределах Уральского региона техногенез является одним из ведущих современных геологических процессов, главными составляющими которого является индустриализация (развитие промышленных компонентов) и урбанизация — зарождение и рост городов. Наиболее масштабно процесс техногенеза проявляется здесь в деятельности многочисленных горных предприятий, добывающих различные полезные ископаемые, которые формируют геосистемы, весьма динамичные и активно развивающиеся, а также новые горные породы, процесс формирования которых определен нами как литотехногенез [3].

Отметим две важные стороны техногенеза, определенные горнорудными предприятиями: с одной стороны происходят масштабные загрязнения природной окружающей среды тяжелыми металлами, с другой формируются значительные скопления отходов в виде отвалов, которые могут являться техногенно-минеральными месторождениями, т.е. техногенез как и другой любой геологический процесс формирует месторождения полезных ископаемых.

В настоящее время значительная часть месторождений в Уральском регионе уже отработана, их техногенные системы находятся в относительно стационарном состоянии и проведение исследований таких систем только начинается. Авторы на примере ряда отработанных медноколчеданных месторождений Урала на основе результатов проведенных исследований предприняли попытку обобщить закономерности протекаемых в пределах подобных геосистем геологических процессов, выявить их воздействие на природную окружающую среду на данной стадии техногенеза и разработать мероприятия, позволяющие уменьшить их негативное воздействие.

Надо отметить, что процесс техногенеза протекает циклически: извлечение — отходы процесса извлечения — загрязнение компонентов окружающей среды — повторное извлечение — вновь сформированные отходы. На эту цикличность накладываются новые технологии извлечения, например, добыча *in situ* приводит к доизвлечению остатков руды во вмещающих породах или в отвалах с формированием уже не твердых отходов, а жидких, насыщенных ТМ, которые вовлекаются в процесс переноса за границы месторождений и также способствуют загрязнению окружающей среды.

Выполнение инженерно-экологических изысканий в пределах подобных территорий имеет свои определенные особенности в зависимости от стадии техногенеза с привлечением результатов мониторинга месторождений твердых полезных ископаемых. Данные исследования были выполнены на месторождениях Урала, расположенных в различных ландшафтно-климатических зонах [4].

Инженерно-экологические изыскания выполнялись на разных стадиях освоения месторождений: разведка — добыча открытая — добыча подземная- обогащение. Рассмотрим результаты изысканий на примере Тарньерского медноколчеданного месторождения. Фоновые исследования выполнялись на основе требований СП 11-102-97 в 2002, последующие работы в 2012, за это время сформирован карьер, площадью около 25 га, глубиной 170 м. Вблизи карьера расположены отвалы скальных и полускальных пород, рыхлых пород, отвалы почвенно-растительного слоя, отвалы слабоминерализованных пород. На территории горного отвода имеется дробильно-перегрузочный и дробильно-сортировочный комплексы, очистные сооружения карьерных и подотвальных вод, временные очистные сооружения, дизельно-электрическая станция РУ — 0,4кВ для ДСК и очистных, весовая с КПП. Севернее карьера на расстоянии более 500 м, за санитарно-защитной зоной расположен вахтовый поселок, на расстоянии 800 м за водоразделом — скважина хоз-питьевого водоснабжения поселка. Сброс хоз-бытовых стоков осуществляется в Тарньерское болото. Выпуск с очистных сооружений — в болото Южное.

Природные ландшафты на территории горного отвода полностью заменены техногенными. Для Тарньерского месторождения характерны открытые геохимические ореолы. На уровне надрудных зон, представленные Pb, Ag, Ba и Mo, рудных тел — Cu, Zn, Pb, подрудных зон — Zn, Pb, Ba, Mo и Co. Все эти типоморфные элементы естественно накапливаются в профиле почв участка, сохраняются в течение 10-летнего периода отработки месторождения, но меняются поля их распространения. Состав подземных вод сульфатный, что объясняется их распространением в зоне окисления сульфидного месторождения, при вскрытии рудных зон pH воды падает. Воды отличаются высокими концентрациями железа, марганца, алюминия, меди.

Литература:

1. *Емлин Э.Ф.* Техногенез колчеданных месторождений Урала. Свердловск: Изд-во УрГУ, 1991.-256 с.

2. *Емлин Э.Ф.* Техногенез — новейший этап геологической истории рудных месторождений Урала//Изв. ВУЗов Горный журнал, 1993. №5-С.42-46.

3. *Макаров А.Б.* Главные типы техногенно-минеральных месторождений Урала: научная монография. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006.-206с.

4. *Гуман О.М., Колосницина О.А., Макаров А.Б., Антонова И.А.* Геоэкологическая оценка природно-технологических систем на регрессивной стадии техногенеза (на примере месторождения Яман-Косы)//Вестник Оренбургского государственного университета, 2013.-№6-С.99-102.

Чернянский С.С.[1], Касатенкова М.С.[2]
[1]«Аналитический Центр МГУ», Москва, lumlab@mail.ru
[2] ЗАО «Институт экологического проектирования и изысканий»,
Москва, kasatenkova2010@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В СОСТАВЕ КОМПЛЕКСНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ: СОВРЕМЕННАЯ ПРАКТИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Почвенный покров является одним из важнейших компонентов ландшафта и центральным объектом инженерно-экологических изысканий (ИЭИ), выполняемых на любой стадии реализации проекта. Российским почвоведением за полуторавековую историю заложен весьма устойчивый теоретический фундамент для эффективного использования и охраны почвенных ресурсов; в то же время, современная практика инженерно-экологических изысканий (в части т.н. «почвенных исследований»), ОВОС, экологического мониторинга и рекультивации земель далеко не в полной мере опирается на научные основы и международный опыт, бессистемна и по этим причинам остро нуждается в корректировках.

Прежде всего, необходима разработка и утверждение единой терминологии в области почвоведения и смежных прикладных направлений деятельности — изысканий, рекультивации земель, почвенно-геохимического мониторинга и т.д. На данный момент официальными источниками терминов в этой сфере являются государственные стандарты, содержание которых не гармонизировано. В частности, ГОСТ 27593-88 определяет почву как «самостоятельное естественноисторическое органоминеральное природное тело, возникшее на поверхности земли в результате длительного воздействия биотических, абиотических и антропогенных факторов, состоящее из твердых минеральных и органических частиц, воды и воздуха и имеющее специфические генетико-морфологические признаки, свойства, создающие для роста и развития растений соответствующие условия» (ГОСТ 27593-88. Почвы. Термины и определения), ГОСТ 25100-95 — как «поверхностный плодородный слой дисперсного грунта, образованный влиянием биогенного и атмосферного факторов» (ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация). Первое из этих определений близко к научному, закрепленному в Классификации и диагностике почв России [2]: почва — экспонированное на поверхности суши природное или естественно-антропогенное твердофазное тело, сформированное многолетним взаимодействием процессов, приводящих к дифференциации исходного минерального и органического материала на горизонты.

Региональное законодательство еще более усиливает терминологическую запутанность федерального. В частности, в Законе г. Москвы «О городских почвах» (№31 от 04.07.2007 г.) почва рассматривается как «компонент природной среды, представляющий собой поверхностный слой земли, состоящий из минеральных и органических веществ, воды, воздуха, почвенных организмов, продуктов их жизнедеятельности, являющийся средой обитания растений, животных и микроорга-

низмов, а также выполняющий экологические функции». В отличие от вышеприведенных определений, здесь сделан акцент на экологических функциях почв, поддержание которых в условиях городской среды является одной из основных задач принятого закона.

Один из основных признаков почвы — ее вертикальная стратификация на генетические горизонты — также остро нуждается в принятии единой терминологии. Так, Земельный кодекс РФ (ст. 13) оперирует понятием «почвенный слой», по смыслу синонимичным понятию «почва» или «почвенный покров». В ГОСТ 21.302-96 мы встречаем уже «почвенно-растительный слой» — этим термином определяется один из характерных инженерно-геологических элементов (ГОСТ 21.302-96. Система проектной документации для строительства. Условные графические обозначения в документации по инженерно-геологическим изысканиям). Важнейшее в контексте рекультивации почв понятие — плодородный слой почвы (ПСП) — определяется в ГОСТ 17.5.3.05-84 как горизонт, характеризующийся активным плодородием и отвечающий перечисленным в стандарте количественным критериям (ГОСТ 17.5.3.05-84. Охрана природы. Рекультивация земель. Общие требования к землеванию). Синонимами ПСП можно считать «гумусированные горизонты почвы» (ГОСТ 17.5.1.03-86. Охрана природы. Земли. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель) и «почвогрунт» в терминологии Закона города Москвы «О городских почвах» (№31 от 04.07.2007 г.). Последнее противоречит определению и классификационным критериям почвогрунтов, заложенным в Классификации и диагностике почв СССР [1]; в новой классификации почв [2] для них уже используется термин «техногенные поверхностные образования» с подразделением на реплантоземы, урбиквазиземы и литостраты.

Безусловно, единая терминология в области изучения, использования и охраны почвенного покрова может и должна быть принята в рамках единой официально утвержденной национальной классификации почв, которой в настоящее время не существует. Классификация 1977 года [1] фактически используется изыскателями и землепользователями, но она не распространяется на всю территорию России и не в полной мере соответствует современным требованиям практики изысканий, рекультивации и мониторинга почв, почвоохранной проблематике. Разработка новой системы, начавшаяся в 1980-81 годах, не завершена до сих пор; редакция этой классификации, выпущенная Почвенным институтом им. В.В. Докучаева в 2004 г. [2], находит ограниченное применение (главным образом, по инициативе крупных компаний-застройщиков и отдельных специалистов-изыскателей) и часто используется параллельно с системой 1977 г. [1] для обеспечения терминологической преемственности фондовых и вновь полученных данных о состоянии почвенного покрова.

Основные требования к классификации почв вытекают непосредственно из тех оснований, по которым выполняются изыскания почвенного покрова:

1) отчуждение/отвод земель (например, для строительства);

2) проектирование хозяйственной деятельности, предполагающей использование почвенного покрова как средства производства (например, сельское или лесное хозяйство);

3) проектирование земляных работ, в том числе предусматривающих передачу или, наоборот, завоз грунтов в зону строительства;

4) создание особо охраняемой природной территории (ООПТ) или рекреационной зоны либо проектирование любой деятельности в границах существующей ООПТ/рекреационной зоны;

5) проектирование работ по рекультивации, благоустройству, озеленению, охране или консервации земель;

6) оценка воздействия проектируемой или осуществляемой хозяйственной деятельности на окружающую природную среду;

7) оценка качества почв земельного участка, уровня их загрязнения, размеров ущерба почвенному покрову и контактирующим средам.

Существующая нормативно-правовая база предполагает следующие основные виды работ по изучению почвенного покрова:

Виды изысканий почвенного покрова	**Состав отчетных материалов по результатам изысканий почвенного покрова**
Почвенные обследования для оценки соответствия почв экологическим нормативам в целях охраны земель (Земельный кодекс РФ, ст. 13)	Итоговая документация согласно п. 4.1 Методических рекомендаций по выявлению деградированных и загрязненных земель (М.: Комитет РФ по земельным ресурсам и землеустройству, 1995)
Почвенные исследования в составе комплексных инженерно-экологических изысканий для строительства (Постановление Правительства РФ №20 от 19.01.2006 г.), в том числе для разработки мероприятий по охране и рациональному использованию почвенного покрова и земельных ресурсов, по охране недр и среды обитания объектов растительного и животного мира, программы производственного экологического контроля и мониторинга почвенного покрова, разработки проектов рекультивации земель (Постановление Правительства РФ №87 от 16.02.2008 г., п. 25)	Материалы ОВОС согласно Приказа Госкомэкологии РФ № 372 от 16.05.2000 г. Технический отчет о выполнении инженерно-экологических изысканий согласно п. 8.5 СП 47.13330.2012 (СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96). Раздел проектной документации «Перечень мероприятий по охране окружающей среды» согласно п. 25 Постановления Правительства №87 от 16.02.2008 г.). Программа производственного экологического контроля и мониторинга Проект рекультивации земель
Контроль качества почв на всех стадиях проектирования, строительства, эксплуатации и ликвидации объекта (СанПиН 2.1.7.1287-03, раздел VI (СанПиН 2.1.7.1287-03/ СанПиН 2.1.7.2197-07. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы); МУ 2.6.1.2398-08 (МУ 2.6.1.2398-08. Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка земельных участков под строительство жилых домов, зданий и сооружений общественного и производственного назначения в части обеспечения радиационной безопасности) (в части радиационного контроля)	Материалы согласно п. 4.9 СанПиН 2.1.7.1287-03 (СанПиН 2.1.7.1287-03/ СанПиН 2.1.7.2197-07. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы) для выдачи экспертного заключения о соответствии почв санитарно-эпидемиологическим требованиям либо санэпидзаключения на земельный участок или грунт
Разработка региональных нормативов допустимого остаточного содержания нефтепродуктов в почвенном покрове (ДОСНП)	Проект ДОСНП. Пояснительные материалы согласно Приказа МПР РФ № 574 от 12.09.02, экспертные заключения и отзывы

Действующие нормативно-правовые акты, определяющие требования к разрабатываемой документации, недостаточно проработаны именно в части, касающейся изучения и оценки состояния почвенного покрова: содержание пп. 4.14-4.16, 4.18-4.29 СП 11-102-97 (СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства) устарело и требует корректировки; нормы СанПиН 2.1.7.1287-03/2.1.7.2197-07 (СанПиН 2.1.7.1287-03/ СанПиН 2.1.7.2197-07. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы) в одних случаях избыточны, а в других — неопределенны; гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06 (ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 19.01.2006. (Зарегистрировано в Минюсте РФ 07.02.2006 № 7470) и ГН 2.1.7.2511-09 (ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве (валовое содержание). (Зарегистрировано в Минюсте РФ 23.06. 2009 г. № 14121) остро нуждаются в дополнении новыми элементами и веществами, а также принятии раздельных требований к качеству почв различных функциональных зон — жилых, рекреационных, промышленных, транспортных, ООПТ и др.; требования к отбору проб, заключенные в п. 3.3 ГОСТ 17.4.4.02-84 (интервалы 0-5 и 5-20 см) (ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы.

Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа), СанПиН 2.1.7.1287-03 (0-20 см) (СанПиН 2.1.7.1287-03/ СанПиН 2.1.7.2197-07. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы), СП 11-102-97 (0-30 см) (СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства) и других документах, противоречивы и требуют унификации.

Отсутствуют и единые принципы выполнения почвенной съемки. Ряд организаций-заказчиков предписывает изыскателям использование Общесоюзной инструкции по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользования [3]; в других случаях могут использоваться Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель [4]; чаще всего почвенная съемка выполняется произвольно, без опоры на какие-либо методические разработки, что делает невозможным сопоставление ее результатов с фондовыми данными и дальнейшее использование для создания единой базы данных о состоянии почвенного покрова России.

Между тем потребность в такой базе данных очевидна: на основе единой классификации и с привязкой к системе кадастрового учета земель должна быть создана географическая информационная система федерального уровня, в структуре которой необходимо присутствие блоков «почвенный покров» и «качество почв», пополняемых по результатам новых изысканий и доступного для всех заинтересованных сторон. Эта же система будет являться источником региональных и локальных (для ранее обследованных территорий) фоновых концентраций загрязняющих веществ в почвенном покрове. Согласно постановлению Правительства РФ от 9 августа 2013 г. № 681 «О государственном экологическом мониторинге и о государственном фонде данных государственного экологического мониторинга», в государственный фонд данных войдет информация о результатах наблюдений и оценки состояния и загрязнения почв, собранная на пунктах государственной системы наблюдений. Включение результатов изысканий почвенного покрова в государственный фонд данных не предусмотрено.

В настоящее время информация о фоновых концентрациях загрязняющих веществ в почвенном покрове присутствует лишь в некоторых изданиях Государственных докладов о состоянии окружающей природной среды, ряде информационно-методических писем регионального уровня (например, «О контроле грунта, перемещаемого в ходе проведения строительных работ на территории г. Москвы». Письмо ЦГСЭН в г. Москва. № 30-05-239 от 14.06.2002 г.). В отсутствие фоновых концентраций в приведенных источниках принято использовать значения СП 11-102-97 (СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства), характеризующие почвы основных типов Европейской части РФ, но и данные показатели нуждаются в регулярной (например, один раз в 10 лет) корректировке, без которой все выполняемые расчеты и оценки качества почв становятся неадекватными реальной ситуации. Наконец, наименее изученные почвы обширной Азиатской части РФ были и остаются «белым пятном», не обеспеченным актуальными данными о качестве и уровне деградации.

Крайне важным представляется пересмотр обязательного перечня количественных параметров для оценки качества почв. В существующем виде (СанПиН 2.1.7.1287-03) (СанПиН 2.1.7.1287-03/ СанПиН 2.1.7.2197-07. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы) он содержит ряд неопределенностей, осложняющих составление аналитической программы изысканий. В частности, для некоторых функциональных зон предписывается необходимость определения в почвах содержания сернистых соединений, детергентов, канцерогенных веществ и радионуклидов. При этом состав соединений не задается. В сложившейся практике изысканий принято из числа канцерогенов определять содержание лишь одного соединения — бенз(а)пирена, а в составе радионуклидов — изотопы цезия-137, радия-226, тория-232 и калия-40. Поскольку анализ проб почв и грунтов выполняется по утвержденным методикам, необходимо гармонизировать и стандартные, и расширенные перечни показателей качества почв именно с содержанием аналитических методик, аттестованных для применения в РФ.

Цитированные выше нормативные документы наполняют отчеты по изысканиям и материалы ОВОС не только неоднозначной терминологией («чистая категория загрязнения», «слой чистого грунта», «сельскохозяйственные почвы загрязненных территорий», «почвы населенных мест» и т.п.), но и мнимыми оценками качества почв, основанными, в частности, на расчете значений суммарного показателя загрязнения Zc, который включен в так называемый стандартный перечень химических показателей п. 6.4 СанПиН 2.1.7.1287-03 (СанПиН 2.1.7.1287-03/ СанПиН 2.1.7.2197-07. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы).

Согласно п. 6.10 тех же СанПиН (СанПиН 2.1.7.1287-03/ СанПиН 2.1.7.2197-07. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы), все исследования по оценке качества почвы должны проводиться в лабораториях, аккредитованных в установленном порядке. Большинство лабораторий при анализе проб почв ограничивается строгим следованием определенной методики без учета специфики вещественного состава почвенной массы. В результате в протоколах, имеющих юридическую силу, может содержаться информация о качестве почв, не соответствующая действительности. Наиболее распространенный пример — высокий мнимый уровень содержания нефтепродуктов и фенолов в пробах органогенных горизонтов почв, обусловленный аналитическим сигналом природных битуминозных веществ торфа, перегноя и растительных остатков. Для решения этой проблемы необходимы корректировка методик анализа почв и дополнительная подготовка специалистов, занятых в химическом анализе и интерпретации его результатов: каждая проба почвы — это сложная четырехфазная субстанция, работа с которой требует высокой квалификации аналитика.

Таким образом, современная практика выполнения почвенных исследований в рамках комплексных ИЭИ сталкивается с проблемами неполноты и противоречивости нормативно-правового (в том числе классификационно-терминологического) обеспечения, отсутствия в рамках единой системы государственного экологического мониторинга общедоступного информационного блока «почвенный покров», который служил бы источником официальных данных о почвах и пополнялся бы результатами новых изысканий (по аналогии с данными по водным объектам и качеству атмосферного воздуха). Решение этих проблем и систематизация выполняемых в стране изысканий в части изучения почвенного покрова позволит добиться прогресса в ряде смежных прикладных вопросов, ожидающих своего решения, в частности — в разработке единых принципов рекультивации нарушенных земель и их утверждении в формате технических условий, привязанных к земельному кадастру.

Литература:

1. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 224 с.
2. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена 2004. 342 с.
3. Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользования. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 1973. 48 с.
4. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель. М.: Комитет РФ по земельным ресурсам и землеустройству, 1995.

Косинова И.И.[1], Заридзе М.Г.[2]
[1]Филиал «АИИС-Воронеж», voronezh@oaiis.ru,
[2]Геологический факультет Воронежский госуниверситет, Воронеж

ГЕОИНДИКАТОРЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГРУНТОВ ЗОНЫ АЭРАЦИИ В РАЙОНАХ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПО ДОБЫЧЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ КАРБОНАТНОГО СЫРЬЯ

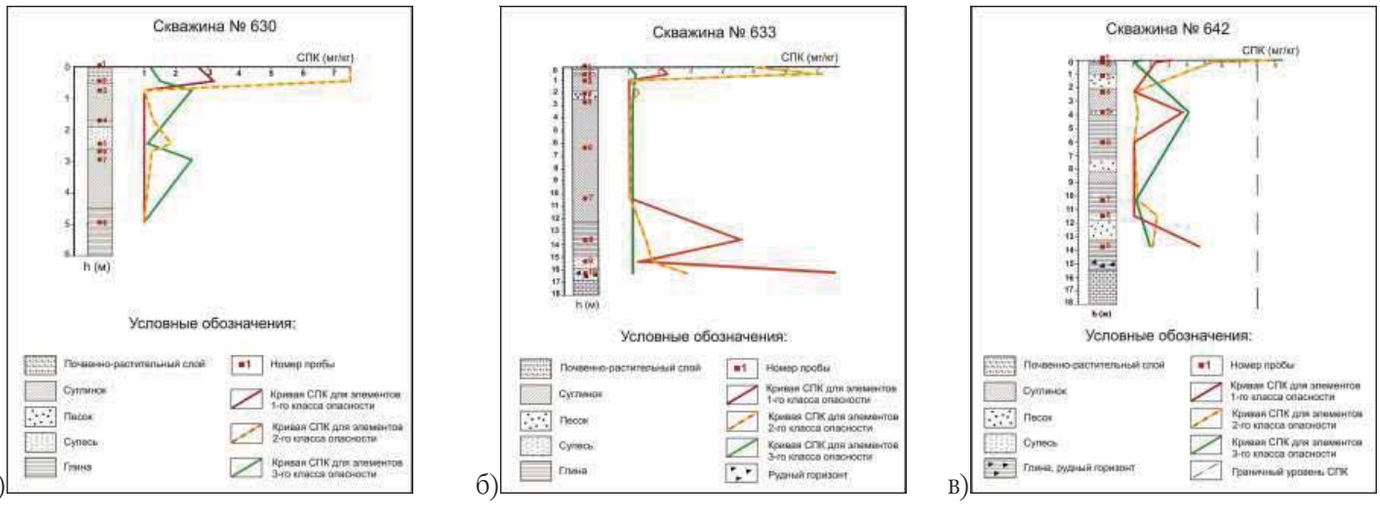
Инженерно-экологические изыскания при разработке и эксплуатации месторождений карбонатного сырья предполагают изучение состояния грунтов зоны аэрации. Степень их преобразования зависит от вида добываемого сырья, методов и времени разработки, особенностей эколого-геологического строения территории. В настоящее время в литературе представлен широкий спектр эколого-геохимической информации для месторождений рудного сырья. Ситуация, складывающаяся в районах нерудных месторождений, описана эпизодически.

Нами проведен комплекс инженерно-экологических изысканий для освоения Сокольско-Ситовского месторождения известняков. Одним из элементов ИЭИ было изучения состояния грунтов зоны аэрации, проведенное по трем опорным скважинам (Рис.1). Расчет СПК для элементов первого класса опасности включал цинк, свинец, мышьяк, бериллий. Выявлено, что грунты во всех трёх скважинах имеют допустимую оценку состояния (Кк от 1 до 7,5). Так в скважине № 630 самые высокие значения прослеживаются в почвенно-растительном слое (ПРС) (до глубины 0,5 м), где суммарный показатель концентрации достигает 3,2 за счёт повышенного содержания свинца (Кк составляет 3,0). В скважине №633 также отмечается повышение показателей концентрации в приповерхностной части (до 0,7 м) за счёт свинца (СПК до 2,2). Но с глубиной наблюдается возрастание суммарных показателей концентрации в глинах до 4,5 и в супесях до 7,5, в связи с высоким содержанием мышьяка, тем самым приближаясь к умеренно-опасной оценке состояния среды. В скважине №642 в почвенно-растительном слое на поверхности и в приповерхностной части (до 0,3 м), как и в других скважинах, фиксируются повышенные значения СПК (до 3,1) главным образом за счёт свинца. А так же на глубине 3,8 м, СПК достигает 3,75. Здесь в роли ведущего загрязнителя выступает цинк (Кк=3,75). В рудоносном горизонте, на глубине 13,9 м, при повышенных концентрациях мышьяка, СПК доходит до 4,75.

Элементы первого класса опасности, обладающие самыми высокими токсичными свойствами, требуют более тщательного рассмотрения, в этой связи построены диаграммы по исследуемым скважинам, детально отражающие концентрации опасных загрязнителей. Среди элементов 1 класса опасности выявлена некоторая закономерность повышения значений коэффициентов концентрации в приповерхностной части разреза, главным образом за счёт высокого содержания свинца (Кк достигает 3), в связи с чем участок глубиной до 0,7 метров относится к слабо загрязнённому (Рис.2). Такое загрязнение объясняется сорбирующей способностью почвенно-растительного слоя, а также прямым воздействием отрабатываемого карьера на верхние горизонты близ расположенных территорий и непосредственного привноса загрязняющих элементов в процессе добычных буровзрывных работ и транспортировки добываемой продукции. Также, проявлены локальные, весьма высокие содержания мышьяка, которые на глубине около 14 метров характеризуют участок как слабо загрязнённый, а в скважине №633 концентрации мышьяка достигает своих максимальных значений, чем обуславливают загрязнённое состояние данных пород. Такие аномальные и в то же время достаточно редкие проявления мышьякового загрязнения объясняются приуроченностью к рудоносному горизонту, который является мощным источником привноса высоко концентрированных элементов. Следует подчеркнуть, что данное загрязнение является природным процессом преобразования среды. В скважине №642, на глубине 3,8 метров, выявлено высокое содержание цинка, которое оценивает участок как слабо загрязнённый, что обуславливается ожелезнённостью глинистых песков, что в результате приводит к концентрированию иных загрязняющих элементов.

Расчет СПК для элементов второго класса опасности включал медь, бор, кобальт, никель, молибден, олово, хром, стронций. Выявлено, что грунты в скважинах №630, №633 имеют допустимую оценку состояния, а в скважине №642 — как допустимую, так и умеренно-опасную оценку состояния среды.

