

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Геологический факультет
Кафедра инженерной и экологической геологии

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ И ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЕСКОВ И ПЕСЧАНЫХ МАССИВОВ

Труды Международной научной конференции
(27-28 сентября 2018 г., МГУ, Москва, Россия)

Под редакцией В.Т.Трофимова и В.А.Королева



Москва – 2018 г.

УДК 624.131+624.138.24+556

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ И ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЕСКОВ И ПЕСЧАНЫХ МАССИВОВ // Труды Международной научной конференции (27-28 сентября 2018 г., МГУ, Москва, Россия) / Под редакцией В.Т.Трофиморва и В.А.Королева. – М., ООО «СамПринт», 2018, 283 с.

В сборнике представлены труды Международной научной конференции по инженерно-геологическому и эколого-геологическому изучению песчаных грунтов и песчаных массивов, состоявшейся на геологическом факультете МГУ им. М.В.Ломоносова, в ходе которой были рассмотрены актуальные вопросы изучения состава, строения и свойств песков, вопросы геодинамики песчаных массивов, их региональных особенностей, а также их эколого-геологической оценки и технической мелиорации.

Для специалистов в области грунтоведения и инженерной геологии, гидрогеологии, геокриологии, почвоведения, экологической геологии и геоэкологии, а также студентов и аспирантов геологических специальностей вузов.

ISBN 978-00077-737-4

© Геологический факультет МГУ, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение (<i>Трофимов В.Т., Королев В.А.</i>)	7
--	---

Секция 1. ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА, СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ ПЕСКОВ

<i>Артамонова Н.Б., Шешенин С.В.</i> Определение свойств песков вычислительным методом	10
<i>Блудушкина Л.Б., Васильчук Ю.К.</i> Экспериментальное изучение изотопного состава испаряющейся воды из песков	15
<i>Дмитриев В.В., Шмелева С.С.</i> Изменчивость и качество оценки состава и свойств песков	20
<i>Дургалян М.Г., Николаева С.К., Бершов А.В.</i> Факторы, влияющие на эффект дилатансии в песчаных грунтах	26
<i>Королёв В.А., Блудушкина Л.Б.</i> Испарение воды из песчаных грунтов.....	31
<i>Королёв В.А., Ларкина М.А.</i> Закономерности солепереноса в песках при испарении из них воды	37
<i>Родькина И.А., Самарин Е.Н.</i> Управление поглотительной способностью песчаных грунтов	42
<i>Самарин Е.Н., Балыкова С.Д., Като Ю., Худаярова А.Б.</i> Влияние окатанности зерен на показатели плотности сложения аркозовых и граувакковых песков	47
<i>Худаярова А.Б., Балыкова С.Д.</i> Минеральный состав песчаных грунтов различного генезиса	53
<i>Чжан Шэнжун, Королёв В.А.</i> Влияние гранулометрического состава на физические и физико–механические свойства песчано–гравийных грунтовых смесей	58

Секция 2. МНОГООБРАЗИЕ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ РОССИИ

<i>Трофимов В.Т.</i> Идеология создания монографии «Песчаные грунты России» и её структура	63
<i>Аверкина Т.И.</i> Инженерно-геологическая характеристика песков палеоген-неогеновых формаций на территории России	67
<i>Аверкина Т.И.</i> Пески палеозойских формаций Восточно-Европейской платформы как грунты	71
<i>Аверкина Т.И., Трофимов В.Т.</i> Многолетнемерзлые пески Западно-Сибирской плиты как грунты	76
<i>Андреева Т.В.</i> Пески ледниковых отложений Восточно-Европейской платформы как грунты	80
<i>Андреева Т.В.</i> Характеристика камовых песков российской части Восточно-Европейской платформы	85
<i>Балыкова С.Д., Чернов М.С., Кузнецов Р.А., Худаярова А.Б.</i> Строение песчаных грунтов вулканических областей (на примере Камчатки).....	90
<i>Галанин А.А., Павлова М.Р., Шапошников Г.И., Климова И.В.</i> Покровные дюнные образования финального неоплейстоцена Восточной Сибири	95
<i>Миронюк С.Г.</i> Особенности состава и свойств песчаных грунтов различных генетических типов Баренцева-Карского шельфа	101
<i>Рубцова М.Н.</i> Современные эоловые песчаные отложения Байкальского региона: особенности минерального состава и условия формирования	108
<i>Рященко Т.Г., Макаров С.А.</i> Минеральный состав элювиальных и эоловых песков различных климатических зон (сравнительный анализ)	112
<i>Трофимов В.Т., Красилова Н.С.</i> О схеме пространственного распределения грунтовых толщ песчаных и с песчаной составляющей на территории России	117

Секция 3. ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА МАССИВОВ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ

<i>Башкина В.П.</i> Инженерно-геологическая и гидрогеологическая обстановка на территории водозаборного узла предприятия ООО «Контейнекс-Монолит» в г.Коврове Владимирской области	123
<i>Зеркаль О.В., Барыкина О.С., Самарин Е.Н., Гвоздева И.П.</i> Песчаные толщи Воробьевых гор и их роль в развитии оползневых процессов.....	129

<i>Зеркаль О.В., Самарин Е.Н., Аверин И.В.</i> Изучение развития суффозионных процессов методом оценки изменчивости плотности сложения песков по разрезу	136
<i>Кондюрина Т.А., Рощина Т.К.</i> Экспериментальное моделирование процессов взаимодействия донных отложений с водным потоком.....	140
<i>Петров Н.Ф., Никонорова И.В.</i> Песчаные грунты Чувашии и их использование в противооползневых мероприятиях	145

Секция 4. ПЕСЧАНЫЕ ГРУНТЫ РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ

<i>Бабенко В.А., Исаков В.А., Романюха О.В., Фуникова В.В.</i> Сравнение физических свойств мерзлых песчаных грунтов Пур-Тазовского и Таз-Енисейского междуречий	151
<i>Галай Б.Ф., Галай Б.Б., Галай О.Б.</i> Структурно-неустойчивый песок города Ставрополя	156
<i>Галезник О.И., Галкин А.Н.</i> Особенности состава и свойств песчаных грунтов харьковской свиты верхнего эоцена – нижнего олигоцена юго-востока Беларуси	160
<i>Галкин А.Н., Павловский А.И.</i> Эоловые пески Беларуси – как грунтовые толщи, особенности формирования и свойства	164
<i>Гурова А.А., Исаев В.С.</i> Некоторые особенности палеогеографии яновской свиты по результатам изучения разрезов Новочеркасского холма	168
<i>Новосельцев А.В.</i> Физико-механические свойства намывных песков, на примере строящегося стадиона «Ростов-арена» в г. Ростове-на-Дону.....	173
<i>Огородникова Е.Н.</i> Песчаные грунты Московского региона	177
<i>Ольховатенко В.Е.</i> Инженерно-геологическое изучение песчаных пород угленосных отложений Кузбасса	182
<i>Проворова Е.С., Николаева С.К.</i> Особенности состава, строения и свойств нижнемеловых песков г. Москвы	187
<i>Сабурова Н.Е., Завалей В.А.</i> Гидрогеологические условия песчаного массива Тайсойган в Прикаспийской низменности	192
<i>Скавинская Н.Ю., Станис Е.В.</i> Особенности гранулометрического состава современных донных отложения Кандалакшского залива.....	197
<i>Усупаев Ш.Э.</i> Инженерно-геономическая карта георисков от песчаных пустынь мира	201

Секция 5. ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МАССИВОВ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ

<i>Антонова И.А., Гуман О.М., Макаров А.Б., Александров С.А.</i> Эколого-геологические особенности массивов техногенных песков	213
<i>Григорьева И.Ю.</i> Эколого-геологические аспекты влияния углеводородного загрязнения на свойства песчаных грунтов	218
<i>Королёв В.А.</i> Многообразие флоры псаммофитов на территории России.....	223
<i>Сабурова Н.Е., Завалей В.А.</i> Песчаные массивы Северного Прикаспия.....	229
<i>Трофимов В.Т., Королев В.А.</i> Эколого-геологические особенности массивов песчаных грунтов	233
<i>Харькина М.А.</i> Эколого-геодинамическая характеристика массивов песчаных грунтов	245

Секция 6. ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕЛИОРАЦИЯ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ

<i>Королев В.А., Сычев А.А.</i> Биосиликатизация песчаных грунтов	251
<i>Ларионова Н.А.</i> Влияние химико-минерального состава песчаных грунтов на эффективность их укрепления физико-химическими методами	255
<i>Ларионова Н.А.</i> Использование лигносульфонатов для укрепления песчаных грунтов	260
<i>Ларионова Н.А.</i> Укрепление песчаных грунтов методом смолизации в строительстве	265
<i>Родькина И.А., Самарин Е.Н.</i> Закрепление песчаных массивов битумами и битумными эмульсиями	270
<i>Самарин Н.Н., Родькина И.А., Кравченко Н.С.</i> Закрепление массивов песчаных грунтов суспензионными растворами	275
Авторский указатель	281

Введение

Пески – одни из самых распространенных на Земле грунтов. Большим разнообразием и широким распространением пески характеризуются и на территории России. Это определило пристальное внимание инженер-геологов к песчаным грунтам, которым за последнее столетие было посвящено огромное количество работ. Исторически пески рассматривались в разном отношении и изучались с различных позиций: географических, почвоведческих, общегеологических, геоморфологических, литологических (аренология), инженерно-геологических, геодинамических, геокриологических, полезных ископаемых и, наконец, эколого-геологических¹. Все эти стороны рассмотрения песков, безусловно, являются взаимосвязанными, влияющими друг на друга и взаимно обогащающими.

Тем не менее, в инженерно-геологическом и эколого-геологическом отношении они изучены еще не достаточно. Это и определяет актуальность их дальнейшего исследования. В советский период исследований был достигнут значительный прогресс в инженерно-геологическом исследовании песков как грунтов, которое носило комплексный характер и осуществлялось в тесном взаимодействии с другими научными исследованиями в области географии, почвоведения и литологии, в том числе с учетом зарубежных исследований. В итоге к концу советского периода была создана теоретическая и методическая база инженерно-геологического исследования песков в грунтоведческом, геодинамическом и региональном отношениях. Кроме того, была создана и внедрена обоснованная нормативно-методическая база для исследования и использования песков в разных видах промышленности, которая затем постоянно дополнялась.

Современный этап инженерно-геологического исследования песков характеризуется более углубленным изучением песков с помощью новейших технических средств и компьютерных технологий, появлением обобщающих монографических работ, а также

¹ *Королёв В.А., Трофимов В.Т.* История инженерно-геологического изучения песков в СССР и Российской Федерации. – Инженерная геология, 2017, №1, с. 4-19

принципиально новыми разработками эколого-геологической направленности.

В этой связи настоящая научная конференция призвана охарактеризовать сложившееся состояние исследований песчаных грунтов, ответить на наиболее актуальные вопросы инженерно-геологического и эколого-геологического изучения песчаных грунтов, а также наметить пути дальнейшего развития исследований песков.

