

Название журнала		ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ					
Издательство		Геомаркетинг					
Год выпуска	2012	Том		Номер выпуска	1		
Название статьи						Страницы	Цит
ВМЕСТО КОЛОНКИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА							
	ПОДДЕРЖИМ ВЛАСТЬ В БОРЬБЕ С КОРРУПЦИЕЙ					4-5	0
ИСТОРИЯ, ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ							
	ПЛОТИНА МЕДЕО И ЗАЩИТА Г. АЛМА-АТЫ ОТ СЕЛЕЙ. К ИСТОРИИ СОТРУДНИЧЕСТВА НАУЧНОГО СОВЕТА АН СССР ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ГИДРОГЕОЛОГИИ С КАЗГЛАВСЕЛЕЗАЩИТОЙ Шибакоев В.С.					6-14	1
	ИДЕИ М.В. ЛОМОНОСОВА В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ. К 300-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ М.В. ЛОМОНОСОВА Королев В.А.					16-22	0
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ							
	АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ Ревзон А.Л.					24-36	2
ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА							
	ОПАСНЫЕ СМЕЩЕНИЯ В МАССИВАХ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕСТЯХСКОЙ ТЕРРАСЫ РЕКИ ЛЕНЫ Достовалов В.Б., Королев А.А.					38-43	0
	ЛЕССОВЫЙ ПСЕВДОКАРСТ И ОПЫТ УКРЕПЛЕНИЯ ЛЕССОВЫХ МАССИВОВ И ОТКОСОВ ИСКУССТВЕННЫМИ ПОСАДКАМИ РАСТЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЛЕССОВОГО ПЛАТО В ПРОВИНЦИЯХ ГАНЬСУ И ШЭНЬСИ, КИТАЙ) Лаврусевич А.А., Крашенинников В.С., Лаврусевич И.А.					44-54	19
МЕХАНИКА ГРУНТОВ							
	ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ИСПЫТАНИЙ НА ПРОЧНОСТЬ ОБРАЗЦОВ ИЗВЕСТНЯКА ПРИ ОДНООСНОМ СЖАТИИ Фролова Ю.В., Аракчеева Я.А.					56-67	0
КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ							
	КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ					68	0
	БАЗОВЫЕ ПОНЯТИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ. ТРОФИМОВ В.Т., КОРОЛЁВ В.А., ХАРЬКИНА М.А., БАРАБОШКИНА Т.И., КАЛИНИН Э.В., ВОЗНЕСЕНСКИЙ Е.А., АВЕРКИНА Т.И., ЦУКАНОВА Л.А., ЖИГАЛИН А.Д., САМАРИН Е.Н., ВАСИЛЬЧУК Ю.К., ХАЧИНСКАЯ Н.Д., БУСЛАЕВА О.В., НИКОЛАЕВА С.К.; ПОД РЕД. В.Т. ТРОФИМОВА. — М.: ОАО «ГЕОМАРКЕТИНГ», 2012. 328 С					69	0
ПЕРЕЧЕНЬ ПРЕДСТОЯЩИХ КОНФЕРЕНЦИЙ, СЕМИНАРОВ, ВЫСТАВОК							
	ПЕРЕЧЕНЬ ПРЕДСТОЯЩИХ КОНФЕРЕНЦИЙ, СЕМИНАРОВ, ВЫСТАВОК В 2012 ГОДУ					70	0

ПОДДЕРЖИМ ВЛАСТЬ

В БОРЬБЕ С КОРРУПЦИЕЙ

Эта колонка должна была быть посвящена теме, которая волнует всех. Когда мы начали подбирать материалы с изложением позиции первых лиц государства по проблеме коррупции, я понял, что мне самому ничего писать не придется. Достаточно прочитать статьи Председателя Правительства Российской Федерации. Но вот то, что мы с вами можем сделать — это выделить на страницах журналов место для публикации сообщений о коррупции в нашей отрасли. Мы приглашаем всех направлять нам информацию о тех тендерах и договорах, которые вызывают сомнения с точки зрения их коррупционности.

ИЗ СТАТЕЙ В.В. ПУТИНА
(почти к выборам)

Мы должны победить коррупцию

«Административные процедуры, бюрократия исторически никогда не были в России предметом национальной гордости. Известен разговор Нико-

«МЫ БУДЕМ РЕШИТЕЛЬНО ПРЕСЕКАТЬ КОРРУПЦИЮ В ВОЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ, НЕУКЛОННО СЛЕДУЯ ПРИНЦИПУ НЕОТВРАТИМОСТИ НАКАЗАНИЯ. КОРРУПЦИЯ В СФЕРЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ — ЭТО, ПО СУТИ, ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИЗМЕНА»

лая I с Бенкендорфом, в котором царь грозился «каленным железом искоренить мздоимство», на что получил ответ: «С кем останетесь, государь?»

«НАМ НАДО БЫЛО ВОЗРОЖДАТЬ АВТОРИТЕТ И СИЛУ ГОСУДАРСТВА КАК ТАКОВОГО. ВОЗРОЖДАТЬ, НЕ ИМЕЯ ГЛУБОКО УКОРЕНИВШИХСЯ ДЕМОКРАТИЧЕСКИХ ТРАДИЦИЙ, МАССОВЫХ ПОЛИТИЧЕСКИХ ПАРТИЙ И ЗРЕЛОГО ГРАЖДАНСКОГО ОБЩЕСТВА — И ПРИ ЭТОМ СТАЛКИВАЯСЬ С РЕГИОНАЛЬНЫМ СЕПАРАТИЗМОМ, ЗАСИЛЬЕМ ОЛИГАРХИИ, КОРРУПЦИЕЙ, А ПОДЧАС И С ПРИСУТСТВИЕМ ОТКРОВЕННОГО КРИМИНАЛА В ОРГАНАХ ВЛАСТИ»

Разговоры о коррупции в России банальны. Есть исторический соблазн победить коррупцию путем репрессий — борьба с коррупцией, безусловно, предполагает применение репрессивных мер. Тем

НЕТ. МАЛО!

**Чиновник!
Свои интересы бди!
Честь чиновничью блюди!**



не менее проблема здесь принципиально глубже. Это проблема прозрачности и подконтрольности обществу институтов государства (о чем говорил выше) и проблема мотивации чиновников — людей на службе государства. И с этим, на наш взгляд, существуют огромные трудности.

Известны социологические данные: подростки, в «лихие 90-е» мечтавшие делать карьеру олигарха, теперь массово выбирают карьеру госчиновника. Для многих она представляется источником быстрой и легкой наживы. С такой доминирующей мотивацией любые «чистки» бесполезны: если госслужба рассматривается не как служение, а как кормление, то на место одних разоблаченных воров придут другие.

Для победы над системной коррупцией нужно разделить не только власть и собственность, но исполнительную власть и контроль за ней. Политическую ответственность за борьбу с коррупцией должны совместно нести и власть, и оппозиция.

Было бы правильно законодательно закрепить новый порядок выдвижения кандидатур на должности председателя и аудиторов Счетной палаты, формирования списка назначаемой части Общественной палаты. Кандидаты должны выдвигаться не президентом, как сейчас, а Советом Государственной Думы на основе согласия с кандидатурой всех фракций.

Считаю, что парламентариям надо подумать над наполнением реальным содержанием заложенной в законе процедуры парламентских расследований.



Борьба с коррупцией должна стать подлинно общенациональным делом, а не предметом политических спекуляций, полем для популизма, политической эксплуатации, кампанийщины и вбро-са примитивных решений, например призывов к массовым репрессиям. Те, кто громче всех кричат о засилье коррупции и требуют репрессий, одного не понимают: в условиях коррупции репрессии тоже могут стать предметом коррупции. И еще каким. Мало никому не покажется.

Мы предлагаем реальные, системные решения. Они позволят нам с гораздо большим эффектом провести необходимую санацию государственных институтов. Внедрить новые принципы в кадровой политике — в системе отбора чиновников, их ротации, их вознаграждения. В итоге мы должны добиться, чтобы репутационные, финансовые, материальные и другие риски делали бы коррупцию невыгодной.

Предлагаю выделить коррупционно опасные должности как в аппарате исполнительной власти, так и в менеджменте госкорпораций, занимающий их чиновник должен получать высокую зарплату, но соглашаться на абсолютную прозрачность, включая расходы и крупные приобретения семьи. Включить в рассмотрение еще и такие вопросы, как место фактического проживания, источники оплаты отдыха и пр. Здесь полезно посмотреть на антикоррупционные практики стран Европы — они умеют отслеживать такие вещи.

На «вопрос Бенкендорфа» мы сегодня можем дать ответ: мы знаем, с кем мы останемся. Такие люди есть, их немало — и в госаппарате, и за его пределами.

В государственных, муниципальных органах и сегодня работает множество профессионалов, которые всю жизнь живут на одну зарплату. Их оскорбляет, когда журналисты бездумно ставят их на одну доску с коррупционерами. А скольких честных и эффективных людей мы таким образом отталкиваем от работы на государство?

Думаю — общество, СМИ обязаны восстановить справедливость в отношении честных государственных работников. Фокус общественного внимания должен сосредоточиться на доказательных обвинениях в коррупции. Это поможет доводить такие дела до конца.

Переход от слов к делу в борьбе с «большой» коррупцией поможет преодолеть коррупцию и в тех сферах, с которыми граждане встречаются в своей повседневной жизни — в полиции, судеб-

ной системе, в управлении жилищным фондом и ЖКХ, медицине и образовании.

Мы будем действовать последовательно, осмысленно и решительно. Устраняя фундаментальные причины коррупции и карая конкретных корруп-

«ГЛАВНАЯ ПРОБЛЕМА — НЕДОСТАТОК ПРОЗРАЧНОСТИ И ПОДКОНТРОЛЬНОСТИ ОБЩЕСТВУ В РАБОТЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ГОСУДАРСТВА — ОТ ТАМОЖЕННЫХ И НАЛОГОВЫХ СЛУЖБ ДО СУДЕБНОЙ И ПРАВООХРАНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ. ЕСЛИ НАЗЫВАТЬ ВЕЩИ СВОИМИ ИМЕНАМИ, РЕЧЬ ИДЕТ О СИСТЕМНОЙ КОРРУПЦИИ. ИЗДЕРЖКИ ДЛЯ БИЗНЕСА МОГУТ КОЛЕБАТЬСЯ — ТЫ МОЖЕШЬ ЗАПЛАТИТЬ БОЛЬШЕ ИЛИ МЕНЬШЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ «СТЕПЕНИ РАСПОЛОЖЕНИЯ» К ТЕБЕ ОПРЕДЕЛЕННЫХ ЛЮДЕЙ ВНУТРИ ГОСУДАРСТВЕННОГО МЕХАНИЗМА. РАЦИОНАЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ДЛЯ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЯ В ЭТОМ СЛУЧАЕ — НЕ СОБЛЮДАТЬ ЗАКОН, А НАЙТИ ПОКРОВИТЕЛЕЙ, ДОГОВОРИТЬСЯ»

ционеров. Создавая мотивацию для тех людей, которые готовы служить России верой и правдой. Таких людей у нас в стране традиционно много. Они будут востребованы.

Мы справились с олигархией, справимся и с коррупцией.»

НЕОБХОДИМО «СНИЖАТЬ СТОИМОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА, И НЕ ЗА СЧЕТ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ И ОХРАНЫ ТРУДА РАБОЧИХ, А ЗА СЧЕТ СНИЖЕНИЯ ЦЕН НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРЕКРАЩЕНИЯ РАЗДУВАНИЯ ЦЕН ИЗ-ЗА КОРРУПЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА СТРОИТЕЛЬНЫЙ БИЗНЕС. ОН СЕГОДНЯ БУКВАЛЬНО ТОНЕТ В СОГЛАСОВАНИЯХ. НАВЕРНОЕ, ДВЕ ТРЕТИ УСИЛИЙ И ЗАТРАТ СПЕЦИАЛИСТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ФИРМ ПРИХОДЯТСЯ НА ПРОХОЖДЕНИЕ РАЗНООБРАЗНО ВЫСТРОЕННЫХ БЮРОКРАТИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ, А НЕ НА ОРГАНИЗАЦИЮ ПРОИЗВОДСТВА»

В данном материале содержатся фрагменты статей В.В. Путина

Россия сосредотачивается — вызовы, на которые мы должны ответить // Известия. 2012. № 5 (16.01.2012).

О наших экономических задачах / Владимир Путин:

«Нам нужна новая экономика» // Ведомости. 2012. № 15 (3029).

Демократия и качество государства // Коммерсант. 2012. №20/П (4805) (6.02.2012)

Быть сильными: гарантии национальной безопасности для России // Российская газета. 2012. №5708 (35) (20.02.2012)

Строительство справедливости. Социальная политика для России // Комсомольская правда. 13.02.2012

ПРИСЫЛАЙТЕ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ ИНФОРМАЦИЮ О ВОЗМОЖНОЙ КОРРУПЦИИ В ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ

ПЛОТИНА МЕДЕО И ЗАЩИТА г. АЛМА-АТЫ ОТ СЕЛЕЙ.

К ИСТОРИИ СОТРУДНИЧЕСТВА НАУЧНОГО СОВЕТА АН СССР ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ГИДРОГЕОЛОГИИ С КАЗГЛАВСЕЛЕЗАЩИТОЙ

THE MEDEO DAM AND MUD FLOW PROTECTION OF ALMA-ATA. ON THE COOPERATION HISTORY OF THE SCIENTIFIC COUNCIL OF THE AS USSR ON ENGINEERING GEOLOGY AND HYDROGEOLOGY AND THE CHIEF DEPARTMENT FOR CONSTRUCTING AND OPERATING MUD FLOW STRUCTURES UNDER THE COUNCIL OF MINISTERS OF THE KAZAKH SSR

ШИБАКОВА В.С.

Старший научный сотрудник Геологического института РАН, г. Москва,
valentina-shibakova@yandex.ru

SHIBAKOVA V.S.

A senior staff scientist of the Geological Institute of the RAS, Moscow,
valentina-shibakova@yandex.ru

Ключевые слова:

Научный совет АН СССР по инженерной геологии и гидрогеологии; Главное управление по строительству и эксплуатации селезащитных сооружений при Совете Министров Казахской ССР (Казглавселезащита, Казселезащита); г. Алма-Ата (Алматы); плотина Медео; каток Медео; сель; река Малая Алмаатинка; река Большая Алмаатинка; озеро Иссык; ледник; морена.

Key words:

Scientific council of the AS USSR on engineering geology and hydrogeology; Chief Department for Constructing and Operating Mud Flow Structures under the Council of Ministers of the Kazakh SSR (Kazglavselezaschita, Kazselezaschita); Alma-Ata (Almaty); Medeo Dam; Medeo Skating-Rink; mud flow; Malaya Almaatinka River; Bolshaya Almaatinka River; Issyk Lake; glacier; moraine.

Аннотация

В статье приводятся воспоминания автора о сотрудничестве Научного совета АН СССР по инженерной геологии и гидрогеологии с Главным управлением по строительству и эксплуатации селезащитных сооружений при Совете Министров Казахской ССР (Казглавселезащитой) по проблеме защиты города Алма-Ата от селевых потоков после прохождения катастрофического селя в июле 1973 года. Данная публикация продолжает серию статей В.С. Шибаковой о деятельности Научного совета, опубликованных в журнале «Инженерная геология» ранее.

Abstract

The article presents its author's reminiscences about cooperation between the Scientific council of the AS USSR on engineering geology and hydrogeology and the Chief Department for Constructing and Operating Sill Structures under the Council of Ministers of the Kazakh SSR (Kazglavselezaschita) on the problem of the protection of Alma-Ata from mudflows after occurrence of the disastrous mudflow in July 1973. This publication continues the series of articles by V.S. Shibakova devoted to the activities of the Scientific Council (they were published in the «Engineering Geology» journal before).

В 70-х гг. прошлого столетия в Советском Союзе очень остро встала проблема защиты г. Алма-Аты, столицы Казахстана, и соседних с ним населенных пунктов от селевых потоков. Научный совет АН СССР по инженерной геологии и грунтоведению оказался причастным к этой проблеме благодаря селевой комиссии, которая активно работала в составе совета с момента его создания в 1966 г. Ее председатель С.М. Флейшман (и позднее Ю.Б. Виноградов) и ученый секретарь И.А. Моссаковский регулярно представляли отчеты о работе комиссии руководству Научного совета.

Город Алма-Ата (с 1993 г. официально называемый Алматы) расположен в селеопасном районе, у подножия самого северного хребта Тянь-Шаня — Заилийского Алатау. Через Алма-Ату протекают две селеопасные реки — Малая и Большая Алмаатинки, а в связи с расширением города на запад добавилась и река Каргалинка. В верховьях этих рек находится 20 ледников общей площадью 80 км² и 13 селевых очагов.

Город всегда хранил память о грозном ливневом селе, ворвавшемся в него ночью 8 августа 1921 г. двумя потоками — по реке Малой Алмаатинке и ее рукаву Весновке. Эти потоки обладали скоростью 4–6 м/с и двигались валами высотой до 6 м, перемещая валуны размером до 3–5 м. За 5 часов значительная часть Алма-Аты была превращена в руины и залита грязекаменной массой. Погибло более 500 человек. Более чем через полвека, в 1960–1970-х гг., при рытье котлованов на центральных улицах Алма-Аты строители натывались на огромные валуны и стволы тяньшанских елей из горных лесов и бревна, вырванные из стен домов.

7 июля 1963 г. в 53 км к востоку от Алма-Аты из возникшего под языком Жорсайского ледника горного паводка образовался мощный гляциальный



Рис. 1. Плотина Медео, остановившая катастрофический селя 1973 г. Снимок сделан с трибуны катка Медео в начале апреля 1977 г.: в горах еще лежит снег, низкая облачность. На плотине начаты работы по ее реконструкции — наращивание высоты и прокладка новой системы водосбросов. Стрелкой отмечено кафе «Ласточка», которое в 1973 г. находилось на верхнем уровне плотины. Слева от плотины видны оголенные склоны — следы направленного взрыва 1966 г. (фото В.С. Шibaковой)

сель. По ущелью Жорсай и долине реки Иссык он достиг красивейшего высокогорного озера Иссык, зоны отдыха местных жителей, в т.ч. алмаатинцев. Выше озера селя прошел 12 валами, отдельные из которых достигали высоты 7 м, двигаясь со скоростью 5–6 м/с и перемещая огромные валуны. Под воздействием селя в течение 8 часов была разрушена естественная плотина, существовавшая 8 тыс. лет, и озеро Иссык было уничтожено. Погибло много отдыхавших на нем людей, была также уничтожена часть поселка Иссык (ныне это город Есик).

Иссыкский селя 1963 г. стал еще одним грозным напоминанием Алма-Ате о необходимости защиты от стихийных явлений. Его масштаб показал, что существовавшая система селезащитных сооружений Алма-Аты в случае прохождения подобного селя по долине р. Малой Алмаатинки может оказаться ненадежной. Поэтому было принято решение защитить город, построив высотную селезащитную плотину Медео (теперь Медеу).

Урочище Медео, расположенное в 12 км от г. Алма-Аты вверх по течению р. Малой Алмаатинки, было широко известно своим высокогорным катком и мировыми рекордами конькобежцев, установленными на нем. Плотины решили сооружать выше катка, который также подлежал реконструкции. Она создавалась по расчетам академиков М.А. Лаврентьева и М.А. Садовского методом направленного взрыва.

Начало строительства плотины Медео было зафиксировано сейсмостанциями многих стран. Два направленных взрыва в 1966 и 1967 гг. обрушили 2,2 млн м³ грунта со склонов урочища на дно

ущелья — в основание будущей плотины. Затем ее строили насыпным способом: грунт привозили и укладывали в тело плотины, поднимавшейся до проектной отметки 110 м на протяжении нескольких лет. Толщина плотины у основания составила 620 м³, длина по гребню — 530 м, объем тела — 5,3 млн м³. Емкость получившегося селехранилища достигла 6,2 млн м³. В 1972 г. строительство плотины было завершено. Она была уникальна по своим масштабам. При разработке вопросов ее устойчивости институтом «Гидропроект» им. С.Я. Жука были приняты параметры с огромным запасом прочности — как для плотин 1-го класса.



Рис. 2. Вид с гребня плотины Медео на север. На переднем плане в центре — каток Медео, слева — гора Мохнатка, справа на склонах видны результаты работ по рекультивации — посадки деревьев и кустарников (фото В.С. Шibaковой, апрель 1977 г.)



Рис. 3. Казглавселезащита принимает президента МАИГ М. Арну. Справа налево: М. Арну, А.П. Анищенко, А.С. Деговец, Е.Н. Коломенский, А.Ю. Хегай, Н.В. Попов и сотрудники Казглавселезащиты (фото В.С. Шibaковой, апрель 1977 г.)

Выше плотины Медео в ущелье Малой Алмаатинки располагалась турбаза «Горельник», в районе которой ранее были построены несколько селезащитных ловушек. Далее на высоте 3 тыс. м находились гидрометеостанция Казгидромета и противоселевая плотина Мынжилки, еще выше — моренные озера и ледник Туюксу.

Строительство противоселевой плотины Медео оказалось весьма своевременным, поскольку прогноз возникновения селя в долине р. Малой Алмаатинки не замедлил оправдаться. Лето 1973 г. в г. Алма-Ате отмечалось особыми погодными условиями: июнь был холодным, каждый день шли дожди, в горах в зонах морен и ледников ежедневно выпадал обильный снег, а с начала июля установилась устойчивая необыкновенно жаркая погода. Деревья в городе были увядшими и сбрасывали листву, а в горах началось обильное таяние снега и льда, приведшее к переувлажнению морен и наполнению водой ледниковых озер. Еще

продолжались работы по обустройству прилегающих к плотине территорий, в т.ч. рекультивация склонов, нарушенных взрывами, когда 15 июля 1973 г. произошел прорыв перемычки моренного озера № 2 на леднике Туюксу и образовался катастрофический сель (отметим, что Казгидромет предсказывал возникновение возможного селевого потока 13–14 июля).

Вот как описывает механизм возникновения и движения этого селя А. Деговец — ученый-селевик из г. Алма-Аты: «В результате неустойчивого состояния морены 14 июля во второй половине дня произошла закупорка подземного грота, по которому происходил сток воды из двух озер. В результате закупорки грота оба озера стали быстро заполняться талыми водами, а 15 июля в 17 часов 54 минуты произошел их прорыв. Прорыв озер сопровождался сильным обрушением моренных толщ на участке прорыва с образованием в нем крупных провалов и трещин, по которым водный поток мгновенно низвергся вниз в подземные гроты и каналы фильтрации. Заполнив их, водный поток под действием гидравлического напора очень



Рис. 4. Сотрудники Казглавселезащиты на катке Медео (фото В.С. Шibaковой, апрель 1977 г.)



Рис. 5. Селевые наносы в долине реки Малой Алмаатинки (фото В.С. Шibaковой, апрель 1977 г.)

быстро вновь появился на поверхности морены в виде фонтанирующего столба, вынеся из гротов огромные глыбы льда размером 8–10 м. Насыщенный наносами и обломками льда водный поток на морене превратился в водокаменный сель. Двигаясь по поверхности морены со скоростью до 4 м/с, через 9 минут сель достиг плотины Мынжилки, расположенной в долине в верховьях реки Малой Алмаатинки на высоте 3 тыс. м. Наполнение селехранилища объемом 36 тыс. м³ произошло за 3 минуты, после чего плотина в течение нескольких секунд была разрушена. Ниже плотины Мынжилки максимальные селевые расходы за счет размыва русла, склонов и вовлечения в поток наносов, а также русловых и подрусловых вод на всем 10-километровом участке до плотины Медео достигли катастрофических размеров: у гидропоста Мынжилки — 320 м³/с, у ворот — 2300 м³/с, у турбазы «Горельник» — 3200 м³/с, а при входе в селехранилище Медео — 5200 м³/с. Долина реки Малой Алмаатинки после прохождения селя превратилась в глубокий каньон. Селевой поток от плотины Мынжилки до селехранилища Медео шел со скоростью 10–12 м/с. При движении поток перемещал огромные валуны размером 5–6 м и весом до 300 т. Обладая большой динамической силой (более 1000 т/м²), он мгновенно разрушил на своем пути все мелкие противоселевые сооружения и здания, приведя к большому человеческим жертвам. В селехранилище плотины Медео поток ворвался в 18 часов 17 минут



Рис. 6. Казглавселезащита принимает президента МАИГ М. Арну (второй справа). Осмотр трассы селя 1921 г. в г. Алма-Ате. Справа — Вознесенский кафедральный собор (фото В.С. Шибаковой, апрель 1977 г.)



Рис. 7. Казглавселезащита принимает генерального секретаря МАИГ Р. Волтерса (второй справа). Вид с гребня плотины Медео на юг (фото Н. Кочнева, май 1978 г.)



Рис. 8. Президент МАИГ М. Лангер (второй слева) у плотины на р. Большой Алмаатинке, (фот. Н. Кочнева, сентябрь 1983 г.)



Рис. 9. Казглавселезащита принимает директора Геологической службы Земли Бавария ФРГ Х. Видала (в центре) (фото Н. Кочнева, май 1984 г.)



Рис. 10. Казглавселезащита принимает президента МАИГ О. Вайта (третий слева). У подошвы плотины на р. Большой Алмаатинке (фото Н. Кочнева, апрель 1986 г.)

и продолжался около 3 часов. За время прохождения селя было отмечено 3-4 крупных селевых вала. Самым крупным был первый вал высотой 12–15 м и шириной 40–50 м. Водосборные сооружения сразу были забиты наносами. Селехранилище за 3 часа заполнилось почти полностью». Приведенное описание дает очень яркую, полную и почти видимую картину возникновения и движения селевого пото-



Рис. 11. На смотровой площадке плотины на р. Большой Алмаатинке. А.Ю. Хегай беседует с О. Вайтом, переводит В.С. Шибаква (фото Н. Кочнева, апрель 1986 г.)



Рис. 12. Казглавселезащита принимает президента МАИГ О. Вайта (третий справа). Наносоотстойники в долине р. Большой Алмаатинки (фото Н. Кочнева, апрель 1986 г.)



Рис. 13. Казглавселезащита принимает президента МАИГ О. Вайта (в центре). Плотина Медео после реконструкции. Вид с катка Медео. Туман (фото Н. Кочнева, апрель 1986 г.)

ка, мощи и катастрофичности этого явления и должно заставить задуматься многих.

Урочище Медео всегда было излюбленным местом отдыха алмаатинцев, а плотина и реконструированный каток сделали его еще более привлекательным, поэтому к моменту схода селя там было много отдыхающих. И плотина Медео приняла селя, остановила его!

Приведем воспоминания участника тех событий А.Ю. Хегая: «Снеся половину “Горельника”, селевой поток ударил в тело плотины и захлебнулся, заполнив собою котлован. Если бы, не дай бог, произошел прорыв, то сила нового потока удвоилась бы за счет концентрации селевой массы. Потом ученые рассчитали, что сила потока 1973 г. была в 4 раза выше силы потока 1921 г. Тогда была разрушена четверть всей городской застройки, погибло более 500 человек. Но в начале 1920-х гг. Верный был одноэтажным городом с небольшой территорией и населением около 30 тыс. человек, а к середине 1970-х Алма-Ата разрослась в несколько раз по территории и раз в двадцать по численности населения — до 750 тыс., а центр города, по которому прошел селя 1921 г., теперь уже многоэтажный. Вот и считайте, каково могло быть число жертв и масштабы разрушений. Эту опасность прекрасно понимали и делали все, чтобы ее предотвратить. Многие строительные тресты были задействованы, командование военного округа предоставило грузовики, понтоны и многое другое. Работы на плотине начались уже в 5 утра 16 июля. Водопропускники забило селевой массой, вода в селехранилище продолжала прибывать, и чтобы ее откачивать, нужно было задействовать не менее 12 мощных насосов. Их тут же начали монтировать. Нужно было не менее 10 земснарядов, которых в Алма-Ате вообще не было. Их доставили грузовыми самолетами из Москвы, Челябинска и Оренбурга, и 20 июля они начали работать». Из воспоминаний А.А. Шижаева: «Уже на следующий день после 16 июля в подразделениях нашего треста были созданы мобильные бригады. Одной из наших бригад поручили вырыть на плотине траншеи для трубопроводов, которые в то время монтировались. Рыли трое суток днем и ночью, спали где придется. Машины с оборудованием и стройматериалами шли круглосуточно». Эту картину хорошо дополняют воспоминания О.М. Бисенова: «Нам поручили монтаж трех ниток трубопроводов диаметром 140 см и длиной 1 км, причем сварочный шов должен быть идеальным — исправлять по ходу откачки уже никак нельзя. Выбрали лучших сварщиков по всему главку. Они варили день и ночь, в темное время суток стройплощадку освещали прожекторы».

Работы на плотине шли круглосуточно. Штаб работ находился внизу, на катке Медео, откуда открывался вид на всю плотину и прилегающие территории. «Для всех специалистов, рабочих и военнослужащих, занятых аварийно-спасательными работами на плотине, было организовано питание, развернут полевой госпиталь, военные палатки для сна», — вспоминал Л.Ю. Гирш. Фильтрация в теле плотины увеличивалась с каждым днем и часом. О.М. Бисе-

нов рассказывал: «18 июля мы смотрим на плотину — сочтется, как решето. Если ручьи будут набухать и сливаться друг с другом, грунтовое тело плотины может разнести, как карточный домик. Что делать? Срочно бетонировать! Но бетон нельзя класть на мокрую поверхность, а если даже и класть, то он должен определенное время сохнуть. Стали распылять сочащиеся потоки с помощью вентиляционных коробов и тут же бетонировать поверхность плотины, используя для просушки те же вентиляторы, — здесь большую роль сыграла работа треста «Промвентиляция». 19 июля приехал академик Лаврентьев, под его руководством в 1966 и 1967 гг. рассчитывались математические модели направленных взрывов, с помощью которых плотина была насыпана. Михаил Алексеевич одобрил нашу работу по распылению потоков и бетонированию». В селехранилище продолжала прибывать вода, почти достигая гребня плотины. 20 июля заработали три земснаряда мощностью 2 м³/с каждый и трубопроводы — началась откачка. Уровень воды в селехранилище сначала стабилизировался, а затем стал медленно снижаться. Люди вздохнули с облегчением.

Все это было заснято работниками телевидения, на основе чего был выпущен документальный фильм «Медео: дни и ночи мужества». Позднее я несколько раз смотрела этот фильм, и события тех дней стали для меня наглядными и понятными.

Мы в Москве узнали о селе на следующий день после его схода. Ночью И.А. Моссаковской позвонили из Алма-Аты коллеги и сообщили о селе, а утром она пришла в Научный совет АН СССР по инженерной геологии и грунтоведению и сообщила об этом нам. Мы внимательно следили за событиями в урочище Медео и г. Алма-Ате.

После откачки воды в селехранилище осталось менее 30% свободного объема, что было явно недостаточно, особенно в случае повторного селевого



Рис. 14. Казглавселезащита принимает президента МАИГ Р. Оливейру (второй справа на переднем плане). Рабочий момент на плотине Медео (фото Н. Кочнева, сентябрь 1991 г.)



Рис. 15. Казглавселезащита принимает президента МАИГ Р. Оливейру (справа). Гостеприимный хозяин А.Ю. Хегай в рабочей обстановке угощает его знаменитыми алмаатинскими яблоками сорта «апорт» (фото Н. Кочнева, сентябрь 1991 г.)



Рис. 16. Казахское общество дружбы и культурной связи с зарубежными странами и Казглавселезащита принимают президента МАИГ Р. Оливейру (в центре) в г. Алма-Ате (фото Н. Кочнева, сентябрь 1991 г.)



Рис. 17. Президент МАИГ Р. Оливейра (третий слева), сотрудники Казглавселезащиты и инженеры-геологи г. Алма-Аты у Дома дружбы в г. Алма-Ате (фото Н. Кочнева, сентябрь 1991 г.)

потока. «По горячим следам селя» по постановлению Правительства Казахстана от 23 августа 1973 г. № 449 было создано Главное управление по строительству и эксплуатации селезащитных сооружений при Совете Министров Казахской ССР, или Казглавселезащита (теперь ГУ «Казселезащита» МЧС РК), перед которым была поставлена задача проектирования и строительства противоселевых конструкций для защиты г. Алма-Аты и других населенных пунктов. Казглавселезащита приступила к работе в 1973 г., и защита Алма-Аты от грозной стихии оказалась в надежных руках. Работы начались сразу в трех различных местах — на плотине Медео, в долине реки Большой Алмаатинки и в районе ледниковых озер в высокогорье.

Вскоре заместителем начальника Казглавселезащиты был назначен Алексей Юрьевич Хегай. По приглашению Е.М. Сергеева он вошел в состав Научного совета АН СССР по инженерной геологии и грунтоведению, и с этого времени началось наше сотрудничество с этим замечательным руководителем, специалистом и человеком, продолжавшееся до конца работы совета. Алексей Юрьевич, проводя свою работу, советовался со специалистами и учеными, в частности с председателем Научного совета Е.М. Сергеевым. Неоднократно сообщения А.Ю. Хегая о ходе работ на Медео и в бассейне р. Большой Алмаатинки ставились на повестку заседаний совета, и всегда его выступления отличались четкостью информации о проделанной работе и конкретностью формулировок предстоящих задач. И он всегда получал в ходе обсуждения необходимые рекомендации членов совета.

В сентябре 1974 г. в г. Алма-Ате по приглашению Казглавселезащиты было проведено выездное заседание Научного совета под председательством Е.М. Сергеева и одновременно — Научно-техническое совещание по защите г. Алма-Аты от селевых потоков, подготовленное совместно Казглавсе-

лезащитой и Научным советом. Надо было разрабатывать стратегию работы и устранять катастрофические ситуации. Вместе с членами совета на совещании собрались специалисты — гидротехники, гидрологи, селевики, инженеры-геологи, гидрогеологи, гляциологи, механики. Это были ученые и производственники, теоретики и практики из Казахстана, Таджикистана, Туркмении и других республик — А.Ю. Хегай, Н.В. Попов, В.П. Мочалов, А.С. Деговец, А.П. Анищенко, Г.Б. Герасимов, Ю.Б. Виноградов, В.В. Хон, В.И. Пушкарченко, В.И. Преснухин, С.Э. Эйзимов, Н.С. Огнев, А.И. Шеко, У.К. Карамонов, В.Н. Попов, В.Я. Степанов, Б.П. Бочкарев, В.В. Кисин, В.Г. Шипулина и многие другие. В принятом решении совещания были отражены все первоочередные задачи — наращивание плотины Медео, увеличение емкости селехранилища, проектирование и установка новых конструкций водозаборных сооружений, спуск всех моренных озер на леднике Туокусу, рекультивация селеопасных склонов, внедрение новейших систем контроля и оповещения, прокладка дорог к высокогорью, электрификация и многие другие. Некоторые из этих задач уже были частично выполнены, в частности был проведен спуск трех моренных озер. К выполнению других только приступили — были начаты расчистка селехранилища и укладка грунта в тело плотины. Одновременно был сделан прогноз о возможности возникновения селя на реке Большой Алмаатинке и констатирована необходимость принятия срочных мер в этом районе.