В скважине № 630 самые высокие значения СПК наблюдаются на глубине до 0,5м в почвенно-растительном слое, прибли-

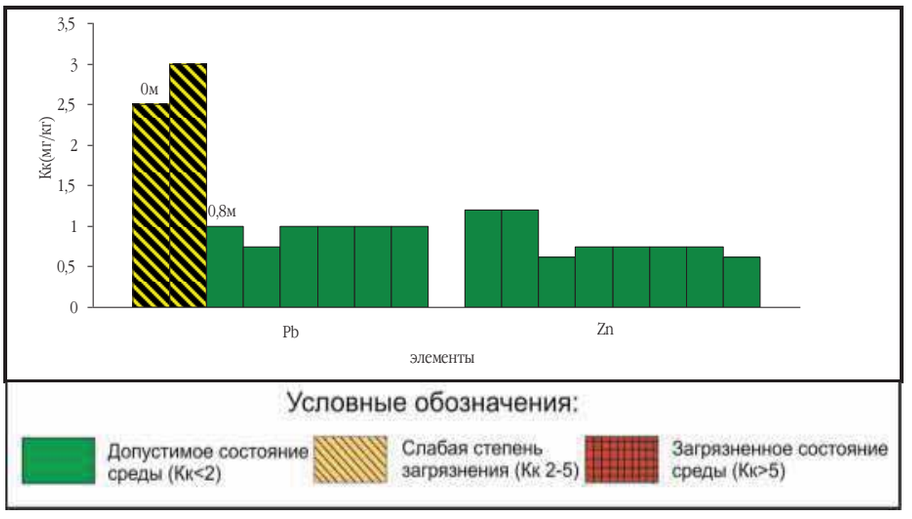


а) б) в)

Рис. 1. Динамика изменения концентраций тяжелых металлов в грунтах зоны аэрации по величине СПК в скв. № 630 (а), скв. № 633 (б), скв. № 642 (в)

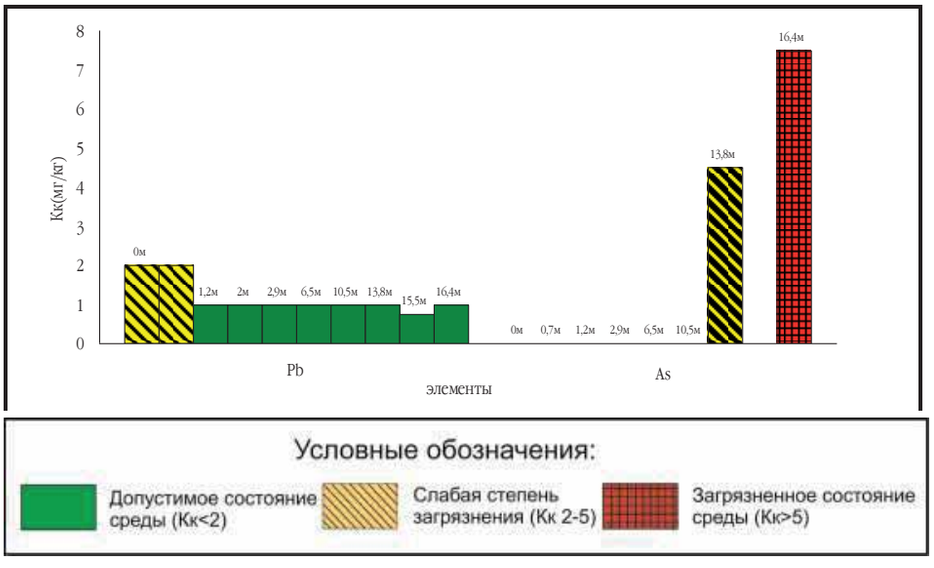
Скважина №630

а)



Скважина №633

б)



Скважина №642

в)

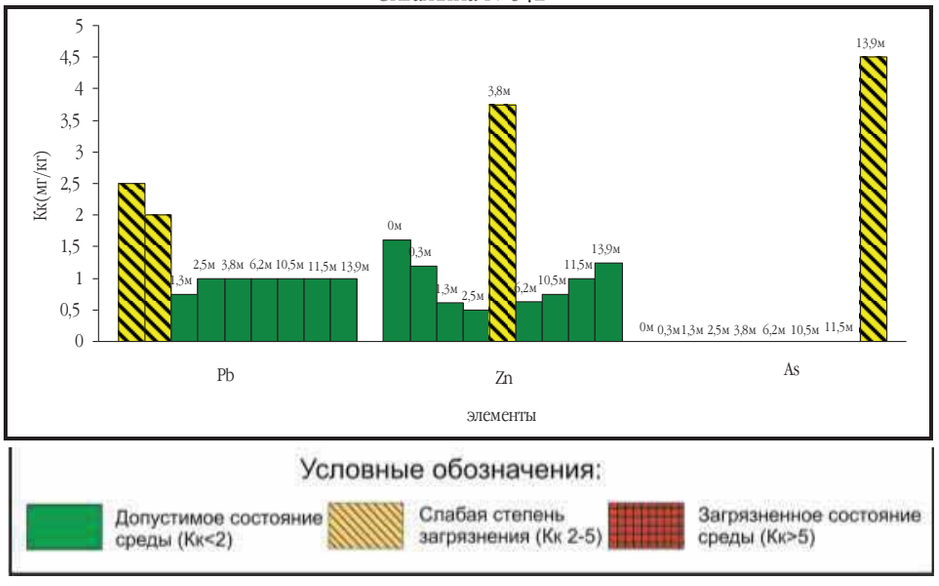


Рис. 2. Диаграмма изменения концентраций элементов 1-го класса опасности по глубине в грунтах зоны аэрации в скв.№630 (а), №633 (б), №642 (в)

жаясь к границе умеренно-опасного состояния. Здесь главным загрязняющим элементом является бор, коэффициенты концентрации которого в пробах достигают 4, а также медь (Кк=2,5) и кобальт (Кк=2,5). В скважине № 633 повышенные значения также наблюдаются в почвенно-растительном слое, на глубине 0,7 м, где суммарный показатель концентрации доходит до 7,25 за счёт тех же загрязняющих элементов, что и в скважине №630. По мере приближения к рудоносному горизонту, на глубине 16,4 метра, в супесях отмечается повышение суммарных показателей концентрации до 2,8, в связи с большими концентрациями молибдена (Кк=2,5). В свою очередь, в скважине № 642 на глубине до 0,3 м в ПРС фиксируются высокие значения суммарных показателей концентрации, непосредственно на поверхности (0,2 м) СПК достигает 8,85, в этой связи оценка состояния среды здесь характеризуется как умеренно-опасная. Основными химическими элементами, за счёт которых проявляются высокие значения СПК, являются: бор (Кк=5), кобальт (Кк=3,1) и медь (Кк=2,5). На глубине 0,3 м концентрации значительно уменьшаются, СПК здесь составляет уже 5,4, главным образом за счёт B (Kk=3) и Cu (Kk=2,5). Состояние среды оценивается как допустимое (на глубинах 11,5м значения СПК уменьшаются до 1,2 — 1,0). По мере приближения к рудоносному горизонту проявляются повышенные коэффициенты концентрации кобальта и хрома (1,5 — 2,0) и на глубине 11,5 м СПК составляет 2,3 в условиях допустимого состояния среды.

Расчет СПК для элементов третьего класса включал барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций. Проведенный анализ показывает, что грунты зоны аэрации имеют допустимую оценку состояния. Так в скважине № 630 значение суммарных показателей концентрации возрастает до 2,5 только в суглинках, на глубинах 0,8 м и 3,0 м за счёт вольфрама, концентрации которого проявлены локально именно на этих глубинах (Кк=2,5). В скважине № 633 не наблюдаются повышения суммарных показателей концентрации и все они приближаются к 1. Однако в скважине № 642, на глубине 3,8 — 4,0 метра, также как и для элементов 1-го и 2-го классов опасности, в ожелезнённых глинистых песках наблюдаются превышения за счёт вольфрама (Кк=4), СПК составляет 4,15. В рудоносном горизонте, на глубине 13,9 м, в связи с повышением значений концентраций ванадия в пробе суммарный показатель концентрации составил 1,92.

Расчёт значений элементов, не отнесённых к классу опасности, показал высокое содержание висмута в суглинках (Кк=20) и фтора в супесях (Кк=10,4), проявленное локально.

В целом выделяется три основных геохимических барьера. Так максимальная проявленность загрязнителей наблюдается в приповерхностной части, в почвенно-растительном слое, глубиной до 0,7 метров. Ведущими загрязнителями здесь являются Pb, B, Co, Cu. Это объясняется способностью почвенных отложений, как поля деятельности флоры и фауны, накапливать в себе вредные загрязняющие элементы за счёт образования органоминеральных комплексов. В качестве источника загрязнения здесь рассматривается поверхностный, техногенный привнос. В роли второго геохимического барьера выступают ожелезнённые глинистые пески (только в скважине №642), на глубине 3,8 метра, которые в силу своей ожелезнённости способны сорбировать вредные вещества и в свою очередь являются природным источником поступления в среду различного рода загрязнителей, в нашем случае, таких, как Zn и W достигающих здесь своих максимальных значений концентрации. Третий геохимический барьер прослеживается на глубинах 15,0-16,0 метров и приурочен к рудоносному горизонту, где происходит множество окислительно-восстановительных, кислотно-щелочных, глеевых процессов и иных реакций изменения среды. Таким образом, рудоносный горизонт можно обозначить как природный источник поступления загрязняющих элементов и в свою очередь специфичный геохимический барьер, обладающий мощными сорбционными свойствами. Результатом данного преобразования среды является возникновение и накопление таких токсичных элементов, как As, Mo, Cu, V, Co и др.

По результатам проведенных инженерно-экологических изысканий, можно сделать следующие обобщения о степени воздействия ИДиП КС на грунты зоны аэрации:

- разработка карьера Ситовского участка Сокольско-Ситовского месторождения известняков формирует загрязнение грунтов зоны аэрации главным образом за счёт таких элементов, как свинец, бор, медь, кобальт, хром. Образование данных загрязнителей является результатом антропогенного воздействия, трансформация среды здесь носит техногенное характер. Максимальное концентрирование элементов отмечено для первого геохимического барьера, приуроченного к почвенно-растительному слою, который имеет высокий уровень загрязнения хромом и свинцом.
- в результате природных процессов в грунтах зоны аэрации накапливаются такие токсичные элементы, как As, Mo, V и т.д. Для пород вскрыши характерно накопление меди и кобальта на первом и третьем геохимических барьерах. Здесь отмечается уменьшение значений с глубиной. Таким образом, на поверхности концентрации достигают своих максимальных показателей, а на глубине эти показатели значительно уменьшаются, но всё же превышают уровень естественного фона, что свидетельствует о их преимущественно техногенном привносе. Осаждающаяся на почвенных отложениях карбонатная пыль ведет к формированию характерной ассоциации химических компонентов. Загрязняющие элементы с поверхности мигрируют в нижележащие горизонты.

Литература:

1. *Ахтырцев, Б.П., Сушков В.Д.* Почвенный покров Липецкой области // Воронеж: Изд-во ВГУ. — 1983. — 264 с.

2. *Косинова И.И, Барабошкина Т.А, Косинов А.Е., Ильяш В.В.* Экологическая геология Курской магнитной аномалии (КМА) // Воронеж: Изд-во ВГУ. — 2009. — 216с.

2. *Протасова Н. А, Щербакова А.П.* Микроэлементы (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Be, Ba, Sr, B, I, Mo) в черноземах и серых лесных почвах Центрального Черноземья // Воронеж : Изд-во ВГУ. — 2003. — 368 с.

3. *Трофимов В.Т.* Эколого-геологическая система, ее типы и положение в структуре экосистемы. — Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. — 2009. № 2. С. 48-52.

4. *Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г, Барабошкина Т.А. и др.* Экологические функции литосферы Под ред. В.Т.Трофимова. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000. 432 с.

Запорожченко Э.В., Скок Л.Л.
ОАО «Севкавгипроводхоз», Пятигорск, skgvh@skgvh.ru, leos-kok@yandex.ru

ТАМБУКАНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ ЛЕЧЕБНЫХ ГРЯЗЕЙ: СОВРЕМЕННОЕ ПОЛОЖЕНИЕ, ПУТИ УСТРАНЕНИЯ УГРОЗ ДЕГРАДАЦИИ

Соленые озера Большой и Малый Тамбукан расположены на границе двух субъектов Российской федерации: Ставропольского края и Кабардино-Балкарской Республики, в 12 ки-

лометрах юго-восточнее города Пятигорска. Граница между Ставропольским краем и Кабардино-Балкарской Республикой пересекает акватории озер с запада на восток и юго-восток по длинной оси на протяжении более 2500м.

Озеро Большой Тамбукан является основным источником централизованной добычи лечебной грязи для курортов Кавказских Минеральных Вод, Нальчика и ряда других городов России. Лечебная грязь озера относится к типу иловых сульфидных высоко-минерализованных, обладающих ценными лечебными свойствами. Подсчитанные в результате детальной разведки по категориям В и C_1 величины балансовых запасов лечебных грязей (Ставропольская часть месторождения) по состоянию на 01.08.2005 года в сумме (по промышленным категориям) составляют 328,9 тыс. $м^3$, что обеспечивает современную потребность недропользователя ОАО «Кавминкурортресурсы» в лечебной грязи на срок не менее 50 лет.

До 1990 г. из месторождения добывалось 8-10 тыс. $м^3$ грязи в год. В последние годы добыча грязи не превышает 2 тыс. $м^3$ в год по ряду объективных и субъективных причин, в том числе:

- изменения в 90-х годах XX века социально-экономической обстановки в стране и, как следствие, уменьшение наполняемости санаторно-курортного комплекса КМВ;
- расширения возможностей населения для отдыха и лечения на заграничных курортах;
- разработки и популяризации новых методов грязелечения (грязевые аппликаторы, вытяжки и другие медицинские и косметические препараты на основе Тамбуканской грязи), дающих возможность приема грязевых процедур в амбулаторных (домашних) условиях и профилакториях по месту жительства.

Тем не менее, в перспективе даже существующие малые объемы добычи кондиционной иловой сульфидной лечебной грязи находятся под угрозой в связи с развитием обстановки, процессы которой могут привести к прекращению генерации в нем лечебной грязи — на протяжении последних 40 лет уровень воды в озере постоянно повышается, с увеличением объема воды и расширением акватории.