Инициатором проведения конференции выступила кафедра инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова, на которой многие десятилетия ведутся разноплановые работы по исследованию песчаных грунтов России и сопредельных регионов. Многие ученые кафедры, в том числе С.Д.Балькова, В.М.Безрук, Г.М.Берёзкина, С.Д.Воронкевич, О.В.Деметьева, Л.А.Евдокимова, В.А.Королев, Г.А.Куприна, Н.А.Ларионова, С.С.Морозов, Н.В.Орнатский, В.И.Осипов, С.С.Поляков, И.В.Попов, Е.Н.Самарин, В.И.Сергеев, Е.М.Сергеев, В.Н.Соколов, Л.К.Танкаева, Г.М.Терешков, В.Т.Трофимов, П.И.Фадеев, М.М.Филатов и другие внесли существенный вклад в инженерно-геологическое изучение песков, разработку их классификаций, исследование минерального состава, строения и различных свойств, в оценку развития геологических процессов в песчаных массивах, в выявление особенностей их региональной инженерно-геологической характеристики на террито*рии бывшего СССР.

В настоящее время большой коллектив сотрудников кафедры работает над подготовкой капитальной научной монографии «Песчаные грунты России» - первой обобщающей работой такого рода по пескам Российской Федерации.

Кроме того, коллектив кафедры второй год выполняет исследования по гранту РФФИ № 17-05-00944а по теме «Исследование морфологического, генетического и пространственного распределения многообразия песчаных грунтов территории России». В этих исследованиях участвуют В.Т.Трофимов (руководитель), С.Д.Балькова (отв. исполнитель), а также Т.И. Аверкина, Т.В. Андреева, Ю.К. Васильчук, В.А. Королёв, Н.С. Красилова, Н.А. Ларионова, В.В. Фуникова. Ряд последних результатов этих исследований излагается в настоящем сборнике.

В рамках настоящей конференции предлагается обсудить следующие вопросы по отдельным секциям:

1. Особенности состава, строения и свойств песков.
2. Многообразие песчаных грунтов России.
3. Инженерная геодинамика массивов песчаных грунтов.

4. Песчаные грунты различных регионов.
5. Эколого-геологические особенности массивов песчаных грунтов.
6. Техническая мелиорация песчаных грунтов.

На конференцию заявлено свыше пятидесяти научных докладов по вышеперечисленным темам, охватывающих все наиболее актуальные вопросы инженерно-геологического и эколого-геологического изучения песков. Среди их авторов – крупнейшие специалисты по пескам из различных учебных и научных организаций Москвы и других городов России (Владимир, Екатеринбург, Иркутск, Новочеркасск, Ростов-на-Дону, Ставрополь, Томск, Якутск и др.), а также из стран ближнего зарубежья – Белоруссии, Казахстана и Киргизии.

Организаторы научной конференции выражают уверенность, что результаты ее работы станут новой отправной точкой в дальнейшем инженерно-геологическом и эколого-геологическом исследовании песчаных грунтов России и других регионов, послужат новым импульсом в их более углубленном изучении.

В.Т.Трофимов, В.А.Королев

6 июня 2018 г., Москва

Секция 1. ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА, СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ ПЕСКОВ

УДК 539.3, 624.131.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ПЕСКОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ МЕТОДОМ

Артамонова Н.Б.¹, Шешенин С.В.²

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,
e-mail: ¹artamonovanb@mail.ru, ²sergey.sheshenin@mail.ru*

Аннотация: Предлагается теоретический способ определения свойств песков с помощью асимптотического метода осреднения. Метод осреднения был разработан Н.С.Бахваловым [1] и применялся для вычисления упругих модулей пород [2]. В данной работе этот метод используется для определения тензора передачи порового давления и коэффициента относительного расширения песка при замерзании жидкости в порах. Расчеты проводились на примере песчаных грунтов разного состава с помощью метода конечных элементов.

Ключевые слова: песчаные грунты, асимптотический метод осреднения, тензор передачи порового давления.

Вычисление тензора передачи порового давления. Тензор передачи порового давления α входит в формулу расчета эффективных напряжений [5]:

$$\sigma_{ij}^{\text{eff}} = \langle \sigma_{ij}^{\text{II}} \rangle - \alpha_{ij} \langle p \rangle, \quad \sigma_{ij}^{\text{eff}} = C_{ijpq}^{\text{eff}} \langle \varepsilon_{pq} \rangle.$$

Здесь $\langle \sigma_{ij}^{\text{II}} \rangle$ – осредненные полные напряжения, σ_{ij}^{eff} – осредненные эффективные напряжения в твердой фазе грунта, передающиеся по контактам между зёрнами породы, $\langle p \rangle$ – осредненное давление жидкости, C_{ijpq}^{eff} – эффективные модули упругости, $\langle \varepsilon_{pq} \rangle$ – осредненные деформации. Параметр α показывает, какая часть давления жидкости является «активной» при формировании макроскопических деформаций.

Определение эффективных модулей упругости и тензора передачи порового давления базируется на осреднении уравнения равновесия неоднородной упругой пористой среды и предполагает решение локальных задач в представительной области.

Стандартным способом вводятся быстрые координаты ξ_i : $\xi_i = x_i/\varepsilon$, $\varepsilon = l/L \ll 1$, где x_i – медленные координаты, l – характерный размер представительной области (RVE) пористой среды, L – характерный глобальный размер всей пористой среды. Асимптотическое разложение перемещений имеет следующий вид:

$$u_k(\mathbf{x}, \boldsymbol{\xi}) = v_k(\mathbf{x}) + \varepsilon N_{kpq}(\boldsymbol{\xi})v_{p,q}(\mathbf{x}) + \varepsilon M_k(\boldsymbol{\xi})p(\mathbf{x}) + \dots,$$

где $N_{kpq_1\dots q_m}(\boldsymbol{\xi})$, $M_{kq_1\dots q_m}(\boldsymbol{\xi})$ – локальные функции быстрых координат. При подстановке выражения для u_k в уравнение равновесия:

$$[C_{ijkl}u_{k,l}]_j + X_i = 0, \quad \mathbf{x} \in \Omega_{\text{RVE}}$$

получаем локальные задачи в RVE для определения упругих модулей и коэффициентов передачи порового давления. Среднее напряжение, обусловленное действием порового давления, представляется в виде:

$$\langle \sigma_{ij} \rangle = \langle C_{ijkl}M_{k,l} \rangle p,$$

где тензор передачи порового давления равен:

$$\alpha_{ij} = -\langle C_{ijkl}M_{k,l} \rangle.$$

Вычисление тензора относительного расширения песка при замерзании воды в порах. Предполагается, что для дисперсных пород при моделировании взаимодействия воды с зёрнами грунта можно ограничиться только механическим взаимодействием. Тензоры напряжений σ_{ij} и малых деформаций ε_{ij} связаны определяющим соотношением, которое представляет собой обобщение закона термоупругости на случай фазового перехода поровой жидкости:

$$\sigma_{ij}(\mathbf{x}, \boldsymbol{\xi}) = C_{ijkl}(\boldsymbol{\xi})[\varepsilon_{kl}(\mathbf{x}, \boldsymbol{\xi}) - \alpha_{kl}(\boldsymbol{\xi})T(\mathbf{x}) - \chi_{kl}(\boldsymbol{\xi})H(\mathbf{x})].$$

Здесь C_{ijkl} – модули упругости; α_{kl} – тензор теплового расширения; T – изменение температуры; $\chi_{kl} = \chi(\boldsymbol{\xi})\delta_{kl}$, χ – коэффициент относительного расширения жидкости при замерзании, $\chi = \chi_{\text{ice}}$ в области поры Ω_p , $\chi = 0$ в области скелета грунта Ω_s ; $\gamma_{ij} =$

$C_{ijkl}\chi_{kl}$, γ_{ij} – тензор расширения водонасыщенной пористой среды при замерзании; $H = 0$, где замерзание не произошло, и $H = 1$, где жидкость замерзла.

Перемещения представимы в виде асимптотического разложения, первые члены которого имеют вид:

$$u_k(\mathbf{x}, \xi) = v_k(\mathbf{x}) + \varepsilon N_{kpq}(\xi)v_{p,q}(\mathbf{x}) + \varepsilon M_k(\xi)T(\mathbf{x}) + \varepsilon L_k(\xi)H(\mathbf{x}) + \dots,$$

где N_{kpq} , M_k и L_k – локальные функции быстрых координат, а $v_k(\mathbf{x})$ – «медленные» компоненты вектора перемещения. Подстановка выражения для u_k в уравнение равновесия приводит к трем локальным задачам для определения функций N_{kpq} , M_k и L_k . Нас интересует третья локальная задача, так как ее решение позволит вычислить тензор расширения водонасыщенной пористой среды при замерзании γ_{ij}^{eff} .

Учтем тот факт, что образование льда начинается вдали от границы поры и при замерзании между льдом и границей зерен остается тонкий слой воды. В этом слое действует гидростатическое давление p , которое препятствует расширению льда и способствует сжатию зерен. Для определения p будем использовать неизменность объема представительной области Ω_{RVE} :

$$\theta_s(1 - n) + \theta_{\text{ice}}n = 0,$$

где n – пористость грунта.

Для несвязных грунтов относительные изменения объема льда θ_{ice} и объема зерен θ_s связаны с давлением p следующими соотношениями:

$$\gamma - p = K_{\text{ice}}\theta_{\text{ice}}, \quad p = -K_s\theta_s,$$

где $\gamma = K_{\text{ice}}\theta_{\text{ice}}^{\text{full}}$, K_{ice} – коэффициент объемного изотермического расширения льда, $\theta_{\text{ice}}^{\text{full}} = 0,09$, K_s – коэффициент объемного расширения материала зерен. Уравнение сохранения объема с учетом выражений для p и $\gamma - p$ имеет вид:

$$\frac{p}{K_s}(1 - n) + \frac{p - \gamma}{K_{\text{ice}}}n = 0.$$

Отсюда находим давление жидкости в тонком слое между льдом и зернами грунта:

$$p = \frac{n\gamma K_s}{(1-n)K_{ice} + nK_s}.$$

Для несвязных грунтов осредненное напряжение, возникшее в результате замерзания, численно равно поровому давлению. Следовательно, для песка коэффициент относительного расширения при замерзании находится в виде формулы и численного решения не требуется:

$$\gamma_{ij}^{eff} = \langle -\sigma_{ij} \rangle = p\delta_{ij}.$$

Пример расчета. В качестве примера приведем результаты расчета свойств хорошо отсортированного и окатанного песка однородного состава. Срез песка и модель, используемая для расчета, показаны на рис.1.

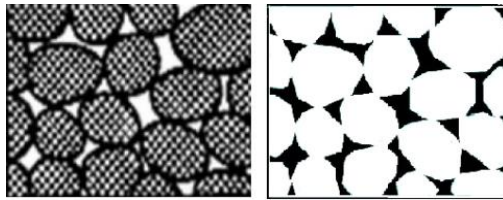


Рис.1. Срез песка и используемая модель

Пористость исследуемого образца – 17% (определялась в программе СТИМАН [3]). Исследовалась зависимость свойств песка от минерального состава зерен, расчеты проводились для кварцевых и полевошпатовых песков. В расчетах задавались упругие свойства материала зерен: кварца – $E = 96400$ МПа, $\nu = 0,08$ и полевого шпата – $E = 63600$ МПа, $\nu = 0,31$.