В этом совещании в г. Алма-Ате я принимала участие как ученый секретарь Научного совета и участвовала в подготовке его программы и решения. Вместе с Е.М. Сергеевым я также приняла участие в технической экскурсии, во время которой мы осмотрели плотину Медео и селехранилище, поднялись по изуродованному селем ущелью Малой Алмаатинки, осмотрели селеформирую-



щую морену ледника Туюксу на высоте 3 тыс. м. Но до прорана, по которому произошел прорыв моренного озера годом раньше, мы не добрались, т.к. организаторы опасались за нашу безопасность. Очевидцев селя 1973 г. нам встретить не довелось, но немного позднее удалось увидеть селя на экране. Известный ученый-селевик Ю.Б. Виноградов, работавший в то время в Казахстане (позднее он переехал в г. Ленинград) провел эксперимент в горах Заилийского Алатау по созданию искусственного селя большой мощности с замерами всех параметров. Одновременно был снят цветной фильм, отразивший все этапы развития этого селя от безобидного прозрачного ручейка и небольшого грязевого потока до грязекаменного селя — вздыбленного дракона, вращающего огромные валуны, несущего камни, как деревянные щепки, со стремительно возрастающей скоростью движения, когда трудно уследить за потоком. Все это нас потрясло при просмотре фильма на заседании Научного совета в Москве в 1975 г. (Ю.Б. Виноградов демонстрировал его также на совещании по охране геологической среды в Свердловске в 1982 г.). Замечательный фильм, я помню его до сих пор (интересно узнать, где он сейчас находится). Участница эксперимента И.А. Моссаковская, стоявшая в отведенном ей безопасном месте на склоне, позднее поделилась впечатлениями о своем состоянии во время прохождения селя — об охватившем ее чувстве непреодолимого страха и ужаса, желании бежать стремглав не зная куда. Так воздействует на человека инфразвук, который вместе с грохотом и ревом возникает во время селя. При просмотре фильма мы этого, к счастью, не испытали.

Прогноз Научного совета о возможности возникновения селя на р. Большой Алматинке вскоре подтвердился. Селевой поток, сошедший по долине этой реки 3–4 августа 1977 г., по своим масштабам превзошел все катастрофические сели,

наблюдавшиеся в горах Казахстана. Главной причиной его образования явился прорыв моренного озера в верховьях реки Кумбельсу. Вовлекая на своем пути моренные толщи и материалы склоновых обрушений, мощный селя вышел в долину реки Большой Алмаатинки. За счет активных русловых процессов и ледниково-паводкового стока сели на ней проходили потом еще в течение месяца. За это время в горах было зарегистрировано до 400 селевых валов. Максимальная высота некоторых из них достигала 10–12 м, а высота заплесков — 15–20 м. Только благодаря своевременным мероприятиям, выполненным Казглавселезащитой, эти сели прошли «спокойно» и человеческих жертв удалось избежать.

События в Алма-Ате стимулировали развитие научных исследований по селевой тематике в стране. Опыт строительства плотины Медео и селя 1973 г. обсуждались на многих уровнях. Селевая комиссия Научного совета АН СССР по инженерной геологии и грунтоведению координировала эти исследования и ежегодно проводила школы-семинары и совещания по селевой тематике в разных городах — Алма-Ате, Дилижане, Душанбе, Ашхабаде, Ташкенте, Ялте, Москве, Ленинграде. Ученые-селевики нашей страны выступали с докладами на международных совещаниях, и плотина Медео стала известна специалистам во всем мире. Научный совет приглашал ведущих ученых Международной ассоциации по инженерной геологии (МАИГ) в качестве гостей и для чтения лекций, и все они изъявляли желание побывать в урочище Медео. По согласованию с Казглавселезащитой мы привозили их в Алма-Ату на технические экскурсии. С 1977 по 1991 г. на Медео побывали: почетный президент МАИГ Марсель Арну (1977 г.), генеральный секретарь МАИГ Ричард Волтерс (1978 г.), президент МАИГ Михаэль Лангер (1983 г.), директор Геологической службы Земли Бавария ФРГ Хельмут



Рис. 18. Каток Медео. Снимок на память: В.С. Шибакова, мастер спорта СССР по конькобежному спорту, 39 лет спустя — вновь на знаменитом льду катка Медео. Сотрудники Казглавселезащиты и президент МАИГ Р. Оливейра разделяют ее радость (фото Н. Кочнева, сентябрь 1991 г.)



Рис. 19. Пикник в честь президента МАИГ Р. Оливейры.
 Слева направо: А.П. Анищенко, В. С. Шибакова, Р. Оливейра
 с почетным блюдом – испеченной головой молодого барашка,
 А.Ю. Хегай (фот. Н. Кочнева, г. Алма-Ата, сентябрь 1991 г.)

Видал (1984 г.), президент МАИГ Оуэн Вайт (1986 г.), президент МАИГ Рикардо Оливейра (1991 г.). Они посещали плотину Медео во время ее реконструкции и строящиеся противоселевые сооружения в долине реки Большой Алмаатинки, обсуждали проблемы со специалистами Казглавселезащиты, осуществлявшими эти проекты, встречались с инженерами-геологами и специалистами из других областей геологии, осматривали трассу селя 1921 г. в г. Алма-Ате. На вопросы о том, были ли сели в последние годы, А.Ю. Хегай всегда отвечал: «Были небольшие сели, мы пропускали их как паводки». Каждый раз технические экскурсии заканчивались на катке Медео, который после реконструкции стал катком мирового класса с искусственным льдом и входил в программу осмотра. С него видна вся плотина, именно на нем располагался командный штаб работ в те незабываемые июльские дни 1973 г. В кинозале катка нам показывали фильм «Медео: дни и ночи мужества», который гости всегда смотрели с большим вниманием и волнением и прекрасно сознавали, что уроки истории надо помнить и что «для непомнящих урок повторится».

Во всех поездках мне приходилось сопровождать высоких гостей и выступать в роли переводчика. Я воочию видела и узнавала от специалистов, как выполнялись работы по защите Алма-Аты усилиями Казглавселезащиты. На плотине Медео проводилось освобождение селехранилища от наносов селя 1973 г., грунты укладывались в тело плотины. Ее высота была увеличена до 146 м, а емкость селехранилища составила 12,2 млн м³ (почти в два раза превысив прежнюю). Была построена сложная разноуровневая система водопропускников. Была также вновь построена 17-метровая плотина Мынжилки. Прокладывались высоковольтные электролинии, строились дороги в высокогорье, производились спуски моренных озер. На реке Большой Алмаатинке в 1980 г. была построена 40-метровая плотина с емкостью селехранилища 8,2 млн м³. В верховьях Большой и Малой Алмаатинок для опорожнения моренных озер были

построены водосбросные каналы и подъездные пути к ним, а в черте города — водосборные тракты с крупными наносостойниками. В высокогорье были организованы наблюдения за селевой активностью на постоянных и сезонных постах.

Сотрудники Казглавселезащиты всегда тепло и радушно принимали иностранных гостей, организуя не только научно-технические экскурсии с осмотром объектов, но и культурно-исторические программы — ознакомление с достопримечательностями г. Алма-Аты, посещение музеев и театров, знакомство с бытом казахского народа. На загородном пикнике, устроенном в честь профессора Р. Оливейры, в знак особого уважения, по казахской традиции, ему было торжественно преподнесено особое блюдо — испеченная голова молодого барашка. Профессору М. Лангеру, которому очень понравились алмаатинские яблоки, был вручен ящик апорта в качестве гостинца в ФРГ.

Во время этих поездок мне два раза представилась возможность покататься на коньках на катке Медео. Еще будучи студенткой МГУ, я выступала на первенстве страны по конькобежному спорту среди мастеров, и Бог послал мне вновь встать на коньки 39 лет спустя! Спасибо вам, сотрудники Казглавселезащиты и катка, что подобрали мне коньки высшего класса для сборной Советского Союза с нужным размером ботинок. Один раз я каталась во время тренировки мастеров спорта, а другой — на массовом катании алмаатинцев. Каталась и радовалась, мечтала и молилась, чтобы Алмаатинка несла свои прозрачные ледяные струи для заливки льда на катке и чтобы плотина Медео принимала ученых и туристов, а не грозные селевые потоки.

Заканчивая свои воспоминания, я от всей души хочу поблагодарить Алексея Юрьевича Хегая и весь замечательный коллектив Казглавселезащиты. Спасибо вам, дорогие друзья, за дружбу и сотрудничество, за радушие и гостеприимство, за щедрость душ ваших, с которой вы принимали всех ваших гостей в течение многих лет. Я с радостью вспоминаю все встречи с вами и, конечно, ваши вкуснейшие яблоки — алмаатинский апорт — и замечательный лед катка Медео. Обращаюсь я и к вам, новое поколение сотрудников и современное руководство Казселезащиты, с сердечными пожеланиями доброго здоровья и успехов в вашей трудной и важной работе. Знайте, что в России у вас есть много друзей! ❄

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сергеев Е.М.* О деятельности Научного совета по инженерной геологии и грунтоведению // Вестник Академии наук СССР. 1980. Вып. 3. С. 117-121.
2. *Деговец А.С.* Человек и стихия гор // Континент. 2000. № 20 (33). URL: <http://www.continent.kz/2000/20/18>.
3. *Свиридов А.* Большой сел-1973: тридцать пять лет спустя // Без опасности. 2008. № 14 (157). URL: <http://www.zakon.kz/118339-bolshojj-sel-1973-tridcat-pjat-let.html>.
4. Укрощение селей / составители: А.П. Анищенко, А.С. Деговец, У.К. Караманов и др. Алма-Ата: Казахстан, 1983.



ИДЕИ М.В. ЛОМОНОСОВА В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

M.V. LOMONOSOV'S IDEAS IN ENGINEERING GEOLOGY

К 300-летию со дня рождения М.В. Ломоносова

КОРОЛЕВ В.А.

Профессор кафедры инженерной и экологической геологии
геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова,
korolev@geol.msu.ru

KOROLEV V.A.

A professor of the department of engineering and ecological geology
of the geological faculty of M.V. Lomonosov Moscow State University,
korolev@geol.msu.ru

Ключевые слова:

М.В. Ломоносов; методология науки; история науки;
инженерная геология; грунтоведение; инженерная геодинамика.

Key words:

M.V. Lomonosov; science methodology; science history;
engineering geology; soil science; engineering geodynamics.

Аннотация

В статье излагаются основные идеи и мысли, высказанные М.В. Ломоносовым при изучении им горных пород и впоследствии получившие развитие в инженерной геологии. Анализируется методологическое значение работ этого выдающегося ученого, просветителя и натуралиста для грунтоведения и инженерной геодинамики. Показано, что в своих изысканиях и высказываниях М.В. Ломоносов предвосхитил многие теоретические положения современной инженерной геологии.

Введение

В 2011 г. отечественная и мировая научная общественность отметила 300-летие со дня рождения выдающегося русского ученого, просветителя и натуралиста Михаила Васильевича Ломоносова (1711–1765) (рис. 1–4). Он внес большой вклад во многие науки, в т.ч. и в становление отечественной геологии. Высказанные им идеи в течение многих последующих лет способствовали развитию ряда геологических наук, в т.ч. и инженерной геологии.

Цель настоящей работы — проанализировать вклад идей М.В. Ломоносова в становление и развитие инженерной геологии. Но вначале кратко отметим основные вехи его биографии как геолога. 23 сентября 1736 г. М.В. Ломоносов был послан за границу для изучения горного дела. В 1736–1741 гг. он обучался в Германии. Из них три года (1737–1739 гг.) он прожил в Марбурге, обучаясь у профессора Хр. Вольфа, друга и ученика Г.В. Лейбница, а затем переехал во Фрайберг, где под руководством профессора И.Ф. Генкеля в небольшой горной школе (будущей широко известной Горной академии) изучал практическое горное дело. В этот период М.В. Ломоносов посещал многие рудники и горные выработки Саксонии, Тюрингии и Гарца. Сделанные им на этих объектах наблюдения сформировали его как геолога и стали основой его будущих геологических обобщений.

В 1741 г. М.В. Ломоносов вернулся в Санкт-Петербург и развернул активную научную деятельность в качестве адъюнкта Академии наук. Среди прочих обязанностей ему было поручено систематизировать коллекцию «камней и окаменелостей», хранившуюся в Кунсткамере. В начале ноября 1741 г. Ломоносов завершил составление «Каталога камней и окаменелостей Минерального кабинета Кунсткамеры Академии наук». 10 ноября профессор Амман сообщил в Канцелярию Академии наук: «Я уже просмотрел все каталоги минералов, составленные г. Ломоносовым, за ис-

Abstract

The article expounds the basic ideas and thoughts expressed by M.V. Lomonosov during studying geological materials and developed in engineering geology later. The publication analyzes the methodological significance of that outstanding scientist, educator and naturalist's works for soil science and engineering geodynamics. The author shows that Lomonosov anticipated many theoretical principles of the modern engineering geology in his investigations and statements.



Рис. 1. Портрет М.В. Ломоносова
(неизв. художник XVIII в., масло)



Рис. 2. Портрет М.В. Ломоносова
(худ. М.В. Овечкин, 1989 г.)

ключением каталога янтарей, в котором не нахожу нужным делать изменения, тем более что он переписан начисто».

Уже в январе 1742 г. М.В. Ломоносов подал в Академическую канцелярию предложение об учреждении первой в России химической лаборатории, где бы он (уже понимавший выдающуюся роль, которую в XVIII в. предстояло сыграть химии) «мог для пользы отечества трудиться в химических экспериментах». В августе того же года он изъявил желание читать лекции ученикам Академической гимназии и всем интересующимся. В программе лекций говорилось: «Михайло Ломоносов, адъюнкт Академии, руководство к географии физической, чрез господина Крафта сочиненное, публично толковать будет, а приватно

охотникам наставление давать намерен в химии и истории натуральной о минералах; також обучать в стихотворстве и штиле российского языка после полудни с 3 до 4 часов». С 1 сентября Ломоносов приступил к чтению лекций.

М.В. Ломоносов оставил относительно мало собственно геологических работ. Из 120 его трудов вопросы геологии рассматриваются только в 20, при этом главными из них являются три работы [6]: «Первые основания металлургии, или рудных дел» (работа, подготовленная к изданию в 1742–1743 гг. и вышедшая в свет в г. Санкт-Петербурге в 1763 г.) (рис. 5); «Слово о рождении металлов от трясения Земли» (доклад, написанный в августе 1757 г. под впечатлением катастрофического Лиссабонского землетрясения 1755 г. и впервые напечатанный в

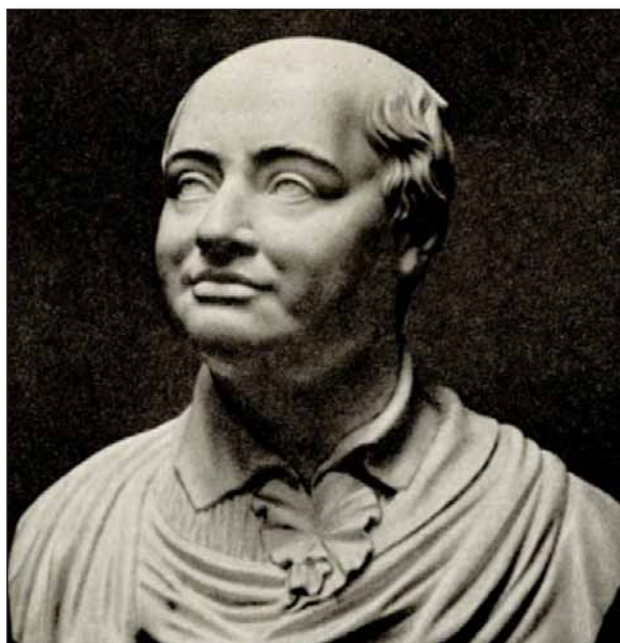


Рис. 3. Мраморный бюст М.В. Ломоносова
(скульпт. Ф.И. Шубин, 1792 г.)



Рис. 4. Памятник М.В. Ломоносову, основателю
Московского университета, перед главным зданием МГУ

виде отдельного издания в 1757 г.); «О слоях земных» (наиболее обстоятельная геологическая работа, написанная в 1757–1759 гг. и впервые опубликованная в 1763 г. в г. Санкт-Петербурге) (рис. 6). Также в числе работ Ломоносова по геологии необходимо упомянуть «Первые основания горной науки» (позднее, после небольшой доработки, эта работа вошла как первая часть в фундаментальный труд М.В. Ломоносова «Первые основания металлургии, или рудных дел»), а также «О вольном движении воздуха, в рудниках примеченном».

М.В. Ломоносов тщательно изучил геологические труды своих предшественников, в частности Г. Агриколы, Р. Гука и других европейских ученых. При этом их идеи об образовании и строении Земли, о формировании рудных тел и многие другие были им творчески осмыслены и переработаны. Наиболее важными и реалистичными были представления М.В. Ломоносова о происхождении рудных тел. Вслед за Г. Агриколой среди рудных тел он различал «рудные жилы», «гнездовые руды», «слои в горах горизонтальные», «руды, на поверхности земной находящиеся» и показал, что жилы бывают разного возраста и имеют разную минерализацию [6].

Интересны идеи М.В. Ломоносова о природе ископаемых окаменелостей. Он однозначно указывал на их происхождение от погибших в далеком прошлом организмов (в отличие от господствовавших в то время представлений), но отрицал представление об их гибели в результате Всемирного потопа, считая, что она происходила

вследствие разных причин и в разное время, в т.ч. в ходе катастрофических природных процессов, а также при изменении положений границ суши и моря в ходе медленных «волновых» движений.

6 сентября 1757 г. в публичном собрании Академии наук он сделал доклад «Слово о рождении металлов от трясения земли». Это был второй опубликованный геологический труд Ломоносова (первым был «Каталог камней и окаменелостей Минерального кабинета Кунсткамеры Академии наук», напечатанный на латыни в 1745 г.).

В 1763 г. вышла в свет книга М.В. Ломоносова «Первые основания металлургии, или рудных дел». Также были написаны работы «Краткое описание разных путешествий по Северным морям и показание возможного проходу Сибирским океаном в Восточную Индию» и «Известие о сочиняемой Российской Минералогии», где излагалась широкая программа изучения и освоения природных богатств страны. Прочитав последнюю работу, Екатерина II написала прямо на экземпляре своему статс-секретарю Олсуфьеву: «Адам Васильевич! Прикажите дать Ломоносову все известия, которые у нас, и с рудами. А которых нет, прислать с заводов и сказать Шлаттеру (в то время президенту Берг-коллегии), чтоб также с других заводов отпустили к Ломоносову».

Прогрессивными были и представления М.В. Ломоносова о геологическом времени. Развивая учение об изменениях климата на Земле в связи с изменениями наклона земной оси к эклиптике, он указывал, что продолжительность связанных



Рис. 5. Титульный лист книги М.В. Ломоносова «Первые основания металлургии, или рудных дел», 1763 г.



Рис. 6. Первый лист трактата «О слоях земных», напечатанный в виде приложения в книге «Первые основания металлургии, или рудных дел», 1763 г.



с этим циклов составляет около 400 тыс. лет (Ж.Л. Бюффон предполагал лишь 75 тыс. лет). Он понимал, что осадочные слои образовались не одновременно, а последовательно в разных условиях, хотя общую продолжительность геологических процессов трудно оценить, что «рудная гора» (интрузия) моложе прилегающих к ней пластов осадочных пород (флецов), если она приподняла их, что разрывы также являются более поздними событиями, чем образование пластов.

Вслед за своим наставником профессором И.Ф. Генкелем М.В. Ломоносов увлекся изучением кристаллизации растворов. Он опередил Ж. Роме де Лилля, установив, что минералы характеризуются свойственной каждому из них кристаллографической формой. Измеряя грани углов алмаза и других кристаллов, он независимо от Н. Стенона вывел закон о постоянстве углов кристаллов. В 1740 г. в диссертационной работе «О рождении кристаллов селитры» М.В. Ломоносов объяснил постоянство углов плотнейшей укладкой шарообразных частиц — корпускул [6].

М.В. Ломоносов мечтал создать капитальный труд — «Минералогию России». К сожалению, его мечте не суждено было сбыться, но его ближайший преемник по академии В.М. Севергин в конце XVIII в. сумел создать минералогический словарь и дать минералогическое описание России, отвечавшее замыслу М.В. Ломоносова.

Уже этих примеров достаточно, чтобы убедиться в глубине и прозорливости мышления М.В. Ломоносова. И хотя геология как наука при его жизни еще не оформилась, его деятельность в этом направлении не могла пройти бесследно. Сочинение М.В. Ломоносова «О слоях земных» [2], по мнению В.И. Вернадского, по ясности и яркости проведения идеи единства геологических процессов является для XVIII в. исключительным. Профессор Московского университета Г.Е. Щуровский считал, что заслуги М.В. Ломоносова ставят его в один ряд с самыми первоклассными учеными. Г.Е. Щуровский сожалел, что на долю Ломоносова не выпало такой завидной участи, как П.С. Палласу, отмечая: «...Если бы он, как этот известный путешественник, имел возможность обозреть всю восточную Россию с ее Уральскими, Алтайскими и Нерчинскими горами и если бы подобно ему видел Кавказ и великолепные горы Тавриды, то, быть может, начало нынешней теории Земли было бы положено гораздо раньше, чем объяснили ее Гумбольдт, Бух и Эли де Бомон».

Идеи М.В. Ломоносова как геолога оказали существенное влияние и на становление и развитие инженерной геологии, особенно таких ее научных направлений, как грунтоведение и инженерная геодинамика.

Развитие идей М.В. Ломоносова в грунтоведении

Ясно, что во времена М.В. Ломоносова грунтоведение еще не существовало как наука. Однако уже в то время использовался термин «грунт» (хотя и не в его современном понимании), а многие

опубликованные Ломоносовым идеи явились базовыми предпосылками для возникновения грунтоведения и со временем были оценены потомками как важнейшие. Так, например, хорошо известный в современном грунтоведении тезис о том, что свойства грунта обуславливаются его происхождением, т.е. генезисом, впервые был сформулирован М.В. Ломоносовым в его речи, произнесенной 6 сентября 1757 г. и озаглавленной «Слово о рождении металлов от трясения земли» [3]. Позже этот тезис был изложен и в работе Ломоносова «О слоях земных» (1761 г.) [2]. Огромное методологическое значение этого тезиса было отмечено Е.М. Сергеевым [5], который одним из первых (в 1949 г.) проанализировал влияние его работ на развитие грунтоведения.

Вклад идей М.В. Ломоносова в разработку предпосылок, становление и развитие грунтоведения сводится, по мнению автора, к следующим основным позициям:

- 1) формулирование необходимости изучения истории формирования грунтов (генетического подхода);
- 2) разработка проблемы многообразия грунтов («слоев земных») и первые попытки их систематизации;
- 3) подразделение грунтов по их структурным особенностям (крупности);
- 4) попытки объяснения свойств отдельных грунтов.

Рассмотрим реализацию этих идей в работах М.В. Ломоносова.

1. *Необходимость генетического подхода* к изучению горных пород, или грунтов, обсуждается М.В. Ломоносовым в ряде трудов. Так, в работе «О слоях земных» он неоднократно подчеркивал важность знания истории происхождения горной породы. Например, в параграфе 122 этого труда он пишет: «Следует изъяснить и показать по возможности подлинное происхождение слоев земных в разсуждении материи, и во первых самого верхнего слоя земной поверхности». Решая этот вопрос, Ломоносов попутно высказывает совершенно правильную мысль о том, что минералы делятся на первичные и вторичные («первозданные» и «со временем происшедшие») [4]. В параграфах 134–142 М.В. Ломоносов рассматривает вопрос о способах образования прочных кристаллических грунтов («дикого камня»). В результате он приходит к выводу, что существует в основном «пять способов рождения камней, то-есть: (1) затверждение из глины, (2) проницание клейкою жидкою материею, (3) наращение и слежение, (4) огустение, (5) зернование. Хотя и других не отрицаю; однако, несомненно, сии суть самые главные, в которых заключать можно и протчие» [2]. Как впервые обратил внимание Е.М. Сергеев [5], среди этих пяти способов Ломоносов не рассматривает основной процесс, ведущий к образованию массивно-кристаллических пород — застывание магмы, хотя он и говорит о «зерновании» или «кристаллизации», в результате которой образуются, например, кристаллы алмаза. Под «огустением» или «загущением» им понимаются про-

цессы, которые приводят к образованию минеральных веществ типа опалов.

По мнению Е.М. Сергеева [5], из работы М.В. Ломоносова «О слоях земных» вытекает «основной тезис современного советского грунтоведения: свойства грунтов зависят от их генезиса. Это, конечно, не значит, что Ломоносова можно считать основателем грунтоведения — науки, изучающей земную кору выветривания как объект инженерно-строительной деятельности человека. Однако установленный нами факт, что из работы М.В. Ломоносова вытекает основное положение современного генетического грунтоведения, с одной стороны, еще раз подчеркивает гениальность великого русского ученого М.В. Ломоносова, а с другой стороны, хорошо показывает самобытность нашей русской науки...».

Естественно, что М.В. Ломоносов не употреблял современной грунтоведческой терминологии, не сформулировал и само указанное Е.М. Сергеевым методологическое положение, но весь материал его работ приводит читателя к мысли о том, что «состав и свойства слоев земных зависят от их происхождения и условий дальнейшего развития» [4].

2. *Попытка систематизации многообразия горных пород и грунтов.* М.В. Ломоносов был одним из первых русских ученых, начавших различать минералогическое многообразие горных пород. Он сделал ряд важных наблюдений при изучении их минерального состава. Ломоносов разрабатывал свою классификацию горных пород, в которой выделялись: металлы, полуметаллы, жирные (горючие) минералы, соли, камни и земли, песок, глины, ил, руды. В этой классификации кроме химического и минерального состава он учитывал структуру и текстуру пород, а также их генезис. Он был убежденным сторонником органического происхождения янтаря, нефти и угля [6].

Характеризуя в работе «О слоях земных» многообразие горных пород, образующих поверхностный слой Земли, М.В. Ломоносов выделял «чернозем, камни, песок, глины, ил, лед и снег, огонь, серы, селитры и морские произведения» [2]. При этом под «черноземом» он понимал все почвы, под «камнями» — породы, обладающие прочностью (как массивно-кристаллические, так и другие, независимо от того, чем они представлены — глинистыми сланцами, песчаниками или известняками). «Ил» выделялся Ломоносовым отдельно (по-видимому, потому что рассматривался как органоминеральное соединение, формирующееся «на дне вод стоячих»). Под снегами и льдами, составляющими земную поверхность, понимались снега и ледники Севера и высокогорных областей; как противоположность им рассматривался огонь действующих вулканов. Сера и селитра выделялись как природные вещества, имеющие большое практическое значение, образование которых связано с явлением кристаллизации солей (а в отношении серы и с вулканической деятельностью). Что же касается «морских произведений», то к ним относились не только окаменевшие раковины, но и галечниковые грунты [5].

Проанализировав представления М.В. Ломоносова о «слоях земных», Е.М. Сергеев в 1950 г. составил схему их классификации [4] (рис. 7), из которой видно, что наряду с полезными ископаемыми М.В. Ломоносов выделял и породы, которые используются при различных видах строительства.

Идеи М.В. Ломоносова оказали большое влияние на разработку последующих классификаций грунтов. Так, например, разрабатывая свою генетическую классификацию грунтов, Е.М. Сергеев рассматривал ее как «воспроизводство идей М.В. Ломоносова, высказанных им более 185 лет назад в работе «О слоях земных» [4]. Эти идеи учитывались и в классификациях грунтов, разработанных позже отечественными геологами-строителями, почвоведом и грунтоведами, в частности В. Рожковым, П. Усовым, М. Герсеновым, М.М. Филатовым, В. Карловичем, В.И. Курдюмовым и др. [1, 4, 5].

3. *Подразделение дисперсных грунтов по крупности частиц.* Во времена Ломоносова еще не было представлений о гранулометрическом составе грунтов и способах его определения. Но М.В. Ломоносов уже тогда обратил внимание на значение крупности частиц и ее различия у разных грунтов. По крупности грунтовые частицы у Ломоносова подразделялись на ил, песок, хрящ, бечевник и камни. Под «илом» им понимались частицы, медленно оседающие в воде; под «песком» — то же, что и сейчас; под «хрящом» — частицы крупнее песчаных, но мельче гороха; под «бечевником» — камешки, которые «превосходят крупностью горох» [2].

Кроме того, М.В. Ломоносов указывает на полидисперсное строение грунтов, в частности песков. Он пишет: «От самых величайших каменных зерен... горы составляющих, до самых мелких и тончайших песчинок есть бесконечная в величинах разности, так что по ним и песчинка самая крупная как гора перед другою самою мелкою...» [2].

Помимо величины песчаных частиц, Ломоносов интересовался и их формой. Произведенные им в этом направлении микроскопические наблюдения позволили сделать заключение, что песчаные частицы сильно различаются не только по размерам, но и по своей форме [5]. Таким образом, М.В. Ломоносов одним из первых обратил внимание на структурные особенности грунтов.

4. *Попытка объяснения свойств отдельных грунтов* производилась во многих работах М.В. Ломоносова. Из них вытекает, что свойства горных пород или грунтов формируются и видоизменяются в процессе их образования. Для того времени этот тезис был революционным, предвосхищавшим рассмотрение грунтов как динамичных систем, меняющихся во времени.

Особенно хорошо у М.В. Ломоносова описаны процессы диагенеза и литификации илов, глин и песков, в результате которых они приобретают прочность. Он писал: «Сии крепкия тела производит натура во первых затвердением, когда мягкия материи, каковы суть ил и глина, долгою времени так слеживаются, что частицы внутренним

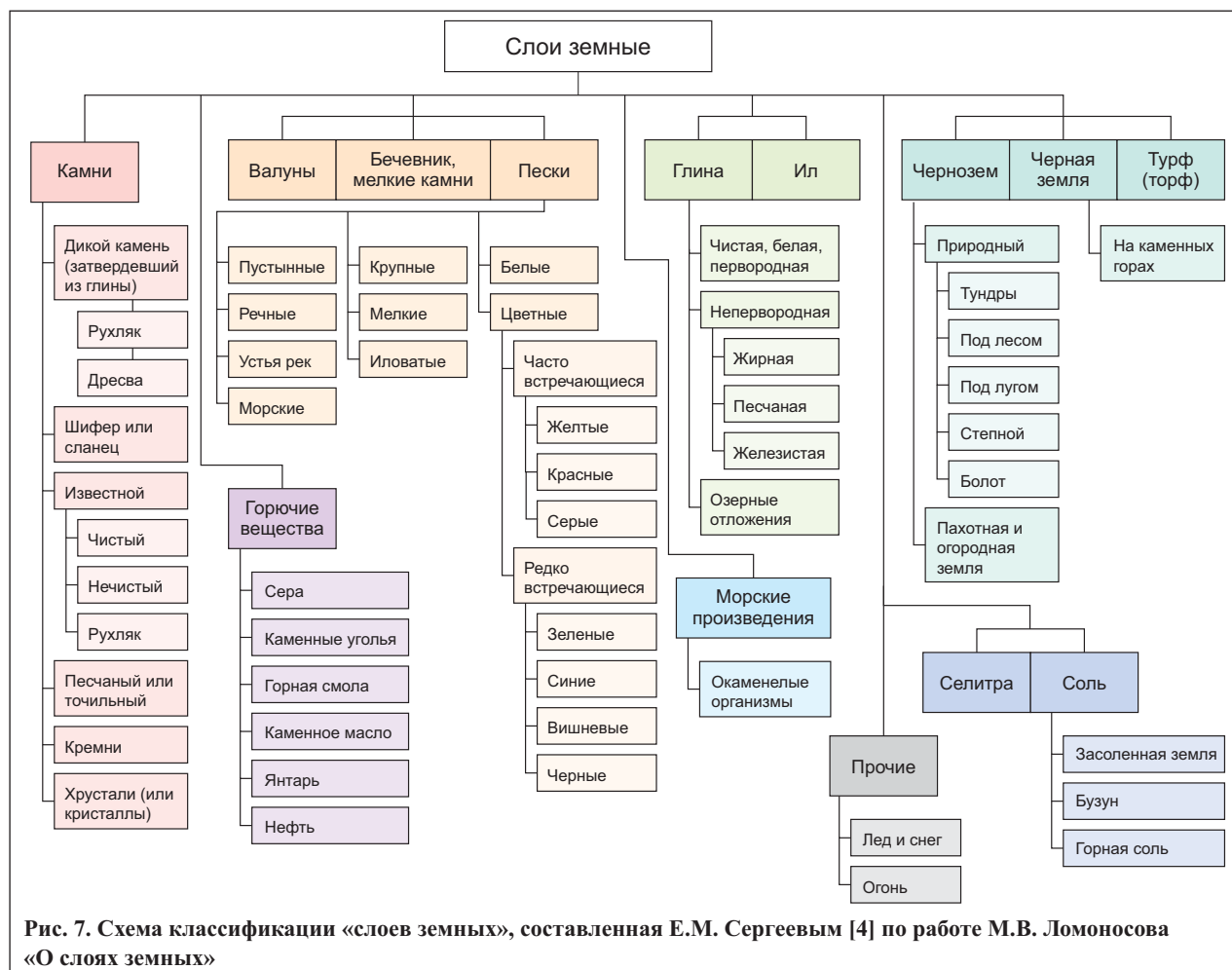


Рис. 7. Схема классификации «слоев земных», составленная Е.М. Сергеевым [4] по работе М.В. Ломоносова «О слоях земных»

тихим и нечувствительным движением сжимаются одна подле другой теснее, по чему и взаимный их союз ставится сильнее, и тем крепче. Так произошли великие камены дикаго камня из глины, которая затвердела долгою времени» [2].

Характеризуя процесс седиментации дисперсных частиц в бассейнах осадконакопления, М.В. Ломоносов писал: «Второй способ есть наращение, или осадка, когда из воды отделяющиеся земляные иловатые частицы на дно садятся и слой на слой нарастают в разное время. Таким образом родится шифер, или сланец, разных цветов, твердости и смещения, когда в озеро весною мутная вода ручьями с берегов стекает, и после со временем устоявшись, на дно садится и до будущей весны слежавшись, тверже должна быть нежели вторая илу посадка, следовавшая на другую весну. Потом, когда озеро новым промытым истоком воду выпустив или от земного трясения поднявшись изсохнет, останутся таковые от многих лет слои и наконец затвердеют в шифер» [2]. И далее: «Проницание составляет третий натуральный способ рождения или произведения камней, когда в глину либо в песок входит вода и с собою вносит тонкую земляную нечувствительную материю, которая после служит вместо некоторого клея рухлым частям, песку или глине... Сюда принадлежат песчаные камни, кои ничто иное суть, как песок, напоенный глинистою водою и через долготу времени с нею затвердевший, быв прежде за многие века измельчен из камня...» [2].

Развитие идей М.В. Ломоносова в инженерной геодинамике

В работе «Слово о рождении металлов от трясения земли» М.В. Ломоносов одним из первых затронул вопрос о геологической эволюции Земли, о геологических процессах, формирующих облик ее поверхности [3]. Как указывал Е.М. Сергеев [5], эта мысль хорошо им выражена в § 98 работы «О слоях земных»: «Твердо помнить должно, что видимые телесные на Земле вещи и весь мир не в таком состоянии были с началом от создания, как ныне находим: но великие происходили в нем перемены, что показывает история и древняя география, с нынешнею снесенная, и случающиеся в наши веки перемены земной поверхности... И так напрасно многие думают, что все, как видим, с начала творцом создано, будто не токмо горы, доли и воды, но и разные роды минералов произошли вместе со всем цветом, и поэтому-де не надобно исследовать причин, для чего они внутренними свойствами и положением мест разнятся. Таковые рассуждения весьма вредны приращению всех наук, следовательно, и натуральному познанию шара земного, а особливо искусству рудного дела, хотя оным умникам и легко быть философами, выуча наизусть три слова: Бог так сотворил (и сие дав в ответ вместо всех причин)».

Во времена М.В. Ломоносова представления о геологических процессах находились на началь-

ной стадии. Геологические процессы не разделялись на эндогенные и экзогенные. Тем не менее в своих трудах он характеризовал многие из них, отдавая явное предпочтение первой группе.