Направленное многолетнее прибавление пресной воды с поверхностным стоком в замкнутую котловину Большого Тамбукана привело к уменьшению минерализации рапы и грязевых растворов в озере, привносу нежелательных крупнообломочных примесей в илистые грязи за счет волнового разрушения берегов и сноса вредных веществ с удобряемых сельскохозяйственных угодий и прилегающей автомагистрали; подмыву полотна государственной автомагистрали «Кавказ», образованию оползней, перераспределению в биоценозе и изменению биогеохимических условий грязеобразования в экосистеме озера, ухудшению экологической обстановки и усложнению грязедобычи в связи с увеличением глубины водоема и др.

В 2011 г. глубина и объем воды в озере достигли рекордных величин за весь непрерывный период наблюдений (с 1971 г.). Так, весенний подъем уровня воды в озере превысил 1,0 м и достиг критических параметров — были затоплены никогда ранее не испытывавшие этого береговые участки и прибрежные технологические сооружения участка грязедобычи ОАО «Кавминкурортресурсы». В 2012 г. подъем уровня воды продолжился и по среднегодовому значению превысил отметку предшествующего года на 0,074 м. Среднегодовая минерализация рапы при этом уменьшилась и составила 24,54 г/л (рис.1).

Наблюдаемые явления и процессы обусловлены изменениями тренда климато-гидрологического режима на прилегающей к озерной котловине территории. Весьма существенное значение имеет и фактор антропогенного воздействия на ландшафт и всю мезоэкосистему Тамбуканских озер и сопредельных территорий (ранее имеющая степной характер котловина озер ныне окружена искусственными лесонасаждениями 40-50 летнего возраста). К числу основных загрязнителей (сельскохозяйственные предприятия, посевные площади которых расположены во второй зоне санитарной охраны озера, функционирование автомагистрали) добавились действия предпринимателей, решивших освоить и территорию первой зоны санитарной охраны.

Примером последних нарушений режима первой охранной зоны является организация рекреационных участков с купанием в озере, капитальное строительство на береговой территории с выходом на акваторию сооружений, не связанных с эксплуатацией месторождения и т. п., что напрямую запрещено Постановлением Правительства РФ № 1425 от 07.12.1996 г. «Об утверждении Положения об округах санитарной и горно-санитарной охраны лечебно-оздоровительных местностей

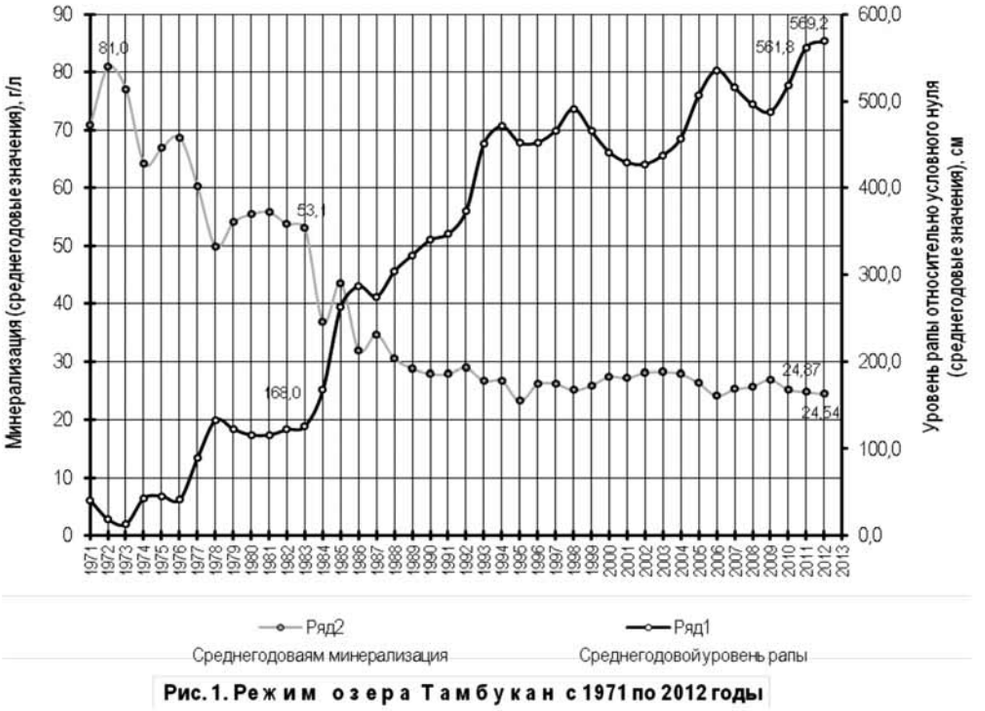


Рис. 1. Режим озера Тамбукан с 1971 по 2012 годы

и курортов федерального значения» и другими документами и наносит ущерб природным лечебным ресурсам.

В 2011 г. на перешейке между озерами Большой и Малый Тамбукан неустановленными лицами была самовольно прорыта дренажная (сбросная) канава (впоследствии ликвидированная) для спуска воды из озера с целью снижения его уровня и предотвращения подтопления осваиваемых бизнесом прилегающих территорий.

В условиях усиливающегося антропогенного влияния на формирование основного целебного ресурса озера Тамбукан — лечебной иловой сульфидной грязи — запасы которой не безграничны, очень ранимы и формировались на протяжении тысячелетий, наступил своеобразный «момент истины», когда необходимо принимать неотложные меры по спасению и сохранению уникальнейшего природного объекта Федерального значения.

В настоящее время максимальное негативное влияние на экологическое состояние водосборной площади озера и его прибрежной охранной зоны оказывают:

- Автодорога «Кавказ», проходящая пока по береговому урезу (прямые стоки с автодороги в озеро).
- Антропогенный пресс на веками формировавшийся подземный и поверхностный сток и, в целом, водно-солевой баланс экосистемы (хозяйственная деятельность на водосборной площади и охранных зонах, самовольные мероприятия по отведению в озеро поверхностных, сточных и дренажных вод и др.).
- Отсутствие регулируемой системы водоотведения поверхностного стока с бассейна, гидротехнических сооружений для обводнения Малого Тамбукана.

В отчете о детальной разведке Тамбуканского месторождения лечебных грязей, выполненной фирмой по разведке, охране и технологии использования природных лечебных ресурсов ООО «Геоминвод» по заявке недропользователя ОАО «Кавминкурортресурсы» в связи с необходимостью определения величины запасов лечебных грязей по промышленным категориям в границах выделенного горного отвода, находящегося в пределах Ставропольского края, с учетом результатов ранее проведенных грязеразведочных работ [1] и данных, полученных при исследованиях лечебной грязи, проводимых в рамках проектирования технологической схемы разработки грязевого месторождения [2], приведены следующие рекомендации по разработке и сохранению водно-солевого режима этого месторождения:

- Для поддержания процесса формирования лечебной грязи на озере Большой Тамбукан и сохранения ее лечебных свойств создать оптимальные экологические условия по минерализации рапы, постоянному уровню воды в водоеме, сохранению анаэробных условий деструкции органических веществ.
- Минерализация рапы должна поддерживаться в пределах 40-60 г/л. Снижение и повышение границ таких пределов следует считать критическим. Уровень воды в водоёме должен находиться не выше 2 — 3 м над условным нулём водомерной рейки.

Это требует проведения:

- мероприятий, направленных на обеспечение устойчивости водно-солевого режима озера, предусматривающих возможность регулирования поступления в него поверхностного стока;
- мониторинга за водно-солевым и гидрологическим режимом водоема и бассейна;
- мероприятий по нормализации санитарного состояния водосборной площади.

В 1987-1988 г.г. институтом «Севкавгипроводхоз» (г. Пятигорск) были выполнены проектные проработки (Основные положения. Технико-экономический расчет) и разработаны рекомендации по строительству «комплекса гидротехнических сооружений для регулирования уровня воды в оз. Тамбукан...». В 2002-2003 г.г. по Госконтракту №46 им же проводились «Научно-исследовательские работы по предотвращению деградации месторождения лечебной грязи оз. Большой Тамбукан на основе изучения водно-солевого баланса и способов его регулирования» (НИР). Была выполнена и реализована часть Программы работ, решен ряд вопросов, обоснованы предложения, в том числе вызывавшие ранее сомнения и возражения (по искусственному регулированию водного баланса озера). Работы не были завершены в связи с прекращением их финансирования в 2004 г.

В 2013 г. институтом «Севкавгипроводхоз» издана и передана всем заинтересованным организациям работа [3], содержащая, помимо рассмотренных и анализа текущих проблем, предложение по технической схеме двустороннего регулирования объема и минерализации рапы озера для восстановления генерации лечебной грязи как в многоводные, так и в маловодные годы.

После приостановки упомянутой НИР неблагоприятная ситуация с озером обозначилась как **критическая.** Необходима срочная разработка **Проекта** строительства комплекса гидротехнических сооружений для оптимизации уровня и минерализации воды в озере, его экспертиза и утверждение, без чего не представляется возможным решить вопрос о финансировании работ.

Продолжение НИР в существующей на 2013 г. обстановке не должно быть непреложным предварительным условием для составления Проекта, откладывать который, в очередной раз полагая, что все проблемы решатся «сами по себе », представляется неприемлемым. При этом в состав Проекта должна входить Программа соответствующего мониторинга (за физико-химическим составом и бактериологическим состоянием рапы и грязи, осадками, испарением с водной поверхности акватории озера и уровнями грунтовых вод, состоянием водосборной площади и т.д.), предусмотрено ее финансирование с включением затрат на наблюдения в период строительства и 1-й год эксплуатации в сводную смету осуществления проектных мероприятий.

Ориентировочная стоимость строительства комплекса гидротехнических сооружений для регулирования уровней воды в озерах Большой и Малый Тамбукан 800-850 млн. рублей в ценах 2012 г. [4]. При этом, стоимость проектно-изыскательских работ (включая инженерно-экологические), для составления проектной и рабочей документации на строительство комплекса определяется примерной цифрой в 25 млн. рублей.

Большое Тамбуканское озеро, заключающее крупную грязевую (пелоидную) залежь — единственный и уникальный источник, обеспечивающий курорты Кавказских Минеральных Вод, Кабардино-Балкарии и других районов Северного Кавказа лечебной грязью. Решение проблем, связанных с оз. Тамбукан, является важнейшей задачей как для региона КМВ, так и в целом для Российской Федерации, требующей незамедлительного решения.

Литература:

1. *Перелетов В.М., Скорняков В.А. и др*. Водно-солевой баланс озера Большой Тамбукан. Гидролого-гидрохимические работы за 1965-68 г.г. СКГП «Геоминвод». Москва — Пятигорск, 1968.

2. *Михайлов В.Н., Шкловский О.А.* Технологическая схема разработки Тамбуканского месторождения лечебных грязей. КГГП «Геоминвод», Москва, 1986.

3. *Носов К.Н., Запорожченко Э.В.* О регулировании водно-солевого баланса с целью предотвращения деградации месторождения лечебной грязи озера Большой Тамбукан в особо-охраняемом эколого-курортном регионе Российской Федерации — Кавказские Минеральные воды. ОАО «Севкавгипроводхоз», Пятигорск, 2013. 28 с.

Григорьева И.Ю., Баранов Д.Ю.
Геологический факультет
МГУ имени М.В.Ломоносова,
Москва, ikagrig@inbox.ru

ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Нефтезагрязнённые участки занимают в России достаточно большие по площади территории. Суммарная площадь загрязненных нефтью и нефтепродуктами земель на территории Российской Федерации в 2011 году составила 71,484 тысячи гектаров [2]. К загрязнению земель нефтепродуктами приводят в первую очередь износ оборудования, аварии на транспорте и несанкционированные врезки. В начале 2013 года МЧС России (МЧС России [сайт] URL: http://www.mchs.gov.ru (дата обращения 15.01.2013) предупреждало о высоком риске аварий на магистральном трубопроводном транспорте (нефте, газо- продуктопроводы) на территории шести из восьми федеральных округов страны. Только на месторождениях Западной Сибири прорывы нефтепроводов случаются до 35 тыс. раз в год, при этом официально регистрируются около 3 тыс. аварий с выбросом нефти свыше 1 т. Количество аварий на межпромысловых нефтепроводах за последние несколько лет увеличилось на 20%. Ежегодное увеличение аварийности составляет 5-9% [3].

В настоящее время, согласно нормативам [7], проведение рекультивационных работ осуществляется в два этапа: технический и биологический. Причем, в практику проведения биологического этапа рекультивации нефтезагрязнённых территорий достаточно широко внедряется применение всевозможных бактериальных препаратов. Список подобных препаратов достаточно широк. К сожалению, использование этих препаратов в большинстве случаев оказывается малоэффективным на массивах нефтезагрязнённых грунтов. Подобные выводы сделаны авторами, исходя из наблюдений за опытом применения ряда препаратов на месторождениях Тимано-Печорской и Западно-Сибирской нефегазоносных провинций. Основная причина низкой эффективности заключается в необходимости поддержания для активной жизнедеятельности микроорганизмов, входящих в состав биопрепаратов, положительных температур. Природные условия вышеупомянутых территорий, для которых характерен весьма непродолжительный теплый период, длительное наличие слоя сезонно мерзлых пород, а также зачастую присутствие современного или реликтового слоя многолетнемёрзлых пород, фактически сводят на нет все мероприятия по использованию бактериальных препаратов. И, если эти препараты зарекомендовали себя достаточно хорошо при использовании их в качестве деструкторов компонентов нефти в водной среде (при ликвидации разливов в пределах водоёмов), то их использование в грунтовых массивах, которые и представляют собой нефтезагрязнённые территории, либо не позволяет достичь высоких положительных результатов, либо помогает лишь ускоренными темпами скрыть факт загрязнения.