Для кварцевого песка коэффициенты передачи порового давления: в горизонтальном направлении $\alpha_{11} = 0,64$, в вертикальном – $\alpha_{22} = 0,62$; для полевошпатового песка соответственно: $\alpha_{11} = 0,75$ и $\alpha_{22} = 0,74$. Как видно, коэффициенты α зависят от минерального состава песков. Известна зависимость параметра α от коэффициента Пуассона ν зерен грунта [4]: чем меньше ν , тем меньше α , поэтому коэффициенты передачи порового давления для кварцевого песка получились закономерно меньше, чем для полевошпатового. Как показали расчеты, образец песка проявляет весьма слабую анизотропию

по коэффициенту альфа, он практически изотропен, что объясняется хаотическим расположением зерен.

Коэффициент относительного расширения песка при замерзании воды в порах также получился меньше для кварцевого песка ($\gamma^{\text{eff}} = 363$ МПа), чем для полевошпатового ($\gamma^{\text{eff}} = 433$ МПа).

Заключение. В данной работе асимптотический метод осреднения применяется для определения свойств песка – тензора передачи порового давления и коэффициента относительного расширения песка при замерзании воды в порах. Эти свойства сложно определять экспериментально, а применение методики осреднения дает общий способ их вычисления. Результаты расчета получились закономерные и хорошо согласуются с экспериментальными исследованиями.

Список литературы:

1. *Баквалов Н.С., Панасенко Г.П.* Осреднение процессов в периодических средах. – М.: Наука, 1984, - 352 с.
2. *Победя Б.Е.* Механика композиционных материалов. –М.: Изд-во МГУ, 1984, - 336 с.
3. *Соколов В.Н., Юрковец Д.И., Разгулина О.В., Мельник В.Н.* Программно-аппаратный комплекс для исследования микроморфологии поверхности твердых тел по РЭМ-изображениям // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, 1988, № 1, с. 33-41.
4. *Шешенин С.В., Артамонова Н.Б., Мукатова А.Ж.* Применение метода осреднения для определения коэффициента передачи порового давления // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 1. Математика. Механика, 2015, № 2, с. 42-45.
5. *Gueguen Y., Bouteca M.* Mechanics of fluid-saturated rocks. –Elsevier Acad. Press., 2004, - 450 p.

DETERMINATION OF THE PROPERTIES OF SANDY SOILS USING THE COMPUTATIONAL TECHNIQUE

Artamonova N.B.¹, Sheshenin S.V.²

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
e-mail: ¹artamonovanb@mail.ru, ²sergey.sheshenin@mail.ru*

Annotation: A theoretical method for determining the properties of sands using the asymptotic homogenization method is proposed. The homogenization method was developed by N.S. Bakhvalov [1] and was used for calculating the elastic moduli of rocks [2]. In this paper, this method is used to determine the pore pressure transfer tensor and the expansion coefficient of sand during freezing processes. Calculations were carried out on sandy soils of different composition using the finite element implementation.

Keywords: sandy soils, asymptotic homogenization method, pore pressure transfer tensor.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА ИСПАРЯЮЩЕЙСЯ ВОДЫ ИЗ ПЕСКОВ

Блудушкина Л.Б.¹, Васильчук Ю.К.²

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, e-mail: ¹vasilch_geo@mail.ru; ²bludushkina19@mail.ru

Аннотация: Исследованы закономерности изменения изотопного состава испаряющейся из песков воды при высоких температурах: 180, 200, 220°C. Влияние крупности песка на изотопный состав испаряющейся влаги проявляется заметно при более низких температурах. Вода, испаряющаяся из песка пылеватого при одинаковой температуре изотопически тяжелее, чем вода, испаряющаяся из песка средней крупности. Установлено, что утяжеление изотопного состава испаряющейся воды (при испарении до 90%) происходит с постоянной скоростью.

Ключевые слова: пески, испарение воды, температура испарения, изотопный состав, стабильные изотопы.

Стабильные изотопы воды, такие как ^{18}O и ^2H являются трассерами движения воды в системе грунт – растительность – атмосфера. Наблюдая за изотопным фракционированием и перераспределением изотопов в почвенном профиле при последовательном испарении, можно понять особенности механизма испарения и движения потоков влаги в грунтах. В процессе испарения молекулы, содержащие более легкие изотопы ($\delta^{16}\text{O}$ и $\delta^1\text{H}$) покидают поверхность жидкости более легко, чем более тяжелые ($\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$), в результате чего происходит изотопное фракционирование, и оставшаяся жидкость обогащается тяжелыми изотопами. Так, при испарении воды из грунтов наблюдается обогащение приповерхностной поровой воды изотопами ^{18}O и ^2H [5]. К настоящему времени разработаны ряд методик, позволяющих определять скорость испарения воды с использованием стабильных изотопов, однако практически все они применимы при исследовании испарения с поверхности рек, озёр, открытых водоёмов или ирригационных вод [3, 4], а не с поверхности грунтов. Поэтому целью настоящей статьи стало изучение изотопного состава испаряющейся воды из песков и определение влияния крупности песка и температуры сушки на изотопный состав испаряющейся влаги.

Методика исследования изотопного состава воды при испарении заключалась в сушке исходно водонасыщенных песчаных грунтов в термостате при разных температурах (180, 200, 220°C) с последовательной конденсацией и отбором порций испаряющейся воды

для изучения изотопного состава. Изотопные определения образцов испарившейся воды выполнялись в изотопной лаборатории географического факультета МГУ на масс-спектрометре Delta-V со стандартной опцией газ-бенч. Погрешность определений составила $\pm 0,6\%$ для $\delta^{2}\text{H}$ и $\pm 0,1\%$ для $\delta^{18}\text{O}$.

В результате экспериментов были получены зависимости количества массы испарившейся воды (M_i) от времени (t) для разных по дисперсности песков при разных температурах сушки – интегральные кривые испарения (рис.1). Зависимости $M_i(t)$ имеют S-образный вид и разный наклон в зависимости от крупности песка и температуры сушки: чем выше температура, тем выше скорость испарения и тем больший наклон имеют кривые $M_i(t)$. Влияние дисперсности на скорость испарения наиболее наглядно прослеживается при температуре сушки 180°C : кривые $M_i(t)$ для песков разной крупности имеют разный наклон, а, следовательно, разную скорость испарения (рис. 1, а). А при более высоких температурах (200 и 220°C) кривые $M_i(t)$ для песков разной крупности сближаются, что говорит о том, что при высоких температурах сушки влияние дисперсности на скорость испарения уменьшается, однако сохраняется даже при температуре 220°C .

Наклон кривых $M_i(t)$ и скорость испарения уменьшается в ряду: песок гравелистый > песок пылеватый > песок средней крупности. Так, через 3 часа испарения из песка гравелистого испаряется практически вся вода ($M_i=98\%$), из песка пылеватого – $M_i=70\%$ воды, из песка средней крупности – $M_i=40\%$ воды (рис.1). Интересно отметить, что при более низких комнатных температурах ($25-30^\circ\text{C}$) скорость испарения из песка гравелистого ниже, чем из более дисперсных песков. Такую высокую наблюдаемую скорость испарения из песка гравелистого при высоких температурах возможно объяснить увеличением конвективного массопереноса в крупных порах, в то время как в более дисперсных грунтах, в которых в процессе массопереноса имеет главную роль капиллярный и плёночный поток влаги, скорость испарения при рассматриваемых высоких температурах уменьшается с увеличением крупности песка: скорость испарения из песка пылеватого выше, чем из песка средней крупности.

Описываемая закономерность уменьшения скорости испарения с уменьшением дисперсности песков (увеличением крупности зерен) наблюдается и при более низких комнатных температурах испарения. Согласно Л.Б. Блудушкиной, В.А. Королёву [1], с увеличением размера зёрен при одинаковой неоднородности гранулометрического состава интенсивность испарения из песчаных грунтов преимущественно снижается на первом этапе

при переходе от тонко->мелко->средне- к крупнозернистым разностям [1], что объясняется уменьшением интенсивности плёночного потока [2].

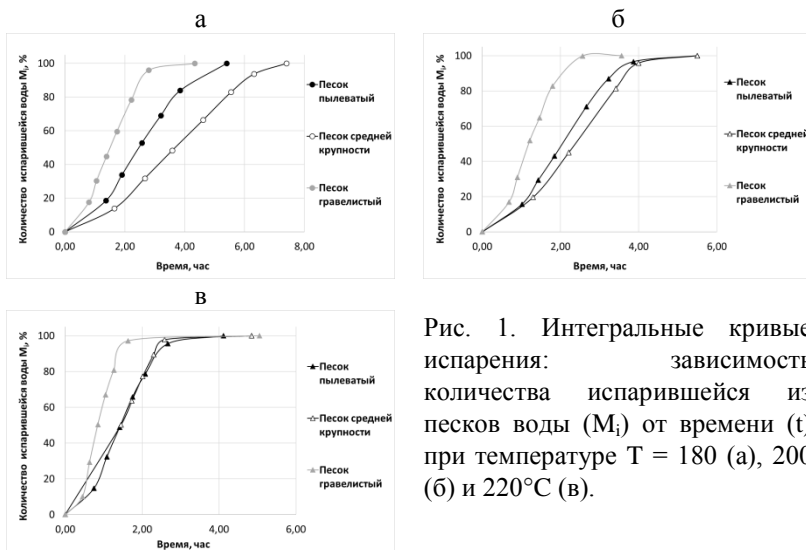


Рис. 1. Интегральные кривые испарения: зависимость количества испарившейся из песков воды (M_i) от времени (t) при температуре $T = 180$ (а), 200 (б) и 220°C (в).

Рассмотрим зависимости значений $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ порций конденсата испарившейся воды от времени (t) для разных по дисперсности песков (пылеватого и песка средней крупности) при температуре испарения 180 , 200 и 220°C (рис. 2). Первая точка на рассматриваемых графиках в момент времени $t=0$ представляет собой изотопный состав исходной воды (воды, используемой для водонасыщения образца) до начала испарения и имеет значение $\delta^{18}\text{O} = -13,04\text{‰}$ и $\delta^2\text{H} = -90,00\text{‰}$ (см. рис. 2).

Первая порция конденсата (вторая точка на графике - см. рис. 2) изотопически более лёгкая чем исходная вода, далее наблюдается закономерное утяжеление порций испаряющейся влаги.

С увеличением температуры испарения (T) в ряду $180 < 200 < 220^\circ\text{C}$ кривые $\delta^{18}\text{O}(t)$ веерообразно расходятся, при этом чем выше температура сушки, тем выше смещаются кривые $\delta^{18}\text{O}(t)$ в сторону утяжеления изотопного состава испарившейся воды. Например, порции воды через 3 часа от начала испарения из песка пылеватого приобретают более тяжёлый изотопный состав с повышением температуры: при $T = 180^\circ\text{C}$ значение $\delta^{18}\text{O} = -12,3\text{‰}$ и $\delta^2\text{H} = -98,0\text{‰}$, при

$T = 200^{\circ}\text{C}$ значение $\delta^{18}\text{O} = -9,78\text{‰}$ и $\delta^2\text{H} = -88,0\text{‰}$, а при $T = 220^{\circ}\text{C}$ ещё более высокие значения $\delta^{18}\text{O} = -5,2\text{‰}$ и $\delta^2\text{H} = -56,0\text{‰}$ (см. рис. 2, а, б). В песке средней крупности веерообразное расхождение (фуркация кривых) больше и отмечается уже в 1-й фазе испарения, тогда как в песке пылеватом – начиная с 3-й фазы.