Так, среди движений земной коры М.В. Ломоносов выделял: «дрожания» (современные землетрясения); медленные волнообразные, ответственные за наступания и отступания моря; быстрые (катастрофические), ответственные за формирование горных сооружений. Будучи по своим убеждениям катастрофистом, ученый считал внутреннюю энергию Земли, обусловленную, по его мнению, горением серы, главным фактором формирования современного лика Земли, отводя экзогенным процессам относительно второстепенную роль [6]. Образование рудных жил он связывал с различными по масштабу и возрасту движениями («трясениями») Земли, обусловленными воздействием внутреннего жара планеты. Вопреки существовавшим тогда представлениям он связывал образование металлоносных россыпей с разрушением коренных месторождений золота и сносом золота реками: «...И нигде искать их столь не надежно, как по рекам, у коих на вершинах есть рудные горы...».

Наклонное положение слоев (флецов), формирование горных сооружений М.В. Ломоносов также связывал с движениями Земли. По его мнению, наклоненное положение «камней диких» к горизонту показывает, что слои перемещены с прежнего своего положения, которое, по механическим и гидростатическим правилам, должно быть горизонтальным. И, «когда горы со дна морского поднимались, побуждаемые внутренней силой, составляющие их камни непременно должны были выпучиваться, трескаться, производить расщелины, наклонные положения, стремнины, пропасти разной величины и фигуры отменной».

В то же время в работе «О слоях земных» Ломоносов высказывал и мысли по многим экзогенным процессам, предвосхищавшие объяснение их природы. Так, например, он считал, что разрушение земной коры и, следовательно, слагающих ее каменных пород происходит под влиянием причин «внутренних» и причин «внешних». Он писал: «Двумя образами обнажает натура недро земное: иное усиливанием тел, вне оного обращающихся, иное движением самих его внутренностей. Внешние действия суть сильные ветры, дожди, течение рек, волны морские, льды, пожары в лесах, потопа; внутреннее — одно землетрясение» [2]. М.В. Ломоносов характеризовал природу таких геологических процессов (в современной терминологии), как денудация, ветровая и водная эрозия, абразия и др.

Также очень интересна мысль Ломоносова о том, что первыми «поселенцами» на кристаллических породах являются лишайники (он их называл мхами), которые «подготавливают условия для поселения и развития других растений». Он писал: «И каменные голые горы часто показывают на себе зелень мху молодого, которая

после чернеет и становится землею; земля, накопаясь долгою времени, служит после к произведению крупного мху и других растений» [2]. Кроме того, у М.В. Ломоносова «чернозем» (почва) есть результат «согнания животных и растущих тел со временем» [2]. Исходя из этого, можно считать, что, согласно его взглядам, почвообразовательный процесс начинается с того времени, когда первые растительные организмы поселяются на массивнокристаллических породах. Этих представлений гениального русского ученого, высказанных почти 300 лет тому назад, придерживались и многие ученые, работавшие после Ломоносова, в частности почвоведы и грунтоведы В.В. Докучаев, В.Р. Вильямс, М.М. Филатов и др. [1, 4].

Наряду с процессами почвообразования и выветривания в работах Ломоносова так или иначе отражен широкий круг и других экзогенных процессов, протекающих в природе, под влиянием которых формируется поверхностная (грунтовая) толща земной коры. Среди них прослеживаются процессы денудации, диагенеза, цементации, осаждения (седиментации) и др.

Таким образом, первые представления о геологических процессах и их причинах, высказанные М.В. Ломоносовым, показали их многообразие, динамику и огромную роль в формировании лика Земли, что в последующем учитывалось в рамках зарождавшейся и развивавшейся инженерной геодинамики.

Закключение

Удивительный гений М.В. Ломоносова предвосхитил многие важнейшие закономерности и теоретические положения, способствовавшие формированию ряда предпосылок инженерной геологии и ее возникновению. Его идеи послужили значительным вкладом в будущую инженерную геологию, нашли свое выражение в ряде методологических и методических положений грунтоведения, а также в характеристике и объяснении природы и динамики ряда геологических процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грунтоведение / В.Т. Трофимов, В.А. Королев, Е.А. Вознесенский, Г.А. Голодковская, Ю.К. Васильчук, Р.С. Зиангиров; под ред. В.Т. Трофимова. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГУ, 2005. 1024 с.
2. Ломоносов М.В. О слоях земных (1761 г.) // М.В. Ломоносов. Избранные произведения. М.: Наука, 1986. Т. 1. С. 361–434.
3. Ломоносов М.В. Слово о рождении металлов от трясения земли (1757 г.) // М.В. Ломоносов. Избранные произведения. М.: Наука, 1986. Т. 1. С. 344–360.
4. Сергеев Е.М. Генетическая классификация грунтов в свете учения М.В. Ломоносова «О слоях земных» // Вестник Московского университета. 1950. № 8. С. 55–68.
5. Сергеев Е.М. Некоторые идеи грунтоведения в работе М.В. Ломоносова «О слоях земных» // Вестник Московского университета. 1949. № 9. С. 99–103.
6. Хаин В.Е., Рябухин А.Г., Наймарк А.А. История и методология геологических наук: учебное пособие. М.: Академия, 2008. 416 с.

АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

AEROSPACE MONITORING FOR LINEAR NATURAL-TECHNICAL SYSTEM

РЕВЗОН А.Л.

Зав. отделом ОАО «Научно-исследовательский институт транспортного строительства» (ОАО «ЦНИИС»), д.геогр.н., г. Москва,
RevzonAL@tsniis.com

REVZON A.L.

The head of a department of the «Research Institute of Transport Construction» PJSC (the «TsNIIS» PJSC), Moscow,
RevzonAL@tsniis.com

Ключевые слова:

природно-технические системы (ПТС); мониторинг; аэрокосмическое зондирование; управление состоянием природно-технических систем; геоинформационные системы (ГИС); линейные сооружения; опасные природные и природно-техногенные процессы; предаварийные состояния; аварии.

Key words:

natural-technical systems (NTS); monitoring; aerospace sensing; linear natural-technical system state management; geoinformation systems (GIS); line structures; hazardous natural and natural-technogenic processes; pre-emergency states; emergencies.

Аннотация

В статье рассматриваются основные положения теории, методологии, технологии и практики предупреждения критических состояний линейных природно-технических систем (ПТС) в районах со сложными ландшафтно-климатическими и инженерно-геологическими условиями с помощью аэрокосмического зондирования в сочетании с наземными экспресс-методами оценки параметров состояния ПТС с последующим созданием специализированных геоинформационных систем (ГИС), направленных на своевременное обнаружение предаварийных ситуаций и предотвращение природно-техногенных аварий.

Введение

От того, насколько полно изучены ландшафтно-климатические и инженерно-геологические условия районов предстоящего строительства и как они будут меняться в процессе него, зависит безопасность возводимых сооружений и окружающей среды. Например, проект железной дороги Курагино — Кызыл, разработанный до произошедшего 27 декабря 2011 г. 8–9-балльного землетрясения с эпицентром примерно в 100 км к востоку от г. Кызыла, требует пересмотра принятых инженерных решений на основе новых системных исследований района предполагаемого строительства по методологии мониторинга природно-технических систем (ПТС).

Понимая под ПТС различные структуры, в которых осуществляются взаимодействия между природными компонентами и инженерными сооружениями на всех стадиях их создания и функционирования, автор на разных этапах выполняемых в данном направлении исследований придерживался постулата о том, что основными функциями мониторинга природно-технических систем являются не только периодические наблюдения за динамикой их состояния под влиянием различных факторов, но и управление этим состоянием в целях предупреждения аварийных ситуаций. То есть без наблюдений невозможно эффективное управление.

Однако далеко не все исследователи разделяют эту точку зрения. Ряд специалистов в области мониторинга природной среды придают ему лишь функцию периодических наблюдений, считая управление ПТС не природоведческой, а технической задачей. Такие противоречивые мнения возникли на заре развития мониторинга как направления науки и практики в середине 70-х гг. прошлого столетия. И они су-

Abstract

The article considers the fundamentals of theory, methodology, technology and practice of preventing critical states of linear natural-technical systems (NTS) in the areas under difficult landscape-climatic and engineering-geological conditions using aerospace sensing in combination with ground-based express methods of assessing the NTS state parameters and subsequent creating specialized geoinformation systems aimed at timely finding pre-emergency situations and preventing natural-technogenic accidents.



ществуют до настоящего времени, т.к. мониторинг ПТС, за исключением единичных примеров, имел и имеет не системный и комплексный, а компонентно-отраслевой характер. Общеизвестны методологии и опыт проведения мониторинга в климатологии, лесном хозяйстве, инженерной геологии (мониторинга геологической среды, литомониторинга, сейсмомониторинга, экзодинамического мониторинга), землепользовании, а также строительного мониторинга [1, 2, 4, 6–8, 10, 12]. Однако количество природно-техногенных аварий, возникающих при строительстве и эксплуатации инженерных сооружений, особенно в сложных природных условиях, за последнее 20-летие неуклонно растет, несмотря на проведение мониторинга в вышеуказанных направлениях.

Общеизвестно, что в наши дни прокладка трасс протяженных линейных сооружений (нефте- и газопроводов, транспортных магистралей, высоковольтных ЛЭП, оросительных систем) в районах с экстремальными природными условиями осуществляется без своевременной проработки и обоснования их трассирования и должного учета развития и активизации под влиянием строительства опасных природных процессов (оползней, селей, лавин, обвалов, карста, подтопления, размывов, абразионно-аккумулятивных процессов в береговых зонах, а также процессов, связанных с изменениями мерзлотных условий). И, несмотря на обязательное выполнение в процессе строительства соответствующего строительного мониторинга (в т.ч. и экологического), от разрушения созданных сооружений под воздействием активизации опасных процессов мы не застрахованы.

Примеры катастрофических разрушений последних лет известны на строящихся объектах Олимпиады-2014 в районе Большого Сочи, на стройках в Республике Саха (Якутия), на эксплуатирующихся объектах в Республике Хакасия, на железнодорожной станции Березняки в Пермском крае и т.д. Во всех этих случаях должным образом не осуществлялся системный анализ ПТС на этапах планирования размещения сооружений на местности и их проектирования, хотя проектные решения должны приниматься с учетом данных о возможном воздействии на сооружения опасных природных процессов. В их обосновании и в своевременном проведении мониторинговых исследований, в т.ч. в процессе эксплуатации сооружений, должны участвовать специалисты различных направлений.

Вместе с тем опубликовано много работ, провозглашающих проведение мониторинга ПТС с системных позиций. Существуют даже организации и подразделения ряда компаний, основной задачей которых является проведение мониторинга природно-технических систем. Ознакомление с результатами выполняемых ими исследований показывает, что, по сути, их работы не выходят за рамки компонентно-отраслевого мониторинга.

В материалах (на картах и схемах), содержащих результаты наблюдений за состоянием природной среды, отражается главным образом динамика ее компонентов без соответствующей оценки состояния инженерных сооружений, находящихся под их влиянием. В лучшем случае на картах показывается тип, конфигурация и местоположение инженерных сооружений, но не их техническое состояние и работоспособность. В таком мониторинге, выполняемом природоведами (гидрологами, климатологами, географами, геологами, экологами), не участвуют специалисты, владеющие основами инженерного дела.

По данным строительного мониторинга, наоборот, оценивается техническое состояние выводимых и эксплуатируемых сооружений с оценкой напряженно-деформированного состояния конструкций и их узлов, степени их повреждений от воздействия различных факторов, остаточного ресурса и практически никак не оценивается характер природных воздействий, например морфология, типизация, степень активности и тенденции проявления опасных природных процессов, приводящих к размывам, деформациям или разрушениям инженерных сооружений. Здесь, наоборот, не участвуют специалисты-природоведы, способные исследовать и оценивать состояние природных компонентов.

Хотелось бы отметить, что автор ни в коем случае не является противником реализации компонентно-отраслевых направлений мониторинга и считает, что различные виды мониторинга (климатического, лесного, гидрологического, земельного, инженерно-геологического, экологического, строительного) весьма эффективны для решения конкретных отраслевых задач. Однако в случаях, когда намечается и проводится масштабное хозяйственное освоение регионов со сложными природными условиями, сопряженное со строительством или реконструкцией протяженных линейных сооружений (трасс нефте- и газопроводов, железных и автомобильных дорог, водохозяйственных и энергетических сооружений), выполнение мониторинга ПТС должно осуществляться с системных позиций — именно так, как это предписывается действующими федеральными нормативными документами [18, 19], а компании, которые претендуют на выполнение мониторинга ПТС, должны иметь необходимые кадровые ресурсы и технические средства для его выполнения в соответствии с требованиями этих документов.

Научно-методическая и технологическая база аэрокосмического мониторинга линейных природно-технических систем

Методология мониторинга для обоснования системы управления состоянием природно-технических систем развивается уже более 35 лет. За это время были созданы научные основы и накоплен большой опыт проведения мониторинга различных типов ПТС [1, 2, 4, 6–16, 20]. Базиру-

ясь на этом опыте, автор создал методологию мониторинга линейных ПТС, в основу которой было положено сочетание аэрокосмического зондирования, наземных методов экспресс-диагностики состояния ПТС на сложных участках и системы специализированного оценочного картографирования состояний ПТС с применением ГИС-технологий (рис. 1). Применяя данную методологию на всех этапах создания и функционирования линейных сооружений, мы получаем своеобразную систему управления состоянием природно-технических систем (рис. 2), позволяющую своевременно фиксировать и предупреждать аварии и катастрофы, связанные с влиянием на инженерные сооружения опасных природных процессов и с воздействием нештатных ситуаций в состоянии инженерных сооружений на природную среду. Окончательные цифровые карты в широком масштабном диапазоне информационно обеспечат обоснование принятия управленческих решений на всех уровнях управления ПТС. Рассмотрим основные позиции этой методологии.

Принципы аэрокосмического мониторинга линейных ПТС

Концепцию мониторинга линейных ПТС можно выразить в виде таких условных принципов, как: (1) комплексность; (2) систематичность и периодичность; (3) автоматизация получения и об-

работки данных с широким использованием современных информационных технологий.

Комплексность. В качестве объектов мониторинга необходимо рассматривать все элементы природно-технической системы (сооружения и природную составляющую) как взаимообусловленные. Например, применительно к газопроводам надо рассматривать собственно трубопровод, сооружения инфраструктуры газопроводной системы (компрессорные и насосные станции, хранилища углеводородного сырья и др.), а применительно к железнодорожным магистралям — верхнее строение пути, земляное полотно, мосты, тоннели, сооружения железнодорожной инфраструктуры (станции и транспортные здания, узлы, сооружения электрификации и др.) во взаимодействии с основанием и прилегающими геомассивами на всей площади влияния развивающихся в них природных и техногенных процессов с учетом климатических, ландшафтных и социальных факторов. Только комплексный подход позволяет дать правильные оценку и прогноз работы сооружения под нагрузками и выявить прямые и обратные связи между природной и технической составляющими ПТС.

Систематичность и периодичность. Опыт последних 10–15 лет показал, что на этапах обоснования инвестиций и разработки проектной документации не всегда удается обосновать прогнозные схемы взаимодействия конструкций и

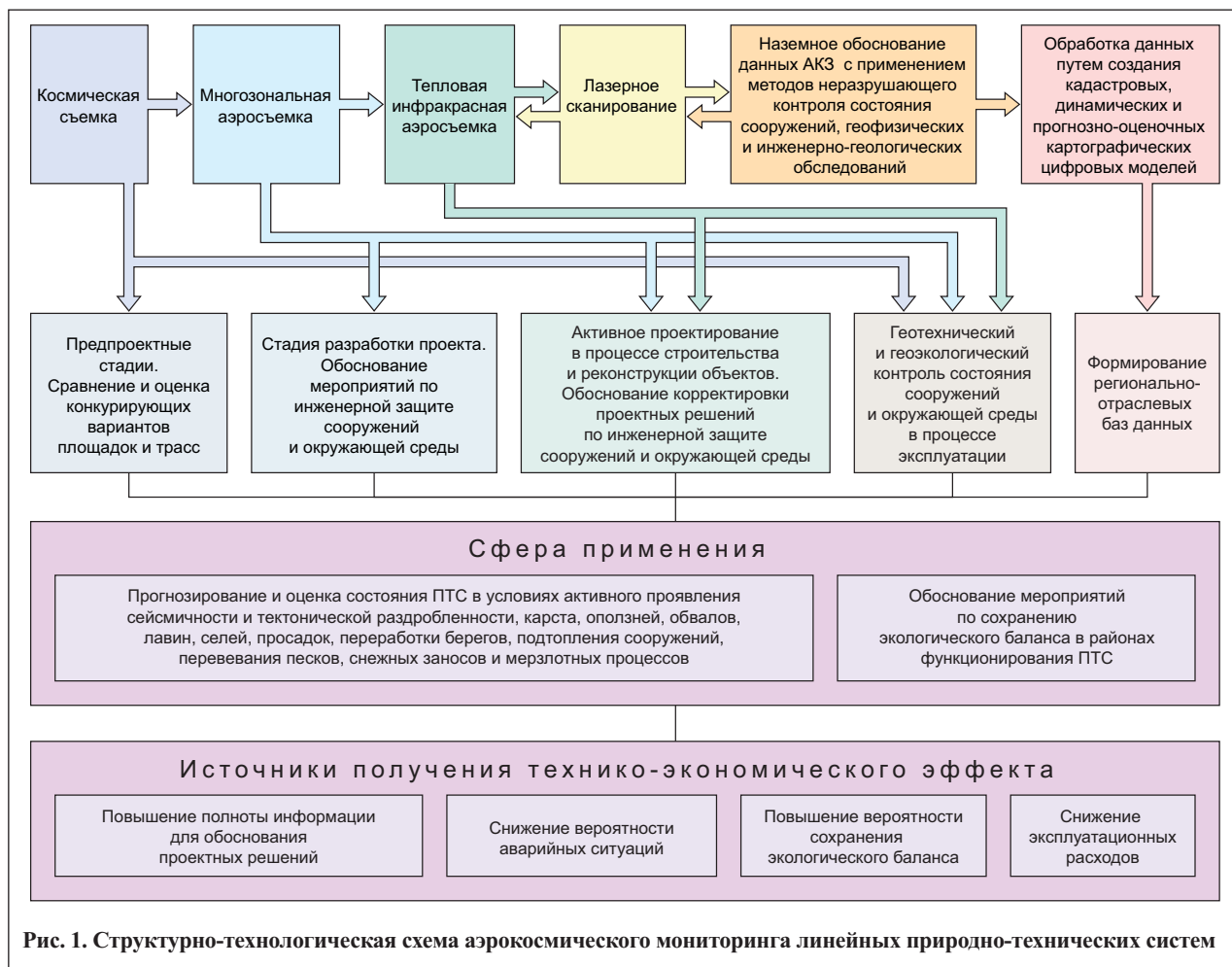


Рис. 1. Структурно-технологическая схема аэрокосмического мониторинга линейных природно-технических систем



сооружений с природными факторами, в частности с геологической средой и климатическими параметрами. Более того, стремительно изменяющийся климат планеты и активизация сейсмической активности, сопровождающиеся интенсификацией опасных природных и природно-техногенных процессов (оползней, селей, лавин, наводнений, осадки поверхности земли в мегаполисах), являются причинами быстрого устаревания имеющейся инженерно-геологической и природно-ресурсной информации, закладываемой в проекты сооружений. В этих условиях далеко не всегда возможно своевременное обновление этих данных, поэтому проведение специальных исследований по методологии мониторинга ПТС весьма актуально, причем перманентным образом, т.е. циклично на разных этапах строительства и эксплуатации сооружений, например, начиная с периода завершения строительства (I этап), в период временной эксплуатации сооружений (II этап) и в предреконструкционный период (III этап). Между этими обязательными этапами организации, осуществляющие постоянную эксплуатацию сооружений, могут являться заказчиками специальных дополнительных мониторинговых исследований для контроля технического состояния сооружений и окружающей среды в случаях возникновения нештатных ситуаций (таких как отказы работы сооружений, обнаружение их дефектов, возникновение природных аномальных явлений, получение данных о возможных террористических актах и др.).

Автоматизация получения и обработки данных с широким использованием современных ин-

формационных технологий. Получившие приоритет во всем мире, информационные технологии являются стержневой основой методологии мониторинга, базирующейся на быстром получении высокоточной информации о состоянии параметров объекта (качественных и количественных), в т.ч. напряженно-деформированного состояния конструкций и узлов сооружений, что осуществляется методами неразрушающего контроля с применением соответствующей диагностической аппаратуры.

В системах мониторинга протяженных линейных объектов, сооружаемых в сложных природных условиях (в зонах интенсивной геодинамики, на труднодоступных территориях в условиях горного рельефа, в таежных и болотистых районах), эффективно применение комплексного аэрокосмического зондирования (АКЗ). Его данные позволяют своевременно выявлять участки возможных предаварийных и аварийных ситуаций, на которых впоследствии проводятся работы по оценке состояния конструкций и сооружений методами их неразрушающего контроля и определяются параметры компонентов природной среды, влияющие на техническое состояние сооружений.

При очевидной эффективности существующих аэрокосмических и наземных методов неразрушающего контроля необходимо их рациональное сочетание (комплексирование) с учетом их особенностей, характеристик и способов применения.

Отработка методического обеспечения работ по оценке и прогнозированию состояния ПТС различных типов на различных этапах строи-

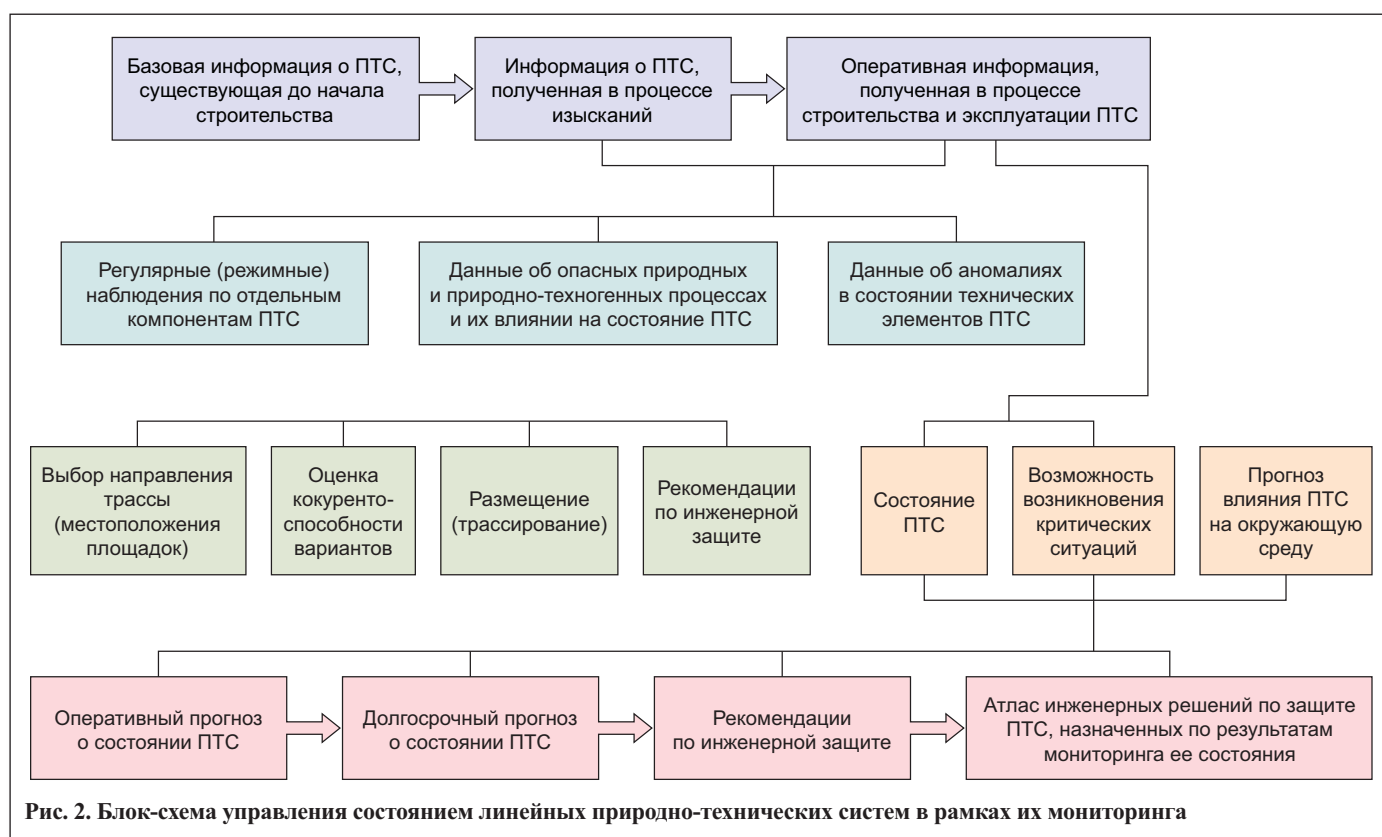


Рис. 2. Блок-схема управления состоянием линейных природно-технических систем в рамках их мониторинга

тельства и эксплуатации сооружений с использованием в системе мониторинга оригинальных структурно-технологических схем представляет собой технологическое кредо научных организаций в области мониторинга природно-технических систем применительно к различным ландшафтно-климатическим и инженерно-геологическим условиям.

Мониторинг ПТС методами аэрокосмического зондирования, как правило, является опережающим, позволяет оптимизировать пространство и объемы комплексных изыскательских работ уже на предпроектном этапе. При этом данные наземных обследований позволяют наполнить количественными и качественными характеристиками структуру контуров, получаемых при дешифрировании материалов АКЗ.

Основой дешифровочного процесса материалов АКЗ являются ландшафтные исследования с учетом взаимодействия и взаимообусловленности природных компонентов. Соответственно выполняется ландшафтно-индикационный анализ, использующий образы (внешнее отображение) ландшафтов (рельефа, грунтов, растительного покрова, гидрографической сети и др.), являющиеся косвенными индикаторами для распознавания свойств компонентов, скрытых от визуального наблюдения (горных пород, стратиграфии, подземных вод, протекающих в них природных процессов и др.), — объектов индикации.

При мониторинге ПТС ландшафтно-индикационный анализ является основой для составления по материалам АКЗ кадастровых карт, фиксирующих фоновое состояние среды и уровень техногенных изменений (нарушенности) ландшафтов до начала строительства, например, железных дорог. Составляются прогнозы устойчивости ПТС в форме карт риска (технического, экзодинамического, экологического). По данным их анализа составляются программы наземных изысканий и режимных наблюдений.

В процессе строительства и при эксплуатации сооружений с помощью комплексирования ландшафтно-индикационного анализа материалов АКЗ с данными наземных экспресс-исследований с применением методов неразрушающего контроля сооружений оценивается динамика состояния взаимодействия природной и технической составляющих ПТС, на основе чего уточняются или корректируются прогнозы и обосновываются управляющие решения.

Банк данных по проблеме «Критические ситуации в состоянии ПТС в условиях природного разнообразия России»

В ОАО «ЦНИИС» под руководством и при участии автора создан банк данных (БД), включающий в себя: (1) фрагменты наиболее типичных аэрокосмических (многозональных, инфракрасных, радиолокационных) снимков по выделению и обоснованию критических ситуаций (предаварийных, аварийных и поставарийных)

на инженерных сооружениях под действием опасных природных и природно-техногенных процессов; (2) аннотаций к этим снимкам; (3) схемы их дешифрирования; (4) фрагменты специализированных прогнозно-оценочных карт, содержащих рекомендации по инженерной защите ПТС.

Этот банк данных разбит на ряд директорий: общую методическую, п-ов Ямал, Надым-Пур-Тазовское междуречье, Норильский регион, Черноморское побережье Кавказа, горные районы Северной Осетии, Приэльбрусье, северо-запад России, равнинный Алтай, Прибайкалье, Забайкалье, Дальний Восток. Ряд директорий выделяется по проблемам функционирования конкретных ПТС (коридор коммуникаций «Обская — Бованенково»; железная дорога Ягельная — Ямбург, зоны освоения ряда крупнейших нефтегазовых месторождений Тюменской области; береговой комплекс на участке Туапсе — Адлер; зона освоения БАМ; участок Западно-Сибирской железной дороги Барнаул — Бийск; железнодорожная магистраль Санкт-Петербург — Москва и др.).

В данном БД систематизируются и рассматриваются ситуации, связанные с кадастром, динамикой, состоянием ПТС, прогнозом аварий в состоянии трубопроводов, железных и автомобильных дорог, гидротехнических и промышленных сооружений, строящихся и эксплуатируемых в условиях интенсивного проявления природно-техногенных процессов.

Рассматриваемый БД положен в основу типизации предаварийных, аварийных и поставарийных ситуаций, возникающих при строительстве и эксплуатации сооружений в районах с экстремальными природными условиями. Частично материалы этого БД опубликованы в ряде монографий и учебных пособий и используются в учебном процессе при подготовке изыскателей и проектировщиков транспортных вузов [3, 6, 13–16].

Структура локальных геоинформационных систем в системе мониторинга ПТС

Предлагаемая структура геоинформационных систем (ГИС) основана на результатах многолетних исследований, выполненных при создании конкретных линейных ПТС в различных ландшафтно-климатических и инженерно-геологических условиях России и стран СНГ. Это локальные ГИС для обоснования систем управления состоянием природно-технических систем, создаваемых и эксплуатируемых в сложных природных условиях, сопряженных с высоким риском воздействия на сооружения опасных природных процессов, которые базируются на трех уровнях информации (см. рис. 2), определяющих содержательную структуру и отражающих динамику состояния ПТС: (1) на базовой информации о ПТС, существующей до начала строительства; (2) на информации о ПТС, полученной в результате изысканий; (3) на оператив-



ной информации, полученной в процессе строительства и эксплуатации ПТС. Такой подход делает реальным своевременное предупреждение природно-техногенных аварий на всех стадиях создания и функционирования сооружений. Реальность предупреждения этих аварий обеспечивается:

- объективизацией информационной составляющей ГИС за счет использования данных аэрокосмического зондирования и наземных обследований, фиксирующих стадии и интенсивность проявления опасных природно-техногенных процессов;
- точностью машинной обработки вводимой информации;
- оперативностью получения видео- и картографической информации как для всей трассы, так и для любой ее точки в любом масштабе;
- надежностью хранения баз данных;
- оперативностью выдачи данных в любом виде (цифровом, графическом, картографическом, текстовом, на бумажной и на электронной основе);
- возможностью оперативного обновления, размножения и передачи информации на любое расстояние без потери качества.

Структура таких ГИС в соответствии со схемой, представленной на рис. 3, предусматривает следующие три взаимосвязанных блока, формирующих базу данных: (1) входящая информация; (2) электронные карты; (3) формирование оценок и прогнозов.

При формировании перечня задач, решаемых в системе предупреждения природно-техногенных аварий, данные ГИС изначально ориентируются на:

- решение задач локального характера;
- предупреждение природно-техногенных аварий и катастроф в сфере строительства и эксплуатации сооружений;
- обоснование управленческих решений по обеспечению технической и экологической безопасности ПТС в зонах их влияния на окружающую среду;
- создание регионально-отраслевого банка данных для обоснования проектных решений при строительстве в районах с аналогичными природными условиями.

Основу базы данных такой ГИС составляет автоматизированная картографическая система, формируемая на всех стадиях создания и эксплуатации ПТС. В качестве исходных данных для фор-

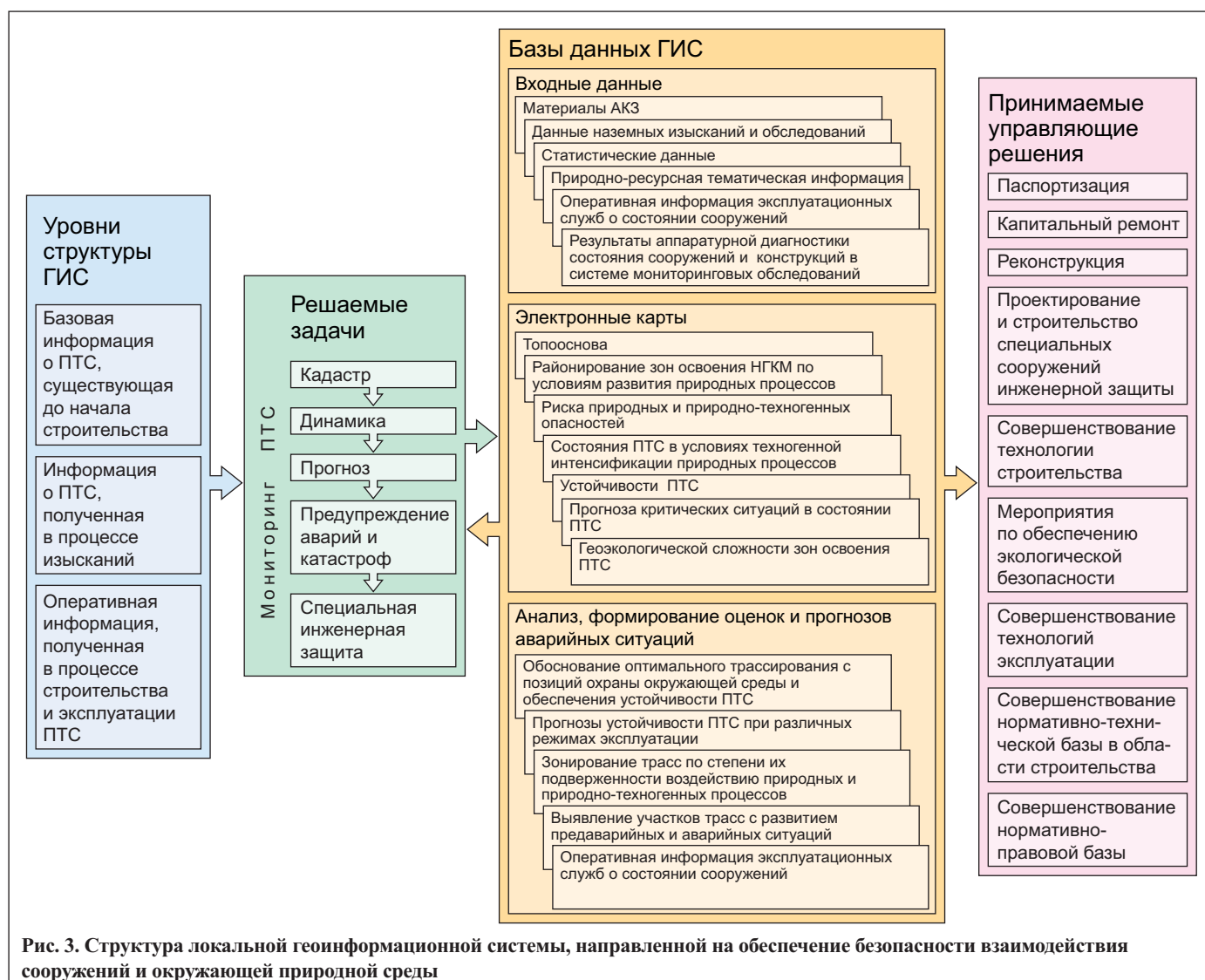


Рис. 3. Структура локальной геоинформационной системы, направленной на обеспечение безопасности взаимодействия сооружений и окружающей природной среды

мирования БД используется внешняя и внутримашинная информация.

Внемашинную информацию формируют:

- материалы АКЗ и результаты их дешифрирования;
- данные наземных изыскательских и специальных работ, в т.ч. выполняемых по системе мониторинга с применением методов неразрушающего контроля и диагностики состояния сооружений;
- статистические данные и природно-ресурсная информация, получаемые из федеральных и региональных государственных организаций;
- оперативная информация служб и подразделений организаций, осуществляющих строительство и эксплуатацию сооружений, об изменчивости состояния исследуемых сооружений и конструкций (данные об имевших место отказах, авариях, ущербе, принятых мерах инженерной защиты).