Анализ проведенных полевых исследований на одном из месторождений Западной Сибири показал, что, несмотря на видимую эффективность применяемых технологий рекультивации, с эколого-геологических позиций направленность протекающих изменений более предпочтительна на участках, оставленных для самовосстановления (таблица 1).

Таблица 1

Содержание нефти в супесчаных грунтах при разных схемах рекультивации территорий в условиях месторождений Западной Сибири

Схема рекультивации территории	Время взятия пробы (календарный год)	Глубина отбора, м	Среднее содержание нефти, %
Самовосстановление	2003	0-0,1	23,9
		0,3	14,8
		0,5	4,3
	2005	0-0,1	14,7
		0,3	7,6
		0,5	2,9
Двухгодичное применение бактериальных препаратов с последующим высевом трав	2007	0-0,1	27,2
		0,3	14,9
		0,5	4,1
	2008	0-0,1	7,4
		0,3	7,6
		0,5	10,0
Трехгодичное применение бактериальных препаратов с последующим высевом трав	2006	0-0,1	29,8
		0,3	15,6
		0,5	2,7
	2008	0-0,1	6,4
		0,3	7,5
		0,5	9,6

Обращает на себя внимание тот факт, что в случае самовосстановления нефтезагрязненных участков характер распределения остаточного содержания нефти не претерпевает существенных изменений: максимальные значения наблюдаются в поверхностных пробах (с глубин до 0,1 м), далее содержание нефти закономерно снижается по глубине. Темпы снижения остаточного содержания нефти заметно ниже, чем на рекультивированных участках, но с течением времени перераспределения загрязнения по разрезу не происходит, и содержание нефти снижается как в поверхностных пробах, так и на глубинах 0,3 и 0,5 м.

Осуществление рекультивационных мероприятий (в соответствии с существующими регламентами), сводящихся к агротехническим подготовительным работам с последующим применением бактериальных препаратов и посевом травянистых растений, приводит к тому, что довольно быстро происходит коренное изменение характера распределения загрязнителя по разрезу. Причем, реализация подобных мероприятий, как в течение двух, так и трёх лет приводит приблизительно к одинаковым результатам: отмечается трёхкратное снижение содержания нефти в поверхностных пробах, но при этом на глубине 0,5 м происходит заметное увеличение содержания загрязнителя. Отмечаемая тенденция нарастания степени загрязнения с глубиной обуславливает необходимость в таких случаях отбора проб и ниже по разрезу. Попадая в более глубокие горизонты, загрязнитель, таким образом, уже надолго сохраняется в грунтовом массиве и представляет собой длительно существующий источник вторичного загрязнения. И, что самое опасное в таком случае, многократно увеличивается вероятность его попадания в подземные водоносные горизонты, где справедливой оказывается, ставшая уже общеизвестной, фраза о том, что «каждая капля нефти делает непригодными для использования 25 литров воды».

Во многих случаях и применяемые на нефтезагрязнённых территориях агротехнические мероприятия, предшествующие биологическому этапу, вызывают, на наш взгляд, также серьезные опасения. Эти мероприятия направлены на создание благоприятных условий для биорекультивации. Они заключаются в фрезеровании или вспашке с полным оборотом пласта. Как известно [6], такая вспашка, столетиями культивирующаяся в оте-

чественном земледелии, нарушает естественные законы почвообразования и внутрипочвенные взаимосвязи, поскольку верхние горизонты почвы заселены аэробной биотой, требующей для жизни кислород, а нижние горизонты, наоборот, - анаэробной биотой, для которой кислород губителен. С оборотом пласта почвенная биота становится нежизненной и погибает, превращая пахотный слой в полуинертную порошкообразную массу, нарушая внутрипочвенные взаимосвязи. Чтобы после такого вмешательства восстановить равновесие, требуется систематическая бесплужная обработка в течение 5-10 лет. Применение подобных агротехнических приёмов на нефтезагрязнённых территориях способствует лишь захоронению на глубину менее опасного, но более очевидного поверхностного загрязнения.

И, как бы нам не нравилось сравнение с человеческим организмом, но оно в этом случае достаточно уместно и красноречиво. Несмотря на стремление соблюдения главного принципа рекультивации: не нанести экосистеме больший вред, чем тот, который уже нанесен при загрязнении, с эколого-геологических позиций применяемые методы рекультивации представляют собой комплекс мер, которые нацелены на получение мгновенного косметического эффекта, когда поверхностные «болезни» пытаются всеми средствами скрыть и направить вглубь организма. Со скрытыми «болезнями» бороться гораздо сложнее, но их не видно.

Приходится констатировать, что нефтезагрязненные территории представляют собой один из самых сложных и малоизученных объектов рекультивации. Ряд моментов, касающихся возможности применения тех или иных схем рекультивации, до сих пор является спорным и нерешенным. Это вопросы, связанные с поведением нефти в грунтовой толще, ее миграцией, влиянием нефти на свойства грунтов, установлением пороговых значений при применении методов восстановления нефтезагрязненных грунтов.

На основе многочисленных собственных экспериментальных исследований [3] нами был исследован ряд вопросов, касающихся эколого-геологической оценки эффективности применяемых методов рекультивации.

На сегодняшний день подходы к рекультивации нефтезагрязнённых территорий должны быть пересмотрены. Результаты многочисленных научных полевых исследований ряда авторов [1, 4, 5], проводимые в разных климатических зонах страны, показывают, что нефтяные разливы, давностью свыше 4-5 лет (а они составляют большую часть от общей площади имеющихся нефтезагрязненных участков земель), как правило, не являются источниками серьезного вторичного нефтяного загрязнения природной среды на прилегающих территориях. Обусловлено это тем, что все наиболее опасные и токсичные компоненты нефти (летучие, легкоподвижные и растворимые фракции) за указанный период времени исчезают с места разлива (испаряются, выносятся с поверхностными и грунтовыми водами, разрушаются под воздействием естественных физико-химических факторов), а оставшиеся менее токсичные компоненты нефти (малоподвижные средние и тяжелые фракции) либо адсорбируются грунтом, либо в виде вязких и твердых образований оседают на земной поверхности территории разлива. Следовательно, рекультивация таких участков, только исходя из цели их ликвидации как источников вторичного нефтяного загрязнения окружающей природной среды, является экологически не состоятельной, особенно если при этом игнорируются активно протекающие на загрязнённых участках процессы естественного самовосстановления.

В случае массированного применения рекультивационных мероприятий существенно нарушается целостность территорий, как с физической, так и биологической точки зрения. Анализ эффективности рекультивационных мероприятий только по оценке содержания загрязнителя в поверхностных пробах недопустим с эколого-геологической точки зрения. Обязательным является отбор проб с глубин, превышающих первые 50 см от земной поверхности.

Основная же задача, которая должна ставится наряду с поиском наиболее адекватных схем рекультивации, заключается во введении строгого контроля деятельности предприятий нефтедобывающей отрасли и разработка государственной стратегии в отношении потенциальных загрязнителей природной среды нефтью и нефтепродуктами. В первую очередь видится, что причина сложившейся ситуации заключается в том, что в России отсутствует закон «О нефтяном загрязнении», который существует в других странах и определяет ответственность компаний за загрязнение. Процент износа основных фондов в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отраслях составляет порядка 80%. Половина всех российских магистральных трубопроводов эксплуатируется более 40-50 лет, при нормативном сроке эксплуатации в 33 года. Усилия нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих компаний должны быть направлены на замену устаревшего оборудования и сокращение объемов потерь. Существующая ныне практика рекультивации загрязнённых территорий является, по сути, тщетной борьбой с последствиями «болезни», а причины, вызывающие эту болезнь только усиливаются с течением времени.

Литература:

1. *Бондаренко А.Н.* Развитие сельскохозяйственных культур в условиях нефтяного загрязнения почв Астраханской области /В.П. Зволинский, Е.К. Батовская, А.Н. Бондаренко // Земледелие. — 2008. - № 2. — С. 8-9.

2. *Булавинцева А.Д., Мазуркин П.М.* Динамика аварий по площади загрязнения на линейной части магистральных нефтепроводов ОАО «АК «Транснефть»// Современные наукоемкие технологии. — 2011. —№ 3 — С. 27-29.

3. *Григорьева И.Ю.* Нефтяное загрязнение грунтов: инженерно-геологический и эколого-геологический аспекты. Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG (Германия), 2010. —198 с.

4. *Зубайдулин А.А., Фахрутдинов А.И.* Микробиологическая и ферментативная оценка нефтезагрязненных участков биоценозов Нижневартовского района//Наука и образование XXI века: Сборник тезисов докладов Второй окружной конференции молодых ученых ХМАО. Ч. 1. Сургут: Изд-во СурГУ, 2001. - С. 17-20.

5. *Лопатин К. И., Толстограй В. И., Женихов Ю. Н., Суворов В. И., Панов В. В.* Альтернативная технология рекультивации нефтезагрязненных торфяных болот// Оптимизация управления антропогенными воздействиями в целях устойчивого развития северных территорий. Сборник докладов Международного экологического форума. Нижневартовск. 2008. URL: http://www.sibnipirp.ru/files/zhenihov.pdf (дата обращения 02.11.2013).

6. *Новиков Ю.В.* Экология, окружающая среда и человек. М.: Фаир-Пресс, 2005. — 736 с.

7. Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации. ГОСТ 17.5.1.01-83. — Введ. 1984 -01-07. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. — 8 с.

Орлов М.С.
Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, orlov1940@mail.ru

О ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Понятие *ресурсы* достаточно широкое и применяется в различных отраслях науки и техники. Применительно к природным ресурсам чаще говорят о неисчерпаемых или исчерпаемых видах, о минеральном сырье, о водных или о рекреационных ресурсах.

В частности, в качестве меры минеральных ресурсов используются разведанные объемы полезного ископаемого или расходы скважин, эксплуатирующих жидкое или газообразное ископаемое. Представляется, что в настоящее время можно оценить и потенциальные геоэкологические ресурсы — наличие и характеристики внутреннего геологического пространства недр, способного вместить в себя магазинируемые (временно депонируемые) объемы жидких и твердых отходов. Это — новый вид природных ресурсов, используя которые можно ожидать существенный экономический выигрыш.

Россия и, в частности ее Европейская часть, располагает в этом отношении уникальными возможностями, достаточными для магазинирования отходов не только собственного генезиса, но и зарубежных. Под термином *магазинирование* будем понимать временное, до разработки экономически эффективных способов утилизации, размещение отходов в геологических телах при условии изоляции или/и локализации отходов от потока подземных вод на весь срок существования сооружений до магазинирования. Подходящими геологическими телами могут являться: глинистые водоупоры (разделяющие толщи) с большой пористостью и малой проницаемостью, водоупорные толщи, в составе которых имеются набухающие глинистые минералы, существенно снижающие проницаемость пласта; толща зоны аэрации, сложенная слабопроницаемыми отложениями; достаточно мощные толщи покровных суглинков; моренные отложения, многолетнемерзлые толщи; монолитные, нетрещиноватые скальные массивы и др. Стали уже традиционными и успешно работающими полигоны глубинного захоронения промстоков (ПГЗ) в проницаемых терригенных и карбонатных отложениях, хранилища газа и отходов в толщах солей, а также искусственные месторождения подземных вод или пополнения их запасов путем нагнетания в проницаемые пласты пресных вод в аридных или геокриологических условиях. Их так же можно отнести к геоэкологическим ресурсам. Важно отметить, что выше перечисленные способы использования геоэкологических ресурсов глубоких частей разреза показали свою «экологичность», т.е. практическое отсутствие необратимого отрицательного воздействия на сложившиеся в данном регионе экосистемы. Опыт в этой области показал, что альтернативы могут быть в разы или на порядок дороже.

В данной же статье речь идет о верхней гидродинамической зоне, о «геологической среде» верхней части геологического разреза.

Способами магазинирования могут быть:

- открытые полигоны захоронения твердых бытовых и промышленных отходов, оборудованные экранами и финальными перекрытиями, сформированные на месте бывших карьеров;
- высоконагружаемые хранилища отходов на водонепроницаемом основании и с дренажами;
- поглощающие высокопористые слои на надежном водоупоре с боковыми искусственными противофильтрационными завесами;
- могильники для хранения опасных отходов на срок их распада, стерилизации или разложения;
- фильтрующие массивы в стенках карьеров и отстойников (шламохранилищ, хвостохранилищ и др.), пригодные к заполнению пустотного пространства: пор, трещин, стилолитовых швов и т.п.

Из приведенного перечня видно, что геоэкологические ресурсы могут быть естественными или создаваться искусственно. Они могут меняться под влиянием естественных и техногенных процессов. Так, с деградацией мерзлоты ресурсы могут сокращаться, а при захоронении солей и минерализованных промстоков – увеличиваться в связи с ростом пористости и проницаемости глинистых пород.

Основными критериями поиска таких геологических структур, образований, тел, толщ и массивов являются:

- удаленность от водозаборных сооружений,
- восходящий характер перетекания сквозь разделяющие толщи,
- мощные толщи слабопроницаемых отложений – моренные суглинки и глины, озерные ленточные глины, каменный лед, толщи многолетнемерзлых пород и др.

На Европейской части России с указанных позиций интересны:

- области развития многолетнемерзлых пород на Севере (Ненецкий АО, север Коми, север Кольского полуострова и острова в Баренцевом море),
- слабопроницаемые пестроцветные отложения пермской системы,
- преимущественно глинистые отложения триасовой системы,
- конечноморенные суглинки Валдайской возвышенности и Клинско-Дмитровской гряды.