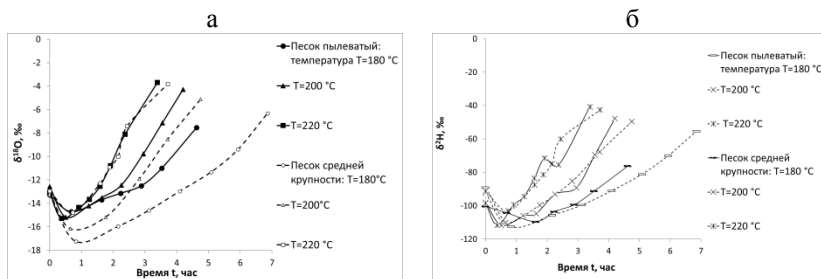


Рис. 2. Вариации $\delta^{18}\text{O}$ (а) и $\delta^2\text{H}$ (б) в порциях конденсата воды, испарившейся из песка пылеватого и песка средней крупности во времени при разных температурах.

Влияние крупности песка на изотопный состав испаряющейся влаги проявляется заметно при более низких температурах: при температуре испарения 180°C разница в изотопном составе песка пылеватого и песка средней крупности более выражена, чем при температуре 200°C , а тем более 220°C . При этом вода, испаряющаяся из песка пылеватого при одинаковой температуре изотопически тяжелее, чем вода, испаряющаяся из песка средней крупности, чем для песка средней крупности.

Рассмотрение зависимости значений $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ в порциях конденсата от процента испарившейся влаги M_i (рис. 3) позволило установить следующие закономерности. В диапазоне $M_i = 1 \div 80-90\%$ изменение изотопного состава воды (утяжеление состава) от процента испарившейся воды подчиняется линейной зависимости с коэффициентом корреляции ($r^2 = 0,90 \div 0,97$ по $\delta^{18}\text{O}$ и $r^2 = 0,71 \div 0,98$ по $\delta^2\text{H}$). Было определено, что в указанном диапазоне утяжеление последовательных порций происходит с постоянной скоростью $k = 0,07-0,09 \text{‰}$ на 1% испарившейся воды по $\delta^{18}\text{O}$ и на $0,38-0,51 \text{‰}$ на 1% по $\delta^2\text{H}$.

В лабораторных условия авторам удалось выявить эту взаимосвязь изотопного состава испарившейся воды с процентом испарившейся влаги во всём диапазоне M_i : от 0 до $\sim 100\%$.

Действительно зависимость $\delta^{18}\text{O}(M_i)$ является линейной, однако не на всём диапазоне: при $M_i > 80-90\%$, зависимость начинает отклоняться от линейной, что связано с переходом к стадии убывающей скорости испарения и испарением более тяжёлой по изотопному составу воды (рис. 3).

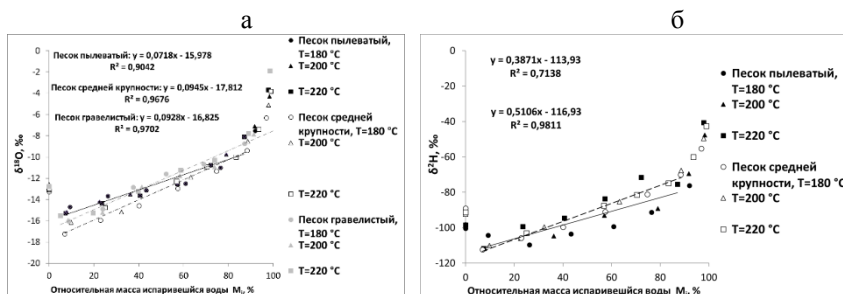


Рис. 3. Зависимость значений $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ в порциях конденсата испарившейся из песков воды от процента испарившейся влаги M_i .

Список литературы:

1. Блудушкина Л.Б., Королёв В.А. Влияние гранулометрического состава грунтов на испарении из них влаги // Инженерные изыскания в строительстве. Материалы шестой научно-практической конференции молодых специалистов, 2010.С. 12-16.
2. Дерягин Б.В., Чураев Н.В. Смачивающие плёнки. М.: Наука, 1984. 159 с.
3. Gonfiantini R. Environmental isotopes in lake studies // Handbook of environmental isotope geochemistry. Eds. P.Fritz and J. C.Fontes, Elsevier. New York, 1986. Vol. 3. P. 113–168.
4. Van den Akker J., Simmons C. T., Hutson J. L. Use of Stable Isotopes Deuterium and Oxygen-18 to Derive Evaporation from Flood Irrigation on the Basis of Pan Evaporation Techniques // Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 2011. Vol. 137(12). P. 765–778.
5. Yang Y., Fu B. Soil water migration in the unsaturated zone of semi-arid region in China from isotope evidence // Hydrol. Earth Syst. Sci., 2017. Vol. 21. P. 1757–1767

EXPERIMENTAL STUDY ON ISOTOPE COMPOSITION OF WATER EVAPORATING FROM SANDS

Bludushkina L.B.¹, Vasil'chuk Yu.K.²

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, email:¹ vasilch_geo@mail.ru;

² bludushkina19@mail.ru

Annotation: The regularities of change in isotope composition of water evaporating from sands have been studied at high temperatures: 180, 200, 220 °C. The influence of sand particle size on the isotope composition of evaporating water is more pronounced at lower temperatures. Water

evaporating from a silty sand at the same temperature is isotopically heavier than water evaporating from a medium-grained sand. It was revealed that when evaporation up to 90% isotope composition of evaporating water becomes heavier at a constant rate.

Key words: sands, water evaporation, temperature of evaporation, isotope composition, stable isotopes.

УДК 624.131

ИЗМЕНЧИВОСТЬ И КАЧЕСТВО ОЦЕНКИ СОСТАВА И СВОЙСТВ ПЕСКОВ

Дмитриев В.В.¹, Шмелева С.С.²

¹Российский государственный геологоразведочный университет, Москва, Россия, v.v.dmitriev@mail.ru; ²Патриарший архитектурно-реставрационный центр Свято-Троицкой Сергиевой Лавры, г. Сергиев Посад, Московская область, s.shmeleva@mail.ru

Аннотация: Изменчивость результатов оценки состава и свойств песков - производная условий формирования и погрешностями результатов анализа. Рассматриваются результаты оценки изменчивости состава и свойств аллювиальных и флювиогляциальных песков и особенности ее учета при проектировании мелиоративных мероприятий. Оценивается роль имеющихся погрешностей результатов определения характеристик состава и свойств песков.

Ключевые слова: песок, изменчивость, погрешность, гранулометрический состав, свойства.

Основными классификационными характеристиками песчаных грунтов являются гранулометрический состав, влажность, плотность, пористость. Наиболее распространены пески аллювиального и флювиогляциального генезиса. Изменчивость результатов оценки состава и свойств песков обусловлена различиями условий формирования и погрешностями, возникающими в процессе отбора образцов, полевого или лабораторного анализов. Условия формирования аллювиальных и флювиогляциальных песков является, прежде всего, производной изменчивости во времени и в пространстве параметров водных потоков. В свою очередь погрешности разделяются на систематические, случайные и грубые, гносеологические, метрологические и прагматические, возникающие на разных этапах формирования результата исследований.

Результат оценки характеристики геологической среды (X) всегда является суммой двух слагаемых: истинного значения показателей состава, свойств (R) и его погрешности (m):

$$X = R + m \quad (1)$$

Оценка точности информации основана на сопоставлении данных, полученных при анализе, с каким-либо из "заменителей" истинных сведений, получивших в РМГ 29-2013 определение «действительных» или «опорных» значений. Погрешности присутствуют при любом методе получения информации, определяя величину различия между имеющим место объектом и получаемым в процессе изучения предметом.

Соответственно модели 1 любое, отражение состава или свойств геологической среды, любая её характеристика содержат R и m. Рядом с результатом наблюдения, измерения, счета, представления должна стоять оценка его погрешности. Сопоставление получаемых и действительных или опорных значений показателей, интересующих инженер-геологов и проектировщиков является основной процедурой при оценке точности или погрешности разных видов инженерно-геологической информации.

В соответствии с требованиями нормативных документов выбирается схема опробования, теоретически отвечающая изменчивости требуемых показателей.

Исследования изменчивости результатов гранулометрического состава, плотности и пористости аллювиальных песков, распространенных на правом берегу поймы р. Пехорка проводили в пределах площадки строительства ряда жилых домов.

Осредненный инженерно-геологический разрез площадки приведен в табл. 1.

Опробование свойств песков проводили для выделенных инженерно-геологических элементов по сетке со сторонами 24 м, 12 м, 4 м и 0,5 м, последнее с помощью шурфов глубиной до 4 м. Значимость различия оценок дисперсий измеряемых показателей определялась с помощью F-критерия Фишера.

Во всех случаях уменьшение сетки опробования до 0,5 метра, практически незначительно уменьшало дисперсию измеряемых показателей.

Используя результаты инженерно-геологических изысканий, проектировщик предложил укрепление основания здания методом инъектирования водоцементного раствора только на участках наличия в разрезах рыхлых песков (рис. 1).

Исследование изменчивости в латеральной плоскости плотности аллювиальных и флювиогляциальных песков показало значение радиуса корреляции, соответствующего коэффициентам корреляции больше 0,7, изменяющегося для исследованных площадок от 0,5 до 4 м и существенно зависящего от частоты сечений случайной

функции. Размер интервала между сечениями, в свою очередь, зависит от радиуса корреляции определенного для изменчивости плотности песков по мощности. На рис. 2 показано существенное изменение разреза в зависимости от частоты опробования.

Таблица 1

Типичный разрез грунтов площадки

ИГЭ	Геологический	Мощность, м	Наименование грунта	Влажность, %	Коэффициент пористости, д.е.	Плотность, г/см ³
1*	aQIV	1,2-0,5	песок гравелистый, средней плотности	9,0	0,67	1,73
2		2,1-3,8	песок средней крупности, средней плотности	14,0	0,60	1,89
2a		1,8-3,1	песок средней крупности, рыхлый	14,0	0,72	1,76
3*		0,7-2,0	песок мелкий, средней плотности	30,0	0,68	2,05
3a		1,9-3,1	песок мелкий, рыхлый	15,7	0,77	1,73
4		1,3-2,8	песок пылеватый, средней плотности,	15,8	0,70	1,80
8	f,lgQI	0,9-1,7	песок средней крупности, средней плотности	17,7	0,63	1,91
8a		2,1-3,6	песок средней крупности, рыхлый	17,7	0,75	1,78

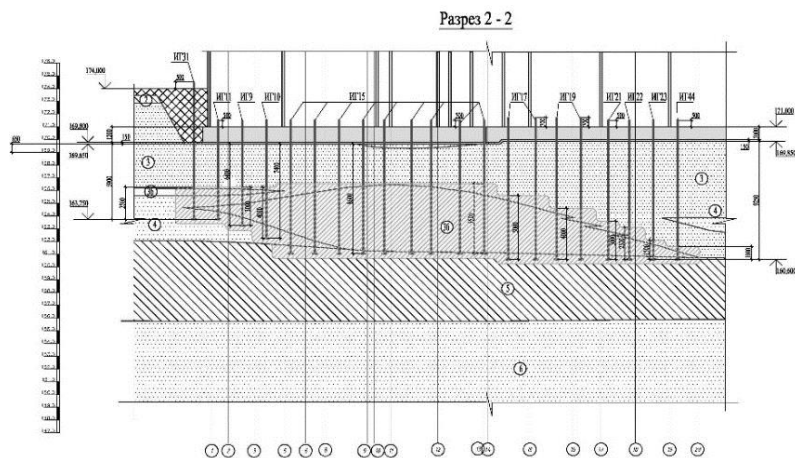


Рис. 1. Участки укрепляемых песков в основании 25-этажного дома

Кроме природных условий формирования песков существенную роль в формировании изменчивости состава и свойств аллювиальных и флювиогляциальных песков играют погрешности определения используемых параметров.