Внутримашинная информация включает в свой состав цифровые тематические карты, отражающие:

- топографо-геодезическую ситуацию района строительства или эксплуатации сооружения и ее изменчивость;
- техническое состояние исследуемых сооружений (наличие дефектов, деформаций, остаточ-

ный ресурс, уязвимость, безотказность, ремонтпригодность, коррозионную стойкость и т.п.);

- геоэкологическое и инженерно-геологическое состояние районов прокладки (пролегания) трасс (кадастр, динамику и интенсивность проявления опасных природных и природно-техногенных процессов, техногенную нарушенность ландшафтов, загрязненность, прогноз устойчивости ПТС);
- справочную информацию (государственные федеральные и региональные нормативные акты по экологии, землепользованию и строительству, правовому положению земель и их собственников);
- оценочную природно-ресурсную информацию (о пригодности земель для хозяйственного использования и их стоимости; об экологическом состоянии почв, поверхностных и подземных вод, грунтов, растительного покрова; о состоянии и боните лесных угодий; о биологических ресурсах и об имеющихся и потенциальных ущербах ПТС и окружающей среды).

Система автоматизированного картографирования включает семь типов постоянно обновляемых карт, позволяющих оценить состояние ПТС в любой точке трассы на всех этапах строительства и эксплуатации. Организация пространственной информации в ГИС рассматривается на

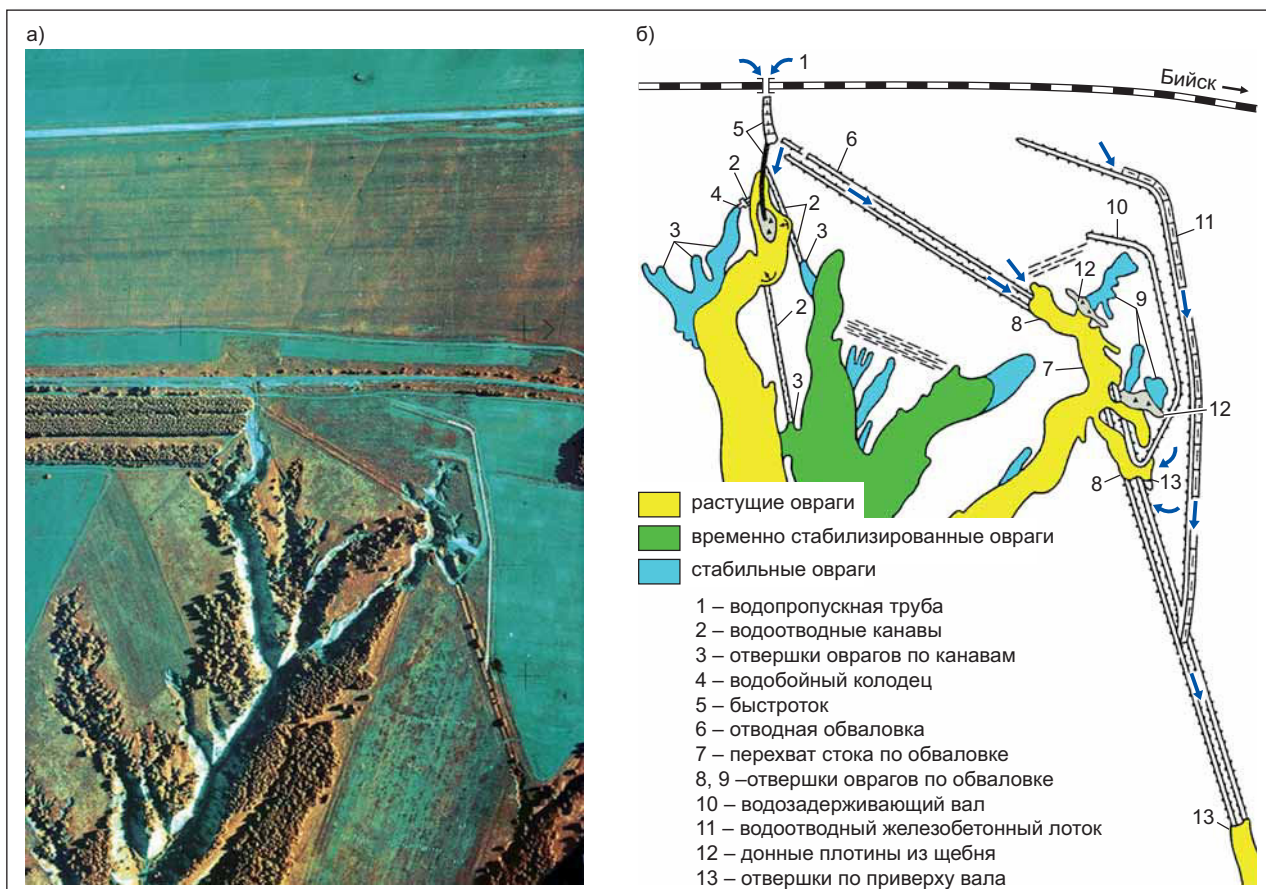
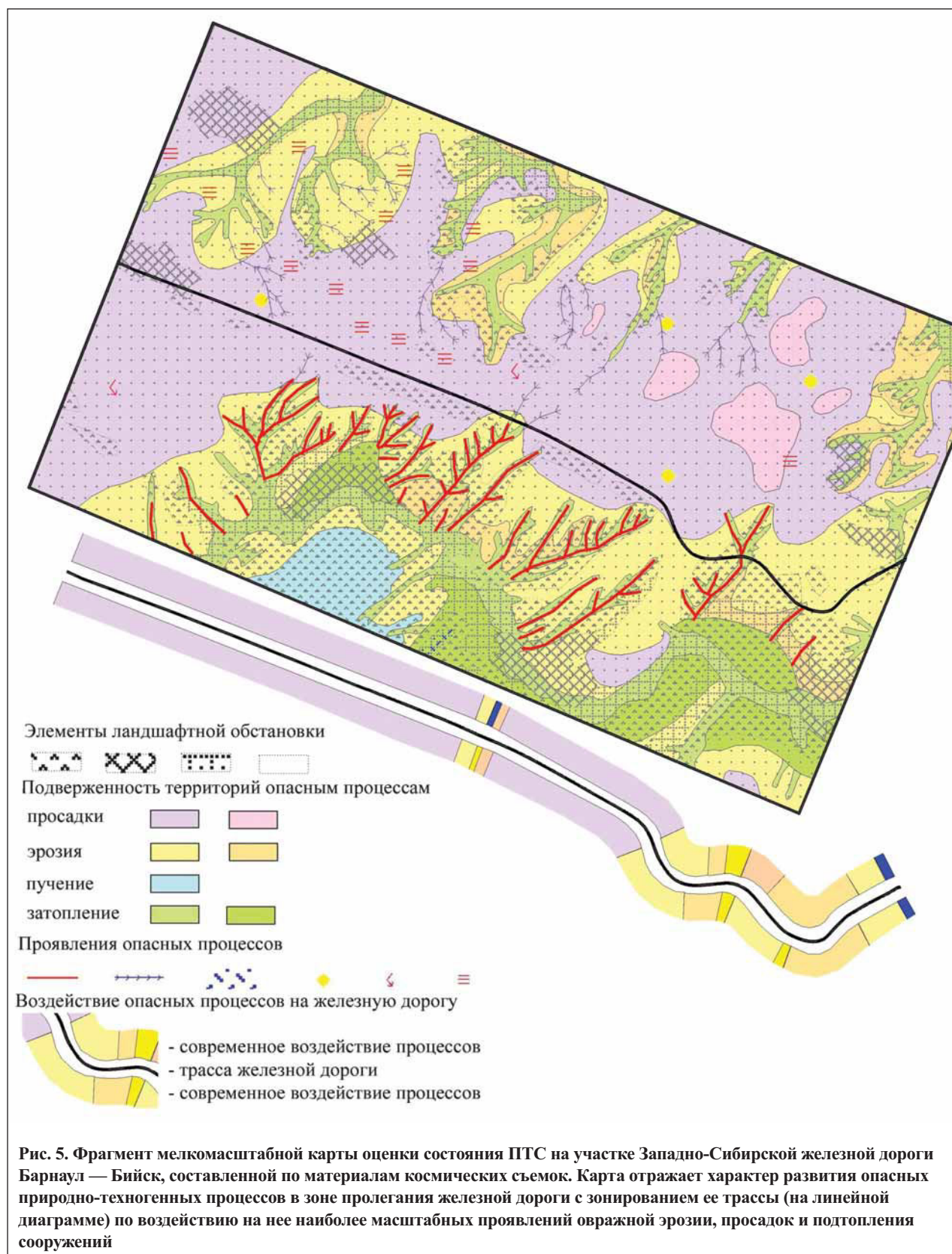


Рис. 4. Состояние природно-технической системы участка Западно-Сибирской железной дороги Барнаул — Бийск в условиях интенсивного оврагообразования (несмотря на имеющуюся систему защитных сооружений, овраг продолжает расти и создает угрозу размыва железнодорожного полотна и насыпи, что является предаварийной ситуацией): а — синтезированный многозональный аэроснимок участка с развитием оврага; б — схема действующих сооружений инженерной защиты от воздействия овражной эрозии

уровне создания многослойной модели картографической системы, содержащей слои по каждому компоненту организационной структуры природной и технической составляющих ПТС. Каждый слой имеет самостоятельное значение и может быть, в случае необходимости, выведен в виде отдельной аналитической карты для любой точки или отрезка трассы линейного сооружения (например, это может быть «Карта состояния тру-

бопровода на участке 132 км трассы»). С учетом послойной организации система автоматизированного картографирования может включать множество специальных карт без ограничения верхнего предела.

Вышеперечисленные свойства рассматриваемых ГИС значительно повышают обоснованность и качество управляющих инженерных решений по защите ПТС от воздействия опасных



природных и природно-техногенных процессов, снижают роль субъективных факторов в оценках и практически исключают ошибки в оценке состояния ПТС, связанные с недостатком информации о степени опасности развития указанных процессов.

При разработке подобной ГИС были использованы хорошо зарекомендовавшие себя во всем мире программные комплексы настольного типа, работающие под управлением операционной системы UNIX (в частности, MapInfo, а при больших объемах обработки данных — ARC/INFO в сочетании со специальной программой для обработки данных АКЗ ERDAS Imagine, имеющей модуль расширения Vector, обеспечивающий преемственность средств системы ARC/INFO, а через имеющиеся у нее расширения — и других родственных программных комплексов).

Данная ГИС была применена в системе мониторинга ПТС зон освоения ряда газоконденсатных месторождений (ГКМ) тюменского Севера (в т.ч. коммуникаций, входящих в их инфраструктуру), а также ряда железнодорожных магистралей (Октябрьской, Западно-Сибирской, Северо-Кавказской железных дорог) [6, 9, 13, 14, 16].

Организация применения методов и технологий аэрокосмического зондирования при проведении мониторинга ПТС

Комплексность и своевременность применения аэрокосмического зондирования обеспечивают возможность его использования на всех стадиях строительства и инвестиционного цикла, начиная от обоснования схемы размещения объекта на местности и обоснования инвестиций в строительство до его эксплуатации, включая различные этапы проектно-изыскательских и строительных работ. Организация этих исследований осуществляется путем постановки и проведения комплексного мониторинга ПТС (см. таблицу).

Применение АКЗ с учетом указанных выше принципов значительно расширяет его возможности, выдвигая на первый план решение проблем безопасности функционирования ПТС.

На предпроектных стадиях использование геоэкологического анализа материалов АКЗ позволяет выявить барьерные зоны и принять инженерные решения, минимизирующие геодинамический (эндодинамический и экзодинамический), экологический и технические риски. Эти решения связаны с оптимизацией размещения сооружений

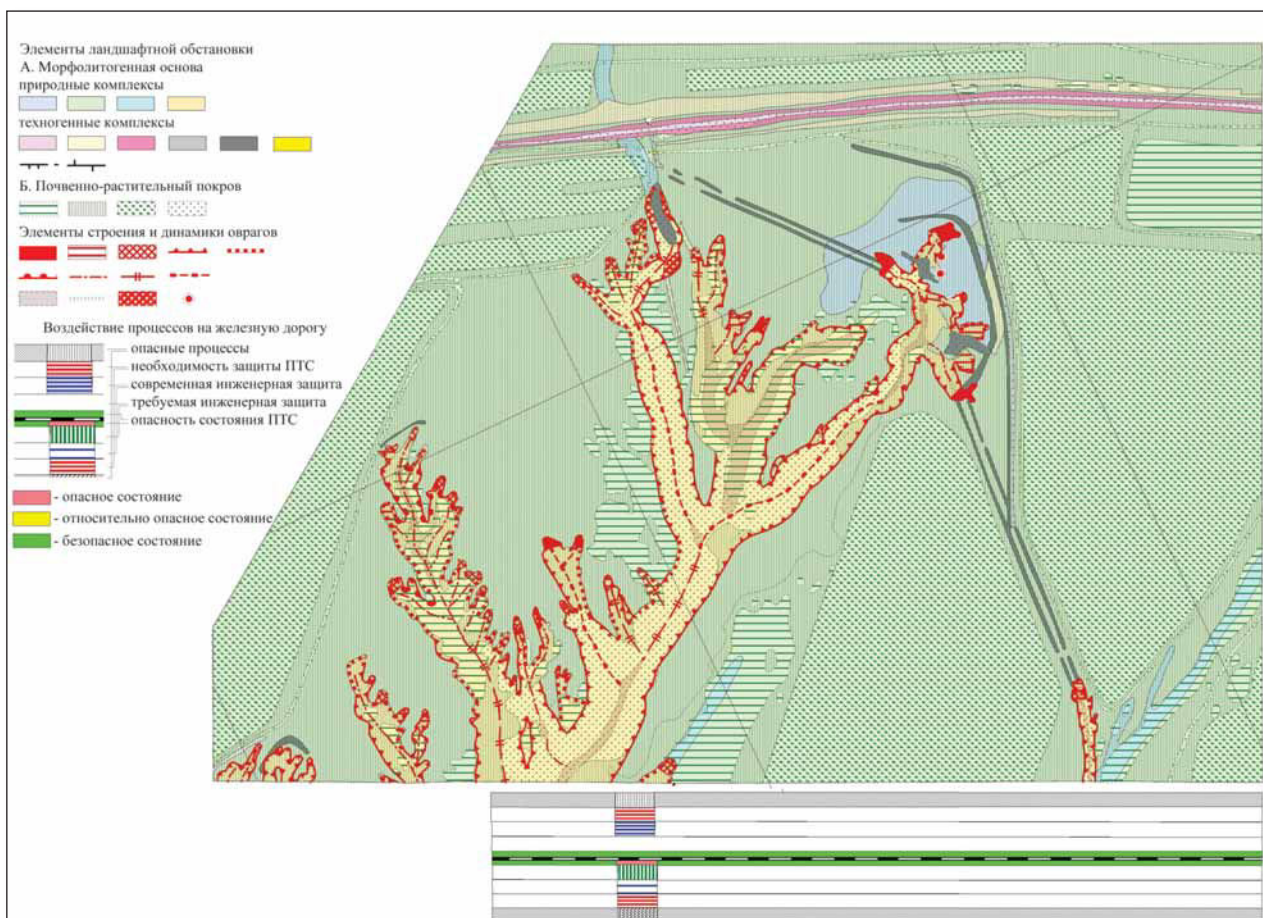


Рис. 6. Фрагмент крупномасштабной карты прогноза критических ситуаций в состоянии ПТС для отраженного на рис. 4 и 5 участка, составленной по данным дешифрирования материалов топографической аэрофотосъемки и наземных морфометрических измерений. На карте отражена эффективность действующей системы противозрозионной защиты на неустойчивом участке и даны рекомендации по ее совершенствованию с учетом закономерностей и тенденций развития овражной эрозии

Таблица

Концептуальная схема мониторинга природно-технических систем		
Позиции, положенные в основу концепции мониторинга ПТС	Схематическое описание структуры исследований по оценке состояний ПТС	
Теоретические	1) «Статика» (состояние компонентов природной среды до начала строительства);	Основа базы данных ГИС
	2) «динамика» (изменения природной и технической составляющих ПТС в процессе строительства и эксплуатации сооружений под влиянием природных и техногенных факторов на период проведения обследований);	
	3) прогноз устойчивости ПТС;	
	4) выявление и типизация участков потенциальных критических ситуаций	
Методологические	1) Паспортизация объектов исследований (фиксация параметров природных и технических компонентов объектов исследований до начала строительства);	
	2) режимные исследования ПТС;	
	3) моделирование состояний ПТС;	
	4) управляющие инженерные решения	
Технологические	1) Аэрокосмическое зондирование;	
	2) наземные экспресс-исследования по оценке параметров природной составляющей ПТС;	
	3) аппаратная диагностика состояния инженерных сооружений методами неразрушающего контроля;	
	4) автоматизированное картографирование состояний ПТС; управляющие решения.	

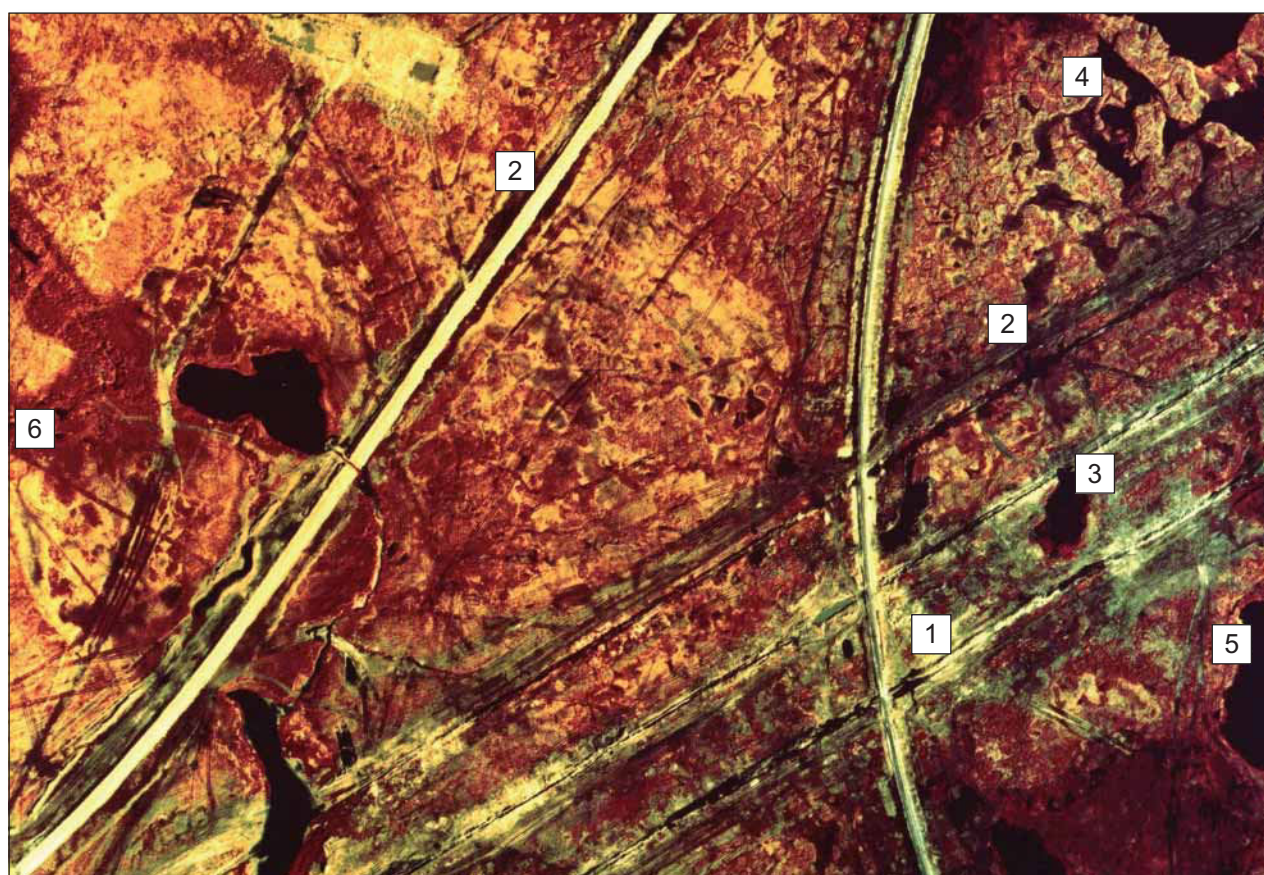


Рис. 7. Фрагмент многозонального аэроснимка участка пересечения трехниточного газопровода «Ямбург — Ныда» с железной и автомобильной дорогами. Снимок фиксирует предаварийную ситуацию, связанную с резкой активизацией мерзлотных процессов и подтопления насыпи в результате нарушения строительных технологий. В результате активизации пучения мерзлых грунтов вдоль трубопровода, проложенного в основании железнодорожной насыпи, и активного термокарста произошло выпучивание и всплытие гильз трубопровода с нарушением его гидроизоляции и подтопление насыпи. Данная ситуация классифицируется как предаварийная, строительство трубопровода остановлено для перепроектирования на участках его пересечения с дорожными сооружениями: 1 — песчаные раздувы; 2 — зоны подтопления и обводнения; 3, 4 — развивающийся и угнетенный термокарст соответственно; 5 — полосы прибрежной растительности; 6 — дренируемые участки с растительностью

и обоснования выбора их конструктивно-технологических решений, в т.ч. по их инженерной защите от воздействий опасных природных и природно-техногенных процессов.

На стадиях строительства и эксплуатации сооружений применение материалов АКЗ обеспечивает выявление предаварийных ситуаций, связанных с активизацией опасных природно-техногенных процессов (оползней, обвалов, в т.ч. сейсмогравитационных, селей, лавин, карста, мерзлотных процессов, заболачивания в основании сооружений, их подтопления и просадок, волновой абразии), которые возникают в результате нарушения строительных технологий. Это в ряде случаев позволяет откорректировать технологические регламенты и уточнить инженерные решения по защите: оснований и насыпей — от размыва и деформаций; трубопроводов — от всплытия, нарушения гидроизоляции, отклонения их продольного профиля от проектного положения; гидротехнических сооружений — от размыва. В комплексе это позволяет предупреждать возникновение деформаций сооружений, взрывов, пожаров, загрязнения атмосферы, почв, грунтов,

поверхностных и подземных вод, истощения рекреационных ресурсов.

Проектировщики и строители могут использовать специальные карты, составляемые в рамках локальных ГИС, для разработки и корректировки управляющих инженерных решений, направленных на обеспечение безопасности создаваемых и эксплуатируемых сооружений и окружающей среды, что подтверждается экспериментальной практикой. Например, при проведении мониторинга ПТС железнодорожных линий Обская — Бованенково на полуострове Ямал и Ягельная — Ямбург в Надым-Пур-Тазовском междуречье по результатам данных АКЗ назначались мероприятия по инженерной защите сооружений от размыва (обустройство водопропускных труб в теле насыпи, дополнительный дренаж, увеличение высоты насыпи) (рис. 8, 9); при проведении мониторинга ПТС участка Западно-Сибирской железной дороги Барнаул — Бийск по результатам АКЗ назначались дополнительные противоэрозионные мероприятия (рис. 4–6). Примеров подобного рода достаточно много, даже имели место случаи останова строительства с целью перепроектирования

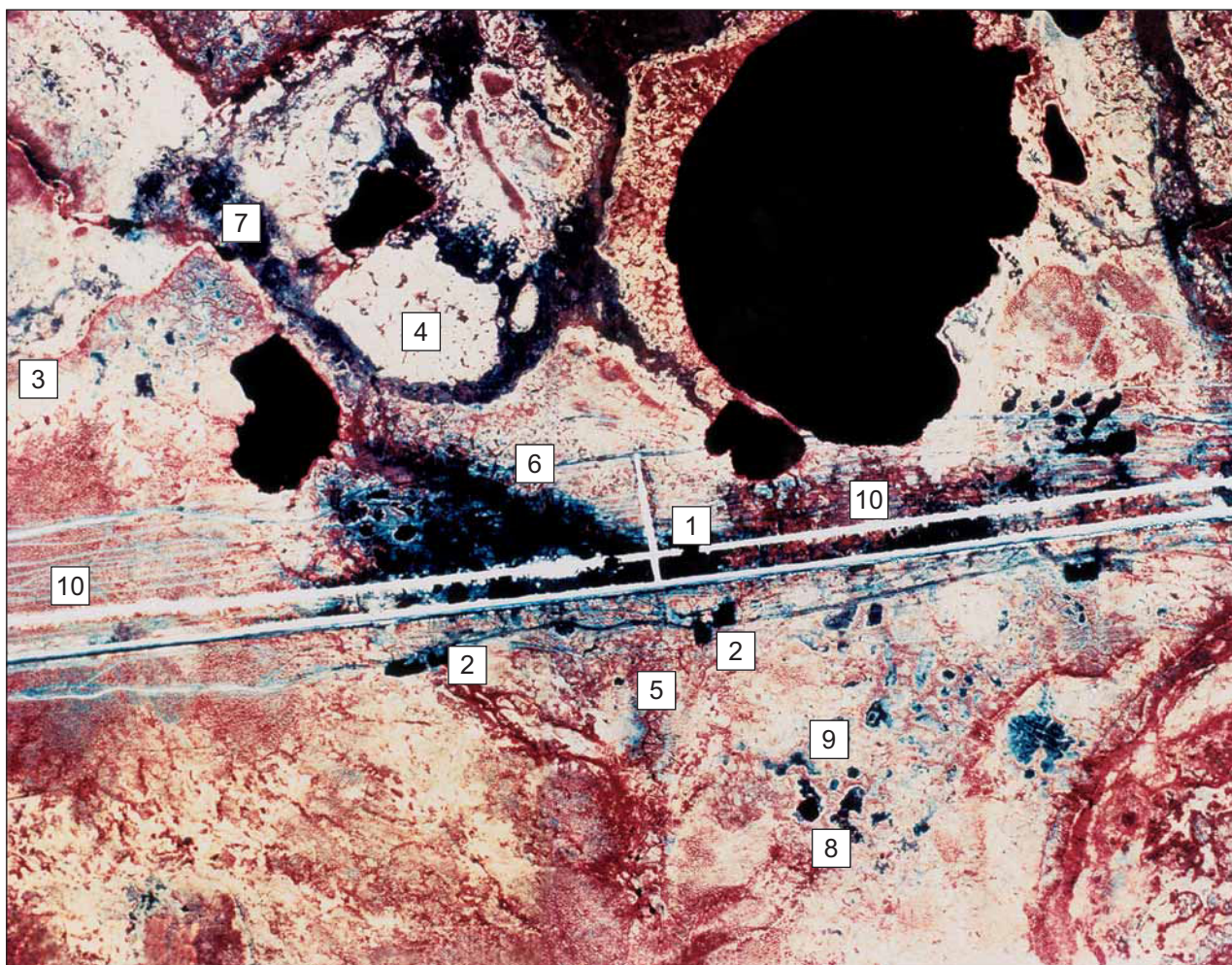
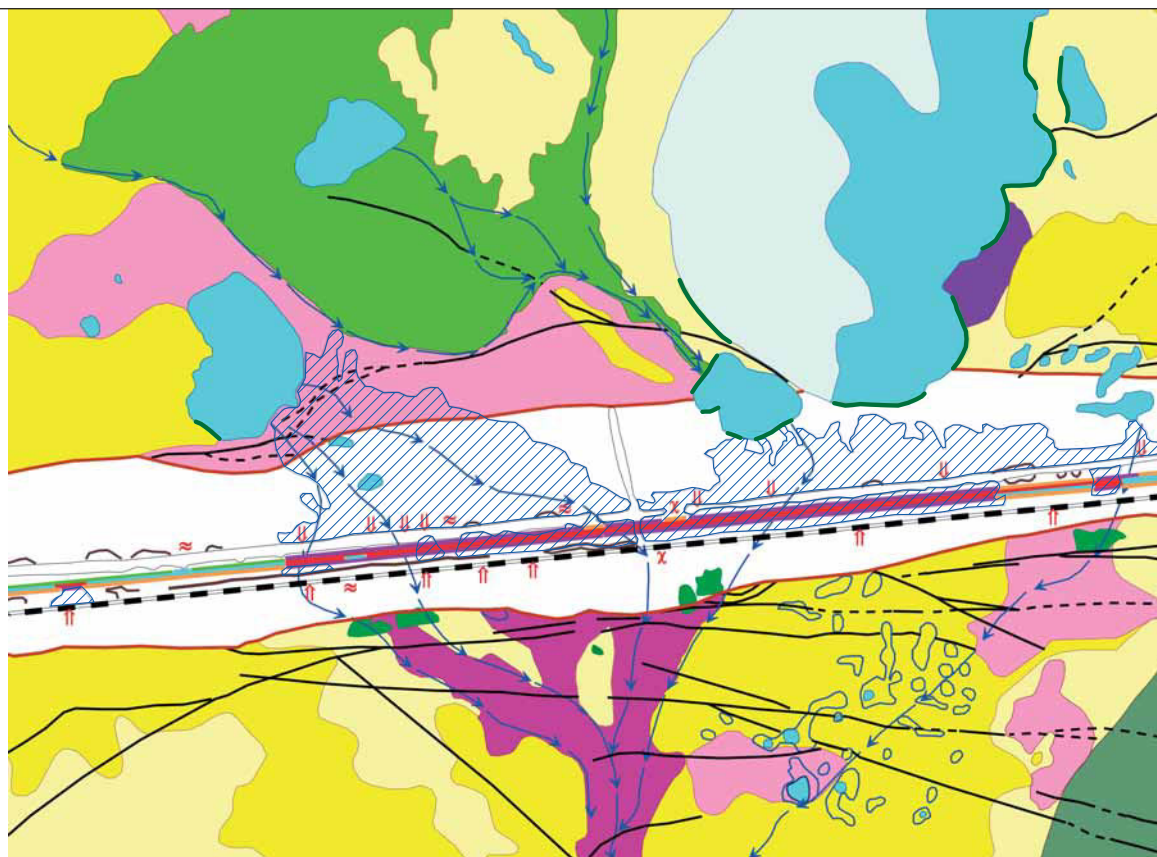


Рис. 8. Фрагмент многозонального аэроснимка участка строительства железной дороги Ягельная — Ямбург. В результате активизации мерзлотных процессов в связи с отсутствием в проекте водопропускных сооружений произошли подтопление насыпи притрассовой автомобильной дороги и ее размыв (аварийная ситуация): 1 — зоны обводнения; 2 — вновь образовавшиеся озера; 3 — граница древнего хасырея; 4 — стабилизировавшееся состояние; 5 — активное состояние; 6–9 — этапы развития термокарста: 7 — ранний, 8 — зрелый; 9 — угнетенный; 10 — зоны нарушенных ландшафтов



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

Ненарушенные ландшафты

Поверхности тундры:

- Слабодренированные с пятнами-медальонами
- Дренированные мелкоячеистые
- С полигональным строением
- Хасыреи молодые
- Хасыреи древние
- Озера
- Мелководные участки
- Фрагменты озерной поймы
- Полосы разнотравно-осоковой обводненной растительности

Нарушенные ландшафты

- Спущенные озера

Ландшафты, образовавшиеся в связи с перекрытием поверхностного стока на месте плоских субволнистых поверхностей тундры:

- Зоны сильного нарушения почвенно-растительного покрова вдоль насыпей
- Со стороны стока – зоны подтопления и обводнения
- С противоположной стороны – тундры полигональные сухие с развитием кустарничковой растительности по бывшим ложбинам стока – зоны осушения
- Направления естественного стока

Техногенные объекты

- Колея железной дороги
- Грунтовая дорога, технологические переемы между насыпями
- Вездеходные следы сухие
- Вездеходные следы обводненные
- Участки свалок строительного мусора в местах сооружения насыпей
- Обводненные котлованы

Устойчивость насыпей

- Неустойчивые. Насыпь участками полностью или частично размыта, сильно подтоплена, подвержена активировавшемуся термокарсту (глубина термокарстовых озер до 1,7 м)
- Относительно устойчивые. Насыпь под угрозой подтопления, подвержена активировавшемуся термокарсту (глубина термокарстовых озер до 1,0 м)
- Устойчивые. Насыпь расположена на сухой дренированной поверхности вне зоны активизации мерзлотных процессов

Прогноз критических ситуаций в состоянии насыпей:

- Деформации насыпи в результате подтопления
- Вертикальные деформации
- Прорыв насыпи

Назначение защитных мероприятий по обеспечению равновесного состояния ПТС

- Обустройство водопропускных труб в теле насыпи
- Подсыпка и укрепление насыпи

Рис. 9. Фрагмент карты прогноза критических ситуаций в состоянии ПТС железной дороги Ягельная — Ямбург, составленной по данным дешифрирования аэроснимков (см. рис. 8). На карте отражено состояние основания и земляного полотна железной дороги в условиях интенсивного проявления просадок и подтопления. Оконтурированы участки, подверженные воздействию этих процессов, количественно оценены характер и величины деформаций земляного полотна, оконтурированы участки размывов, даны рекомендации по размещению водопропускных труб, дренажным мероприятиям, увеличению высоты насыпей

железнодорожных сооружений, в частности на ряде участков железнодорожной линии Ягельная — Ямбург, где на участках пересечения железнодорожной насыпи и подземного газопровода в результате нарушения строительных технологий развивались взрывоопасные ситуации, связанные с активизацией мерзлотных процессов (рис. 7).

Выводы

1. В структуре информационного обоснования управляющих решений при проектировании, строительстве и эксплуатации ПТС особую роль играет аэрокосмическое зондирование, которое дает возможность решать задачи, объединяемые понятием «экологическая безопасность», через дистанционный анализ оптических моделей природно-территориальных комплексов, формирующихся по материалам АКЗ. Это обеспечивается с помощью изучения и анализа многообразных прямых и косвенных форм проявления опасных природных и природно-техногенных процессов, возникающих в результате взаимодействия природных факторов с сооружениями на разных стадиях их создания и функционирования, и оценки степени уязвимости самих сооружений. Ни один другой метод исследований не позволяет решать эти задачи в более короткие сроки с разной степенью полноты и детальности, требуемой для обоснования управляющих решений при создании и обеспечении функционирования ПТС большой протяженности.

2. Наиболее эффективным организационно-техническим мероприятием, всецело определяющим реализацию возможностей АКЗ при предупреждении аварий и катастроф в ПТС на всех стадиях и этапах создания и функционирования сооружений, является именно мониторинг ПТС, осуществляемый комплексно и в геотехническом, и в геоэкологическом направлениях, а не компонентно-отраслевой мониторинг состояния инженерных сооружений или природной среды. Однако, хотя мониторинг ПТС и является организационной формой реализации системы обеспечения безопасности и даже регламентирован государственными нормативными документами в строительстве, он до сих пор не осуществляется на локальном уровне конкретных ПТС (именно ПТС, а не биосферы, геологической среды, водных ресурсов или сооружений) и не финансируется, несмотря на продолжающееся нарастание количества и тяжести аварий и катастроф.