При проектировании полигонов захоронения отходов, отстойников и шламохранилищ обычным делом стало применение противофильтрационных экранов из полимерных пленок или из более дешевых — естественных глинистых материалов: глин и тяжелых суглинков. Нормативными документами рекомендуется в качестве таких материалов использовать породы с коэффициентом фильтрации не более 0,005 м/сут. Этот норматив лишь на первый взгляд представляется жестким. При 30-летнем сроке эксплуатации сооружения с таким экраном фронт загрязненной жидкости может продвинуться от него более чем на 5 км. Между тем в укладке такого рода экрана часто нет нужды, поскольку в толще, например, московской морены или в ленточных отложениях озер можно найти прослои глин проницаемостью менее 0,000005 м\сут. Представляется рациональным придать таким глинам свое название — «экранные глины» и считать особым видом полезных ископаемых.

В связи с разведкой и добычей углеводородного сырья из сланцев выяснилось, что большая часть сланцевых отложений неперспективна для откачки нефти и газа. Однако, можно использовать уже освоенный метод наклонно-направленного бурения и гидроразрыва пласта сланцев из горизонтальных стволов скважин для создания достаточных емкостей под размещение отходов.

При бурении разведочных и эксплуатационных скважин на нефть и газ (Сахалин, Западная Сибирь) буровые шламы и отработанные буровые (глинистые) растворы представляют собой трудно утилизируемые отходы. Представляется рациональной технология заполнения ствола и прискважинного порового пространства этими отходами. Для такого вида депонирования отходов можно бурить специальные скважины рядом с эксплуатационными и разведочными. Для преимущественно песчано-глинистого разреза такой метод удаления отходов и, одновременно, ликвидации скважин представляется экологичным, поскольку при этом выполняется принцип «возврата на место» изъятой горной породы.

Геоэкологические ресурсы, таким образом, понятие широкое и разнообразное. Оно удобно при оценках воздействия на окружающую (в т.ч. геологическую) среду. Им удобно пользоваться при выдаче технических заданий на изыскания и проектирования мер охраны, защиты и реабилитации подземных вод. Важно, что оценка геоэкологических ресурсов проводится с применением уже известных гидрогеологических показателей и параметров.

СЕКЦИЯ «ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ ПАМЯТНИКОВ КУЛЬТУРЫ»

Демкин И.А., Кувшинников В.М.
Гидрогеологический факультет РГГРУ, Москва,
igit-1@mail.ru

ПРОТИВООПОЛЗНЕВЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ НА ЗАПАДНОМ СКЛОНЕ САВВИНО-СТОРОЖЕВСКОГО МОНАСТЫРЯ

Саввино-Сторожевский монастырь находится в г. Звенигород Московской области. Он представляет собой один из наиболее ярких памятников русской архитектуры XVI-XVII в.в. и относится к памятникам федерального значения. Кроме того, монастырь имеет статус ставропигиального, т.е. монастыря высшего разряда, находящегося в прямом подчинении Московской патриархии.

Монастырский ансамбль расположен на высоком левом берегу Москвы-реки на участке впадения в нее речки Сторожи, исторически давшей название памятнику. В сторону долины реки обращен западный склон монастырского холма, имеющий достаточно крутой профиль и представляющий собой в настоящее время залесенную территорию с нарушенной инфраструктурой дневной поверхности. В крест простиранию склона на некоторых участках устроены открытые водосбросные лотки, вода в которые поступает с территории монастыря через трубы, проложенные под пряслами крепостных стен. Рассматриваемые лотки в настоящее время в значительной степени нарушены и через них происходит сосредоточенное замачивание склона.

Проведенные ООО «Инженерная геология исторических территорий» (ООО «ИГИТ») инженерно-геологические изыскания позволили оценить инженерно-геологические условия западного склона и выполнить расчет его устойчивости. Согласно проведенным исследованиям, на всем своем простирании склон не обладает достаточным коэффициентом устойчивости (1,25 для сооружений I уровня ответственности, к которым относится памятник федерального значения).

Для выведения склона из относительно неустойчивого состояния и обеспечения требуемых коэффициентов запаса ООО «ИГИТ» совместно с ООО «Эколандшафт» и ОАО «ВостокГидроЭнергоСтройПроект» (ОАО «ВГЭС-проект») был разработан проект комплекса противооползневых мероприятий, включающий в себя в качестве основных мер следующие:

- выполаживание и планировка склона подсыпкой;
- закрепление основания склона с применением габионных стенок, монтируемых на монолитных железобетонных свайных фундаментах;
- закрепление склона системами грунтовых нагелей;
- поверхностное закрепление склона с применением геоматов и посевом травы.

Согласно выполненным геотехническим расчетам, проведение перечисленных мероприятий позволит повысить коэффициенты устойчивости на всем простирании западного склона до величины не менее 1,25.

Вязкова О.Е.
Гидрогеологический факультет РГГРУ, Москва,
geomusik@yandex.ru

РОЛЬ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА В РАЗРУШЕНИИ ПАМЯТНИКОВ АРХЕОЛОГИИ

Объективно говоря, все дошедшие до настоящего времени археологические памятники находятся в разрушенном состоянии в той или иной степени. Объектов археологии, находящихся в первоначальном состоянии, сохраняющих исходную функциональность, не существует.

Каковы же в целом причины и условия разрушения историко-культурного наследия рассматриваемого типа?

Во-первых, это природные инженерно-геологические условия участка расположения памятника: климат, рельеф, геологическое строение, экзогенные геологические процессы и пр. Строго говоря, к антропогенным факторам их относить нельзя, но в процессах разрушения памятников они играют постоянно ведущую роль.

По такому сценарию разрушаются памятники, расположенные на побережьях рек, озёр, морей, подверженных интенсивным процессам эрозии, абразии, осыпанию, оползанию, обрушению и др. Памятники исчезают вместе с территорией, на которой они располагались. Очень показательным примером служит разрушение античных греческих городов на берегах Чёрного моря и Таманского залива. За последние 2000 лет на некоторых участках береговая линия отступила на несколько сотен метров (расчеты проведены для районов Мысхако и Лобановой щели на побережье полуострова Абрау). Реки и овраги, подмывая берега, сокращают площади находящихся на них поселений (ущерб часто не зависит от современного размера водотока). Позже начинается деятельность выветривания и склоновых процессов.

Во-вторых, человеческая деятельность, направленная на уничтожение археологического объекта в период его функционирования по первоначальному назначению (например, военные действия). Практически вся человеческая история тому подтверждение. Сожженные, разрушенные крепости и незащищённые поселения любых исторических периодов до сих пор обнаруживаются случайно, реже целенаправленно. В настоящее время развивается археология XX века, когда в ходе раскопок находятся нигде не значащиеся сожженные поселения начала 1940-х годов.

В-третьих, человеческие действия по разрушению археологических памятников в постэксплуатационный период с целью заимствования имеющихся строительных материалов для более позднего хозяйственного освоения территории. Городища аланского периода были частично разобраны для более поздних построек. Известняковые блоки и плиты из крепостных стен и храмов Раевского городища (Новороссийский район) использованы казаками при строительстве фундаментов домов станицы Раевской начиная с конца XIX века.

В-четвёртых, разрушение археологических памятников в постэксплуатационный период с целью грабежа. Легендарные богатые захоронения (курганы, мавзолеи, гробницы) подвергались разграблению на протяжении всей истории. В настоя-

щее время грабёж осуществляется «высокотехнологичными» способами с использованием бульдозеров, скреперов, экскаваторов и другой мощной техники. У «черных» археологов существуют излюбленные районы проведения работ и типы археологических памятников, приносящие им стабильно высокий доход. Хотя и у них бывают ошибки. В Новороссийском районе за курганы принимают курганообразные насыпи развалин греческих сторожевых башен, как правило, не содержащих никаких «продажных» ценностей.

В-пятых, разрушение (полное или частичное) археологических памятников в ходе строительства на их месте более поздних (вплоть до современных) зданий и сооружений. В основном, эта проблема связана с территориями крупных древних городов, когда современный город занимает площадь древнего города. Классическими примерами здесь могут служить Псков и Великий Новгород. В Пскове за последнее время построено несколько зданий на культурном слое с его частичным исследованием и неполной выборкой. Даже фундамент-плита в этой ситуации не обеспечивает устойчивость и сохранность построек, а о сохранении и возможности исследования культурного слоя речь уже не идёт. Другим видом губительного строительства является гидротехническое, когда затапливаются значительные территории, а на побережьях водохранилищ длительное время развивается переработка берегов с сопутствующими склоновыми процессами.

В-шестых, ускоренное разрушение сохранившихся элементов археологических памятников в результате неграмотных действий по их реконструкции, реставрации, консервации и пр. К сожалению, подобные работы не всегда выполняются профессиональными, подготовленными сотрудниками или организациями. Сами археологи, руководствуясь своими благими пожеланиями укрепить памятник, зачастую провоцируют его разрушение вследствие изменения условий консервации.

И наконец, в-седьмых, многие современные археологи признают, что памятники некоторых типов (например, курганы) после раскопок просто перестают существовать, т.е. разрушаются археологами в ходе исследований.

Если во взаимодействии природно-археологических систем с геологическими процессами в какой-то момент может наступить равновесие, обеспечивающее сохранность памятников, то антропогенные разрушения любого из рассмотренных типов оказываются для многих памятников фатальными. Из этого, по возможности, надо исходить, планируя мероприятия по сохранению археологической составляющей историко-культурного наследия.

Бондарев М.В., Буфеев Ф.К., Кюнтцель В.В.
Гидрогеологический факультет РГГРУ, Москва

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ И ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЗАПАДНОГО СКЛОНА САВВИНО-СТОРОЖЕВСКОГО МОНАСТЫРЯ

Летом 2013 г. были проведены инженерно-геологические изыскания на склонах холма Сторожи Саввино-Сторожевского монастыря. По результатам работ была составлена карта экзогенных геологических процессов, выделен оползнеопасный западный склон и произведен расчет устойчивости по семи створам.

Геологическое строение было изучено на глубину 20 м. В геологическом строении принимают участие четвертичные и верхнеюрские отложения. Основным деформирующимся горизонтом являются отложения днепровской морены. В гидрогеологическом отношении выделено два водоносных горизонта, приуроченных к пескам разной крупности среднечетвертичного — современного возраста (1-й горизонт) и пескам пылеватым нижне-, среднечетвертичного возраста (2-й горизонт). Помимо оползневого процесса на исследуемом участке отмечаются проявления плоскостного смыва, заболачивания, образование оплывин, оврагообразование и образование промоин. Все процессы, кроме оползневого, имеют подчиненное значение и не влияют на устойчивость склонов. Проявлений карстовых процессов установлено не было. В настоящее время активных оползней не наблюдается. Старые оползни, обнаруженные на западном склоне относятся, к оползням скольжения (консеквентным). Они представляют потенциальную опасность для сооружений монастыря. Основываясь на полученных данных, были выполнены расчеты устойчивости склона. Расчеты, выполненные методами Моргенштерна-Прайса, Бишопа и Джанбу показали, что западный склон Саввино-Сторожевского монастыря неустойчив (K=0,8-1,1) и требует усиления.

Никифоров А.А.
Руководящий комитет по культурному наследию и ландшафтам Совета Европы (СЕ),
Москва, andrei.nikiphorov@mail.ru

ХАРТИЯ ВИКТОРИЯ-ФОЛЛЗ И ПРОБЛЕМЫ ЕЕ АДАПТАЦИИ К РОССИЙСКИМ НОРМАТИВАМ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ИСТОРИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Российская Федерация как полноправный субъект Конвенции об охране всемирного культурного и природного наследия ЮНЕСКО [1] должна руководствоваться руководящими документами ИКОМОС — международной экспертной организации, аккредитованной при Центре всемирного наследия ЮНЕСКО и объединяющей более 9000 специалистов в области сохранения памятников архитектуры из 95 стран мира.

В 2003 г. на 14-й Генеральной ассамблее ИКОМОС в г. Виктория-Фоллз (Зимбабве) была принята Хартия ИКОМОС «Руководящие принципы по изысканиям, консервации и инженерной реставрации памятников архитектуры» (Хартия Виктория-Фоллз).

В настоящее время этот международный документ является единственным в своем роде нормативом по проведению исследований состояния памятников всемирного культурного наследия.

Хартией установлена обязательность междисциплинарного комплексного подхода при проведении изысканий в целях кон-

сервации и инженерного укрепления памятников архитектуры.

Важнейшим методологическим принципом при проведении изысканий объектов культурного наследия должно являться отсутствие нормативного срока эксплуатации зданий-памятников и правовой запрет на их снос или реконструкцию.

Инженерно-геологические условия территорий, на которых размещаются объекты культурного наследия, значительно отличаются от таковых до возведения памятника и вне таких площадок. Здание может кардинальным образом изменить инженерно-геологическую обстановку. Кроме того, согласно положениям Хартии на специфику технологии изысканий влияют длительность периода функционирования памятника, разновременность строительства различных его частей, неоднородность его фундаментов и т.д.

Хартией также установлено, что никакое инженерное вмешательство не может быть предпринято без оценки (прогноза) его возможного негативного влияния на структуру памятника, за исключением чрезвычайного вмешательства, обусловленного риском обрушения здания или сооружения (при этом противоаварийные инженерные технологии должны носить обратимый характер с возможностью демонтажа или замены использованных конструкций).

Кроме того, хартией напрямую запрещается при оценке устойчивости памятника архитектуры использовать нормативные показатели «нового строительства». Необходимо основываться на качественных и количественных данных диагностики состояния, математического и физического моделирования.

Вообще, диагностике состояния («анамнез») и контролю за состоянием («слежение») памятника архитектуры Хартия отводит главенствующую роль.

Чрезвычайно важно отметить, что «анамнестические признаки», позволяющие получить сведения о причине наблюдаемого явления, его начале, течении и вообще обо всем том, что обнаруживалось в конструкциях памятника с момента его возведения, не входят в методический арсенал обычных исследований инженера-геолога. Однако. ретроспективный анализ состояния объекта культурного наследия, согласно Хартии Виктория-Фоллз, должен составлять один из важнейших элементов инженерно-геологических исследований памятника архитектуры.