При анализах гранулометрического состава песков используются фракции: > 2 ; $2 - 1$; $1 - 0,5$; $0,5 - 0,25$; $0,25 - 0,1$; $< 0,1$ мм. Сведения о значениях погрешностей оценки Φ_n при ситовом анализе единичны.

В результате изучения погрешностей лабораторного определения гранулометрического состава аллювиальных и флювиогляциальных песков различных типов получены σ_B , σ_M и σ_L , характеризующие составляющие погрешности определения различных содержаний отдельных фракций.

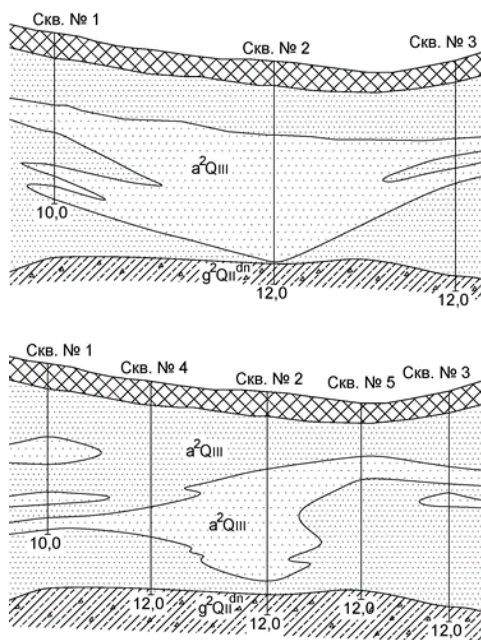


Рис. 2. Выделение рыхлых песков по данным бурения при сети опробования 24 и 12 м

Анализ показал независимость их значений от размера частиц и генезиса и тесную связь с содержанием фракций. Уравнения парабол,

позволяющие получить минимальную остаточную дисперсию погрешностей η^2 , имеют вид, характерный для биномиального распределения:

$$\bar{\sigma}_{\Phi_n} = 1,5 \cdot 10^{-3} \bar{\Phi}_n (100 - \bar{\Phi}_n) \quad (2)$$

$$\bar{\sigma}_{M\Phi_n} = 2,5 \cdot 10^{-3} \bar{\Phi}_n (100 - \bar{\Phi}_n) \quad (3)$$

$$\bar{\sigma}_{L\Phi_n} = 3,0 \cdot 10^{-3} \bar{\Phi}_n (100 - \bar{\Phi}_n) \quad (4)$$

Значения η равны соответственно: $\eta_B = 0,7$; $\eta_M = 1,7$ и $\eta_L = 1,9$.

Ошибки воспроизводимости для граничных значений, используемых при классифицировании песчаных грунтов, и ошибки предельные при различных вероятностях показаны в табл. 2.

Приведенные результаты позволяют представить вероятности правильного классифицирования песчаного грунта при различных схемах испытаний.

Приведенные результаты позволяют представить вероятности правильного классифицирования песчаного грунта.

Из расчетов видно, что при $\Phi > 0,25 = 50\%$ грунт по результатам одного анализа с равной вероятностью может быть отнесен к песку мелкому и к песку средней крупности, хотя по ГОСТ 25100-2011 будет назван песком мелким. Согласно расчетам, даже при $\Phi > 0,25 = 61\%$ классифицируемый грунт с $\alpha = 0,15$ может оказаться песком мелким.

Таблица 2

Погрешности определения некоторых содержаний частиц песчаного грунта

Содержание частиц, %	Ошибки воспроизводимости, %				
	σ_B	σ_M	σ_L	σ_L при $\alpha=0,85$	σ_L при $\alpha=0,95$
25; 75	3	5	6	8	11
50	4	6	8	11	15

Найденные значения погрешностей лабораторного определения Φ_n позволяют найти вероятность правильного определения всех требуемых содержаний при любых схемах опробования или, наоборот, выбрать схему опробования, обеспечивающую требуемую вероятность результатов анализов. Полученные данные следует также учитывать при интерпретации результатов классифицирования, построения инженерно-геологических карт, разрезов песчаных грунтов, не делая из них без дополнительной проверки многослойную толщу на основании собственных погрешностей.

Точность измерения плотности грунта ρ методом режущих колец по ГОСТ 5180-2015 определяли в процессе экспериментов. На погрешность определения влияет точность взвешивания, измерений диаметра и высоты кольца, качество подготовки грунта к анализу.

В результате определения, составляющих погрешности, получены следующие уравнения:

$$\bar{\sigma}_m = -0,001\bar{\rho} + 0,027 \text{ при } \eta = 0,011 \text{ г/см}^3 \quad (5)$$

$$\bar{\sigma}_e = -0,012\bar{\rho} + 0,044 \text{ при } \eta = 0,008 \text{ г/см}^3 \quad (6)$$

Сопоставление результатов и анализ линий регрессий показывают практическое равенство и постоянство ошибок внутрилабораторной и межлабораторной воспроизводимостей плотности песчаных и глинистых грунтов. Их значения в исследуемом достаточно широком диапазоне от 1,39 до 2,02 г/см³ медленно убывают от 0,027 до 0,020 г/см³ и от 0,026 до 0,025 г/см³.

При этом для песчаных грунтов σ_e и σ_m несколько выше. В диапазоне от 1,59 до 1,71 г/см³ значение σ_m составляет в среднем 0,032 г/см³, а σ_e равна 0,028 г/см³.

Точность определения пористости n и коэффициента пористости e песчаных грунтов оценивалась в процессе межлабораторного эксперимента. Значения n и e вычисляли по известным формулам.

Значения составляющих погрешности определения характеристик пористости определяются согласно полученным уравнениям регрессии.

Точность определения пористости зависит от измеряемых величин. Наблюдается прямолинейная положительная, достаточно тесная связь обеих составляющих погрешности с величиной коэффициента пористости. Особенно быстро увеличивается σ_m , достигая при $e \approx 2,1$ значений $\sigma_m \approx 0,12$ с $\eta = 0,015$.

Относительная ошибка межлабораторной воспроизводимости составляет при этом примерно 6 %. В соответствии с ГОСТ 25100-2011 коэффициент пористости используется при определении разновидности песчаного грунта. Полученные результаты позволяют определить точность оценки граничных значений.

Изменения точности определения пористости (n) имеют другой

характер в связи с иной структурой показателя. Межлабораторная составляющая погрешности и лабораторная погрешность в целом в исследуемом диапазоне значений n , близком к 50%, остаются практически постоянными: $\sigma_m \approx 1,24$, а $\sigma_n - 1,43\%$.

Внутрилабораторная составляющая погрешности слабо убывает по мере роста n с 0,86 до 0,54%, что при $\eta = 0,25$ нельзя признать существенным изменением.

VARIABILITY AND QUALITY OF ESTIMATION OF THE COMPOSITION AND PROPERTIES OF SAND

Dmitriev V.V.,¹ Shmeleva S.S.²

¹Russian state geological prospecting University, Moscow, Russia, v.v.dmitriev@mail.ru

²Patriarchal architectural and restoration center of the Holy Trinity Sergius Lavra, Sergiev Posad, Moscow region, s.shmeleva@mail.ru

Annotation: The results of sand's composition and properties variability assessment is the derived formation conditions and deviation analysis results. The results of alluvial and fluvioglacial sand's composition and properties variability assessment is considered. The authorities of variability accounting in design melioration activities are also described. The role of existing deviations in the sand's composition and properties definition results is assessed.

Key words: sand, variability, deviation, grain size composition, properties.

УДК 624.131

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТ ДИЛАТАНСИИ В ПЕСЧАНЫХ ГРУНТАХ

Дургалян М.Г.¹, Николаева С.К.², Бершов А.В.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия e-mail: ¹manushak94@mail.ru, ²sk.niko@geol.msu.ru

Аннотация: В статье рассмотрены результаты исследования аллювиальных позднелейстоценовых песчаных грунтов. Изучены факторы, оказывающие влияние на величину угла дилатансии песков – показателя, количественно характеризующего эффект дилатансии в грунтах, а именно гранулометрический состав, степень водонасыщения и схема испытаний.

Ключевые слова: песчаные грунты, угол дилатансии.

Введение. Эффект дилатансии – явление, характерное для большинства дисперсных грунтов, однако, на данный момент он мало

изучен. Ранее установлено, что величина угла дилатансии зависит от плотности сложения песчаного грунта и от величины угла внутреннего трения [1]. Практически нет данных о влиянии на величину угла дилатансии гранулометрического состава, влажностного состояния и схемы испытания. Для ориентировочного расчета величины угла дилатансии используется простое выражение [2]: $\psi \approx \varphi - 30^\circ$ (1). Его достоверность также требует проверки.

Объекты исследования. Изучались песчаные грунты аллювиального генезиса позднеплейстоценового возраста (aQ_{III}), отобранные на площадках инженерно-геологических изысканий в Москве, Звенигороде, Красногорске и Тамбове. Грунты различаются между собой, хоть они и одинакового генезиса и возраста, характеризуют аллювиальные отложения разных рек (р. Москва, р. Цна).

Пески различной дисперсности по ГОСТ 25100-2011 [4]: средней крупности – 7 проб; крупные – 3 пробы. Минеральный состав по данным рентгеноструктурного анализа кварцевый для всех песков (содержание кварца от 82 до 96 %). Плотность частиц грунта изменяется в диапазоне 2,62-2,65 г/см³.

Методика исследований. Величина дилатансии песчаных грунтов изучалась при испытаниях методом одноплоскостного среза. Всего проведено 156 испытаний. Песчаные грунты искусственно формировались по верхней границе коэффициента пористости, указанной для плотного сложения, в соответствии с таблицей Б.12 в ГОСТ 25100-2011 [4]. Испытания проводились в различном влажностном состоянии (воздушно-сухом (ВС) и водонасыщенном (ВН)), при различной схеме испытания (консолидированно-дренированная (КД), неконсолидированно-недренированная (НН)) и в расширенном диапазоне нагрузок относительно требований ГОСТ 12248-2010 [3]. Значение угла дилатансии рассчитывалось по формуле [5]: $tg\psi = d\varepsilon_1/d\gamma$. При этом характерный вид кривых зависимости касательного напряжения (τ , кПа) и вертикальной деформации (ε_1 , мм) от деформации сдвига (γ , мм) представлен на рис. 1 (а, б).