3. Мониторинг протяженных линейных ПТС, создаваемых и функционирующих в сложных ландшафтно-климатических и инженерно-геологических условиях с интенсивным развитием опасных природных процессов, выполняемый без применения аэрокосмических технологий, не может претендовать на получение данных о состоянии ПТС, достаточных по достоверности и полноте для обеспечения комплексной (технической, экологической и социальной) безопасности. ❄

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондарик Г.К. Природно-технические системы и их мониторинг // Инженерная геология. 1990. № 5. С. 3–9.
2. Бондарик Г.К., Чан Мань Л., Ярз Л.А. Научные основы и методика организации мониторинга крупных городов. М.: ПНИИИС, 2009. 260 с.
3. Грицык В.И., Ревзон А.Л. Аэрокосмическая геоинформация для проектирования, строительства и реконструкции железных дорог: иллюстрированное учебное пособие. М.: Изд-во ФГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2011. 79 с.
4. Епишин В.К., Трофимов В.Т. Литомониторинг — система контроля и управления геологической средой // Теоретические основы инженерной геологии. Социально-экономические основы. М.: Недра, 1985. С. 243–250.
5. Измалков В.И., Измалков А.В. Техногенная и экологическая безопасность и управление риском. СПб.: Изд-во НИЦЭБ РАН, 1998. 482 с.
6. Камышев А.П. Методы и технологии мониторинга природно-технических систем Севера Западной Сибири / под ред. А.Л. Ревзона. М.: Изд-во ОАО «ВНИПИГаздобыча». 1999, 30 с.
7. Королев В.А. Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем / под ред. В.Т. Трофимова. М.: КДУ, 2007. 416 с.
8. Королев В.А. Мониторинг геологической среды: учебник / под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 1995. 272 с.
9. Котляков В.М., Грачев В.А., Ревзон А.Л. и др. Аэрокосмический аспект в изучении взаимодействия природы и сооружений // Экология урбанизированных территорий. 2006. № 3. С. 73–83.
10. Пендин В.В., Ганова С.Д. Геоэкологический мониторинг территорий расположения объектов транспорта газа в криолитозоне. М.: ПНИИИС, 2009. 236 с.
11. Ревзон А.Л. Аэрокосмические исследования в строительстве // Природа. 1989. № 10. С. 57–64.
12. Ревзон А.Л. Аэрокосмический мониторинг изменений геологической среды при строительстве и эксплуатации инженерных сооружений // Материалы 1-й Всесоюзной конференции «Биосфера и климат по данным космических исследований». Баку, 1982. С. 135–137.
13. Ревзон А.Л., Камышев А.П. Природа и сооружения в критических ситуациях. Дистанционный анализ. М.: Триада Лтд, 2001. 208 с.
14. Ревзон А.Л. Картографирование состояний геотехнических систем. М.: Недра, 1992. 223 с.
15. Ревзон А.Л. Космическая фотосъемка в транспортном строительстве. М.: Транспорт, 1993. 276 с.
16. Ревзон А.Л., Шварев С.В. ГИС-технологии в системе предупреждения аварий на железных дорогах в условиях интенсивной эрозионной опасности // Экология и промышленность России. 2005. № 12. С. 27–31.
17. Садов А.В., Ревзон А.Л. Аэрокосмические методы в гидрогеологии и инженерной геологии. М.: Недра, 1979. 223 с.
18. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. М.: Госстрой РФ, 1997. 41 с.
19. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. М.: Госстрой РФ, 1997. 41 с.
20. Цернант А.А. Экосистемный подход к управлению качеством природно-технических систем // Материалы 2-й Всесоюзной школы-семинара «Актуальные проблемы оптимизации конструкций». Владимир — Суздаль, 1990. С. 62–66.

ОПАСНЫЕ СМЕЩЕНИЯ В МАССИВАХ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БЕСТЯХСКОЙ ТЕРРАСЫ РЕКИ ЛЕНЫ

HAZARDOUS DISPLACEMENTS IN THE ALLUVIAL MASSIVES OF THE BESTYAKH TERRACE OF THE LENA RIVER

ДОСТОВАЛОВ В.Б.

Ведущий специалист ОАО «Проекттрансстрой», г. Москва,
geology@ptst.ru, pts@ptst.ru

КОРОЛЕВ А.А.

Главный специалист ОАО «Проекттрансстрой», г. Москва

DOSTOVALOV V.B.

A leading specialist of the «ProyektTransStroy» OJSC, Moscow,
geology@ptst.ru, pts@ptst.ru

KOROLEV A.A.

A leading specialist of the «ProyektTransStroy» OJSC, Moscow

Ключевые слова:

многолетнемерзлые грунты, межмерзлотный талик, подземные воды, сейсмоактивность, поверхностные геологические процессы, актуальность, хозяйственное развитие, экология, инженерно-геологические условия.

Key words:

permafrost soils; interpermafrost talik; groundwater; seismic activity; surface geological processes; urgency; economic development; ecology; engineering-geological conditions.

Аннотация

В статье рассматриваются своеобразие и уникальность некоторых поверхностных геологических процессов, выявленных в результате дешифрирования материалов аэро- и космической съемки Бестяхской террасы на правом берегу р. Лены при проведении инженерно-геологических изысканий под железнодорожное строительство. Отмечается значимость и опасность этих процессов при хозяйственном освоении территории.

Повышенный интерес к современным экзогенным геологическим процессам, развитым в пределах распространения среднечетвертичных отложений реки Лены, вполне закономерен, т.к. приближение к ее якутскому правобережью стоящей железной дороги Беркамит — Томмот — Якутск становится естественным импульсом для развития дорожной сети этого региона и, следовательно, основой для дальнейшего хозяйственного освоения огромных восточных территорий. Кроме того, здесь же планируется строительство порта и перевалочной базы для расширенной транспортировки грузов вниз по реке.

Названные причины неминуемо потребуют самого пристального изучения инженерно-геологической обстановки в области распространения аллювиальных отложений на Бестяхской террасе на правом берегу р. Лены. Основные цели настоящей статьи — усилить интерес специалистов к этой территории, показать сложность и высокую интенсивность ее современного геологического развития, потенциальную опасность ее инженерно-геологических условий, необходимость их углубленного изучения и проведения инженерно-геологического мониторинга при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации железнодорожной магистрали Беркамит — Томмот — Якутск и других инженерных сооружений.

Среднечетвертичные аллювиальные отложения Бестяхской террасы хорошо изучены, они представлены очень однообразной толщей мелкозернистых песков, редкими линзами супесей и суглинков общей мощностью до 60 м, почти повсеместно залегающими на среднекембрийских известняках и доломитах усть-ботомской свиты. В основании этих аллювиальных отложений встречены гравийно-галечниковые грунты [5, 6].

Для данной территории характерно сплошное распространение многолетнемерзлых грунтов,

Abstract

The article deals with peculiarity and uniqueness of some surface geological processes revealed using interpretation of aerial photographs and satellite images of the Bestyakh Terrace on the right bank of the Lena River obtained during engineering-geological survey for railway construction. The authors note importance and hazard of these processes for economic development of the territory.



Рис. 1. «Отпрепарированные» в результате эрозии склоны средней крутизны (р. Алдан)

за исключением сквозного подруслового талика р. Лены. Подошва слоя мерзлых пород имеет абсолютную отметку минус 200 м, которая выдерживается на весьма значительной площади (с очень небольшими отклонениями, причем вне зависимости от высоты земной поверхности).

Таким образом, исходя из того что определяющим фактором для глубины промерзания грунта (ГПГ) на рассматриваемой территории является глубинное тепловое поле Земли, правомерно предположить, что период промерзания был весьма значительным по времени. Это, в свою очередь, исключило возможность влияния рельефа на ГПГ [7].

В разное время разными авторами высказывалось мнение [1, 3, 4], что образование обширного межмерзлотного талика в пределах распространения аллювиальных отложений Бестяхской и отчасти Тюнголунской террас р. Лены было вызвано кратковременной с геологической точки зрения «климатической оттепелью», вызвавшей дифференцированное оттаивание земной поверхности на различную глубину. Очевидно, что глубина протаивания при этом определялась абсолютными отметками рельефа, теплоемкостью и проницаемостью слагающих тот или иной участок грунтов и микроклиматом на каждом из этих участков.

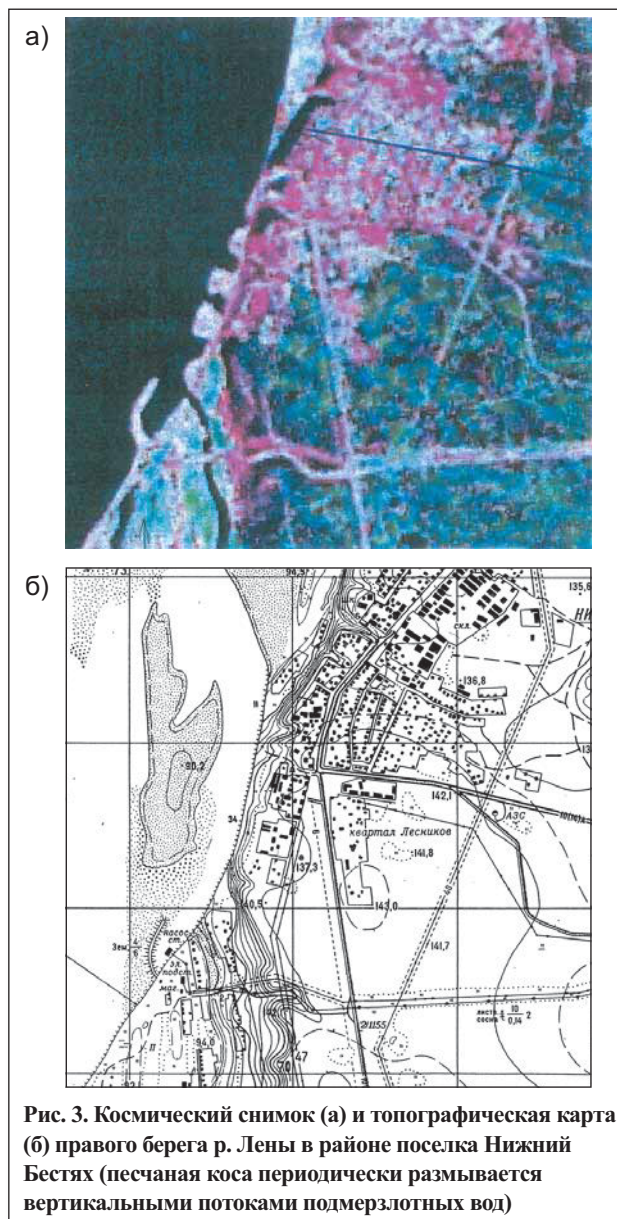
Последующее похолодание вызвало новый этап промерзания поверхности, в результате чего «новая» мерзлота на большей части территории слилась с более древней. При этом межмерзлотный

талик в пределах средних террас р. Лены является остаточным явлением на участках с минимальными высотными отметками, максимальной проницаемостью и незначительной теплоемкостью грунтов (для этих участков было характерно наибольшее протаивание во время «климатической оттепели»).

Анализ космических снимков [10] подтвердил правомерность этой точки зрения. Более того, результаты их дешифрирования выявили, что



Рис. 2. Выход напорных подмерзлотных вод (природный комплекс Булуус, фото А.И. Андриянова)



период «климатической оттепели» характеризовался большим количеством атмосферных осадков, резко усиливших денудационные процессы (рис. 1) и переуглубление долин малых рек — притоков р. Лены.

После завершения этого периода уменьшение количества атмосферных осадков, по-видимому, происходило с некоторым отставанием от снижения среднегодовых температур, следствием чего явилось образование грунтов «ледового комплекса» и аналогичных по льдонасыщенности подсклоновых отложений левобережья р. Лены.

Описываемая территория, как известно, обладает повышенной сейсмичностью и характеризуется разнонаправленными движениями блоков земной коры. Это вызвало образование обширных зон дробления, подъемов, опусканий и перекосов блоков земной коры относительно друг друга. Зоны дробления явились коллекторами подмерзлотных вод благодаря повсеместному развитию толщи многолетнемерзлых пород и наличию регионального водоупора.

В то же время зоны дробления и особенно их «узлы» в местах пересечения между собой крупных активных разломов создали зоны проницаемости с постоянно действующими восходящими потоками напорных подмерзлотных вод, которые обусловили возникновение там уникальных природных комплексов, расположенных вблизи полосы варьирования проектируемой железной дороги Беркакит — Томмот — Якутск, таких как Булуус, Улухан-Тарынг, Ерюю и др. Причем практически у всех этих «памятников природы» отмечены грифонообразные выходы подмерзлотных вод, пространственно разобщенных с межмерзлотным таликом (рис. 2). Особенно интересны зафиксированные на космическом



снимке выходы этих вод, непосредственно в русло р. Лены в районе поселка городского типа Нижний Бестях — возможного места строительства перевалочного речного порта (рис. 3). Здесь береговые песчаные косы на границе Бестяхской террасы и сквозного талика под руслом р. Лены периодически размываются восходящими потоками подмерзлотных напорных вод с образованием своеобразных «котлов», которые исчезают (заполняются песком) при каждом существенном подъеме воды в реке.

Все описанные выше факторы (наличие межмерзлотного талика, его обильная его подпитка напорными подмерзлотными водами, современные движения блоков земной коры, повышенная сейсмичность территории, прорезание межмерзлотного талика долинами малых рек при пересечении толщи отложений Бестяхского комплекса) создают условия для интенсивного выноса песков межмерзлотного талика с образованием пустот и их последующим обрушением. Весьма часто наблюдаются участки деградации склонов долин малых рек с оседанием блоков, нарушением сплошности дернового покрова и разрушением инженерных сооружений (рис. 4). Высокодебитные сосредоточенные выходы межмерзлотных вод с интенсивным выносом талых грунтов приводят к формированию своеобразных эрозионных цирков, часто с образованием ежегодно повторяющихся наледей (в т.ч. в «памятниках природы» Булуус и Ерюю).

Совершенно новым для авторов явилось обнаружение своеобразного «плоского оползня», представляющего собой расположенный над межмерзлотным таликом сместившийся фрагмент верхней мерзлой толщи (массив мерзлых аллювиальных песков Бестяхского комплекса) общей площадью 36 га и массой не менее 10 млн т. (рис. 5, 6). (По-видимому, в непосредственной близости от этого массива находятся еще два подобных «оползня», но с меньшими площадями и амплитудами сдвига и с меньшей «доказуемостью» причин их перемещения.) Описываемый сместившийся блок находится на левом берегу реки Лютенги в 4,5 км юго-восточнее моста чрез нее Амуро-Якутской автомобильной дороги (АЯМ). Его площадь составляет около 36 га, мощность сместившегося пласта — не менее 15 м, максимальная амплитуда сдвига — 50–60 м. Как отчетливо видно на аэрофотосхеме, приведенной на рис. 5, мерзлый блок среднечетвертичных песков Бестяхской террасы надвинут на современные аллювиальные отложения русловой фации. Слева (на южной стороне) уверенно дешифрируется расширяющаяся трещина отрыва с обнажением зеркала скольжения — поверхности нижней мерзлой толщи, а справа — шлейф выдавившихся из-под сместившегося блока песков (своеобразной «смазки» в прошлом), в настоящее время промерзших и предположительно льдистых. Для авторов оказалось невозможным определить генетический тип этих отложений, несмотря на то

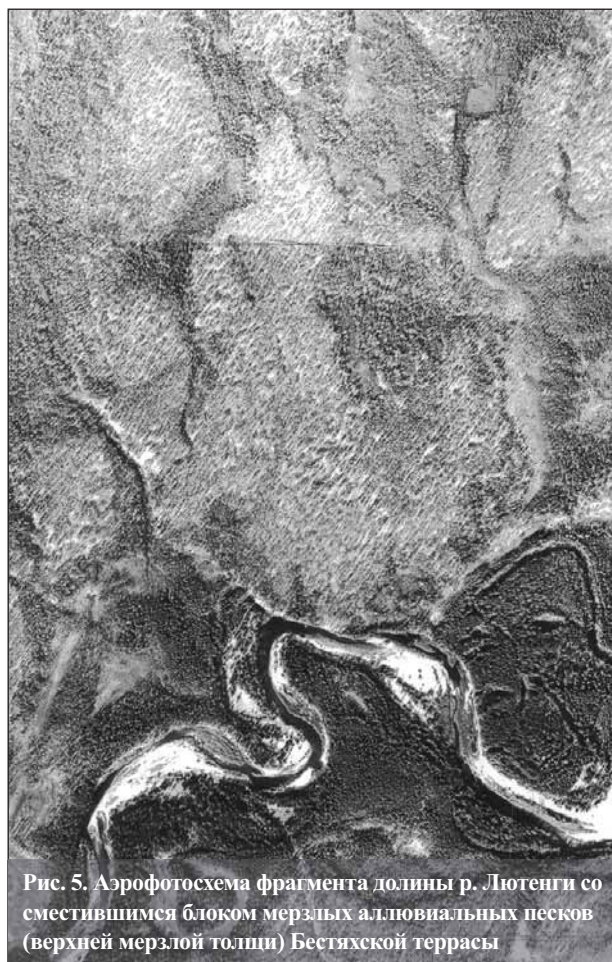


Рис. 5. Аэрофотосхема фрагмента долины р. Лютенги со сместившимся блоком мерзлых аллювиальных песков (верхней мерзлой толщи) Бестяхской террасы

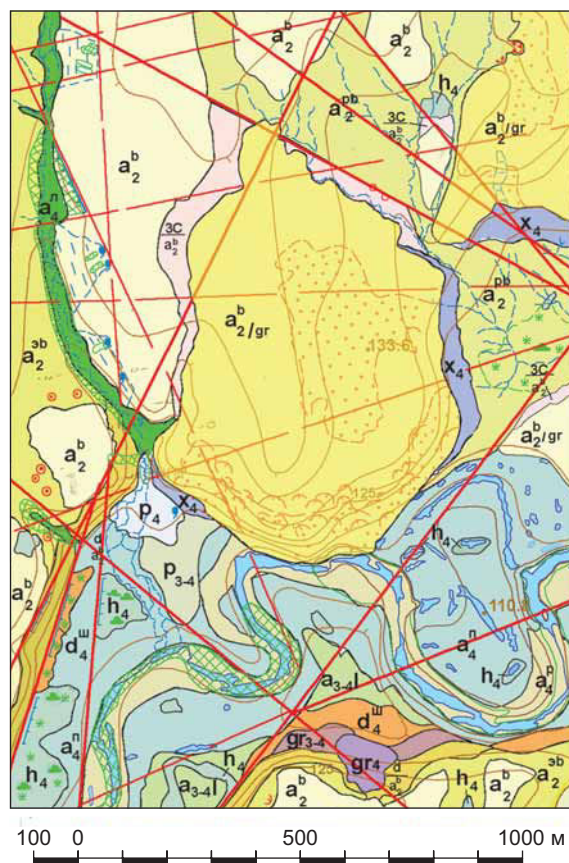
что их происхождение вполне очевидно: выдавливание насыщенных водой песков в результате смещения подвижного блока. В результате его движения на его переднем торце возникло большое количество дугообразных трещин отрыва с образованием мелких оползневых тел, смещающихся в сторону реки. Сам массив также подвергся интенсивному растрескиванию, но оно, по-видимому, в настоящее время «залечено» из-за смерзания противоположенных сторон трещин. Очевидно, что подобные смещения значительных по объему и массе песчаных блоков возможны только при одновременном наличии нескольких природных факторов:

- 1) подвижный блок должен представлять собой некое единое целое (в нашем случае это сцементированные в результате их промерзания аллювиальные пески);
- 2) подстилающий слой должен быть разобленным, допускающим движение, а также необходима определенная «смазка» для слоя скольжения (в рассматриваемой ситуации этим требованиям отвечают талые пески межмерзлотного талика);
- 3) необходим хотя бы минимальный наклон поверхности скольжения для появления сдвиговой составляющей силы тяжести (очевидно, что в результате современных тектонических движений такой наклон в рассматриваемом случае возник);
- 4) необходимо наличие свободного пространства (места) для смещения скользящего блока (в ре-

зультате размыва поверхности Бестяхской террасы с уничтожением верхнего мерзлого горизонта в современной долине р. Лютенги такое свободное для смещения пространство образовалось); 5) для начала движения был необходим своеобразный импульс — достаточно малое по си-

ле землетрясение (для изучаемой территории подобные «встряхи» являются обычным явлением).

Совмещение всех вышеперечисленных факторов во времени и пространстве как раз и привело к смещению значительного блока мерзлых ал-



Элементы трещинной тектоники

- Крупные, часто рельефообразующие разломы
- Прочие разрывные нарушения

Процессы и явления

- Крупные, обычно русловые наледы
- Мелкие наледные поляны
- Многолетние бугры пучения
- Участки повышенной льдистости
- Трещины отрыва относительно мелких оползневых тел
- Участки механического нарушения целостности поверхности
- Линейное высачивание подземных вод вдоль разломов
- Родники
- Участки повышенной поверхностной влажности
- Мелкие просадочные формы
- Термоэрозия

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

Литолого-генетические комплексы рыхлых отложений

- p_4 Современные (растущие) и более древние (стабилизировавшиеся) конусы выноса.
- p_{3-4} Пески, линзы супесей, суглинков, ледяных включений, льдогрунтов
- h_4 Современные болотные отложения. Торф, ил, в основании возможен лед, льдогрунты
- a_4^n Отложения ручьев и временных водотоков (пожковый аллювий). Разнозернистые пески, линзы супесей и суглинков
- a_4^p Современные аллювиальные отложения (русловая фация). Разнозернистые пески, в основании галечниковые грунты. Несквозной талик
- a_4^n Современные аллювиальные отложения (пойменная фация). Суглинки, супеси, местами заторфованные, ниже преимущественно пески мерзлые
- a_{3-4}^l Современные верхнечетвертичные аллювиальные отложения I надпойменной террасы р. Лютенги. Частично заторфованные пески, супеси и суглинки, ниже пески, в основании галечники
- gr_4 Разновозрастные гравитационные (оползневые) отложения. Оползневые тела с нарушенной внутренней структурой (древние – полностью разрушенные)
- d_4^w Современные подсклоновые отложения делювиальных шлейфов. Пески мелкозернистые, наличие линз льдогрунтов и льда
- d Делювиальные отложения склонов Бестяхской террасы р. Лена. Пески, отдельные мелкие оплывины, иногда нарушение сплошности дернины

Отложения бестяхской террасы р. Лена:

однородные мелкозернистые пески с редкими линзами среднезернистых и пылеватых песков. В основании гравийно-галечниковые грунты. Мощность до 60 метров. Характерно наличие межмерзлотного талика протяженностью в десятки километров, по большей части пески. Водонасыщены

- a_2^b Хорошо сохранившиеся поверхности бестяхской террасы
- a_2^{ab} Эродированная поверхность бестяхской террасы
- a_2^{pb} Сильно размываемая поверхность бестяхской террасы. Вероятно уничтожение верхнего мерзлотного слоя
- x_4 Вали и шлейфы выдавленных в процессе движения верхних мерзлых блоков грунтов межмерзлотного талика
- $3C$ a_2^b Зеркало скольжения верхних блоков по поверхности нижнего мерзлого слоя
- a_2^b/gr Сместившиеся блоки верхнего мерзлого слоя бестяхской террасы

Рис. 6. Карта поверхностных процессов и явлений участка пересечения Бестяхской террасы долиной р. Лютенги (в 4,5 км юго-восточнее моста Амуро-Якутской железнодорожной магистрали через р. Лютенгу)



лювиальных песков. Подобные ситуации вполне вероятны и при пересечении Бестяхской террасы долинами рек Менда, Тамма и Мыла, что существенно осложняет инженерно-геологическую обстановку на этой перспективной для хозяйственного освоения территории Южной Якутии.

В заключение необходимо подчеркнуть, что авторы данной работы не исключают возможности другого сценария геологического развития описываемой территории (хотя и считают

его маловероятным), однако надеются, что сумели привлечь более пристальное внимание специалистов к правобережью р. Лены в районе г. Якутска, к необходимости его более углубленного инженерно-геологического изучения и проведения инженерно-геологического мониторинга для проектирования, строительства и эксплуатации здесь инженерных сооружений, прежде всего железнодорожной магистрали Беркакит — Томмот — Якутск. ♣

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арэ Ф.Э. Механизм развития и деградации наледи Улахан-Тарынг // Наледи Сибири. М.: Наука, 1969. С. 107–116.
2. Бойцов А.В. Подземные воды Бестяхской террасы реки Лена: вопросы экологии и практического применения // Тезисы докладов на научно-практической конференции «Проектирование и строительство транспортных объектов в условиях Республики Саха (Якутия), Якутск, 2–5 апреля. Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 2005. С. 7–9.
3. Босиков Н.П., Васильев И.С., Федоров А.Н. Мерзлотные ландшафты зоны освоения Лено-Алданского междуречья. Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 2005. 36 с.
4. Геокриология СССР. Средняя Сибирь / под ред. Э.Д. Ершова. М.: Недра, 1989. 414 с.
5. Геологическая карта 1:200 000 вдоль трассы проектируемой железнодорожной линии Томмот — Якутск. Якутск: Изд-во ПГО «Якутскгеология», Ленская геологическая экспедиция, 1983.
6. Государственная геологическая карта РФ 1:200 000. Р-52-XXП. Якутск: Изд-во ПГО «Якутскгеология», 1993.
7. Достовалов В.Б., Королев А.А. Сохранность памятников природы Якутии при строительстве и эксплуатации железной дороги Тынды — Якутск // Инженерные изыскания. 2009. № 11. С. 44–47.
8. Колесников А.Б., Федоров А.А., Шепелев В.В. Особенность нарушенного режима подземных вод в районе источника Булуус (Центральная Якутия) // Материалы 3-й конференции геокриологов России, Москва, 1–3 июня 2005 г. М.: Изд-во МГУ, 2005. Т. 2. Ч. 3. С. 90–95.
9. Материалы выездного совещания Института мерзлотоведения СО РАН об окончательном положении трассы железной дороги Томмот — Кердем в районе памятника «Булуус», Покровск, 8 июня 2005. Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 2005.
10. Обеспечение надежности строящихся сооружений железнодорожной линии Томмот — Кердем на участке «ледового комплекса»: материалы семинара-совещания 11–12 сентября 2007 г. в г. Якутске. М.: Трансстройиздат, 2007.

ГЕОТЕХНИКА

Международный журнал для изыскателей, проектировщиков и строителей



Цель журнала — знакомство российских специалистов с передовым отечественным и зарубежным опытом в области геотехники

Периодичность в 2012 году:
6 номеров
Стоимость годовой подписки:
3900 рублей
info@geomark.ru

Реклама

ЛЕССОВЫЙ ПСЕВДОКАРСТ И ОПЫТ УКРЕПЛЕНИЯ ЛЕССОВЫХ МАССИВОВ И ОТКОСОВ ИСКУССТВЕННЫМИ ПОСАДКАМИ РАСТЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЛЕССОВОГО ПЛАТО В ПРОВИНЦИЯХ ГАНЬСУ И ШЭНЬСИ, КИТАЙ)

LOESS PSEUDOKARST AND EXPERIENCE OF STABILIZING LOESS MASSIVES AND SLOPES WITH ARTIFICIAL PLANTINGS (BY THE EXAMPLE OF THE LOESS PLATEAU IN THE PROVINCES OF GANSU AND SHANXI, CHINA)

ЛАВРУСЕВИЧ А.А.

Доцент кафедры инженерной геологии и геоэкологии МГСУ,
г. Москва, lavrusevich@yandex.ru

КРАШЕНИННИКОВ В.С.

Аспирант кафедры инженерной геологии и геоэкологии МГСУ,
г. Москва, driller-kvs@yandex.ru

ЛАВРУСЕВИЧ И.А.

Студент МГСУ, г. Москва,
lavrusevich@yandex.ru

LAVRUSEVICH A.A.

An associate professor of the engineering geology and geoecology
department of Moscow State University of Civil Engineering, Moscow,
lavrusevich@yandex.ru

KRASHENINNIKOV V.S.

A postgraduate student of the engineering geology and geoecology
department of Moscow State University of Civil Engineering, Moscow,
driller-kvs@yandex.ru

LAVRUSEVICH I.A.

A student of the engineering geology and geoecology department of
Moscow State University of Civil Engineering, Moscow,
lavrusevich@yandex.ru

Ключевые слова:

робиния псевдоакация; можжевельник китайский; Лессовое плато; Китай; лесс; лессовый псевдокарст; лессовый массив; деградация; укрепление.

Key words:

Robinia pseudoacacia; Juniperus chinensis; Loess Plateau; China; loess; loess pseudokarst; loess massif; degradation; stabilization.

Аннотация

В статье приводятся интересные факты по укреплению лессовых откосов и склонов в Китае. Посадки робинии псевдоакарии (*Robinia pseudoacacia*), оказывается, не всегда способствуют их устойчивости. Нередко корни этого растения провоцируют развитие лессового псевдокарста (ЛП), который является первичным при разрушении лессовых массивов. В работе приводится обновленная классификация его поверхностных и подземных форм и дается характеристика вновь выделенного придолинно-балочного (промежуточного) и приуроченного к бровкам откосов типов ЛП. Приводится предварительный расчет полной деградации Лессового плато (Китай).

Введение

Массивы лессовых пород Китая, обладая эфемерными свойствами, подвержены усиленному воздействию псевдокарста и эрозии, которое многократно увеличилось после начала активного освоения данных территорий человеком. Основная цель правительства Китая сберечь этот уникальный регион от разрушающей деятельности воды и влияния техногенеза. Для этого предприняты многочисленные попытки приостановки развития псевдокарста и эрозии, одной из которых является облесение склонов и откосов различными высшими растениями. Связанным с этим наблюдениям и посвящена настоящая статья.

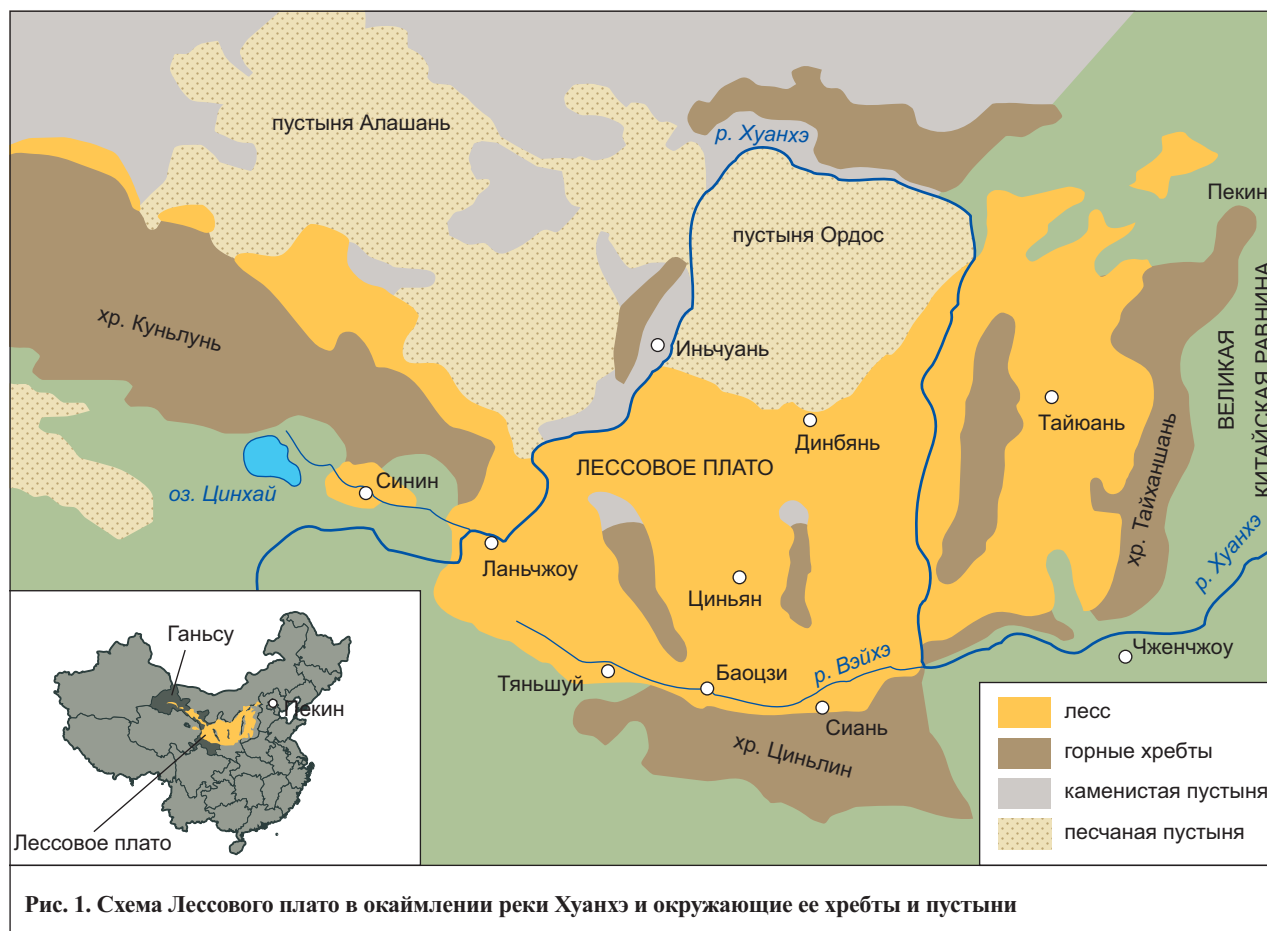
Abstract

The article provides some interesting facts on stabilizing loess massives and slopes in China. It turns out that *Robinia pseudoacacia* plantings not always contribute to their stability. The roots of this plant often provoke developing loess pseudokarst (LP) that is primary for loess massives destruction. The paper presents an updated classification of its surface and underground forms and a characteristic of the newly singled out near valley gully (intermediate) and connected with the slope top types of LP. A preliminary calculation of the total degradation of the Loess Plateau (China) is given.

Лессовое плато

Лессовые массивы Китая уникальны по своим размерам и свойствам слагающих их пород. Они распространены в этой стране главным образом между 30-й и 45-й параллелями. Крупнейший из них — Лессовое плато — располагается в среднем течении реки Хуанхэ на севере Китая. Его площадь составляет порядка 580 тыс. км², что сопоставимо с размерами такого крупного европейского государства, как Франция.

Лессовое плато ограничено на севере пустыней Ордос, на востоке — хребтом Тайханшань, на западе — восточными отрогами Куньлуня, на северо-западе — пустыней Алашань, на юге — хребтом Циньлин. Преобладающие высоты хребтов — 1200–1500 м, хотя в пределах Лессового плато имеются отдельные хребты (Люпаньшань, Люй-



ляншань, Утайшань и др.), гребни которых местами достигают 2500 м и более (рис. 1).

В геологическом отношении эта территория представляет собой впадину, заполненную мезозойскими отложениями, перекрытыми толщей лессовых пород, мощность которой обычно колеблется от 100 до 200 м, увеличиваясь на севере до 250 м, а в восточной части провинции Ганьсу — до 500 м и более [18, 28]. Возраст Лессового плато, по мнению некоторых исследователей, составляет от 1,67 до 2,40 млн лет [37].

Климат плато умеренный, с сухой холодной зимой и жарким летом. Средняя температура января — от минус 8°C на севере до минус 4°C на юге, июля — от плюс 22°C на севере до плюс 34°C на юге. Осадков выпадает от 500 мм/год на востоке до 250 мм/год на северо-западе, при этом испарение составляет более 1000 мм/год. Таким образом, радиационный индекс сухости как отношение радиационного баланса к скрытой теплоте испарения на Лессовом плато значительно превышает 1, что позволяет лессам сохранять свои эфемерные свойства [10]. Большая часть осадков выпадает во время летнего муссона (июль — сентябрь), обычно в виде ливней, стимулирующих развитие эрозии. Реки часто текут в глубоких ущельях и выносят в долины огромное количество взвешенных и влекомых частиц.

Естественная растительность (лесостепь — на юго-востоке, сухая степь — на северо-западе) сохранилась лишь в местах, неудобных для возделывания. Вся поверхность распаханна, лессовые склоны высотой до 1000 м и более искусственно

террасированы. С лессами связано исключительное плодородие почв на плато (хотя нередко они смыты), позволяющих получать богатые урожаи ценнейших сельскохозяйственных культур — хлопчатника, проса, гаоляна, пшеницы, плодовых культур и др. Сегодня в пределах Лессового плато производится более пятой части всей сельскохозяйственной продукции Китая.