Сформулированные требования к изысканиям определяют современную европейскую тенденцию в сфере реставрации, заключающуюся в использовании наблюдательного метода проектирования, концептуально основанного на постулатах синергетического адаптационного развития исторических техно-природных систем «памятник-среда». При этом проект может пересматриваться во время реставрации с учетом данных мониторинга.

К сожалению, вся российская расчетная база по-прежнему основывается прежде всего на СНИПах, в основе которых лежит стандартизация типового строительства 60–80-х годов XX века, что неприменимо к мероприятиям по инженерным изысканиям и консервации несущих конструкций памятников архитектуры.

Все работы по сохранению (реставрации) в Российской Федерации согласно Федеральному закону «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» проводятся в соответствии с реставрационными нормами и правилами (специальными техническими регламентами), утверждаемыми федеральным органом охраны памятников истории и культуры.

В настоящее время, до окончания установленного Федеральным законом о техническом регулировании срока, продолжает действовать РНиП 1.02.01-94 «Инструкция о составе, порядке разработки, согласовании и утверждении научно-проектной документации для реставрации недвижимых памятников истории и культуры».

К сожалению, инженерным изысканиям (диагностике состояния) в этом нормативном документе отведено всего несколько строк. А нормы и правила, регламентирующие технологию изысканий в строительстве не в полной мере удовлетворяют требованиям, предъявляемым к качеству получаемой информации при изысканиях для такой специфической группы объектов как памятники истории и культуры.

Свод правил СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства» не в полном мере удовлетворяют требованиям, предъявляемым международными документами к объектам капитального строительства, являющимся памятниками архитектуры.

Разрабатываемые в настоящее время Правила инженерно-геологических изысканий (исследований) для сохранения объектов культурного наследия (ГОСТ Р) фактически являются первым российским нормативным документом по инженерным изысканиям для исторических памятников приближенным к Хартии Виктория-Фоллз.

Принятие данного стандарта позволит принимать меры по реставрации зданий и сооружений, являющихся объектами культурного наследия, с минимально возможными затратами сил на проектирование и средств на инженерные технологии стабилизации и консервации.

Литература:

1.Конвенция об охране всемирного культурного и природного наследия ЮНЕСКО Свод нормативных актов ЮНЕСКО.- М.: Международные отношения, 1991.

2. Charte ICOMOS «Principes pour l'analyse, la conservation et la restauration des structures du patrimoine architectural». Victoria Falls, Zimbabwe, 2003.

Пашкин Е.М.
Гидрогеологический факультет РГГРУ, Москва,
pashkin44@mail.ru

ИДЕОЛОГИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ДЕФОРМАЦИИ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ

Инженерно-геологическая оценка исторических природно-технических систем (ИПТС) — реальных систем, просуществовавших не одно столетие, должна иметь свои специфические методы и нормы их исследований. За это время между ними и геологической средой установились функциональные связи, подвергавшиеся не раз воздействию случайных техногенных и природных факторов. К настоящему периоду в зависимости от уровня функционирования этих связей исторические природно-технические системы оказались в разной степени сохранности и устойчивости. Происходившие в течение столетий изменения рельефа и его структуры, гидрогеологических условий, гидрографической сети, формирование техногенных накоплений на исторических территориях значительно возросли в промышленную эпоху и, особенно в прошедшее столетие. Их следствием стало нарушение равновесного состояния в ИПТС “памятник архитектуры — геологическая среда” и резкое ухудшение условий их дальнейшего функционирования.

Грамматика исследований объектов культурного наследия и диагностика их состояния должны формировать свои правила, во многом опирающиеся на информацию обратной связи исторических реальных систем. Это важное положение должно отражать существо сложившихся взаимоотношений элементов исторических систем в рамках их организованности, способной сохранять их устойчивость, и информировать об этом применительно к различным периодам их жизни.

В 80-е годы прошлого столетия в России были отработаны основные требования к диагностированию состояния памятников архитектуры. В общем виде они ограничивались сбором и анализом историко-архитектурной и инженерно-геологической информации по территории памятника и должны быть направлены на выявление изменений условий в сфере взаимодействия памятника и дефектов, возникших за период его существования. При этом особое место отводилось выполнению специальных инженерно-геологических исследований причин деформаций памятников архитектуры, позволявших при отсутствии их стандартизации, получать необходимую информацию

Условия сохранения памятников архитектуры, обусловленные многовековыми естественными изменениями исторических территорий, осложняются развитием техногенных процессов. Скрытый характер развития этих процессов, неполнота знаний о них не позволяли выявить в течение длительного периода направленность их действий, масштаб внесенных изменений в структуру грунтов оснований, несущих конструкций памятников архитектуры, системы в целом. Результаты действия скрытых процессов (в виде результатов различных взаимодействий) отмечаются лишь после возникновения тех или иных деформаций в конструкциях здания памятника архитектуры или деструкции грунтов основания.

Особенность ИПТС заключается в том, что их структура отличается от структур составляющих их элементов, объединение которых в одно целое не есть простое сложение. Исторические системы представляют собой качественно иное целое с другими условиями согласования между их элементами, формировавшиеся столетиями и не надо забывать слова Аристотеля о том, что «целое важнее частей его составляющих». В таком случае мы вынуждены прибегать к изучению проявления системных свойств, т.е. свойств, которых нет в отдельности у каждого из взаимосвязанных элементов ИПТС. Это предопределяет необходимость оценивать совместную работу несущих конструкций памятников архитектуры и грунтов основания, опираясь на непосредственное отражение реальных событий и процессов в них (перципирование), а не оценивать только отдельные свойства элементов ИПТС. Их перцептивные свойства, непосредственно отражающие сложившиеся условия взаимосвязи конструктивных составляющих ИПТС, особенно с геологической средой, позволят более полно отражать их взаимодействия.

Инженерные исследования на объектах культурного наследия включают в сферу интересов не традиционные для инженерной геологии исследования, а изучают причинно-следственные отношения конструктивных элементов с инженерно-геологическими процессами. В рамках инженерно-геологической диагностики такой подход требует расширения приложений инженерной геологии в области сохранения архитектурного наследия. Это требование в первую очередь относится к изучению, полному пониманию и осмыслению результатов взаимодействий, которые должны послужить своеобразным инструментом превращения увиденного в замысел управления.

Поэтому получаемый при проведении исследований эмпирический материал должен расширить представление о природе процессов, протекающих в элементах ИПТС, о степени их поражения тем или иным заболеванием для принятия необходимых технических решений по их нейтрализации или стабилизации системы в целом. В этом случае мы сталкиваемся с действием, подпадающим под междисциплинарное понятие, — диагностика — направленным на выявление причин нарушения устойчивости ИПТС. Это то, что в течение всего периода существования памятника архитектуры никогда не проводилось. Фактически с привлечением диагностики мы с чистого листа начинаем вести историю болезни зданий памятников архитектуры.

В связи с этим. инженерно-геологическое диагностирование причин деформации памятников архитектуры, как особый вид деятельности де-факто должно быть оформлено в специальный объяснительный принцип с разработанной методологией этих исследований. Эти исследования должны быть включены в разрабатываемую в настоящее время 5-ю редакцию Свода реставрационных правил СРП- 2007 «Рекомендации по проведению научно-исследовательских, изыскательских, проектных и производственных работ, направленных на сохранение объектов культурного наследия народов Российской Федерации».

Таким образом, в этой области деятельности инженерная геология приобретает определенное диагностическое амплуа, которое в первую очередь должно определить уровень профессионализма и универсализма специалистов, поскольку методы исследований имеют специфическую направленность. Подобные требования следует отнести и к специалистам, принимающим решения по стабилизации ИПТС техническими средствами в рамках проведения инженерной реставрации. Они должны быть надежными врачевателями. В основу их деятельности должны быть положены гомеопатические принципы: во-первых, «лечение» осуществляется подобными лекарствами, т.е. принцип реституирования (возвращение утрат) несущих элементов системы должен стать одним из главных, и, во-вторых, это «лечение» необходимо осуществлять дозированными техническими средствами.

Таким образом, для разработки обоснованного проведения инженерной реставрации, учитывающей причинно-следственные связи в ИПТС, инженерно-геологическая диагностика играет важнейшую роль, позволяющую объяснить наблюдаемые признаки деформаций. Она является самостоятельным разделом инженерной геологии, обладает собственной методикой и служит основой геологической составляющей инженерной реставрации памятников архитектуры, а ее внедрение в практику реставрационных работ позволит осуществлять полноценное обследование технического состояния конструкций и изучение снижения несущей способности грунтов основания.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Бершов А.В.[1-2], Томс Л.С.[3]
[1] МГУ им.М.В.Ломоносова, Геологический факультет
[2] ООО «Петромоделинг», info@petromodeling.com
[3] Институт Геоэкологии РАН им.Е.М.Сергеева

КОНЦЕПЦИЯ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ТЕРРИТОРИИ ОБЪЕКТОВ РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ХРЕБТАХ ПСЕХАКО И АИБГА

В настоящее время при производстве ГТМ (геотехнический мониторинг) на объектах расположенных на хребтах Псехако и Аибга начинает складываться подход к организации наблюдений и исследований, предусматривающий группировку объектов на основе реализуемых этапов строительства сооружений (титулов) и принадлежности различным организациям застройщикам. В результате создаются предпосылки для дублирования состава и объёмов работ по ГТМ в отношении объектов, входящих в состав разных этапов строительства, но расположенных на одной территории и в одинаковых инженерно-геологических условиях. Учитывая то, что ГТМ на объектах разных этапов начинается в разные сроки и может производиться различными подрядными организациями, это может привести не только к ничем не оправданному перерасходу финансовых средств, но и к взаимной нестыковке результатов ГТМ, проводимого различными способами на одной территории. Другой негативный аспект, выявленный практикой работ по ГТМ на конкретных объектах, заключается в недостаточном учете при проведении ГТМ инженерно-геологических условий на территории, прилегающей к наблюдаемым объектам, но не охваченной инженерными изысканиями, а также на участках, расположенных за границами этапа строительства.

Предлагаемая концепция предполагает построение схемы ГТМ для всех объектов, требующих наблюдений, вне зависимости от границ и состава этапов строительства. Главным достоинством данной схемы мы видим разработку комплексного подхода к производству ГТМ. Его задачи — обеспечить унификацию применяемых методик и технологических схем при решении аналогичных задач на различных объектах наблюдения, обеспечить унификацию результатов наблюдений и аккумулирование полученных результатов в единой базе данных. Использование в работе современных геоинформационных систем (ГИС) позволит существенно облегчить сбор и совместную обработку большого количества разнообразных данных, улучшить визуализацию полученных результатов и грамотно организовать планирование работ в разных местах и на разных этапах их проведения.

Основной задачей ГТМ является информационное обеспечение безопасности строительства и эксплуатации сооружений в течение всего срока службы.

Среди возводимых в районе Красной Поляны сооружений можно выделить следующие морфологические типы объектов, требующие различных методов проведения ГТМ:

- линейные сооружения: автомобильные дороги, трассы коммуникаций, лыжные трассы, протяженные подпорные стены различного типа, элементы противоэрозионной защиты;
- площадные сооружения: стадионы, станции канатных дорог, гаражи ратраков, автомобилей, гондол, насосные и пожарные станции, коттеджи и т.п.;
- точечные сооружения и их группы: опоры канатных дорог, антенно-мачтовые сооружения, анкерные поля, малые подпорные стены и проч.

Общее количество возводимых объектов ориентировочно составляет 500-1000 шт., включая сооружения инженерной защиты.

Принципы группировки объектов наблюдений, исходя из парагенезов геологических опасностей

Основной объектной единицей для проведения ГТМ должен стать комплекс сооружений. Под комплексом сооружений понимается совокупность различных объектов строительства, сгруппированных в зависимости от расположения их в одинаковых инженерно-геологических условиях. Именно этот критерий группировки должен являться, по нашему мнению, доминирующим вне зависимости от принадлежности объекта к этапу строительства или технологической связи объектов.

В основе выделения комплексов сооружений должно быть использовано расположение объектов в пределах:

1) Различных структурно-фациальных зон, т.е. тектоническое районирование. Особенности структуры и условий формирования пород основания окажут непосредственное влияние на формирование макроформ (хребты, склоны хребтов, долины крупных рек) рельефа местности и разнообразие поверхностных процессов. Анализ тектонического районирования территории целесообразно проводить в масштабе 1:200 000-1:50 000;

2) Следующим по рангу критерием отбора должно стать положение объектов в пределах сходных по литологическому составу геологических тел дочетвертичного возраста, чаще всего представленных скальными и полускальными разностями (свит, серий) и отвечающих этим подразделениям крупных геоморфологических элементов. Анализ геологического строения территории, распространения литологических комплексов и связанных с ними макроформ рельефа целесообразно проводить в масштабе 1:50 000-1:25 000;

3) Дальнейшее увеличение масштаба исследований позволит перейти к анализу микроформ (овраги, оползневые и другие склоновые тела, аллювиальные и селевые террасы) рельефа и, соответственно, к экзогенным процессам (эрозия, выветривание, оползнеобразование, селеобразование, аккумуляция) их порождающим. Схемы экзогенных процессов целесообразно составлять в масштабе 1:5 000;

4) Сопутствующий анализ вещественного состава и областей распространения четвертичных отложений позволит перейти к выделению из стратиграфо-генетических типов, чаще всего представленных дисперсными крупнообломочными грунтами часто с суглинистым заполнителем и являющихся основанием большинства зданий и сооружений.