Результаты исследования. Рассчитанные значения угла дилатансии ψ варьируют от $-9,7^\circ$ до $5,2^\circ$, однако, в основном они составляют $0-2^\circ$. При испытании песчаных грунтов в плотном сложении получены отрицательные величины углов дилатансии. Данное противоречие гипотезе от том, что в плотных песках в зоне сдвига должно происходить только разуплотнение, может быть объяснено тем фактом, что границы плотного сложения в нормативной документации введены не совсем корректно относительно критической пористости. На

наш взгляд критические точки, отвечающие за плотность сложения песков, должны быть уточнены и по данным определения угла дилатансии, наравне с крупностью песков и коэффициентом пористости.

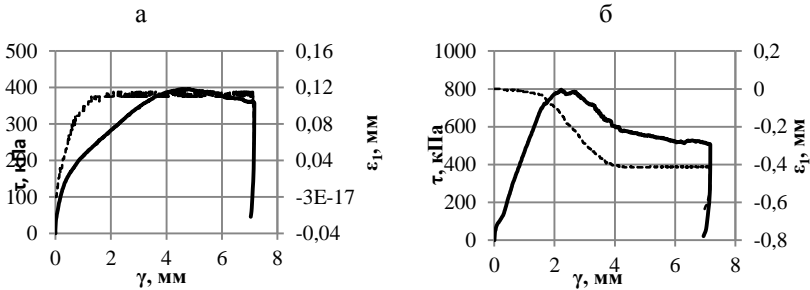


Рис. 1. Характерные графики деформируемости грунтов при одноплоскостном срезе: а) проявляется эффект дилатансии; б) проявляется эффект контракции

Рассмотрим, какое влияние на значения угла дилатансии оказывают различные факторы при испытаниях. Так, получено соотношение величины ψ и дисперсности песчаных грунтов при испытании по консолидированно-дренированной схеме в различном влажностном состоянии (рис. 2 а, б).

С уменьшением дисперсности величина угла дилатансии уменьшается, что подтверждает влияние гранулометрического состава на эффект дилатансии в грунтах.

Рассмотрим, каким образом влияет влажностное состояние на эффект дилатансии. Результаты, представленные выше на рис. 2, показывают, что максимальные величины ψ при испытаниях в водонасыщенном состоянии изменяются от $3,8^\circ$ до $5,2^\circ$ для крупных и средних песков соответственно. При испытаниях в воздушно-сухом состоянии они изменяются от $1,8^\circ$ до $2,7^\circ$ для крупных и средних песков соответственно. Таким образом, при водонасыщении эффект дилатансии проявляется в большей степени, а в воздушно-сухом состоянии величины ψ практически в 2 раза меньше, чем в водонасыщенном, при этом разброс значений существенно ниже.

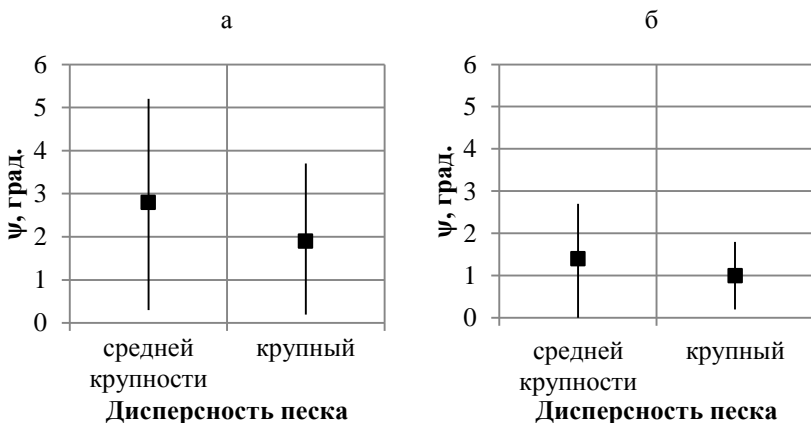


Рис. 2. Соотношения угла дилатансии песчаных грунтов средней крупности и крупных: а) ВН, КД испытание в плотном сложении; б) ВС, КД испытание в плотном сложении (указаны минимальное, максимальное и среднее значения)

При построении соотношения углов дилатансии при различных схемах испытаний, была получена линейная зависимость, представленная на рис. 3.

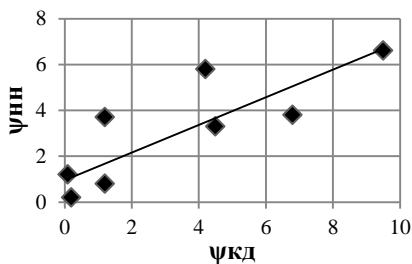


Рис. 3. Соотношения углов дилатансии, полученных при НН и КД испытаниях водонасыщенных песков

Полученную зависимость можно описать уравнением $\psi_{нн} = 0,61\psi_{кд} + 0,95$ с коэффициентом корреляции $r = 0,839$.

Наконец, проверим, справедливо ли оценочное выражение (1), рекомендуемое для расчета примерной величины угла дилатансии. Построим соотношения ψ от величин нормальной нагрузки при

испытаниях (рис. 4 а, б). Получаем, что угол дилатансии меняется в зависимости от нормальной нагрузки (так и должно быть).

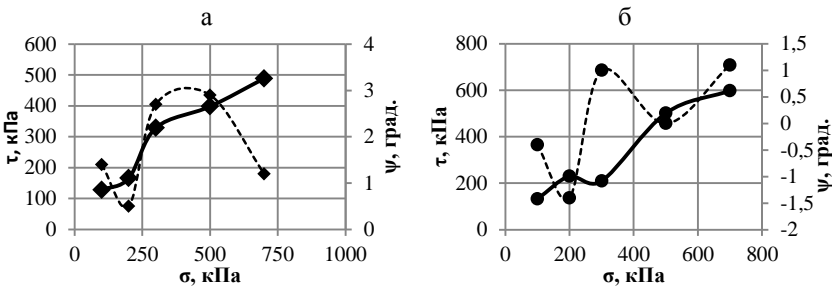


Рис. 4. Соотношения касательного напряжения (τ , сплошная линия) и угла дилатансии (ψ , пунктирная линия) от нормальной нагрузки (σ): а) для крупного песка (aQ_{III}); б) для песка средней крупности (aQ_{III}) в плотном сложении (ВН, КД испытание)

Соотношение углов дилатансии, рассчитанных по выражению (1) и экспериментальных (средних значений), представлено на рис. 5.

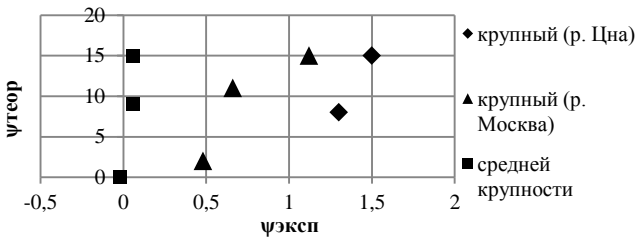


Рис. 5. Соотношения углов дилатансии «оценочных» и экспериментальных, определенных для песков средней крупности и крупных, испытанных в плотном сложении (ВН, КД испытания)

Приведенные данные показывают, что оценочное и экспериментальное значения ψ близки лишь в одном случае для песка средней крупности (значение 0°). В остальных случаях разница слишком велика. Также данное выражение не предусматривает дилатансии для песчаных грунтов с углом внутреннего трения меньше 30° , однако, на практике это не так. Следовательно, использование выражения (1) не корректно.

В заключение подчеркнем, что требуется дальнейшее изучение эффекта дилатансии в песчаных грунтах. Ныне взгляд на некоторые

положения механики не связных (сыпучих) грунтов меняется, исследование физической сущности дилатансии, ее роли в формировании закономерностей сопротивления сдвигу песчаных грунтов сохраняет актуальность.

Список литературы:

1. *Болдырев Г.Г.* Методы определения механических свойств грунтов. Состояние вопроса. П.: ПГУАС, 2008. 696 с.
2. *Билеуш А.И., Кривоног А.И., Кривоног В.В., Филимонов В.Ю.* Прочность сыпучих грунтов, обладающих дилатансией / Ин-т гидромеханики НАН Украины, Т. 13, № 3, 2011. С. 23-32.
3. ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. М.: Изд-во стандартов, 2011. 96 с.
4. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. М.: МНТКС, 2012. 63 с.
5. *Строкова Л.А.* Определение параметров для численного моделирования поведения грунтов // Известия ТПУ, Т. 313, № 1, 2008. 69-74 с.

FACTORS, INFLUENCING THE DILATANCY EFFECT IN SANDY SOILS

Durgalian M.G., Nikolaeva S.K., Bershov A.V.

Lomonosov Moscow State University

Annotation: The results for alluvial Late Pleistocene sandy soils are considered in the article. Factors influencing the magnitude of the sands dilatancy angle, which is the index, quantitatively characterizing the dilatancy effect in soils, namely, the particle size distribution, the degree of water saturation and the test scheme, were studied.

Keywords: sandy soils, dilatancy angle.

УДК 624.131

ИСПАРЕНИЕ ВОДЫ ИЗ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ

Королёв В.А.¹, Блудушкина Л.Б.²

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,
email:¹ va-korolev@bk.ru, ² bludushkina19@mail.ru*

Аннотация: Способность грунта испарять воду в данных условиях (или испаряющая способность) является его важнейшим физико-химическим свойством. Она возрастает с ростом дисперсности песков. Проанализированы вопросы методики оценки испаряющей способности песчаных грунтов, а также факторы, влияющие на неё.

Ключевые слова: пески, испарение воды, испаряющая способность грунтов.

Испарение является важнейшим элементом водно-теплового баланса грунтов и водного режима территории. Оно влияет на водный баланс грунтовых массивов, на изменение свойств грунтов зоны аэрации, определяет формирование в них профиля влажности, солей и т.п. С испарением воды из грунтов, в том числе из песчаных, связано множество проблем в различных областях: развитие опустынивания, деградация почв в засушливых регионах с высокой скоростью испарения, засоление почв в засушливых и полувзасушливых областях [3], повреждение зданий и геотехнических сооружений из-за потерь воды в результате испарения [2] и др. С другой стороны, изучение этого процесса имеет большое практическое значение в различных областях инженерно-хозяйственной деятельности.

До последнего времени испарение воды из грунтов изучалось лишь как процесс (с позиций почвоведения, гидрологии, гидрогеологии, климатологии и др. дисциплин), а сама испаряющая способность грунтов не рассматривалась как их специфическое свойство. Поэтому, **целью** настоящей статьи, определяющей её актуальность, является изучение испаряющей способности песчаных грунтов, как их специфического физико-химического свойства.

Для достижения поставленной цели в лабораторных изотермических условиях ($t=23\text{ }^{\circ}\text{C}$) были поставлены эксперименты по изучению испарения воды из отсеянных песчаных фракций в нестационарном режиме испарения, при котором испарение влаги из исходно водонасыщенных песчаных грунтов происходит по классической 3-х стадийной схеме испарения, в которой выделяются стадии «начального», «основного» и «завершающего» испарения [1].