Хотя плотность населения в этом районе меньше по сравнению с приморскими, техногенная нагрузка на лессы достаточно высока из-за наличия многочисленных населенных пунктов, строительства промышленных, гражданских и ирригационных сооружений, активного сельскохозяйственного освоения. В последние годы в связи с ростом и развитием китайской экономики активно развивается дорожное строительство. В пределах Лессового плато строят многочисленные автодорожные магистрали высокого международного уровня. Они пересекают плато в виде прямых линий, прорезая хребты тоннелями и поднимаясь над руслами водотоков мостовыми переходами более 100 м высотой.

В силу геологической истории района, геоморфологических и литологических особенностей его пород, а также современной техногенной нагрузки площадь эродированных земель Лессового плато на сегодняшний день порядка 450 тыс. км², что составляет более 77% от всей его территории. Таким образом, данный район является одним из самых сильноэродированных и эродированных не только в Китае, но и во всем мире. Из-за значительной эродированности он давно потерял свой

первоначальный платообразный облик. Это связано с тем, что лессы являются породами, наиболее подверженными влиянию воды и ветра [34].

Река Хуанхэ практически опоясывает плато и ежегодно выносит в пределы Великой Китайской равнины до 1600 млн т размытых пород [31]. Это в 30 раз больше, чем для реки Нил, и в 98 раз больше, чем для Миссисипи. Хуанхэ переносит огромное количество взвешенных наносов, занимающая первое место в мире по количеству твердых наносов в своих водах. Отсюда ее цвет и название, означающее в переводе «Желтая река».

Вынос такого объема твердых частиц на Великую Китайскую равнину приводит к повышению отметок русла р. Хуанхэ более чем на 10 см в год, в результате чего его дно местами расположено на 6–12 м выше прилегающей низменности, что способствует прорывам берегов и дамб с затоплением огромных территорий и перемещениям русла.

Лесс — уникальная горная порода, обладающая рядом специфических эфемерных свойств, которые выделяют ее из всего многообразия инженерно-геологических образований четвертичного периода [24]. Это низкая влажность и высокая пористость, просадочность и подверженность развитию псевдокарста, содержание карбонатов и малое количество легкорастворимых соединений и др.

Лессовые породы наиболее чутко реагируют на малейшие изменения окружающей среды, теряя при любом воздействии на них свои уникальные свойства, прежде всего при изменении влажностного режима. Они в значительной степени подвержены эрозии: в среднем на 1 км² поверхности Лессового плато приходится 6–7 км оврагов. Несмотря на небольшое количество годовых осадков, иногда до 40% из них выпадает в течение суток, что приводит к значительному росту длины оврагов. К. Пай отмечает, что после такой «бури» общая длина оврагов данного района увеличивается на 40 км! [34]

Говоря о сильной эродированности плато, нельзя обойти лессовый псевдокарст, потому что именно его возникновение и развитие являются первопричинами нарушения целостности лессовых массивов. Эрозия же в полной мере подключается к их деградации несколько позже.

Лессовый псевдокарст

Говоря о лессовом псевдокарсте (ЛП), нельзя не остановиться на истории становления самих терминов «псевдокарст» (*англ.* pseudokarst) и «лессовый псевдокарст» (*англ.* loess pseudokarst, или pseudokarst of loess rocks).

Впервые описание псевдокарстовых форм мы находим в монументальном труде Ф. Рихтгофена «Китай» (1877 г.) [35], где автор описывает многочисленные формы разрушения лессовых массивов и анализирует механизм и динамику их развития.

Немецкий геолог Вальтер фон Кнебель также использовал термин «псевдокарст» (*нем.* pseudoverkarstung). Наблюдая, как в Исландии водные потоки исчезают в трещиноватых базальтах, он записал в

1906 г.: «Во многих областях... характерны потоки внутри лавового массива, что является особенностью его структурно-текстурного строения, и это необходимо рассматривать как псевдокарст» [30].

Л. Фуллер в 1922 г. [27] описывал формы лессового псевдокарста в Китае, приводя эффектные фотографии образовавшихся в результате его развития мостов и арок при выходе псевдокарстовых оврагов в более крупные долины, провалы и остаточные формы рельефа — стены.

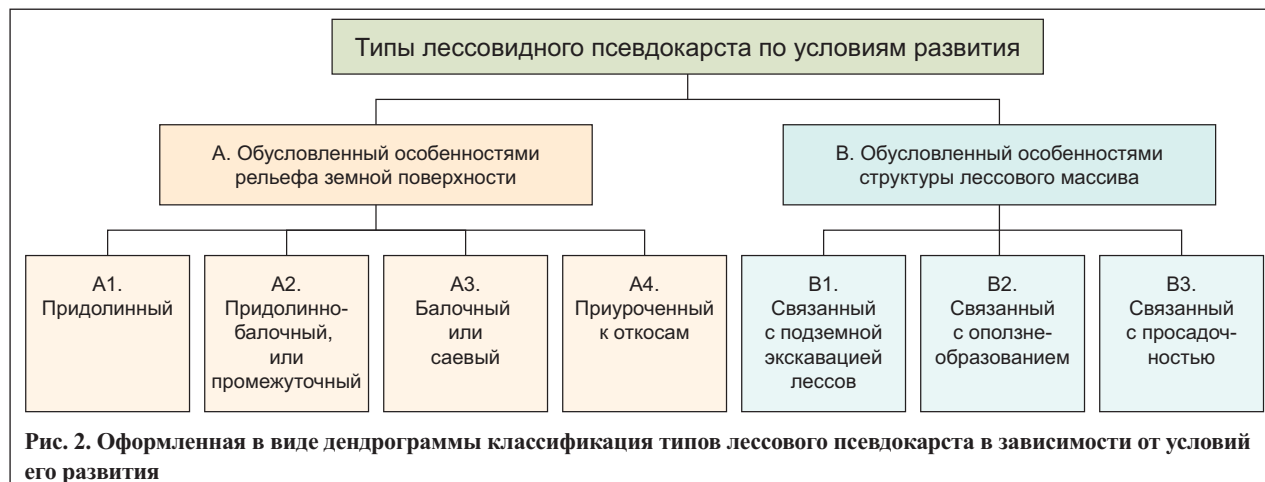
На территории СССР, а затем и России лессовый псевдокарст изучали М.М. Решеткин, К.И. Лисицин, И.Г. Глухов и др. [10]. В «Геологическом словаре» 1973 г. издания [5] термин «псевдокарст» трактовался следующим образом: «Псевдокарст (ложный карст) — западинно-впадинный рельеф, образованный понижениями разного размера, внешне напоминающий карст, но возникший в результате иных процессов». В 1975 г. был опубликован известный труд Н.И. Кригера «Лессовый псевдокарст» [10], где этот автор впервые привел классификацию псевдокарстовых форм рельефа и дал подробный анализ литературы, посвященной этим вопросам как у нас в стране, так и за рубежом. Позже Н.И. Кригер с соавторами опубликовали целую серию статей, посвященных морфологии, механизму, динамике и методам исследования псевдокарста [11, 12 и др.]. Например, в работе [11] приводится следующий вывод: «Таким образом, лессовый псевдокарст представляет собой сложный зональный процесс изменения подземного и поверхностного рельефа в недоуплотненных лессовых породах, обладающих “водобоязнью”».

В трудах международной лессовой комиссии ИНКВА 1989 г. [6] приведен перечень основных научных работ, посвященных ЛП.

В нормативной литературе нашей страны термин «лессовый псевдокарст» впервые встречается в п. 1.8 ВСН 33-2.2.06-86 [3], где в местах длительного действия градиентов фильтрации воды рекомендуется проводить мероприятия по защите от химической и механической суффозии и ЛП. В п. 6.10 СНиП 11-02-96 [21] указывается, что при изысканиях в районах распространения просадочных грунтов необходимо также обращать особое внимание на развитие лессового псевдокарста. В проекте актуализированной редакции СНиП 11-02-1996 (п. 6.5.3.2 [20]) рекомендации по поводу ЛП остались без изменений.

Завершить этот краткий экскурс в историю становления терминов «псевдокарст» и «лессовый псевдокарст» хотелось бы цитатой из доклада Г.Н. Дублянского и В.Н. Дублянской [7], сделанного на совещании, проходившем в г. Кунгуре в 1992 г.: «В настоящее время понятие “псевдокарст” во всем мире приобрело права научного термина».

Лессовый псевдокарст — результат гидромеханического, гравитационного, биологического и физико-химического зональных процессов, протекающих в недоуплотненных лессовых породах при их избыточном (как правило, техногенном) увлажнении и приводящих к образованию форм, очень напоминающих типичные карстовые (во-



ронки, колодцы, провалы, пещеры, тоннели, останцы и др.) [13]. Доминирующим здесь является именно механическое отторжение частиц вертикальным турбулентным водным потоком в трещинах, ходах землероев и корнеходах. Поэтому при поступлении большого количества воды ЛП развивается весьма стремительно.

Проявления (формы) ЛП очень разнообразны. Факторы, способствующие их образованию, делятся на природные и техногенные.

По условиям развития и воздействия природных и техногенных факторов можно выделить типы лессового псевдокарста, представленные на рис. 2. Характеристика придолинного (А1), балочного (А3), связанного с подземной экскавацией грунтов (В1) и других его типов уже приводилась в литературе [13, 14]. Здесь же кратко остановимся на двух впервые выделенных типах — придолинно-балочном, или промежуточном (А2), и приуроченном к бровкам откосов (А4).

Придолинно-балочный, или промежуточный, тип лессового псевдокарста (А2) развит в пределах слабовыраженных в рельефе сглаженных уступов в

адырной части предгорий. Это зона относительно резкого изменения общего угла наклона поверхности (как правило, идет изменение угла на 5° и более). Именно здесь, в зоне шириной от 20 до 50 м, и идет развитие единичных псевдокарстовых форм. Оно связано с начальной стадией развития ЛП и деградацией лессового массива на данной территории.

Освоение слабонаклонных лессовых массивов, ранее не вовлеченных в сельскохозяйственный оборот, приводит к нарушению естественного растительного защитного покрова и меняет режим влажности, а обвалывание зоны увеличения угла склона для поддержания влаги из атмосферных осадков приводит к формированию псевдокарста.

В указанном типе ЛП, как правило, проявляется парагенезис оползнеобразования и псевдокарста. Переувлажнение лесса в локальной зоне, нарушенной псевдокарстом, приводит к смещению грунта в виде небольшой оплывины площадью до 100 м^2 и глубиной до 2 м. Затем уже в нарушенной оползневой зоне вновь продолжается развитие псевдокарста, что наглядно демонстрирует фотография, представленная на рис. 3.

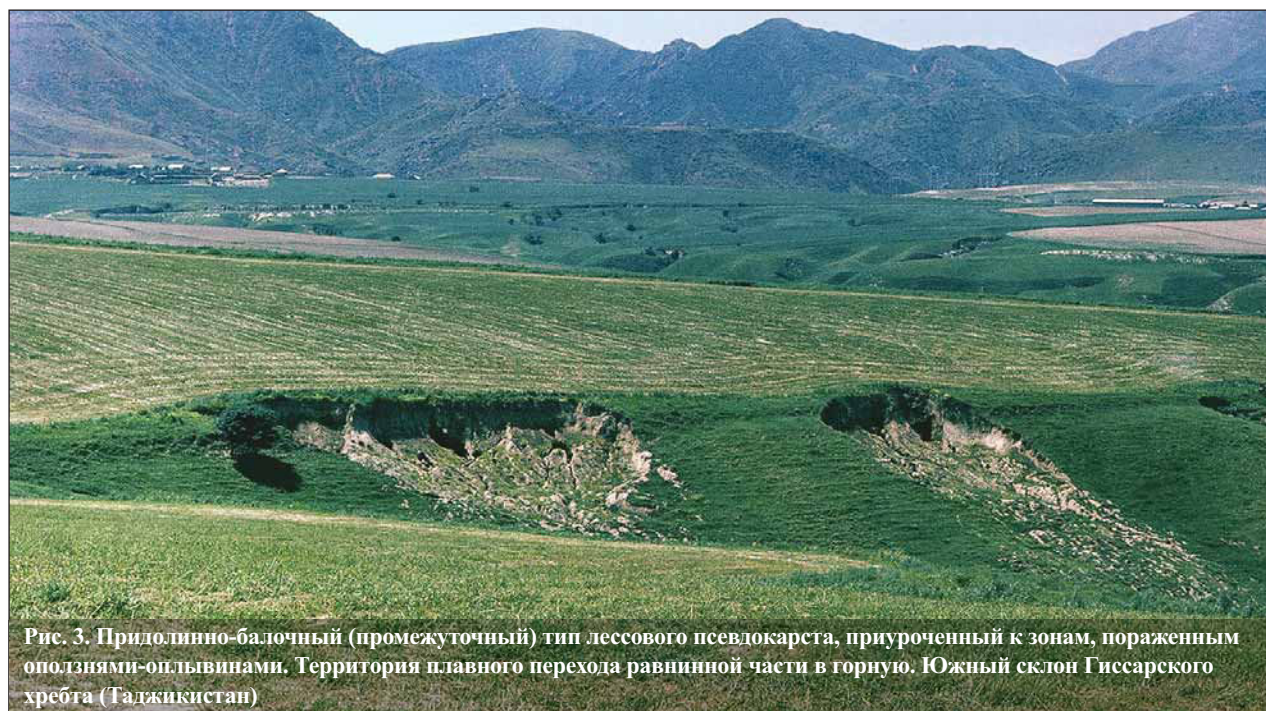


Рис. 3. Придолинно-балочный (промежуточный) тип лессового псевдокарста, приуроченный к зонам, пораженным оползнями-оплывинами. Территория плавного перехода равнинной части в горную. Южный склон Гиссарского хребта (Таджикистан)



Приуроченный к бровкам откосов тип лессового псевдокарста (А4) развивается в виде полос шириной до 20–30 м, протягивающихся вдоль искусственных выемок или откосов. В силу своей «молодости» он развит, как правило, на локальных участках неконтролируемого водосброса или нарушения растительного покрова массива и представлен цепью воронок небольшой протяженности и провалами площадью до 10–20 м². При своевременно проведенных мероприятиях по борьбе с этим типом ЛП он затухает, однако в случае выпадения аномально большого количества осадков он вновь активизируется. О подобных псевдокарстовых формах при освоении Михайловского рудника Курской магнитной аномалии (КМА) говорит Л.С. Табаксблат [23].

Морфология лессового псевдокарста чрезвычайно разнообразна. В силу своеобразия физико-химических свойств лессовых пород внутри псевдокарстовых полостей не образуются такие характерные для карста формы, как сталактиты, сталагмиты и сталагматы (хотя авторы, неоднократно проникая в псевдокарстовые пещеры, отмечали на горизонтальных поверхностях небольшие, высотой до 5–6 см и диаметром до 4–8 см, образования из переувлажненного лесса, напоминавшие сталактиты, дальнейшего увеличения которых, как правило, не происходило). Однако для ЛП характерно обилие разнообразных форм, во многом схожих с формами типичного карстового рельефа.

Классификация псевдокарстовых форм рельефа в лессах была предложена Н.И. Кригером в 1975 г. [10]. Она была расширена и уточнена им и его коллегами позднее [12]. В дальнейшем вышла в свет работа, в которой один из авторов настоящей статьи с соавтором вновь расширили и уточнили данную классификацию [16]. С дополнениями, основанными на их многолетнем опыте изучения псевдокарста в Таджикистане, Узбекистане, Рос-

сии и Китае, она может быть представлена в виде дендрограммы, изображенной на рис. 4.

В *поверхностные псевдокарстовые провальные формы рельефа* авторы включили *провалы*, которые представляют собой впадины с вертикальными стенками, образующиеся в результате обрушения сводов пещер и тоннелей [22]. Это наиболее крупные провальные формы псевдокарста. Они характеризуются самой различной конфигурацией в плане. Размеры провалов — от десятков до тысяч квадратных метров. Если они приурочены к подземным водотокам, то имеют некоторую вытянутость по ходу движения последних. В отличие от траншей провалы имеют большую глубину (до 15–20 м) и площадь до тысяч квадратных метров (рис. 5).

На возникновение и развитие лессового псевдокарста оказывает влияние обширный комплекс факторов (геохимических, геоморфологических, климатических, почвенных, биологических, техногенных и др.). Установлено, что наиболее интенсивное его развитие происходит при техногенном воздействии человека на лессовые породы. Количество форм псевдокарста, возникших в результате техногенного нарушения сложившегося природного равновесия, превышает количество форм, образовавшихся в природных условиях, более чем в 13 раз [15].

Для *предотвращения разрушения лессовых массивов* осуществляют различного рода *защитные мероприятия*, используя целый комплекс методов, которые можно разделить на три группы: (1) водозащитные; (2) конструктивные; (3) устраняющие способность лессовых пород к псевдокарстованию и эрозии [1].

К *водозащитным* относятся мероприятия, предусматривающие отвод поступающих атмосферных, техногенных и подземных вод, тщательную гидроизоляцию лессового массива.



Рис. 5. Псевдокарстовые провалы на склоне юго-западной экспозиции в провинции Ганьсу (Китай). Диаметр провалов — более 100 м, глубина — от 10 до 20 м

К конструктивным относятся мероприятия по организации и устройству цивилизованного сброса с лессового массива поступающей воды (до базиса эрозии). В случае если в массиве уже имеются видимые псевдокарстовые проявления (узкие ходы, воронки, провалы и др.), проводится их своевременное тампонирующее и засыпка местным увлажненным грунтом с уплотнением до $1,6 \text{ г/см}^3$. Также применяется устройство горизонтальных или наклонных террас с обваловыванием по кромке с целью ослабления процессов эрозии с последующей высадкой лесных культур.

К устраняющим способность лессовых пород к псевдокарстованию и эрозии относятся мероприятия по механической (трамбовка, замачивание, взрывы и др.) и физико-химической (обжиг, силикатизация, пропитка цементными растворами, обработка солями, укрепление органическим веществом и др.) обработке лессовых массивов. Это так называемые *методы технической мелиорации лессовых грунтов*.

Посадки робинии псевдоакация и можжевельника китайского

Остановимся более подробно на высадке лесных культур, относящейся к конструктивным мероприятиям.

Защитная противоденудационная роль наземной растительности хорошо известна. При высокой степени покрытия ею почва даже на склонах крутизной до 30° может быть защищена от смыва. В течение года, особенно весной, лучше всего защищают почву от эрозии многолетние травы. Со-

мкнутый травостой также является надежным амортизатором ударов капель.

Важным биогенным фактором, влияющим на водопроницаемость почвы, является рост и разложение корней растений. Как известно, корни распространяются предпочтительно по порам, ходам насекомых и червей, пустотам от разжившихся корешков, избегая как уплотненных участков почвы, так и больших пустот. Закупоривание пор корнями может временно значительно уменьшить водопроницаемость лессового массива.

В целом можно констатировать, что растения с густой и неглубоко проникающей корневой системой закрепляют верхний слой почвы, снижая вероятность развития лессового псевдокарста, тогда как растения, обладающие мощными длинными корнями, наоборот, могут способствовать развитию ЛП, подготавливая пути для проникновения поверхностных вод в толщу лессов. Действительно, при вертикальной ориентировке «корнеходов» происходит повышенная инфильтрация воды с поверхности — следовательно, повышается влажность массива. При наличии более 6 «корнеходов» на 1 м^2 котлована прочность лессового массива значительно снижается [17]. Отметим, что, например, корни полыни (*Artemisia baldshuanica* Krasch. & Zaprzag.) и верблюжьей колючки (*Alhagi kirghisorum* Schrenk), достигая толщины в несколько сантиметров, проникают на глубину до 10–15 м.

Особое место среди древесных растений занимает робиния псевдоакация (*Robinia pseudoacacia* L.), принадлежащая к семейству бобовых. Р.П. Барыкина и М.А. Михеева [2, 19] отмечают, что для нее ха-

рактен наименьший водный дефицит, относительно повышенное водоудерживание, высокая засухо-, жаро- и газоустойчивость по сравнению с другими древесными растениями. Все виды рода робиния культивируются как декоративные деревья (и лишь акация белая используется также в лесохозяйственных и мелиоративных целях). Оценка по соответствующим методикам показала, что наибольший процент здоровых особей отмечается именно у робинии псевдоакация [19].

Робиния обладает далеко разветвляющейся корневой системой, что обуславливает ее устойчивость к ветру. Ее корневая система приспособлена к условиям аридных регионов, что выражается в проникновении главного столбового корня до глубины 25 м и развитой корневой системе верхового типа для сбора поверхностной влаги в периоды выпадения осадков.

Этот интродуцированный в Европе и Азии вид происходит из Северной Америки, где он растет на влажных известняковых почвах в лиственных лесах (на низменностях и вплоть до высоты 1350 м над уровнем моря) от Пенсильвании до Джорджии и Оклахомы (род робиния назван в честь Веспасиана Робина, который впервые привез это растение в Европу из Америки в 1620 г.). Робиния псевдоакация широко известна в странах Западной Европы. В некоторых областях ее, так же как и у нас в России, ошибочно считают аборигенным видом. Это листопадное дерево до 30 м высотой с диаметром ствола до 30–40 см, с просвечивающей раскидистой ажурной кроной, состоящей из обособлен-

ных ярусов. Кора его ствола серо-коричневая или темно-серая, с длинными продольными трещинами, голыми побегами и острыми колючками длиной до 5 см. Растет робиния псевдоакация быстро, особенно в первое десятилетие, хорошо переносит обрезку ветвей и пересадку, живет до 300 лет. Она очень светолюбива, засухоустойчива и малотребовательна к плодородию и влажности почвы (однако на сырых тяжелых почвах она чаще страдает от морозов и гибнет) [9].

По данным Е.И. Захаровой [8], робиния псевдоакация весьма неприхотлива. Однако полученные этим автором экспериментальные данные подтверждают мнение многих ученых о ее гибели на мокрых почвах при избытке застойной влаги.

Интересен многолетний опыт посадок данного растения в Таджикистане, где также широко распространены лессовые породы, хотя культура и опыт террасирования склонов и посадок робинии там стали развиваться только после установления советской власти [4]. Для предотвращения стока там строились канаво-террасы (на расстоянии 20–30 м друг от друга), на которые высаживалась робиния псевдоакация. Через 20 лет ее деревья достигали высоты 11 м и чувствовали себя комфортно. Однако при исследовании облесения Шахринаусского района (Таджикистан) был сделан вывод о том, что на склонах южной экспозиции более эффективным оказывается древесно-кустарниковый тип растительности. Это связано с меньшим иссушением почв за счет лучшего развития травянистой растительности [4].



Рис. 6. Оползневый склон крупного псевдокарстового оврага в провинции Ганьсу (Китай). 90% видимых на фотографии деревьев представлены робинией псевдоакацией (*Robinia pseudoacacia*)



Рис. 7. Одинокое растущее дерево робинии псевдоакации (*Robinia pseudoacacia*). При увеличении видно, что основной корень приурочен к вертикальной трещине, рассекающей лессовый массив

Авторы настоящей статьи наблюдали посадки робинии псевдоакации на лессовых склонах провинций Ганьсу и Шэньси в Китае. Она хорошо прижилась на террасированных склонах различной экспозиции при искусственных посадках, а также благодаря своей неприхотливости широко распространилась по Лессовому плато в результате самосева (см. рис. 6).

Обследованный авторами склон юго-восточной экспозиции около моста автотрассы Сиань — Биньсянь местами имел угол склона более 35° , а в местах развития псевдокарстовых провалов — до $60\text{--}70^\circ$. Всего на участке насчитывалось 15 провалов диаметром от 3 до 8 м, глубиной некоторых из них до 13 м. В период сдачи моста строителями было проведено террасирование откоса. Террасы в верхней части склона на момент обследования имели уступы высотой до 3 м и полки шириной до 4 м. В средней и нижней частях склона сохранившиеся террасы имели уступы высотой до 1,8 м, полки шириной до 2 м и небольшие валики по бровкам для задержки атмосферных осадков.

При обследовании одного из псевдокарстовых провалов на данном участке на глубине 8,9 м был обнаружен обнаженный корень погибшей робинии псевдоакации диаметром 8 см (рис. 7). Этот провал имел диаметр 5,5 м и глубину 8,9 м. Одному из авторов удалось спуститься в его нижнюю часть (рис. 8). Дно его было неровным, заваленным обломками лессовой породы с фрагментами ствола и ветвей погибшей робинии псевдоакации. В его северо-восточной части был виден заплывший понор диаметром около 0,7 м, углублявшийся в сторону стенки провала. Вдоль вертикального эрозионного размыва, как уже отмечалось, был виден обнажившийся корень робинии псевдоакации темно-коричневого цвета,

гладкий, с немного шелушившейся поверхностью. На видимом отрезке этого корня не наблюдалось крупных и мелких отростков (что было связано с глубоким залеганием грунтовых вод). Отростки на глубине 8,9 м не были функциональными. При более детальном обследовании можно было с уверенностью предположить, что первопричиной формирования этого конкретного провала явилась инфильтрация атмосферных осадков вдоль основного корня робинии псевдоакации.

Отметим, что при описании псевдокарстовой пещеры высотой 12 м и диаметром до 3,5 м в лессовых породах на левом берегу Дуная близ селения Сурдук края Воеводина в Сербии авторы работы [33] неоднократно ссылались на то, что свод пещеры такой величины мог сохраниться при наличии многочисленных деревьев робинии псевдоакации, росших на поверхности лессового массива. Очевидно, за первоначально возникшими трещинами последовало образование воронкообразного провала, однако дальнейшее развитие псевдокарста прекратилось в связи с наличием многочисленных деревьев описываемого вида, которые скрепили этот провал своими корневыми системами [25].

Таким образом, влияние робинии псевдоакации на устойчивость лессовых откосов и массивов двоякое. С одной стороны, в искусственных посадках ее корни, глубоко проникающие в склон на глубину до 25 м, «армируют» и укрепляют массив, предотвращая его разрушение. С другой — если растение по тем или иным причинам погибло, то оставшийся после разложения корня вертикальный ход будет являться идеальным водопроводящим каналом до глубины 25 м. Из-за этого в лесах, обладающих на протяжении тысячелетий ма-



Рис. 8. Склон, осложненный серией провалов в северной части магистрального моста автодороги Сиань – Биньсянь. Стрелкой указан обследованный авторами провал диаметром 5,5 м и глубиной 8,9 м

лой влажностью, высокой пористостью и недоуплотненностью, начинается развитие псевдокарста. Кроме того, авторы неоднократно отмечали процесс вертикального движения воды вглубь лессового массива вдоль корней абсолютно здоровых растений.

Не менее интересен и наблюдавшийся авторами опыт укрепления лессовых откосов в провинции Шэньси посадками можжевельника китайского (*Juniperus chinensis* L.). Это растение применяют как декоративное садово-парковое, а также в полевом лесоразведении как почвозакрепительное. Именно последнее его свойство используется для укрепления откосов. Корневая система у него мощная, глубокая и широко разветвляющаяся. Она универсальная, т.к. главный корень проникает глубоко вниз в поисках грунтовых вод, а боковые, горизонтальные, корни собирают влагу во время летне-осенних паводков и спасают растение от дефляции.

Можжевельник китайский засухоустойчив, светолюбив, морозостоек, хорошо переносит стрижку. Он лучше развивается на легких питательных почвах. В отличие от посадок робинии псевдоакалии, которые культивируют при террасировании склонов, можжевельник сажают на крутых, до 70°, откосах. Высаживают двух-трехлетние саженцы в шахматном порядке с размером до 0,8 м (ранней весной). Глубина посадки составляет до 0,3 м (рис. 9). Подобная методика только еще внедряется при эксплуатации дорожных откосов, поэтому при обследовании более

2500 км автодорог в провинциях Ганьсу и Шэньси, к сожалению, не было встречено откосов с более ранними посадками можжевельника.

Освоение Лессового плато началось 8 тыс. лет назад. Здесь уже 6 тыс. лет выращивают и возделывают различные сельскохозяйственные культуры. Сельскохозяйственное террасирование склонов для удержания воды и уменьшения эрозионных и дефляционных потерь почвы практиковалось, по крайней мере, уже 3 тыс. лет назад [29]. Древнее искусство террасирования было основой натурального сельского хозяйства в регионе. Часто на террасах сажались деревья и кусты для того, чтобы замедлить процессы эрозии. Многочисленные археологические данные свидетельствуют о том, что пещерные жилища в регионе использовались с доисторических времен — по крайней мере, уже 2,5 тыс. лет назад [31]. Большинство сельских жителей Лессового плато (40 млн человек) до сих пор живут в этих очень удобных, но небезопасных жилищах.

Освоение Лессового плато привело к практическому уничтожению его природного растительного покрова [26]. Расширение обрабатываемых земель ослабило общее эрозионное состояние плато, т.к. они на 23% менее устойчивы к эрозии, чем необработанные территории [32]. В период династии Хань (221 г. до н.э. — 206 г. н.э.) были выжжены огромные пространства в данном регионе. Основной целью этого был контроль за передвижением монгольских кочевников, регулярно нападавших на сельскохозяйственные районы [36]. В результате всего этого Лессовое плато, как



Рис. 9. Лессовый откос с посадками можжевельника китайского (*Juniperus chinensis* L.)

уже было сказано, является самой эродированной территорией на Земле. Правительство Китая в последние десятилетия предпринимает серьезные меры по исправлению сложившейся ситуации, однако главной особенностью лесса является его необратимая деградация [24].

Расчет деградации Лессового плато

Попробуем провести очень приблизительный расчет деградации Лессового плато в результате развития псевдокарста и эрозии. В связи с этим напомним, что его деградация многократно усилилась после вырубки леса для удовлетворения нужд населения, что вызвало многократное увеличение ЛПП и усиленную эрозию. За 5 тыс. лет с момента активного освоения территории Лессового плато вплоть до начала XXI в. предпринимались лишь слабые попытки восстановления его лесной поверхности. Поэтому основная цель приведенного ниже расчета — показать именно техногенную составляющую в процессе деградации плато, не учитывая палеогеографическую обстановку на данной территории в раннем голоцене.

Если принять, что ежегодно река Хуанхэ выносит $m = 1,6$ млрд т (или $1,6 \times 10^{15}$ г) лессовой породы в пределы Великой Китайской равнины, а плотность ρ лесса в среднем равна $1,4$ г/см³, то можно вычислить объем V выносимого грунта, используя формулу: $V = m / \rho$. Отсюда $V = (1,6 \times 10^{15}) / 1,4 \approx 1,14 \times 10^{15}$ см³ = $1,14$ млрд м³ = $1,14$ км³. То есть река Хуанхэ ежегодно выносит в пределы Китайской равнины $1,14$ км³ разрушенных лессов.

Площадь Лессового плато составляет 580 тыс. км². Если принять, что средняя мощность лессов на его территории составляет около $0,1$ км, то об-

щий объем их толщи в пределах плато будет приблизительно равен 58 тыс. км³. Если в год выносятся примерно $1,14$ км³, то за 100 лет — 114 км³. Значит, за 50 тыс. лет при нынешнем техногенном воздействии Лессовое плато будет полностью деградировано. То, что ПРИРОДА создавала на протяжении миллионов лет, человечество готово разрушить за 50 тыс. лет!

Если принять во внимание, что человек начал активное освоение Лессового плато за 3 тыс. лет до н.э. и продолжает это делать в течение 2 тыс. лет нашей эры, то у плато остается около 45 тыс. лет для существования. С точки зрения продолжительности человеческой жизни это огромный промежуток времени. В плане же масштабов геологического времени это составляет всего лишь мгновение.

Заключение

Высаживание различных растений на лессовых склонах и откосах, предпринимаемое с целью их укрепления и предотвращения их деградации, не всегда имеет однозначные последствия. Например, корни робинии псевдоакалии нередко, наоборот, способствуют проникновению воды в лессовый массив и последующему развитию псевдокарста и эрозии.

Активное разрушение Лессового плато в Китае началось после того, как человек стал активно рубить и уничтожать аборигенную растительность этой территории, что вызвало многократное усиление развития ЛПП и эрозии. Для его уменьшения с середины XX в. предпринимались слабые попытки облесения плато. Но, к сожалению, до сегодняшнего дня оно остается самой эродированной территорией в мире. ♣

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ананьев В.П., Потапов А.Д.* Инженерная геология. М.: Высшая школа, 2000. 512 с.
2. *Барыкина Р.М.* Особенности образования корневых отпрысков у белой акации (*Robinia pseudoacacia* L.) // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 1958. Т. 63. № 4. С. 57–71.
3. ВСН 33-2.2.06-86. Мелиоративные системы и сооружения. Оросительные системы на просадочных грунтах. Основные положения. М.: Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР, 1986.
4. *Галактионов В.Ф.* Опыт горно-облесительных работ в Шахринауском лесхозе Таджикской ССР // Труды Чаткальской горномелиоративной опытной станции. Вып. 1. Ташкент, 1960. С. 126–140.
5. Геологический словарь. Т. 2 / отв. ред. К.Н. Паффенгольц. М.: Недра, 1973. С. 156.
6. Геология лессов и лессовидных пород СССР // Труды Лессовой комиссии ИНКВА. Т. 1, 2. Москва, 1989. С. 69.
7. *Дублянский В.Н., Дублянская Г.Н.* Понятие «псевдокарст» и его сущность // Проблемы псевдокарста: тезисы докладов на совещании по проблемам псевдокарста, г. Кунгур, 1992. Пермь, 1992. С. 6–9.
8. *Захарова Е.И.* Влияние лесорастительных условий на сохранность и рост робинии лжеакация в лесных культурах при интродукции // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2009. № 1 (21). С. 58–61.
9. Иллюстрированный определитель растений Ленинградской области / под ред. А.Л. Буданцева, Г.П. Яковлева. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 339 с.
10. *Кригер Н.И.* Лессовый псевдокарст // Вопросы теории и методики инженерной геодинамики: труды ПНИИИС Госстроя СССР. 1975. Вып. 32. С. 25–49.
11. *Кригер Н.И., Ботников В.И., Лаврусевич С.А. и др.* Псевдокарст в лессовых породах // Геоморфология. 1983. №3. С. 79–84.
12. *Кригер Н.И., Гранит Б.А., и др.* Опыт комплексного изучения лессового псевдокарста для строительных целей (на примере окрестностей Алма-Аты) // Комплексные исследования в инженерных изысканиях для строительства: сборник научных трудов ПНИИИС. М.: Стройиздат, 1982. С. 50–63.
13. *Лаврусевич А.А.* Некоторые особенности инженерно-геологических изысканий на территориях, пораженных лессовым псевдокарстом // Инженерные изыскания. № 10. 2010. С. 20–23.
14. *Лаврусевич А.А., Лаврусевич И.А.* Типы лессового псевдокарста и оценка уровня геологической опасности // Доклады международной научно-практической конференции «Ресурсно-экологические проблемы Волжского бассейна», Владимир — Москва, 2011. С. 75–77.
15. *Лаврусевич А.А., Лаврусевич С.А.* Опыт оценки активизации псевдокарстовых процессов в лессах (на примере Яванской долины Таджикистан) // Геоэкология. № 4. 2011. С. 362–369.
16. *Лаврусевич С.А., Лаврусевич А.А.* Псевдокарст на территории сельскохозяйственного освоения земель в Таджикистане // Доклады АН Таджикской ССР. 1983. Т. 26. № 11. С. 723–725.
17. *Ларионов А.К., Приклонский В.А., Ананьев В.П.* Лессовые породы СССР и их строительные свойства. М.: Гостеолтехиздат, 1959. 367 с.
18. *Ли Сы-гуан.* Геология Китая. М.: Иностранная литература, 1952. 520 с.
19. *Михеева М.А.* Геоэкологическая оценка биоразнообразия и устойчивости древесных растений в условиях городской среды (на примере г. Воронежа): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Воронеж, 2009. 23 с.
20. Проект СП XX.XXXXX.2012. Актуализированная редакция СНиП 11-02-1996. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. М.: Минрегион России, 2011.
21. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. М.: Минстрой России, 1996.
22. *Ступишин А.В.* Равнинный карст и закономерности его развития на примере Среднего Поволжья. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1967. 291 с.
23. *Табаксблат Л.С.* Инженерно-геологические явления на Михайловском карьере КМА // Геология и полезные ископаемые центрально-черноземных областей. Изд-во Воронежского ун-та. 1964. С. 265–267.
24. *Трофимов В.Т.* Инженерная геология массивов лессовых пород. М.: Изд-во МГУ, 2008. 398 с.
25. *Beek L., Wint J., Cammeraat L., Edwards J.* Observation and simulation of root reinforcement on abandoned Mediterranean slopes // Plant and Soil. 2005. V. 278. P. 55–74.
26. *Cook S., Li F., Wei H.* Rainwater harvesting agriculture in Gansu Province, PRC // Journal of Soil and Water Conservation. 2000. V. 55. P. 112–114.
27. *Fuller M.L.* Some unusual erosion features in the loess of China // Geographical Review. 1922. V. 12. P. 570–584.
28. *Huang C.C., Pang J., Zhao J.* Chinese loess and the evolution of the East Asian monsoon // Progress in Physical Geography. 2000. V. 24. P. 75–96.
29. *Kleine D.* Who will feed China? // Journal of Soil and Water Conservation. 1997. V. 52. P. 398–399.
30. *Knebel W.von.* Höhlenkunde mit Berücksichtigung der Karstphänomene / Die Wissenschaft. Sammlung naturwissenschaftlicher und mathematischer Monographien. Heft 15. Braunschweig: Vieweg & Sohn, 1906.
31. *Li J.* Comment: population effects on deforestation and soil erosion in China // Population and Development Review. 1990. V. 16. P. 254–258.
32. *Luk S.* Soil erosion and land management in the Loess Plateau Region, North China // Chinese Geography and Environment. 1991. V. 3. № 4. P. 3–28.
33. *Lukić T., Marković S., Stevens T. et al.* The loess «cave» near the village of Surduk — an unusual pseudokarst landform in the loess of Vojvodina, Serbia // Acta Carsologica. 2009. V. 38. № 2–3. P. 227–235.
34. *Pye K.* Aeolian dust and dust deposits. London, Orlando: Academic Press, 1987, 334 p.
35. *Richtofen F.von.* China. Bd. 1, 2. Berlin, 1877. P. 726.
36. *Veeck G., Li Z., Gao L.* Terrace construction and productivity on loessal soils in Zhongyang County, Shanxi Province, PRC // Annals of the Association of American Geographers. 1995. V. 85. P. 450–467.
37. *Xin-min M., Derbyshire E.* Landslides and their control in the Chinese Loess Plateau: models and case studies from Gansu Province, China // Geological Society, London. Engineering Geology Special Publications. 1998. January 1. V. 15. P. 141–153.



ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ИСПЫТАНИЙ НА ПРОЧНОСТЬ ОБРАЗЦОВ ИЗВЕСТНЯКА ПРИ ОДНООСНОМ СЖАТИИ

INFLUENCE OF UNIAXIAL COMPRESSIVE TEST CONDITIONS ON THE STRENGTH OF LIMESTONE SAMPLES

ФРОЛОВА Ю.В.

Доцент геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова,
skalka@geol.msu.ru

АРАКЧЕЕВА Я.А.

Инженер ООО «Институт «Каналстройпроект»», ypchik44@yandex.ru

FROLOVA JU.V.

An associate professor of the faculty of geology of Lomonosov Moscow State University, skalka@geol.msu.ru

ARAKCHEEVA YA.A.

An engineer of the «Institute “Kanalstroyproekt”» Ltd

Ключевые слова:

прочность на одноосное сжатие; объемный масштабный эффект; поверхностный масштабный эффект; известняк; размер образца; форма образца; торцевой эффект.

Key words:

uniaxial compressive strength; volume size effect; surface size effect; limestone; sample size; sample shape; abut effect.

Аннотация

Экспериментально полученные значения прочности горных пород зависят не только от геологических факторов — они также во многом определяются режимом и условиями проведения испытаний. В данной работе рассматривается зависимость прочности образцов известняка из Домодедовского карьера при одноосном сжатии от их абсолютного и относительного размеров, формы и трения на контактах между их торцами и загрузочными плитами. Результаты исследований и выводы носят предварительный характер ввиду сложности изучаемого вопроса.

Введение

Как известно, прочностные свойства скальных грунтов зависят от геологических и структурно-минералогических факторов — состава, структуры, текстуры, пористости, трещиноватости и вторичных преобразований. Помимо этого, экспериментально получаемые значения прочностных характеристик зависят от режимов и условий проведения испытаний, т.е. от так называемых технических факторов.

Существует множество научных публикаций, в которых рассматривается влияние состава и строения различных типов скальных грунтов (т.е. геологических факторов) на их прочность. Зависимость ее величин, получаемых опытным путем, от режимов и условий испытаний изучена в меньшей степени. Этот вопрос не является новым, но в научной литературе в этом отношении до сих пор нет единого мнения.

На результаты испытаний скальных грунтов при одноосном сжатии оказывают влияние различные технические факторы, основными из которых являются: размер образца, его форма, тип загрузочных плит, условия на контакте между ними и поверхностью образца, скорость приложения нагрузки, жесткость испытательного загрузочного устройства и др. При этом данные о влиянии технических факторов, полученные различными исследователями при испытаниях образцов разных горных пород, нередко весьма противоречивы.

Целью настоящей работы является изучение влияния на прочность образцов известняка при одноосном сжатии таких факторов, как их размер, форма и трение на контактах между их торцевыми гранями и загрузочными плитами.

Современные представления о влиянии условий испытания на прочность образца скального грунта

Влияние абсолютного размера образца

Данные о влиянии размера образца скального грунта на его прочность (сравниваемые для геометрически подобных образцов) весьма проти-

Abstract

Experimental values of rock strength do not only depend on geological factors. They are also determined to a large extent by the regimes and conditions of the tests. This paper considers dependence of uniaxial compressive strength values of limestone samples from the Domodedovo open pit on their absolute and relative sizes, shapes and the friction between their abuts and the loading plates. The research results and conclusions have preliminary character because of complexity of the investigated problem.



воречивы. Наиболее известной является тенденция ее увеличения при уменьшении размеров образца, что исследователи объясняют так называемым масштабным фактором (эффектом). В соответствии с теорией масштабного эффекта, прочность тела определяется его наиболее крупным дефектом, вероятность наличия которого тем выше, чем больше образец (т.е. при увеличении его размеров следует ожидать уменьшения его прочности) [5, 7, 8, 12, 16–19]. В частности, Е. Хоек и Е.Т. Браун [18], обобщив данные по многим испытаниям, вывели эмпирическую формулу для расчета величины прочности образцов разного диаметра (при $h/d = 2$):

$$\sigma_{cd} = \sigma_{c50} (50/d)^{0,18}, \quad (1)$$

где σ_{cd} — прочность (МПа) на одноосное сжатие цилиндрического образца диаметром d (мм); σ_{c50} — прочность (МПа) на одноосное сжатие цилиндрического образца диаметром 50 мм.

Между тем некоторые исследователи, изучая масштабный эффект на разных породах, наблюдали обратную картину: по мере уменьшения размеров образцов получаемая величина прочности снижалась. Так, в работах М.И. Койфмана было показано, что при одноосном сжатии кубических образцов однородных мелкозернистых песчаников при уменьшении линейных размеров от 70 до 5 мм их прочность значительно снизилась [7, 8]. К такому же заключению пришли: Л.И. Барон и В.М. Курбатов при исследовании прочности на сжатие известняка, мрамора и искусственных образцов из гипса и цемента [2]; Г.Н. Кузнецов при раздавливании кубических и призматических образцов каменной соли Артемовского месторождения [9]; З.А. Ацагорцян с соавторами при испытании четвертичных туфов Армении [1] и ряд других исследователей. Испытания более 600 образцов туфов одной разновидности из Армении показали интересные результаты: для цилиндрических образцов с постоянным отношением высоты h и диаметра d уменьшение d привело к существенному снижению прочности на одноосное сжатие (на 14% при уменьшении диаметра от 70 до 50 мм, на 35% — от 70 до 25 мм) [1]. Аналогичные результаты были

получены и при испытаниях призматических образцов [1]. Таким образом, при испытаниях различных типов горных пород масштабный фактор может проявляться по-разному, т.е. в зависимости от их структуры, текстуры, минерального состава и других особенностей уменьшение размеров испытываемых образцов может приводить к различным изменениям прочности.

Л.И. Бароном для вычисления прочности на одноосное сжатие кернов разного диаметра, равного их высоте, была получена следующая приближенная эмпирическая формула [2]:

$$R_{c2} = R_{c1}^3 d_2 / d_1, \quad (2)$$

где R_{c1} — прочность (МПа) на одноосное сжатие цилиндрического образца диаметром d_1 (мм) и высотой $h_1 = d_1$ (мм); R_{c2} — прочность (МПа) на одноосное сжатие цилиндрического образца диаметром d_2 (мм) и высотой $h_2 = d_2$ (мм).

Формула (2) основана на результатах испытаний однородных образцов разных диаметров (до 50 мм) при постоянной величине отношения $h/d = 1$. Правильность этой формулы в интервале диаметров от 50 до 200 мм подтвердили данные румынского исследователя М. Стаматиу [13].

М.И. Койфман [7] обобщил и проанализировал данные о влиянии размеров образцов горных пород на их прочность при одноосном сжатии. Он отметил, что ряд исследователей указывает на уменьшение прочности геометрически подобных друг другу образцов горных пород с увеличением их размеров. Однако другие исследователи, ссылаясь на свои экспериментальные данные, утверждают обратное: с увеличением размеров образцов их прочность на одноосное сжатие увеличивается (табл. 1). Третья группа ученых либо не обнаружила влияния масштабного фактора на прочность образцов горных пород, либо получила противоречивую картину [6]. Следует отметить, что наиболее противоречивые результаты получаются для каменной соли.

Ни одна из теорий о природе масштабного эффекта, проявляющегося при испытаниях различных материалов, не может объяснить таких противоречивых данных для горных пород. Поэтому М.И. Койфман [7] на основе анализа результатов

Таблица 1

Данные об увеличении предела прочности на одноосное сжатие при увеличении размеров образцов горных пород (по [1, 6–9, 14])

Автор	Исследованные породы	Год
Койфман М.И.	Однородные мелкозернистые песчаники, известняки, базальты	1963
Барон Л.И., Курбатов В.М.	Известняк, мрамор, искусственные образцы из гипса и цемента, каменная соль	1959
Пеньков А.М., Випилкин А.А.	Каменная соль	1950
Кузнецов Г.Н.	Артемовская каменная соль	1947
Ширко Г.И.	Горные породы	1953
Симура Яторо, Таката Якира		1961
Иноуэ Масаясу		1961
Ацагорцян З.А. и др.	Туфы (Q) из Ахтанакского месторождения	1968
Шапошников Н.А., Залесский Б.В.	Диабазы	1928

своих опытов и исследований других ученых выдвинул гипотезу о существовании не одного, а двух масштабных эффектов — объемного (главного) и поверхностного (дополнительного).

Под влиянием объемного масштабного эффекта, зависящего от наличия дефектов внутри образца, прочность последнего с увеличением его объема уменьшается. При этом под влиянием поверхностного масштабного эффекта прочность образца породы при увеличении его размера возрастает. Этот эффект зависит от повреждения его поверхностного слоя при отборе и обработке (при выбуривании, резании, шлифовании, действии влаги). По мере уменьшения размера образцов площадь нарушенной поверхности, приходящейся на единицу объема, возрастает и, следовательно, повреждение поверхностного слоя на одну и ту же глубину для малых образцов будет относительно большим, чем для крупных. Поэтому поверхностный масштабный эффект приводит к снижению прочности образцов с уменьшением их размеров [7, 8]. Однако если прочность поверхностного слоя не уменьшается, а увеличивается (например, вследствие образования твердой корки на цементных образцах при схватывании), то такой поверхностный масштабный эффект приводит к повышению прочности при уменьшении размера образца и действует аналогично объемному масштабному эффекту.

Подчеркнем, что оба масштабных эффекта — объемный и поверхностный — действуют одновременно.

Теория двух масштабных эффектов позволяет объяснить возможность как увеличения, так и уменьшения прочности геометрически подобных друг другу образцов и разрешить указанные выше противоречия между опытными данными и выводами различных исследователей.

Следует отметить, что размер кубического или цилиндрического образца с высотой, равной диаметру, обычно влияет на его прочность лишь до некоторого предела, после превышения которого она становится примерно постоянной. Величины этих пределов для разных горных пород пока недостаточно хорошо определены. Подчеркнем, что речь здесь идет о лабораторных испытаниях образцов горных пород, а не об исследованиях свойств их массивов.

Влияние соотношения высоты и диаметра (или стороны квадратного сечения) цилиндрических и призматических образцов при постоянном объеме

Прочность образца зависит не только от его абсолютных размеров, но и от отношения его высоты h к диаметру d для цилиндрических образцов (или к стороне квадратного сечения a для призматических образцов). Уменьшение h/d (при постоянном объеме) увеличивает прочность образца. Поскольку объем последнего не меняется, то количество содержащихся в нем дефектов в среднем постоянно, следовательно, масштабный фактор проявляться не должен [5]. Подобное явление объясняется влиянием так называемого торцевого эф-

фекта, т.е. условиями на контактах между нагрузочными плитами и торцевыми гранями образца. Согласно принципу Сен-Венана, возникающие там силы трения приводят к сложному распределению напряжений, существенно влияющему на величину прочности при соотношении $h/d < 2$ [15].

Влияние высоты цилиндрических и призматических образцов при постоянном поперечном сечении

Изучением влияния вертикального размера образца правильной формы на его прочность при сжатии занимались многие исследователи, среди которых Е.И. Ильницкая, Г.Н. Кузнецов, И.Г. Меликадзе, Л.И. Барон, М.Ф. Кунтыш и др. [2, 6, 9, 10]. В своих работах они указывали, что по мере увеличения высоты призматических или цилиндрических (с постоянной площадью сечения) образцов наблюдается уменьшение их прочности. В частности, в Институте горного дела (ИГД) им. А.А. Скочинского были проведены экспериментальные исследования по установлению зависимости прочности на одноосное сжатие цилиндрических образцов с постоянным поперечным сечением от их высоты [10]. Эти испытания проводились на однородных образцах со следующими размерами: $d = 30$ мм, $h = 10 \div 150$ мм, $h/d = 0,33 \div 5,00$. Область малых значений $h/d = 0,05 \div 0,50$ исследовалась на образцах в виде дисков ($d = 72$ мм). Исследовались различные литологические типы горных пород: известняк, ангидрид, каменная соль, мрамор, песчаник. Для всех этих типов была получена общая закономерность — снижение прочности по мере увеличения вертикального размера образца. Причем это снижение проходит более интенсивно при малых значениях $h/d (< 1)$.

По-видимому, увеличение прочности пород в области, где $h/d < 2$, можно объяснить влиянием неоднородности напряженного состояния за счет трения опорных граней образца о плиты пресса. Трение препятствует свободному расширению сдавливаемых образцов, что искажает механизм однородного напряжения, особенно в частях, близких к опорным торцам, где порода находится в объемном напряженном состоянии.

Очевидно, что влияние неоднородности напряженного состояния за счет трения на величину прочности тем меньше, чем выше образец, и наоборот. При этом разными исследователями на разных материалах и при разном поперечном сечении образца (площадь которого для каждой породы была постоянной, но для разных пород изменялась более чем в 120 раз, т.е. от 7 до 900 см²) было получено, что при отношении $h/d \approx 2$ прочность образца на одноосное сжатие R_c была примерно постоянной. Этот факт указывает на то, что при отношении $h/d \geq 2$ порода при ее сжатии находится в простом (или однородном) напряженном состоянии. Поэтому считается, что раздавливание на прессе образцов с $h/d = 2$ и будет характеризовать прочность породы.

Многими исследователями давно установлено, что при испытании хрупких образцов горных по-



род при главных нормальных напряжениях $\sigma_1 > 0$, $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$ в их объеме возникает неравномерное напряженное состояние, анализ и математическое описание которого затруднены из-за целого ряда причин [6]. Разное напряженное состояние оказывает влияние и на характер разрушения образцов. Так, наличие трения на опорных поверхностях образцов приводит к образованию двух конусов с основаниями, совпадающими с торцами образца, и с вершинами, направленными к его середине. При испытании низкого образца верхний конус накладывается на нижний с образованием между ними «ядра», находящегося в объемном напряженном состоянии. Разрушение низких образцов по сравнению с высокими происходит при больших напряжениях, которые необходимы для разрушения этого «ядра», находящегося в условиях объемного сжатия. Между тем при одноосном сжатии высокого образца его средняя часть, находящаяся в однородном напряженном состоянии, раскалывается под действием полностью развивающихся конусов — и разрушение происходит при более низких напряжениях.

В ГОСТ 21153.2-84 [3] приводятся поправочные коэффициенты для перехода от прочности образцов разных размеров к прочности стандартного образца. Величины этих коэффициентов существенны, поэтому их уточнение имеет важное практическое значение.

Влияние формы образца

Влияние формы образцов на их прочность однозначно не установлено, хотя такие исследования проводились.

Во-первых, при сжатии образцов разной формы могут возникать различные картины распределения напряжений. Во-вторых, при одинаковой площади поперечного сечения, но разной его форме длина периметра может быть различной. Из этого следует, что значения прочности, получаемые при испытаниях образцов разной формы, не должны быть одинаковыми.

Н.П. Гришковой была проделана серия опытов над образцами с одинаковой площадью, но различной формой поперечного сечения [4] — квадратной, круглой, треугольной (т.е. на сжатие испытывались кубы, цилиндры и треугольные призмы). При испытаниях между плитами пресса и поверхностью образца возникает трение. Длина периметра торцевой грани образца ограничивает площадь ее соприкосновения с плитой пресса. Чем длиннее линия периметра, тем больше должна быть сила трения. При одной и той же площади, но различной форме поперечного сечения образца длина его периметра различна. Следовательно, образцы с сечением разной формы удерживаются от разрушения разными силами.

Например, периметр треугольного сечения больше периметра квадратного или круглого сечений при одинаковой их площади. Следовательно, силы трения, действующие на контакте между загрузочной плитой и торцевой поверхностью образца, препятствующие его разрушению, должны

быть больше при треугольном основании, чем при квадратном или круглом.

Экспериментальные данные подтвердили, что при треугольном сечении прочность образца больше, чем при другой его форме. Однако разница между пределами прочности образцов различной формы однозначно не установлена.

На основании опытов, проведенных в ИГД им. А.А. Скочинского, при испытании образцов кубической формы предлагается вводить в полученные значения прочности на одноосное сжатие поправочный коэффициент, учитывающий их форму:

$$R_{c \text{ цил}} = 1,05 R_{c \text{ куб}}, \quad (3)$$

где $R_{c \text{ цил}}$, $R_{c \text{ куб}}$ — значения прочности (МПа), полученные при одноосном сжатии цилиндрического и кубического образцов соответственно [11].

Влияние условий на контакте между загрузочными плитами и торцевыми гранями образца

Торцевой эффект изучался многими исследователями как теоретически, так и экспериментально. В теоретических работах рассматривается влияние трения, возникающего на контакте между загрузочными плитами и торцевыми гранями образца. Считается, что наличие сил трения в указанной области приводит к сложному распределению напряжений, существенно влияющему на предельное состояние образца.

Результаты экспериментальных исследований позволили установить, что влияние граничных условий проявляется только для образцов с малой величиной отношения высоты к диаметру. Трение на торцах влияет на характер разрушения: из крайних точек верхней грани распространяются трещины, образующие конусы или клинья, направленные к центру (по высоте).

Существует ряд способов для снижения трения на торцевых гранях образца и устранения торцевого эффекта, например смазка контактирующих поверхностей, применение резиновых прокладок, щеточных плит [5]. При испытании на одноосное сжатие образцов со смазкой или прокладками происходит разрушение по магистральным трещинам, параллельным осевой нагрузке.

Отметим, что основные экспериментальные исследования по вопросам влияния условий испытаний на прочностные свойства горных пород в нашей стране проводились в 1950–1960-е гг. В более поздних работах, рассматривающих вопросы масштабного эффекта в горных породах, авторы, как правило, ссылаются на экспериментальные данные более ранних работ.

Литологическая характеристика и физико-механические свойства исследуемых известняков

Исследования проводились на образцах известняков среднекаменноугольного возраста, отобранных в Домодедовском карьере (в Подмосковье). Были выбраны наиболее однородные и массивные

Таблица 2

Физические и физико-механические свойства известняков Домодедовского карьера (С ₂)*											
Текстура	ρ , г/см ³	$\rho_{с\>}$, г/см ³	n , %	$n_{откр\>}$, %	W , %	V_p , км/с		V_s , км/с	μ	E_d , ГПа	R_c , МПа
						Сухие	Водонасыщ.				
Массивная	2,08–2,24 2,16	2,71	17–25 21	13–18 16	6–10 7	2,7–3,5 3,2	2,8–3,6 3,2	1,5–2,0 1,8	0,22–0,31 0,27	13–22 18	26–75 49
Тонкопористая	1,73–1,97 1,85	2,72	27–37 32	16–30 23	9–17 13	2,3–3,6 3,1	2,4–3,7 3,1	1,6–2,1 1,7	0,23–0,33 0,28	9–21 14	7–40 21

* ρ — плотность воздушно-сухого грунта, г/см³; ρ_s — плотность твердых частиц, г/см³; n — пористость, %; $n_{откр}$ — открытая пористость, %; W — водопоглощение, %; V_p — скорость распространения продольных волн, км/с; V_s — скорость распространения поперечных волн, км/с; μ — коэффициент Пуассона; E_d — динамический модуль упругости, ГПа; R_c — прочность на одноосное сжатие воздушно-сухих образцов, МПа; сверху (над чертой) — диапазон значений параметра; снизу (под чертой) — среднее значение параметра.

разности без крупных пор и каверн. Эти известняки относятся к органогенно-обломочному типу, имеют полидетритовую структуру, однородную неслоистую текстуру (массивную или тонкопористую) и плотное сложение. В них в большом количестве присутствуют обломки органических остатков, в т.ч. встречаются целые раковины брахиопод (размером до 3 см), перекристаллизованные остатки криноидей, фораминифер, спикулы губок, иголки морских ежей. Органические остатки сцементированы кальцитовым микрозернистым веществом, образующим цемент порового типа. Данные породы разбиты тонкими трещинами, заполненными микрозернистым кальцитом. Пористость, наблюдаемая в шлифах, связана с наличием полых трубочек, а также с промежутками между обломками.

При микроскопических исследованиях было выделено два типа известняков из вышеназванного карьера. В известняках первого типа содержится больше микритового кальцита, который обуславливает более плотное сложение породы. Известняки второго типа отличаются большим содержанием мелких обломков фауны, формирующих тонкопористую текстуру породы.

Исследуемые известняки практически не содержат примесей, за исключением тонкораспыленного глинистого вещества, неравномерно распределенного по породе. По данным термогравиметрического анализа (проведенного аналитиком М.В. Коптевой-Дворниковой), исследуемая порода на 96% состоит из CaCO₃.

Данные о физических и физико-механических свойствах исследованных известняков представлены в табл. 2.

Методика подготовки образцов и проведения испытаний

Для изучения зависимости экспериментально получаемых величин прочности от геометрических параметров образцов и условий на контактах их торцевых поверхностей и загрузочных плит была подготовлена серия образцов правильной геометрической формы (кубической, призматической, цилиндрической). Для каждого вида испытаний (каждой выборки) они готовились из единого и по возможности максимально однородного блока известняка.

Кубические и призматические образцы изготавливались выпиливанием на отрезном станке, цилиндрические выбуривались на буровом станке. Торцевые поверхности образцов делались плоскими, параллельными друг другу и перпендикулярными их боковой поверхности. Для этого все образцы шлифовались на шлифовальном станке так, чтобы отклонение от параллельности было не более 0,2 мм, а выпуклость торцов — меньше 0,03 мм. Образующие боковой поверхности образцов выдерживались прямолинейными по всей высоте. Допускаемое отклонение от прямолинейности составляло 0,5 мм [3].

Испытания всех образцов на одноосное сжатие производились на гидравлическом прессе Controls (с максимальным усилием 1500 кН) при постоянной скорости нагружения 1 МПа/с. Для сравнения величин прочности выбирались образцы одного литологического типа с одинаковой плотностью и пористостью.

Изучение влияния геометрических размеров (абсолютного и относительного) на прочность выполнялось на образцах кубической, призматической и цилиндрической формы.

Таблица 3

Геометрические параметры исследуемых кубических образцов		
Условная длина ребра a , см	Диапазон изменения длины ребра реальных образцов, см	Кол-во образцов
2,0	2,01–2,05	6
2,5	2,51–2,57	6
3,0	2,98–3,07	6
3,5	3,51–3,61	6
4,0	4,01–4,04	6
4,5	4,49–4,62	6
5,0	4,98–5,14	6
7,5	7,51–7,56	4

Геометрические параметры исследуемых на прочность кубических образцов

Исследовались образцы с условной длиной ребра $a = 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 7,5$ см. Было изготовлено по 6 образцов каждого размера. Отклонение реальных размеров образцов от условно принятой (средней) величины a не превышало 1,4 мм (табл. 3).

Геометрические параметры исследуемых на прочность призматических образцов

Исследовались прямоугольные призматические образцы равного объема (55 см^3) с квадратным поперечным сечением и различными величинами отношения высоты h к стороне квадратного основания a , равными: $3,00 / 4,25 = 0,7$; $4,0 / 3,7 = 1,1$; $5,0 / 3,3 = 1,6$; $6,0 / 3,0 = 2,0$. Отклонения реальной высоты h от ее условной величины не превышало 0,6 мм, а отклонение реальной длины ребра квадратного сечения призмы a от условной не превышало 0,5 мм (табл. 4).

Таблица 4

Геометрические параметры исследуемых призматических образцов			
Сторона квадратного основания a , см	Высота h , см	h/a	Кол-во образцов
4,23–4,26	2,98–3,02	0,7	6
3,98–4,00	3,67–3,73	1,1	6
5,01–5,02	3,30–3,36	1,6	6
5,95–6,00	2,98–3,02	2,0	6

Геометрические параметры исследуемых на прочность цилиндрических образцов

Испытывались образцы цилиндрической формы с диаметром $d = 3,7$ см ($3,65 \div 3,77$ см). Их высота варьировала от 7,0 до 1,8 см. В результате отношение их высоты h к диаметру d составляло 2,0; 1,5; 1,0; 0,7; 0,5 (табл 5).

Образцы для исследования влияния их формы на прочность

Для исследования влияния формы образцов на прочность была подготовлена серия образцов цилиндрической (4 шт.) и призматической (6 шт.) формы. Геометрические параметры образцов: $h = 7$ см, $a = d = 3,7$ см.

Таблица 5

Геометрические параметры исследуемых цилиндрических образцов			
Высота h , см	Диаметр d , см	h/d	Кол-во образцов
6,95–7,07	3,65–3,77	2,0	5
5,24–5,27		1,5	6
3,52–3,56		1,0	6
2,50*		0,7	3
1,78–1,79		0,5	3

* Величина h одинакова у всех трех образцов.

Образцы для изучения влияния условий на контактах торцевых поверхностей образца и загрузочных плит пресса

Для изучения влияния условий на контактах торцевых поверхностей образца и загрузочных плит пресса были изготовлены цилиндрические образцы с величиной отношения высоты h к диаметру $d = 3,7$ см, равной 2,0. При этом использовалась либо смазка торцевых граней образцов солидолом, либо резиновые прокладки между ними и нагрузочными плитами.

Согласно ГОСТ 21153.2-84 образцы одной выборки должны иметь одинаковые размеры. Допускаются отклонения значений диаметра d_i и высоты h_i каждого образца от их средних значений d и h по всем образцам выборки: $|d - d_i| \leq 1 \text{ мм}$ и $|h - h_i| \leq 2 \text{ мм}$. Для всех исследованных авторами выборок эти соотношения выполнялись.



Рис. 1. Образцы кубической формы с размерами ребер 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 7,5 см

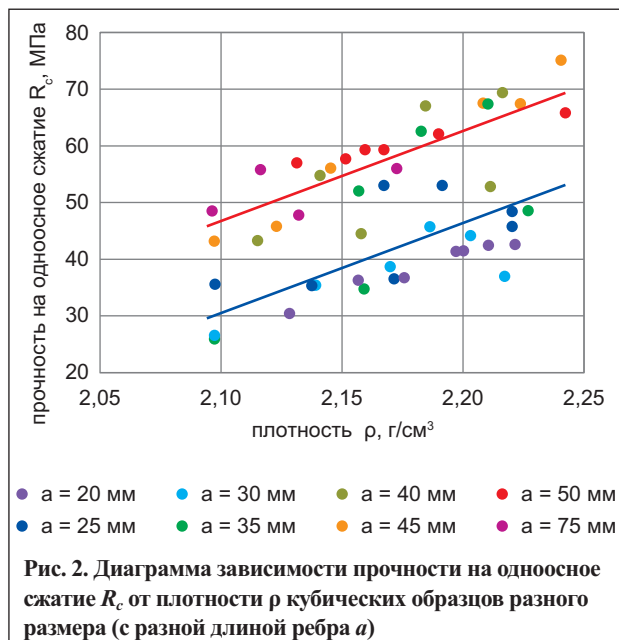
Результаты и их обсуждение

Влияние абсолютного размера образца

На одноосное сжатие испытывались образцы кубической формы с размерами ребер 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 7,5 см (рис. 1). Исследовались известняки с диапазоном изменения плотности $2,10 \div 2,24$ г/см³ (известняки первого типа), прочность которых варьировала в пределах $26 \div 75$ МПа (систематическая ошибка измерений прочности для этих опытов изменялась в интервале $0,06 \div 0,20$ МПа).

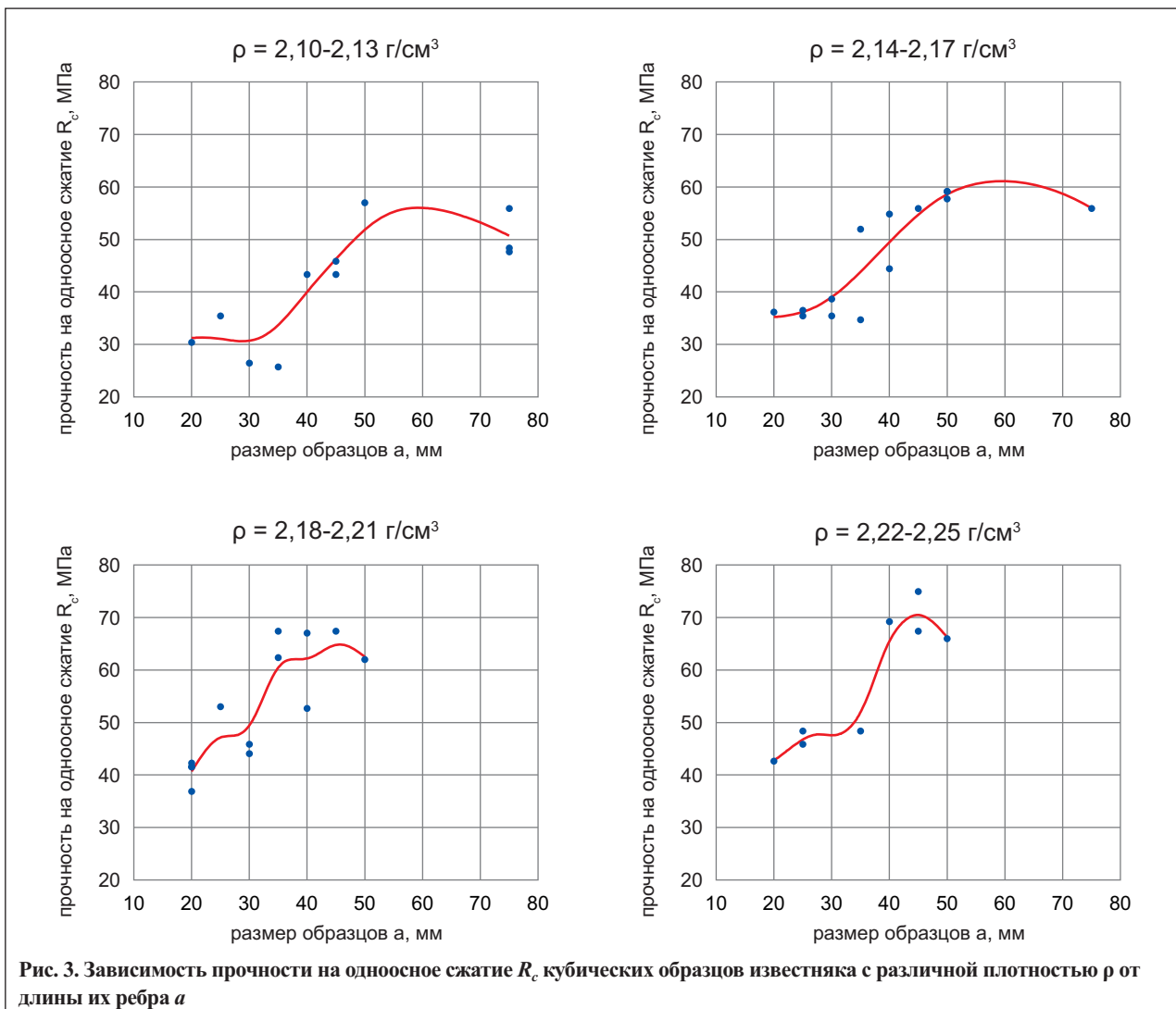
В результатах испытаний в целом просматривалась тенденция к повышению значений прочности образцов с увеличением плотности и уменьшением пористости пород (рис. 2), что вполне закономерно для скальных грунтов. Однако, проанализировав диаграмму, представленную на рис. 2, можно заметить, что при одном и том же значении плотности прочность образцов меняется в широких пределах. Было сделано предположение, что именно размер влияет на величину их прочности.

Анализ диаграмм, представленных на рис. 3, показал, что с увеличением длины ребра кубического образца от 2 до 5 см величина его прочности заметно растет — в среднем на 25–35 МПа, т.е. на 60–70%. При этом данная зависимость имеет



ступенчатый характер: наблюдается некоторый скачок прочности при переходе размера ребра от 2–3 см к 4–5 см. При дальнейшем его увеличении до 7,5 см роста прочности не наблюдается.