Здесь же необходимо добавить, что в условиях резко расчлененного рельефа следует учитывать также и климатический фактор, который, несомненно, внесет свой вклад в развитие четвертичных отложений, поверхностных процессов и форм рельефа.

Произведенный таким образом анализ рассматриваемой территории позволит составить достаточно подробную инженерно-геологическую карту (масштаба 1:25 000-1:5 000) районирования опасных геологических процессов, на основании которой с учетом особенностей объектов строительства и будут выделены комплексы сооружений для проведения ГТМ. По предварительной оценке количество таких комплексов составит не более 15-20 на весь район работ

Анализируя расположение объектов строительства относительно выделенных тектонических, геологических, крупных геоморфологических элементов, а также преобладающих

в тех или иных зонах экзогенных процессов можно выделить следующие основные критерии геологической опасности (за исключением сейсмичности распространенной повсеместно): нахождение объектов строительства:
- в зонах дробления разрывных нарушений;
- в зонах развития оползневых процессов;
- в зонах развития обвальных и осыпных процессов:
- в зонах развития активных эрозионных процессов;
- в зонах развития селевых процессов;
- в зонах развития затоплений;
- в зонах развития снежных лавин.

Методы получения информации

Основные данные для проведения мониторинга могут быть получены в результате проведения дистанционных наблюдений с использованием данных дистанционного зондирования (ДДЗ) поверхности земли, а также проведения геодезических, геологических и геофизических наблюдений за опасными природными и техноприродными процессами и зданиями и сооружениями, в том числе инженерной защиты.

1. Дистанционные наблюдения

Плановые наблюдения за изменением ситуации на всей территории работ производятся с использованием материалов космической съемки для выявления наличия и развития оползневых, селевых процессов, овражной и речной эрозии, а также степени техногенного воздействия. Использование космосников высокого разрешения, полученных с космических аппаратов GeoEye, WorldView, QuickBird, позволяют с высокой точностью производить качественный визуальный анализ изменений на местности. Использование радиоинтерферометрической стереосъемки, полученной со спутника Terrasar-X или аналогичного позволяет производить количественный анализ смещения масс грунтов с точностью до 10 см.

Для исследований микроформ рельефа и порождающих их поверхностных процессов особую ценность представляют материалы воздушного лазерного сканирования. Их использование позволяет при относительно небольших финансовых затратах в кратчайшие сроки получить высокоточную модель рельефа местности, которая послужит основой для крупномасштабных исследований. Получение подобных материалов традиционными геодезическими методами может оказаться нерентабельным, если не просто невозможным в условиях крутосклонного горного рельефа. Использование же серии материалов наземного лазерного сканирования, полученных с определенным временным интервалом, позволит с легкостью определить динамику развития поверхностных процессов как естественного, так и техногенного происхождения и предсказать возможные тенденции их дальнейшего развития. Учитывая глубокую степень техногенной переработки территории при строительстве зданий и сооружений необходимо в ближайшее время рассмотреть возможность воздушного лазерного 3D-сканирования и получения ДДЗ Земли уже в весенний период после снеготаяния в период максимальной интенсификации опасных природных и природно-техногенных процессов.

2. Наземные геодезические наблюдения

Схема проведения наземных геодезических наблюдений включает в себя

1) Создание сети фундаментальных опорных реперов в количестве 20-30 шт., которые в дальнейшем войдут в единую сеть фундаментальных реперов Псехако-Аибгинской территории мониторинга. Точное планово-высотное положение этих реперов будет определено из многократных измерений относительно спутников и референцных станций. Сбор информации с постоянно действующих приемников будет осуществляться раз в две недели в режиме офф-лайн.

Места закладки реперов следует выбирать с учетом геолого-геодезических факторов по нисходящей (по важности) последовательности:
- на площадках расположенных в различных структурно-тектонических зонах и подзонах, ограниченных тектоническими нарушениями различных порядков (подверженных разнонаправленным вертикальным и горизонтальным движениям);
- на площадках наименее подверженных склоновым (оползневым и т.п.), селевым и эрозионным деформациям;
- на площадках с максимально хорошими условиями для GPS-наблюдений;
- на площадках расположенных не далее 300-400 м от объектов мониторинга в плане;
- на площадках расположенных (по возможности) на примерно одной высоте с объектами мониторинга.

2) Относительно фундаментальных реперов, на которых будут установлены постоянно работающие GPS-приёмники (базовые станции), планируется с применением глобальных навигационных спутниковых систем (GPS) создавать планово-высотное обоснование (временные базисные пункты). Количество базисных пунктов для отдельных объектов или групп объектов составит по предварительной оценке 1-3 (не считая фундаментальных реперов) и будет окончательно определяться во время проведения рекогносцировочных работ в границах конкретного комплекса сооружений. Время спутниковых наблюдений должно обеспечивать получение требуемой НТД точности, достаточной для производства геодезических измерений.

3) на основе базисных пунктов проводятся инструментальные наблюдения полярным (тахеометрическим) способом за вертикальными и горизонтальными перемещениями контрольных геодезических знаков, закреплённых на фундаментах и конструкциях объектов мониторинга — зданий и сооружений, а также наблюдения за проявлениями опасных склоновых процессов с использованием сети заложенных на склонах грунтовых реперов;

4) проведение относительно фундаментальных реперов геометрического нивелирования контрольных геодезических знаков, расположенных на фундаментах особо важных объектов (в случае благоприятных условий расположения объектов);

5) инструментальные методы наблюдений дополняются, а в ряде случаев — замещаются (например, для оценки обвально-осыпных процессов) периодическим наземным лазерным 3D-сканированием минимум с 2 базисных пунктов.

Наземное лазерное 3D-сканирование в любом случае производится на начальном и конечном этапах мониторинга (не чаще 1 раза в 1-2 года) за зданиями и сооружениями и площадями с распространением опасных процессами вблизи техногенных объектов.

Большинство предполагаемых измерений согласно ГОСТ 24846-81 относятся ко второму классу точности с допустимой погрешностью определения смещений до 5 мм по горизонтали и до 2 мм по вертикали. При этом материалы наземного лазерного сканирования имеют точность до 5-10 мм для геодезических контрольных знаков, и до 15 мм — для грунтовых реперов.

В исключительно важных случаях точность измерений может быть повышена до первого класса точности с допустимой погрешностью до 2 мм по горизонтали и до 1 мм по вертикали.

3. Геологические наблюдения

Схема проведения геологических наблюдений включает в себя

1) маршрутные наблюдения с целью выделения и фотофиксации всех видов опасных геологических процессов на участках размещения объекта, для дальнейшей проработки мероприятий и постановки наблюдений на новых выявленных участках зарождения процессов, а также определения интенсивности выявленных природных процессов в очаговых зонах,

потенциально опасных для эксплуатируемых зданий и сооружений.

2) инструментальные наблюдения в скважинах (инклинометрические исследования за развитием оползней) и в шурфах (наблюдение за оползневым давлением на подпорные стены).

3) прямые полевые методы исследования прочностных свойств грунтов (сдвиг целиков, сдвиг крупных монолитов грунта) в расчистках и шурфах, вскрывающих массив вследствие активной техногенной измененности, рассматриваемые как существенная альтернатива косвенным методам (методика «ДальНИИС») массово примененным при изысканиях, но иногда существенно искажающих реальные значения физико-механических свойств, являющих основной построения расчетных схем.

4) заложение сети грунтовых реперов для наблюдения за смещением грунтов в областях распространения эрозии и оползней (съемка производится геодезическими методами).

4. Геофизические наблюдения

Схема проведения геофизических наблюдений включает в себя

1) площадные и линейные геофизические исследования методом электро- и сейсмотомографии (а не методов КМПВ, ОГТ, ВЭЗ, слабо применимых для горных районов с крутопадающими пластами грунтов) для выявления разрывных нарушений, зон повышенной трещиноватости, поверхностей скольжения оползней;

2) геофизические исследования в скважинах (каротаж) методом гамма-каротажа, ОРВП, акустического каротажа — позволяющих абсолютно точно устанавливать положение поверхностей скольжения оползней и ослабления массива в скважинах, на основе этих данных качественно интерпретировать данные линейной геофизики. Наравне с полевыми исследованиями прочностных свойств определение положения зон ослабления и поверхностей скольжения является необходимым критерием для построения качественных расчетных моделей оползней.

5. Сейсмические и климатические наблюдения

Особым моментом является необходимость внесения в модели климатических и сейсмических данных.

Предполагается необходимость организации тесного взаимодействия с частными и государственными организациями проводящими сейсмические и климатические наблюдения, владеющими сетью сейсмических и метеостанций. Такое взаимодействие может быть организовано только с помощью Заказчика, на высоких уровнях управления.

Отсутствие обоих видов данных не позволит осуществлять средне- и долгосрочное прогнозирование (ГОСТ 22.1.06) проявлений опасных природных и техноприродных процессов, являющееся составной часть геотехнического мониторинга за продолжительно функционирующими комплексами зданий и сооружений.

В целом принципиальная схема ГТМ мониторинга на объекта хр. Псехако и Аибга описывающая уровни детализации исследований, источники данных и точности измерений, целевое назначение получаемых данных по отношению к выделяемым группам объектов приведена на рисунке 1.

Предлагаемая схема организации ГТМ составлена согласно ГОСТ 22.1.06 и 22.1.01 для групп сооружений, попадающих в однородные с точки зрения инженерно-геологических процессов условия.

Реализация подобной схемы в границах всего комплекса сооружений горнолыжной и туристической инфраструктуры, с точки зрения разработчиков настоящей концепции, будет по-настоящему эффективна только в случае создания с применением ГИС постоянно действующей модели, интегрирующей результаты всех изыскательских, проектных и управленческих решений, структура которой требует дополнительной разработки. Очевидно, также, что аккумулирование указанных данных в единой информационной базе, разработка и ведение ГИС-модели, организация и координирование и всех работ по ГТМ возможно только при условии создания специальной постоянно действующей службы ГТМ в составе организаций — заказчиков строительства или эксплуатирующих организаций.

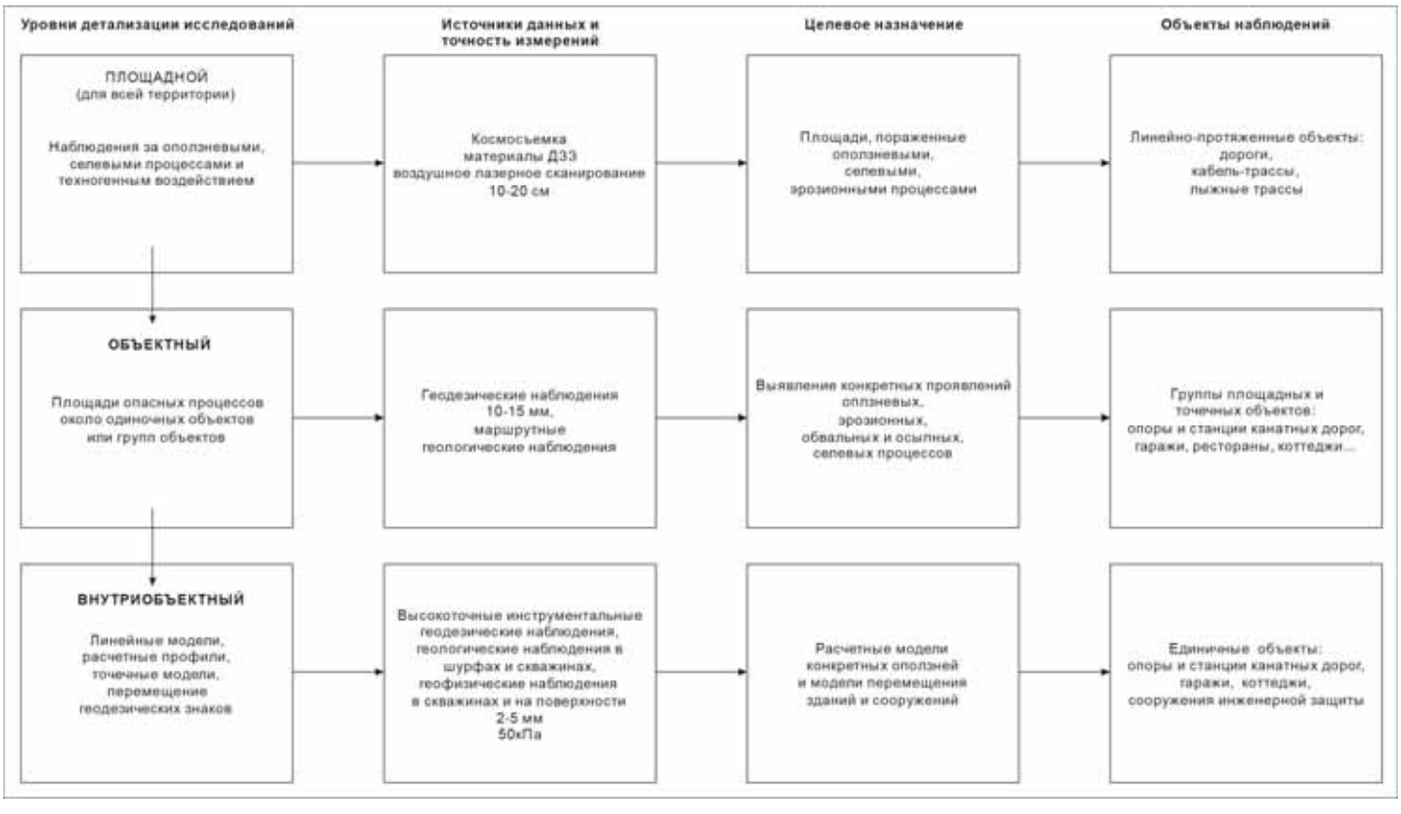


Рис. 1.