Интегральная и дифференциальная кривые испарения. По результатам опытов были определены зависимости массы испарившейся воды (m_i) к моменту времени (t), которые затем были перестроены в координатах $M_i = f(t)$, где M_i – относительная масса испарившейся воды к моменту времени (t), при этом $M_i = (M_{i(\text{текущее}} / M_{i(\text{кон})}) \cdot 100, \%$. Кривые испарения $M_i = f(t)$ имеют S-образный вид и отчетливо выделяющиеся три фазы испарения. Стадии испарения выделяются по точкам перегиба функции $M_i = f(t)$ (рис.1, а).

Кривые испарения $M_i = f(t)$ также отражают особенности испаряющей способности грунтов. Так, чем более крутой наклон имеют кривые $M_i = f(t)$, тем выше испаряющая способность грунта. Самый низкий наклон $M_i = f(t)$ и, следовательно, самая низкая испаряющая способность наблюдаются для гравелистой и грубой песчаной фракций с размером зёрен >2 мм и 1,0-2,0 мм. Далее с повышением дисперсности

наклон $M_i = f(t)$ и испаряющая способность песчаных грунтов закономерно возрастают.

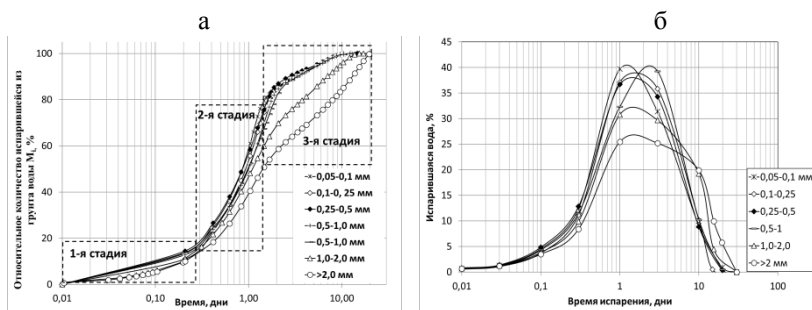


Рис.1. Интегральная (а) и дифференциальная (б) кривые испарения воды

Аналогичная зависимость прослеживается и на дифференциальной кривой испарения (см. рис.1, б). При этом можно говорить об однородном (быстром) или неоднородном (медленном, растянутом во времени) испарении воды. Чем выше и тоньше пик дифференциальной кривой тем «однороднее» и быстрее испарение и выше испаряющая способность грунта. На 1-й и 2-й стадиях с уменьшением дисперсности при переходе от тонкого и мелкого песка к грубозернистому и гравелистому, кривые смещаются вниз и становятся более пологими, что свидетельствует об уменьшении испаряющей способности грунтов с уменьшением дисперсности. На 3-й стадии происходит инверсия: кривые, соответствующие более крупным фракциям, располагаются выше, чем более тонкие фракции, а значит испаряющая способность на 3-й стадии испарения выше из песков более крупнозернистых (см. рис. 1, б).

Показатели испаряющей способности песчаных грунтов. С целью охарактеризовать испарение не как процесс (показатели, характеризующие испарение как процесс – скорость испарения, интенсивность испарения и др.), а как присущее грунтам свойство – их испаряющую способность, нами предложены следующие показатели: период испарения (T); время t_{10} , t_{50} и t_{90} , за которое из грунта испаряется 10, 50 и 90% воды; коэффициенты категории K_1 , K_2 ; количество испарившейся воды (M_i), выраженное в процентах от первоначальной влаги; коэффициент испаряющей способности (I) (рис.2. а-д).

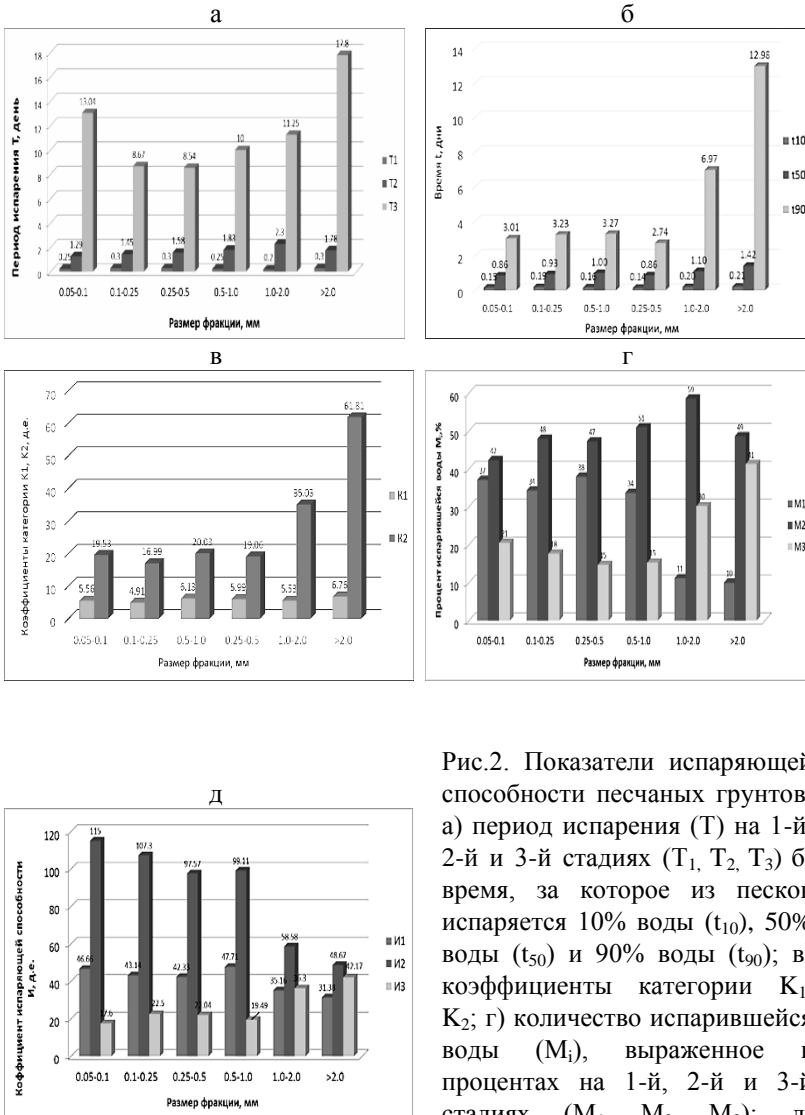


Рис.2. Показатели испаряющей способности песчаных грунтов: а) период испарения (Т) на 1-й, 2-й и 3-й стадиях (Т₁, Т₂, Т₃) б) время, за которое из песков испаряется 10% воды (t₁₀), 50% воды (t₅₀) и 90% воды (t₉₀); в) коэффициенты категории К₁, К₂; г) количество испарившейся воды (М₁), выраженное в процентах на 1-й, 2-й и 3-й стадиях (М₁, М₂, М₃); д) коэффициент испаряющей способности (I) на 1-й, 2-й и 3-й стадиях (I₁, I₂, I₃).

Для всех песчаных фракций самой короткой по продолжительности процесса испарения является 1-я стадия испарения, её период испарения в условиях эксперимента составляет не более 0,3 суток (7,2 часа). 2-я стадия является более продолжительной и длится 1,3-2,3 суток. При этом наблюдается тенденция увеличения периода испарения 2-й стадии с уменьшением дисперсности грунта. Самый большой период испарения характерен для 3-й стадии $T = 8,5 - 17,8$ суток (рис. 2, а). Интересно отметить, что период 3-й стадии испарения наибольший у крайних песков по дисперсности: у песка гравелистого с $d > 2,0$ мм ($T = 17,8$ суток), грубозернистого с $d = 1,0-2,0$ мм ($T = 11,3$ суток), а также у тонкой $d = 0,05-0,1$ мм фракции песка ($T = 13,0$ суток).

Величина времени t_{10} , t_{50} и t_{90} , за которое из грунта испаряется 10, 50 и 90% воды, соответственно показана на рис.2, б. Видно, что из грубозернистого и гравелистого песка 10% и 50% воды испаряется дольше по времени, чем из песков более дисперсных. Также отчётливо видно, как возрастает продолжительность испарения с уменьшением дисперсности при переходе от тонкой и мелкой фракций песка к песку грубозернистому и гравелистому: t_{90} закономерно увеличивается от 3,0 до 12,98 суток, t_{50} возрастает от 0,86 до 1,42 суток, t_{10} – от 0,15 до 0,21 суток (рис.2, б).

Коэффициенты категории $K_1 = t_{50}/t_{10}$ и $K_2 = t_{90}/t_{10}$ также отличаются в зависимости от размера песчаной фракции. Наибольшие их значения характерны для песка крупного ($K_1 = 5,53$ д.е., $K_2 = 35,03$) и песка гравелистого ($K_1 = 6,76$ д.е., $K_2 = 61,81$). Для более мелких фракций коэффициенты находятся в диапазоне $K_1 = 4,91-5,99$ д.е., $K_2 = 16,99-20,03$ д.е. (рис.2, в).

Для всех исследуемых песков большая часть испарившейся воды ($M_2 = 42-59\%$) характерна для 2-й стадии (рис.2,г). У песков от тонкодисперсных до крупных $M_{1,2} = 79-85\%$ воды испаряется на 1-й и 2-й стадиях испарения, и $M_3 = 18-20\%$ испарившейся воды приходится на 3-ю стадию. Для песка грубозернистого и гравелистого наблюдается другая закономерность: на первой стадии испаряется только 10-11%, в то время как основная доля испарившейся воды приходится на 2-ю и 3-ю стадии.

Коэффициент испаряющей способности (И), представляющий собой тангенс угла наклона каждого из соответствующего участка-стадии интегральной кривой $M_i = f(t)$, на 1-й стадии испарения имеет значения $I_1 = 42,3-47,7$ д.е. для песков от тонкозернистого до крупного, а для песков грубозернистого и гравелистого он меньше: $I_1 = 31,4-35,2$ д.е. На 2-й стадии коэффициент испаряющей способности принимает максимальные значения и закономерно уменьшается от $I_2 = 115$ д.е до

$I_2=48,67$ д.е с уменьшением дисперсности в ряду песок тонко->мелко->средне->крупнозернистый>гравелистый. Самые низкие значения коэффициента испаряющей способности характерны для 3-й стадии: $I_3 = 17,6-22,5$ д.е. для песков от тонкозернистого до крупного, а для песков грубозернистого и гравелистого $I_3 = 36,3-42,17$ д.е. (рис.2, д).

Таким образом, в процессе испарения из водонасыщенных песчаных грунтов в нестационарном режиме выделяется 3 стадии. Испаряющая способность песчаных грунтов может быть охарактеризована с помощью предложенных показателей, которые определяются по интегральным кривым испарения $M_t = f(t)$: определено время t_{10} , t_{50} и t_{90} , за которое из песчаных грунтов испаряется 10, 50 и 90% воды, установлено, что по периоду испарения, самой продолжительной является 3-я стадия «низкого испарения», наибольшие значения коэффициента категории (К) характерны для песка крупного и песка гравелистого, максимальные значения коэффициент испаряющей способности (И) принимает на 2-й стадии испарения и закономерно уменьшается с уменьшением дисперсности. Самые низкие значения коэффициента испаряющей способности характерны для 3-й стадии.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 17-05-00944а.