Корреляционная связь между величиной прочности и размером образца тесная и весьма тесная



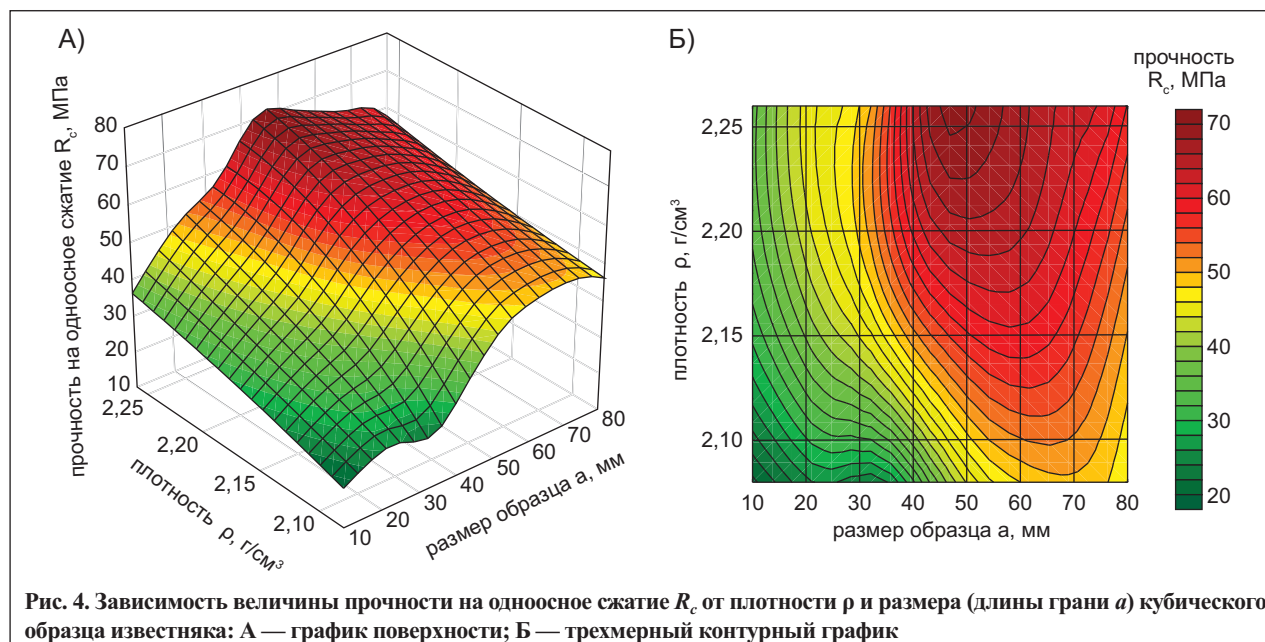


Таблица 3

Уравнения регрессии для зависимостей прочности кубических образцов R_c (МПа) от длины ребра a (см) и плотности ρ (г/см ³)				
Зависимость	Условия		Уравнение регрессии	Коэффиц. коррел.
R_c от a	ρ , г/см ³	2,10–2,13	$R_c = 3,39 + 13,03a - 0,89a^2$	0,76
		2,14–2,17	$R_c = -2,58 + 19,03a - 1,46a^2$	0,78
		2,18–2,21	$R_c = -1,70 + 26,15a - 1,46a^2$	0,83
		2,22–2,24	$R_c = 11,62 + 16,48a - 1,90a^2$	0,89
R_c от ρ	a , см	2,0–3,5	$R_c = 115,4\rho - 210,7$	0,66
		4,0–7,5	$R_c = 167,0\rho - 304,4$	0,82
R_c от a и ρ	$R_c = -2256,1765 + 28,9981a + 1887,3687\rho + 1,458a^2 - 4,8866a\rho - 389,7285\rho^2$			-

(табл. 3). В целом зависимость прочности R_c (МПа) от размера ребра образца a (см) можно описать полиномиальной зависимостью (см. табл. 3).

Вернемся к диаграмме зависимости прочности образца от его плотности (см. рис. 2). На ней также можно отчетливо увидеть два тренда: при одинаковой плотности известняков у образцов с линейными размерами ребер $a = 4 \div 7,5$ см величины прочности заметно выше ($R_c = 40 \div 74$ МПа) по сравнению с образцами малого размера с $a = 2 \div 3$ см ($R_c = 25 \div 55$ МПа). Образцы с ребром $a = 3,5$ см имеют широкий разброс значений прочности и попадают в обе группы. У обеих групп существует корреляционная связь между изучаемыми признаками (плотностью и прочностью) в рамках исследуемых выборок. Коэффициент корреляции для первой группы ($a = 4,5 \div 7,5$ см) равен 0,82, для второй группы ($a = 2 \div 3,5$ см) он составляет 0,66. Рассматривая связь в генеральной совокупности с уровнем значимости 0,05, полученные значения коэффициента корреляции можно считать статистически значимыми. Характер связи между плотностью и прочностью образца для обеих выборок является прямолинейным (см. рис. 2). Для выявления характера корреляционных связей между этими величинами были найдены теоретические линии регрессии (см. табл. 3):

$$R_c = 167,0\rho - 304,4 \text{ для } a = 4,0 \div 7,5 \text{ см; (4)}$$

$$R_c = 1115,4\rho - 210,7 \text{ для } a = 2,0 \div 3,5 \text{ см. (5)}$$

Обобщенная зависимость величины прочности образца от его плотности и размера, полученная методом наименьших квадратов, показана на рис.

4. Уравнение множественной регрессии можно представить в виде полинома (см. табл. 3):

$$R_c = -2256,1765 + 28,9981a + 1887,3687\rho - 1,4582a^2 - 4,8866a\rho - 389,7285\rho^2. (6)$$

Полученные экспериментальные данные находятся в хорошем соответствии с результатами Л.И. Барона [2]. Для примера возьмем известняки с плотностью 2,18–2,21 г/см³. Образцы с длиной ребра $a_1 = 5$ см имеют среднее значение прочности $R_{c1} = 61$ МПа. Рассчитаем значение прочности R_{c2} для образцов с длиной ребра $a_2 = 2$ см. Подставив эти значения в формулу (2), получим: $R_{c2} = R_{c1} \sqrt[3]{d_2 / d_1} = 61 \cdot \sqrt[3]{2 / 5} = 45$ МПа. Это расчетное значение близко к среднему значению прочности, полученному экспериментальным путем: $R_{c2} = 41$ МПа. С учетом того что природные образцы имеют неоднородное строение, а также учитывая погрешности, связанные с проведением опытов,

можно заключить, что полученные данные в целом подчиняются эмпирической формуле (2) Л.И. Барона [2].

Исследования показали, что в зависимости от размеров образцов наблюдаются различия между характером и формой их разрушения (рис. 5). Образцы большего размера в преобладающем числе случаев разрушались с образованием конусов (трещин скалывания) (см. рис. 5А), а образцы малых размеров разрушались по вертикальным трещинам (трещинам отрыва) (см. рис. 5Б). Разрушение образцов большого размера «по конусу» может быть связано с повышенным трением на контактах образца с загрузочными плитами. Влияние трения обычно приводит к тому, что разрушение начинается в крайних точках верхней грани образца по контакту с плитами, а трещины, распространяющиеся из этих точек, образуют конусы или клинья, направленные к центру. Образцы малых размеров соответственно имеют меньшее трение на контактах с загрузочными плитами и разрушаются по вертикальным плоскостям, формирующимся при образовании трещин отрыва.

Таким образом, полученные экспериментальные данные противоречат широко известной теории масштабного эффекта, однако согласуются с результатами, полученными рядом исследователей для разных горных пород. Как уже отмечалось, рост значения прочности с увеличением размера кубического образца можно объяснить влиянием следующих факторов: (1) трения на контактах его торцевых граней с загрузочными плитами (чем больше площадь соприкосновения образца с плитой, тем больше трение, создающее сложное напряженное состояние и соответственно тем выше значение прочности); (2) поверхностного масштабного эффекта, который зависит от нарушения поверхностного слоя образцов при их отборе и обработке (по мере уменьшения размера образца площадь нарушенной поверхности, приходящейся на единицу его объема, возрастает и, следовательно, относительное повреждение поверхностного слоя на одну и ту же глубину для малых образцов будет большим, чем для крупных); (3) кривизны рабочих торцов, влияние которой снижается по мере увеличения размера образца. Рабочие поверхности образцов, подготавливаемых для механических испытаний, часто обладают некоторой выпуклостью. При их испытаниях возникает неравномерное распределение напряжений по площади их торцов. Концентрация разрушающих напряжений на выпуклых участках ведет к искажению результатов испытаний. Особенно большие искажения могут возникнуть при испытаниях крепких горных пород. В частности, М.И. Койфман и С.Е. Чирков изучали микропрофилограммы контактных поверхностей образцов [8]. Ими было показано, что эти поверхности (формально плоские) в действительности по большей части обладают выпуклостью. Кроме того, на них наблюдаются микронеровности — впадины и выступы. Микрорельеф поверхности зависит от плотности, прочности и однородности образца. Но даже не-

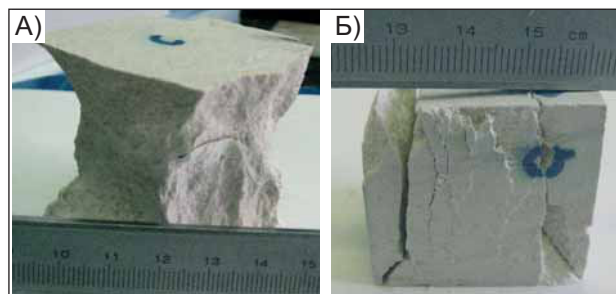


Рис. 5. Характер разрушения образцов известняка при одноосном сжатии: А — разрушение «по конусу» кубического образца с длиной ребра $a = 5$ см; Б — разрушение кубического образца с $a = 3$ см по вертикальным трещинам, параллельным направлению сжатия

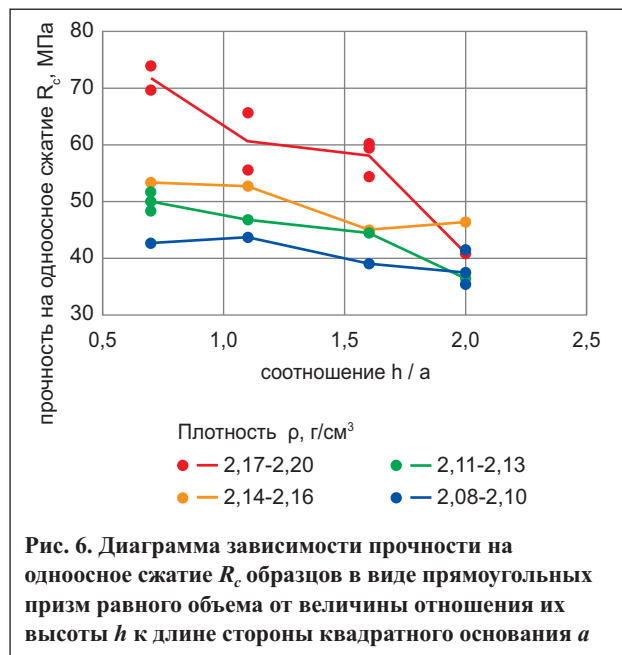
значительные выступы на контактной поверхности будут воспринимать повышенные сосредоточенные разрушающие нагрузки. Чем меньше размер образца, тем больше относительное отклонение его контактных поверхностей от идеально плоских, т.е. тем больше их кривизна и количество на них микронеровностей.

Следует также отметить, что повышение прочности кубического образца наблюдается с увеличением длины его ребра от 2,0 до 5,0 см, тогда как при дальнейшем увеличении его размера до 7,5 см роста прочности не наблюдается, а, напротив, намечается тенденция к ее снижению. По-видимому, в образцах с длиной ребра более 5 см влияние объемного масштабного эффекта начинает превосходить влияние поверхностного и вследствие этого прочность начинает уменьшаться.

Влияние относительного размера образца

Прямоугольные призмы равного объема. Исследование проводилось на образцах в виде прямоугольных призм равного объема ($V = 55 \text{ см}^3$) с различными величинами отношения высоты h к стороне квадратного основания a , равными: $3,00 / 4,25 = 0,7$; $4,0 / 3,7 = 1,1$; $5,0 / 3,3 = 1,6$; $6,0 / 3,0 = 2,0$. Плотность испытанных известняков (первого типа) варьировала в пределах $2,08 \div 2,20 \text{ г/см}^3$. Величины прочности их образцов находились в диапазоне $35 \div 75 \text{ МПа}$ (статистическая ошибка измерений изменялась в пределах $0,09 \div 0,15 \text{ МПа}$).

Поскольку объем образцов не менялся, то и количество содержащихся в них дефектов должно было быть приблизительно постоянным, а следовательно, масштабный фактор не должен был проявляться. Однако сравнительный анализ полученных экспериментальных результатов показал, что для известняков с различной плотностью существует общая закономерность — заметное увеличение прочности образцов на одноосное сжатие при уменьшении величины отношения h / a от 2,0 до 0,7 (рис. 6). По-видимому, подобное явление объясняется влиянием торцевого эффекта: с увеличением площади поперечного сечения образца (и уменьшением его высоты) увеличиваются силы трения на контактах между загрузочными плитами и торцевыми гранями образца и, соответственно, высота приторцевых областей



сжатия. В результате простое напряженное состояние превращается в сложное.

Следует отметить, что у более плотных образцов интенсивность изменения прочности с изменением величины отношения h/a выше. Так, при изменении значения h/a от 2,0 до 0,7 у наиболее плотных известняков прочность увеличивается от 40 до 70 МПа, т.е. на 75%, тогда как у наименее плотных образцов прочность повышается только на 13%. Возможно, что трение, возникающее на торцевых поверхностях более плотного образца выше, чем у менее плотного и более пористого.

Образцы цилиндрической формы с равной площадью поперечного сечения. Были испытаны образцы цилиндрической формы с различными значениями отношения высоты h к диаметру торцевой грани $d = 37$ мм, равными 2,0; 1,5; 1,0; 0,7; 0,5. Однако в отличие от предыдущих испытаний призматических образцов в данном случае объем образцов менялся. Плотность испытанных известняков (второго типа) составляла $1,93 \div 1,96$ г/см³. Величина прочности на одноосное сжатие, в зависимости от величины отношения h/d , изменялась следующим образом: $25 \div 30$ МПа для образцов с $h/d = 2,0$; $23 \div 28$ МПа — для $h/d = 1,5$; $28 \div 34$ МПа — для $h/d = 1,0$; $37 \div 39$ МПа — для $h/d = 0,7$; $37 \div 40$ МПа — для $h/d = 0,5$ (систематическая ошибка измерений составляла $0,05 \div 0,09$ МПа).

Самыми высокими значениями прочности обладали цилиндрические образцы с величинами отношений h/d , равными 0,5 и 0,7, а самыми низкими — с $h/d = 1,5$ и 2,0 (рис. 7). Значения прочности при $h/d = 0,5$ и 0,7 были близки между собой. При переходе к $h/d = 1$ прочность снижалась примерно на 20%, а при переходе к $h/d = 1,5$ и 2,0 — на 27–30%. Значения прочности цилиндрических образцов с $h/d = 1,5$ и 2,0 были близки между собой.

Наблюдавшаяся тенденция снижения прочности по мере увеличения вертикального размера цилиндрического образца (при его постоянном диаметре)

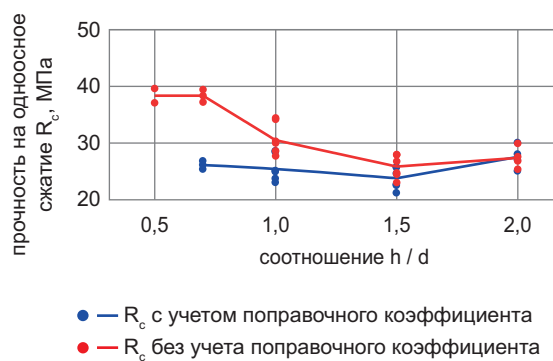


Рис. 7. Зависимость прочности R_c цилиндрических образцов равного диаметра от величины отношения их высоты h к диаметру торцевой грани d (с учетом и без учета поправочного коэффициента)

согласуется с результатами, полученными в ИГД им. А.А. Скочинского [10]. Более высокие значения прочности пород в области малых величин отношения h/d можно объяснить влиянием трения опорных граней образца о плиты пресса и возникновением сложного напряженного состояния в его объеме за счет формирования приторцевых областей сжатия, перекрывающихся друг с другом. При увеличении высоты образца до соотношения $h/d \geq 2,0$ в его центральной части формируется простое напряженное состояние, и она тем самым освобождается для формирования магистральных трещин.

Согласно ГОСТ-21153.2-84 [3] при испытаниях образцов с $h/d = 2,0$ получается истинное значение прочности, которое не требует поправочного коэффициента, а при $h/d < 2$ рекомендуется вводить поправочный коэффициент.

Был осуществлен пересчет экспериментально полученных значений прочности с учетом поправочного коэффициента согласно ГОСТ-21153.2-84 [3]. После этого величины прочности оказались в более узком интервале ($22 \div 30$ МПа), т.е. стали более близкими между собой.

Влияние формы образца

Исследовались прочностные свойства образцов в виде прямоугольных призм высотой 7,0 см со стороны торцевой грани 3,7 см и в виде цилиндров высотой 7 см и диаметром 3,7 см. Плотность образцов изменялась в пределах $2,05 \div 2,24$ г/см³. Полученные значения прочности находились в интервале $32 \div 50$ МПа (статистическая ошибка метода варьировала в пределах $0,07 \div 0,12$ МПа для прямоугольных призм и $0,08 \div 0,12$ МПа для цилиндров). Прослеживалась достаточно четкая тенденция увеличения прочности образцов с увеличением их плотности независимо от их формы (рис. 8). Коэффициент корреляции между прочностью и плотностью для данной выборки составил 0,79, что указывает на наличие тесной корреляционной связи.

Влияние условий на контакте между загрузочными плитами и торцевыми гранями образца

Проводились испытания цилиндрических образцов с величиной отношения высоты h к диаметру $d = 37$ мм, равной 2,0. При этом использо-

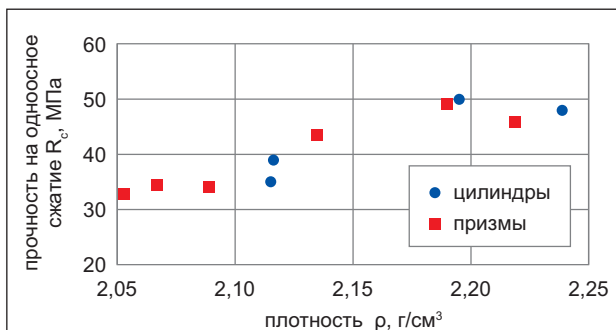


Рис. 8. Диаграмма зависимости прочности на одноосное сжатие R_c от плотности ρ образцов в виде цилиндров и прямоугольных призм

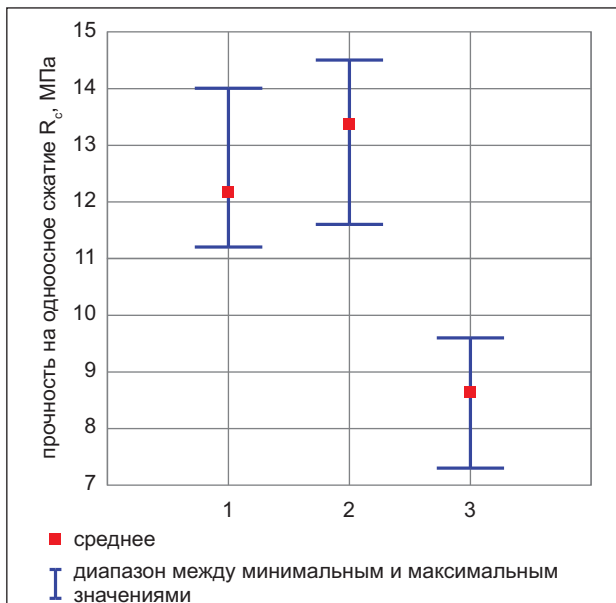


Рис. 9. Значения прочности на одноосное сжатие R_c для образцов, испытанных при различных условиях нагружения: 1 — без смазки и прокладки; 2 — с резиновой прокладкой; 3 — со смазкой

валась либо смазка торцевых граней образцов со-лидолом, либо резиновые прокладки между ними и нагрузочными плитами. Изучались образцы с одинаковой плотностью ρ , равной 1,74–1,76 г/см³. Полученные значения прочности изменялись в пределах от 7 до 15 МПа (со статистической ошибкой определений 0,02–0,03 МПа) (рис. 9).

Самые низкие величины прочности (7÷10 МПа) получились для образцов, при испытаниях которых использовалась смазка. Это вполне закономерный результат, т.к. смазка уменьшила влияние трения на их торцах, а следовательно, уменьшила и их прочность. Наблюдался четко выраженный характер разрушения таких образцов — по вертикальным трещинам (рис. 10).

Образцы, испытанные в обычных условиях (без смазки и без прокладок) имели значения прочности в пределах 11,0÷12,5 МПа.

Наличие резиновых прокладок между нагрузочными плитами и образцом немного увеличивало прочность — до 11÷15 МПа.

Считается, что использование смазок и прокладок для уменьшения трения между торцевыми гранями образцов и нагрузочными плитами не всегда



Рис. 10. Характер разрушения цилиндрического образца со смазанными торцами, соприкасающимися с нагрузочной плитой

является эффективным. В первом случае может происходить внедрение смазки в породу, после чего эффект ее действия в значительной степени снижается. Во втором случае часто происходит смятие прокладок, в результате чего характер распределения напряжений вдоль торцевой грани образца становится неоднородным, что также сказывается на получаемой величине прочности.

Выводы

Анализ научных публикаций, посвященных влиянию условий испытаний на величину прочности горных пород, показал, что экспериментальные зависимости и закономерности, полученные разными авторами, весьма неоднозначны, а нередко и противоречивы.

Исследования зависимости прочности образцов известняков каменноугольного возраста из Домодедовского карьера от условий их испытаний на одноосное сжатие позволили сделать следующие выводы.

1. Чем больше абсолютный размер (объем) образца, тем выше получаемое значение его прочности. В частности, при увеличении длины ребра кубического образца a от 2 до 5 см прочность увеличивается в среднем на 60–70%. При этом данная зависимость имеет ступенчатый характер: наблюдается скачкообразное повышение прочности при переходе значения a от 2–3 см к 4–5 см. При дальнейшем увеличении a до 7,5 см повышения прочности не наблюдается. Также замечено, что образцы больших размеров разрушаются с образованием конусов (с основаниями, совпадающими с их торцами, и вершинами, направленными к их середине), а образцы малых размеров — по верти-



кальным трещинам. Полученные экспериментальные данные противоречат широко известной теории масштабного эффекта, однако согласуются с результатами, полученными рядом исследователей для разных горных пород. Они могут быть объяснены, во-первых, влиянием трения на контактах торцевых граней образцов с загрузочными плитами, во-вторых, влиянием поверхностного масштабного эффекта и, в-третьих, кривизной и микронеровностями рабочих торцов, влияние которых снижается по мере увеличения размера образца.

2. Для призматических образцов равного объема при увеличении отношения высоты h к длине стороны квадратной торцевой грани a от 0,7 до 2,0 см величина прочности снижается. Причем у плотных известняков это снижение происходит более интенсивно по сравнению с пористыми разновидностями. Такая закономерность объясняется влиянием торцевого эффекта, т.е. трением на контактах между загрузочными плитами и образцом, что обуславливает сложную картину распределения напряжений в его объеме при соотношении $h/a < 2$.

3. Прочность цилиндрических образцов равно диаметра зависит от их высоты и соответственно объема. При увеличении отношения высоты к диаметру от 0,5–0,7 до 1,5 наблюдается уменьшение прочности R_c на 30%. При дальнейшем росте высоты уменьшения прочности не происходит. После пересчета экспериментально полученных значений прочности с учетом поправочного коэффициента согласно ГОСТ-21153.2-84 [3] значения R_c для всех образцов становятся более близкими между собой.

4. Смазка торцов образца уменьшает значение его прочности на одноосное сжатие почти на 30%, что объясняется снижением трения на контактах между ним и загрузочными плитами. Это подтверждает и характер разрушения образцов со смазкой по вертикальным трещинам, в то время как без смазки они разрушаются «по конусу» или по наклонным трещинам. Резиновые прокладки между нагружаемыми плитами и торцевыми поверхностями образцов, напротив, немного увеличивают значения их прочности.

Таким образом, на величину прочности образца, полученную при его одноосном сжатии, существенное влияние оказывают его абсолютный и относительный размеры, а также условия на контактах между поверхностями его торцевых граней и загрузочных плит. Следует отметить, что эти факторы влияют не только на экспериментально получаемое значение прочности образца, но и на характер его разрушения.

Полученные данные о влиянии условий испытаний на прочность образцов известняка могут быть использованы и приняты во внимание при выборе методики проведения испытаний скальных грунтов и способа интерпретации их результатов. Однако результаты исследований и сделанные выводы носят предварительный характер ввиду сложности изучаемого вопроса и требуют дальнейших исследований ведущих факторов, в частности поверхностного масштабного эффекта и

особенностей микрорельефа торцевых поверхностей образцов.

Авторы выражают глубокую благодарность А.В. Аракчееву за помощь в подготовке большого количества образцов правильной геометрической формы и сотрудникам геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова В.М. Ладыгину за помощь при отборе образцов в Домодедовском карьере, В.Л. Косорукову за консультации по литологическому описанию известняков и Л.Л. Панастьян за консультации по рассматриваемым в статье вопросам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ацагорцян З.А., Далян Г.П., Качапан Г.Б., Назарян Р.А., Хоренян Д.В. Исследования физико-механических свойств изверженных пород Армении // Физико-механические свойства горных пород верхней части земной коры. М.: Наука, 1968. С. 298–306.
2. Барон Л.И. Влияние высоты образцов крепких горных пород на их временное сопротивление раздавливанию // Заводская лаборатория. М.: Металлургиздат, 1956. Т. 22. С. 1352–1354.
3. ГОСТ 21153.2-84. Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном сжатии. М.: Госстандарт СССР, 1984.
4. Гришкова Н.П. Зависимость предела прочности на сжатие от величины и формы образцов // Механические свойства горных пород. М., 1959. С. 71–78.
5. Зерцалов М.Г. Механика грунтов (введение в механику скальных грунтов). М.: Изд-во АСВ, 2006. 364 с.
6. Ильницкая Е.И., Тендер Р.И., Ватолин Е.С., Кунтыш М.Ф. Свойства горных пород и методы их определения. М.: Недра, 1969. 392 с.
7. Койфман М.И. О влиянии размеров на прочность образцов горных пород // Исследование физико-механических свойств горных пород применительно к задачам управления горным давлением. М.: Изд-во АН СССР, 1962. С. 6–14.
8. Койфман М.И., Чирков С.Е. Профилографические исследования и правильные данные о механических свойствах горных пород // Механические свойства горных пород. М., 1963. С. 15–20.
9. Кузнецов Г.Н. Механические свойства горных пород. М.: Углетехиздат, 1947. 206 с.
10. Кунтыш М.Ф. Исследование методов определения основных физико-механических характеристик горных пород, используемых при решении задач горного давления: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: Изд-во ИГД им. А.А. Скочинского, 1964.
11. Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород / под ред. Е.М. Сергеева. М.: Недра, 1984. Т. 2. 438 с.
12. Паспорт прочности горных пород и методы их определения / под ред. М.М. Протодяконова. М.: Наука, 1964. 155 с.
13. Рунпениейт К.В. Механические свойства горных пород. М.: Углетехиздат, 1956. 321 с.
14. Свойства горных пород при разных видах и режимах нагружения / под ред. Л.И. Барона. М.: Недра, 1983. 276 с.
15. Троицкая М.Н. Пособие к лабораторным работам по механике грунтов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1961. 303 с.
16. Чирков С.Е. Исследование влияния масштабного эффекта на прочность углей в условиях различных напряженных состояний: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1965.
17. Hoek E. Practical rock engineering: e-book. Toronto: Rocscience (electronic resource), 2007. URL: http://www.rocscience.com/hoek/corner/Practical_Rock_Engineering.pdf.
18. Hoek E., Brown E.T. Underground excavations in rock. London: Institution of Mining and Metallurgy press, 1980.
19. Hudson J.A., Harrison J.P. Engineering rock mechanics: an introduction to the principles. Pergamon, Oxford: Elsevier Science, 1997.



В.И. СТУРМАН, Н.П. ТОРСУЕВ
Экологическое сопровождение проектирования: Учебное пособие. — Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011. — 202 с.

Экологическое сопровождение проектирования рассматривается в данной книге как одна из важнейших сфер профессиональной деятельности в области экологии и природопользования. Содержание пособия основывается как на анализе истории формирования и современного состояния нормативной базы экологического сопровождения проектной деятельности в России, так и на практическом опыте автора в данной области. Основными разделами пособия являются: история формирования методологии и нормативной базы ОВОС, свойства природной среды (литосферы, атмосферы, гидросферы, почв, живой природы) как условия хозяйственной деятельности, экологические требования к производственным объектам, инженерно-экологические и инженерно-гидрометеорологические изыскания: содержание и методы выполнения, природоохранный раздел проектной документации.

Учебное пособие ориентировано на подготовку к практической работе в области государственного экологического контроля, экологического сопровождения хозяйственной деятельности и предназначено для студентов университетов, обучающихся по направлению «Экология и природопользование», при изучении таких дисциплин как «Оценка воздействия на окружающую среду», «Экологическое проектирование и экспертиза».

Может быть полезно для практических работников в области охраны и инженерной защиты окружающей среды, нуждающихся в ознакомлении с методами и содержанием экологического сопровождения проектной деятельности в России.

2011 г.



В.Э. ДАРЕВСКИЙ, А.М. РОМАНОВ
Проектирование сооружений, обеспечивающих устойчивость грунтовых массивов (набережные, берегоукрепления, подпорные стены, защита от оползней и др.): Монография / В.Э. Даревский, А.М. Романов — М.: ООО «Издательство «Мастер», 2011. 596 с. с 6 л. цветных вклеек.

Настоящая книга является пособием по проектированию. Она включает рекомендации по расчету и конструированию вновь строящихся и реконструируемых, традиционных и современных откосных, гравитационных и тонкостенных (шпунтовых и др.) конструкций подпорных стен, причальных и городских набережных, берегоукреплений и противооползневых сооружений. Подробно рассмотрены вопросы определения давления грунта и воды, устойчивости естественных склонов, откосов и сооружений, учета сейсмических и температурных воздействий, особенностей строительства в экстремальных условиях и др. Большое место занимают конструктивные требования, учитывающие современный опыт проектирования и строительства.

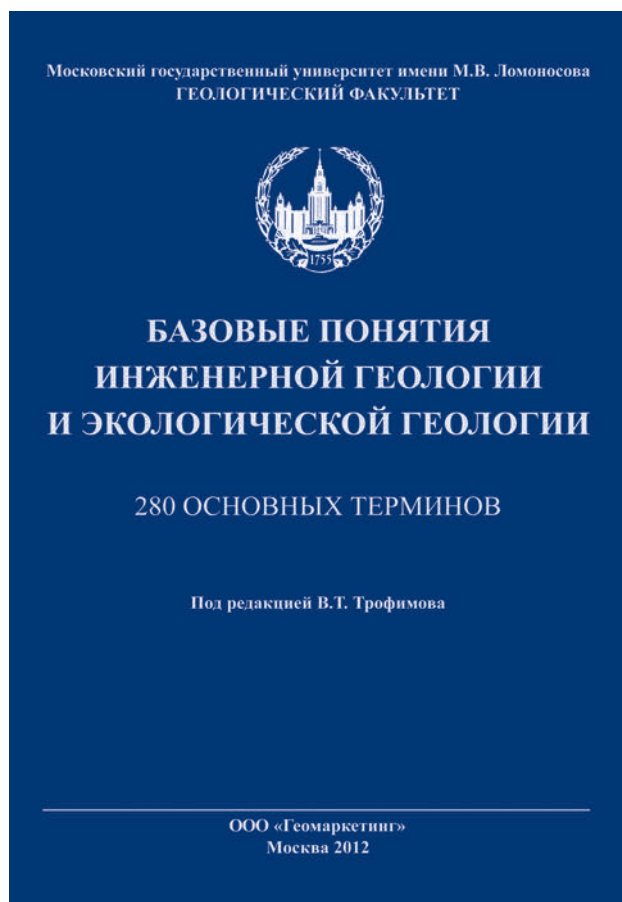
Книга предназначена для специалистов в области гражданского, транспортного и гидротехнического строительства, архитекторов, изыскателей, а так же студентов соответствующих специальностей.

2012 г.



БАЗОВЫЕ ПОНЯТИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ

Трофимов В.Т., Королёв В.А., Харькина М.А., Барабошкина Т.И., Калинин Э.В., Вознесенский Е.А., Аверкина Т.И., Цуканова Л.А., Жигалин А.Д., Самарин Е.Н., Васильчук Ю.К., Хачинская Н.Д., Буслаева О.В., Николаева С.К.;
под ред. В.Т. Трофимова. — М.: ОАО «Геомаркетинг», 2012. 328 с.



В монографическом справочнике представлены 280 базовых понятий (собственных терминов) инженерной геологии и экологической геологии. Авторами в сжатой форме охарактеризованы наиболее важнейшие, базовые научные категории этих двух наук, формулировка определений которых дается в свете накопленных знаний и новых современных теоретических и методологических представлений. Актуальность книги обосновывается слабой разработкой до настоящего времени системы категорий этих двух наук, а также многочисленными вольными и ошибочными трактовками их базовых понятий, и часто - попросту принципиально не верными определениями, «проникающими» на страницы печати.

В отличие от словарей-справочников и энциклопедий в данной монографии термины излагаются не по алфавитному принципу, а в соответствии с принятой системой научных категорий,

учитывающей логический объем и содержание рассматриваемых научных понятий, их логическое соотношение и содержательную значимость. Для каждой научной категории в книге обосновывается её научная формулировка и приводится выверенное определение.

Книга состоит из двух частей. В первой части, объединяющей шесть глав, изложены базовые понятия инженерной геологии: охарактеризована система собственных научных категорий инженерной геологии, приведены общие методологические категории инженерной геологии, специальные категории грунтоведения, инженерной геодинамики, региональной инженерной геологии, а также методические категории инженерной геологии.

Во второй части рассматриваются наиболее важные базовые понятия экологической геологии. Здесь излагается система собственных научных категорий экологической геологии, характеризуются общие методологические категории экологической геологии, понятия экологического ресурсоведения, специальные категории экологической геодинамики, экологической геохимии, экологической геофизики, а также методические категории экологической геологии.

Монография снабжена обширным библиографическим указателем, а также алфавитными указателями рассматриваемых инженерно-геологических и эколого-геологических терминов, что делает удобным их поиск.

Книга предназначена для широкого круга читателей инженер-геологов, экогеологов, геоэкологов, гидрогеологов, геокриологов, геотехников и специалистов смежных наук, а также преподавателей, аспирантов и студентов вузов, изучающих инженерную геологию и экологическую геологию.

Приобрести книгу можно в ОАО «Геомаркетинг», обратившись по тел.: +7 (495) 366-26-84 или послав заявку по электронной почте по e-mail: info@geomark.ru



ПЕРЕЧЕНЬ ПРЕДСТОЯЩИХ КОНФЕРЕНЦИЙ, СЕМИНАРОВ, ВЫСТАВОК В 2012 ГОДУ

1	13–15 марта 2012 г.	9-я международная выставка GeoForm+ 2012	г. Москва
2	22–23 марта 2012 г.	Четырнадцатые Сергеевские чтения «Роль инженерной геологии и изысканий на предпроектных этапах строительного освоения территорий»	г. Москва
3	21–23 марта 2012 г.	VI Международная научная конференция «Молодые — наукам о земле»	г. Москва
4	23–27 апреля 2012 г.	5-я Международная геолого-геофизическая конференция и выставка «Инженерная геофизика — 2012»	г. Геленджик
5	7–8 июня 2012 г.	Всероссийская научно-техническая конференция «Механика грунтов в геотехнике и фундаментостроении»	г. Новочеркасск
6	3–5 сентября 2012 г.	18-я Европейская Конференция по геофизике Near Surface 2012	г. Париж
7	09–11 октября 2012 г.	18-я международная конференция и торговая выставка INTERGEO — 2012	г. Ганновер
8	13–14 декабря 2012 г.	VIII Общероссийская конференция «Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации»	г. Москва