Список литературы:

1. *Блудушкина, Л.Б., Королёв, В.А.* Влияние гранулометрического состава грунтов на испарении из них влаги // Инженерные изыскания в строительстве, материалы шестой научно-практической конференции молодых специалистов, - М., ПНИИИС, 2010. С. 12-16.
2. *Corti, T., Wuest, M., Bresch, D., Seneviratne, S. I.* Drought-induced building damages from simulations at regional scale. *Nat// Hazards Earth Syst. Sci.*, 2011. P. 3335-3342.
3. *Zarei, G., Homaei, M., and Liaghat, A.* Modeling transient evaporation from descending shallow groundwater table based on Brooks-Corey retention function//*Water Resources Management*, 2009.P. 2867-2876.

EVAPORATION OF WATER FROM SANDS

Korolev V.A.¹, Bludushkina L.B.²

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, e-mail: ¹ va-korolev@bk.ru;
² bludushkina19@mail.ru*

Anotation: The ability of soil to evaporate water in the given conditions (or evaporation capacity) is its most important physico-chemical property. It increases with increasing dispersion of sands. The questions of the methodology for estimating the evaporation capacity of sands, as well as the factors affecting it, are analyzed.

Key words: sands, evaporation of water, evaporating ability of soils.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СОЛЕПЕРЕНОСА В ПЕСКАХ ПРИ ИСПАРЕНИИ ИЗ НИХ ВОДЫ

Королёв В.А.¹, Ларкина М.А.²

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, e-mail: va-korolev@bk.ru; ¹marinkalarkina@mail.ru²

Аннотация: Исследован процесс солепереноса в песках при испарении из них воды. Выявлена зависимость скорости солепереноса в песках от их гранулометрического состава и времени испарения.

Ключевые слова: солеперенос, испарение воды, скорость солепереноса, электропроводность, солесодержание.

Введение. Миграция солей в песках в процессе испарения из них воды является широко распространенным явлением в природе. Образующиеся в результате этого засоленные грунты занимают значительную часть земель, используемых для сельскохозяйственных нужд, и снижают плодородие почв [2].

Процесс солепереноса в песчаных грунтах при испарении из них воды зависит от особенностей и свойств самого грунта, а также от внешних факторов (климатические, температурные условия, микрорельеф и т.д.) [1,3]. Однако многие закономерности этого процесса изучены недостаточно. В связи с этим целью настоящего исследования стало выявление особенностей солепереноса в песчаных грунтах при испарении воды. Для достижения данной цели необходимо было решить следующие задачи: 1) выявить закономерности изменения солесодержания в процессе солепереноса при испарении воды; 2) изучить зависимость скорости солепереноса от времени, 3) изучить зависимость солепереноса от гранулометрического состава и структурных особенностей грунтов.

Подготовка образцов и методика исследований. Для исследования солепереноса были выбраны широко распространённые пески разного гранулометрического состава и степени неоднородности (крупный однородный и неоднородный, гравелистый неоднородный, средний неоднородный). Выбранные образцы имеют флювиогляциальный и техногенный генезис, являются преимущественно кварцевыми, отобранными в Московском регионе на глубинах до 1,3 м, и которые нередко подвергаются процессам засоления.

Методика исследований состояла в следующем: песчаные грунты были искусственно засолены раствором NaCl известной концентрации. Для этого три колонки равного объема плотно заполнялись песком с необходимым количеством раствора соли, после чего высушивались в лабораторных условиях путем испарения из них воды. При этом контролировалась масса испаряемой воды за разные промежутки времени до стабилизации веса. Далее каждая колонка разбиралась на шесть частей, и затем из каждой из них готовилась водная вытяжка. В вытяжке определялись pH, Eh, электропроводность и солесодержание. По полученным данным строились графики содержания соли по глубине образца на разные моменты времени, а по ним рассчитывалась скорость солепереноса.

Результаты и их обсуждение. На основе полученных данных были построены графики зависимости солесодержания от глубины во времени при испарении воды для четырех образцов песков (рис. 1-3).

За начальный шестичасовой интервал времени соли в образце практически не изменили своего местоположения. В целом для начального интервала наблюдается незначительное подтягивание соли из нижней части верхней трети колонки вверх, в нижних третях солесодержание осталось практически таким же, как и в исходном растворе NaCl.

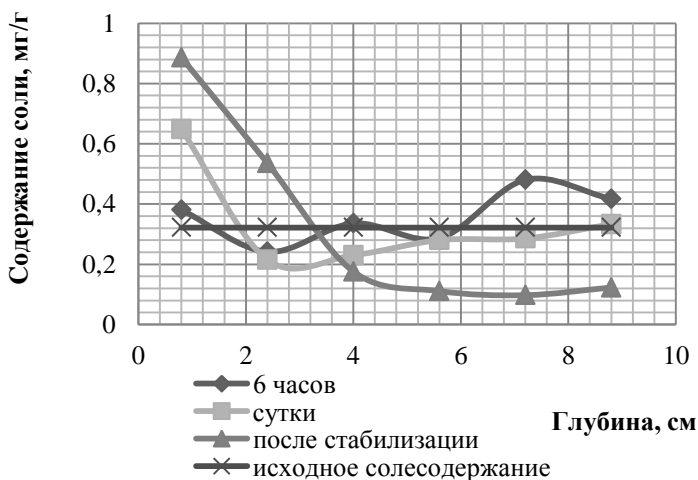


Рис. 1. Зависимость солесодержания от глубины в разные моменты времени для гравелистого неоднородного песка

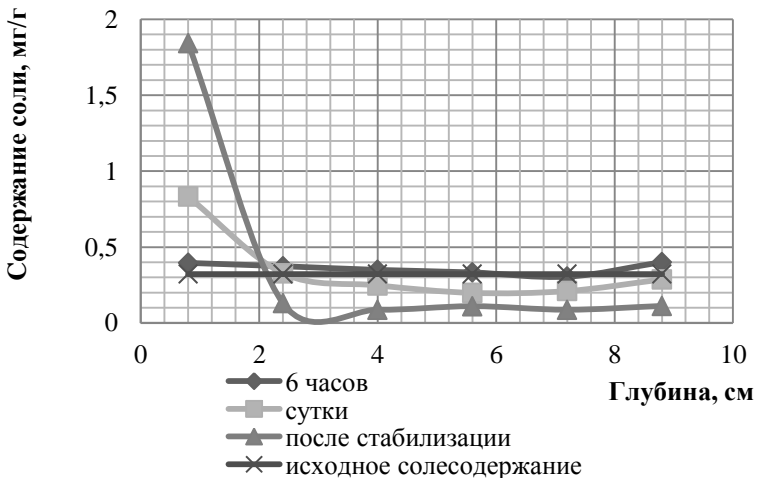


Рис. 2. Зависимость солесодержания от глубины в разные моменты времени для крупного однородного песка

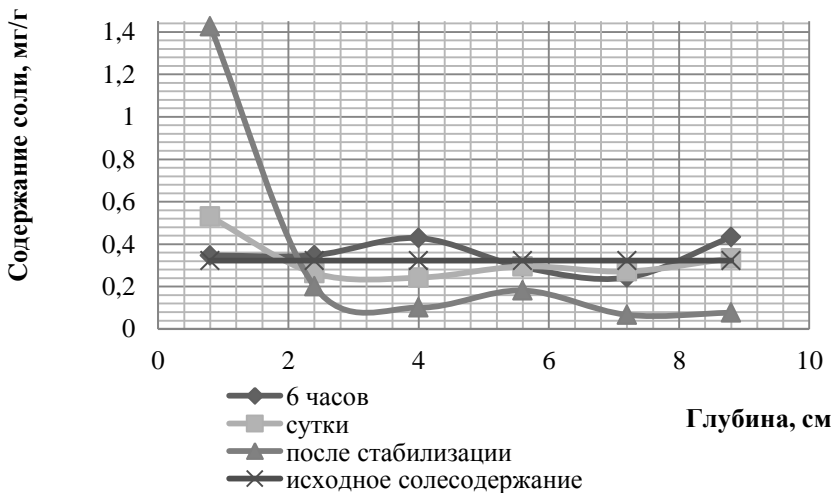


Рис. 3. Зависимость солесодержания от глубины в разные моменты времени для среднего неоднородного песка

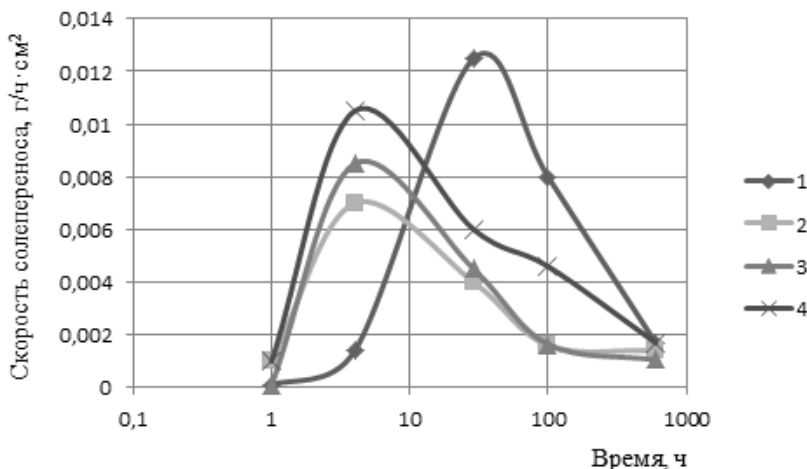


Рис. 4. Зависимость скорости солепереноса от времени для изученных песков: 1 – гравелистого; 2 – среднего; 3 – крупного неоднородного; 4 – крупного однородного

Через сутки испарения отмечается большая интенсивность миграции солей в результате испарения влаги снизу вверх. Наибольшее количество соли за этот интервал переместилось в гравелистом песке (рис. 1).

Похожая зависимость наблюдается и для крупного и среднего неоднородных песков. В крупном однородном песке соли перемещаются вверх равномерно - график снижается практически параллельно относительно графика для раствора NaCl (рис. 2). Частицы этого песка более однородны по своему размеру и соляной раствор мигрирует одновременно из всех частей.

За третий промежуток времени в гравелистом песке в верхней части сосредоточилось меньшее количество соли, чем в остальных песках, но и время стабилизации оказалось меньше (примерно на 5 дней). В остальных образцах наибольшее количество соли концентрируется в верхней части колонки, а затем резко падает, становясь значительно ниже исходного распределения NaCl.

На основе данных о солесодержании была определена скорость солепереноса для трех отрезков времени (рис. 4). Максимальные значения скорости относятся к первым часам испарения. За этот интервал времени достигается оптимальное соотношение между

количеством перераспределенной соли в грунте и способностью самого порового раствора переносить её в процессе испарения.

Значительное снижение скорости перераспределения соли на завершающих этапах испарения означает, что при испарении некоторая часть соли кристаллизовалась на поверхности песчаных частиц в верхней части колонки, способствуя уменьшению объема порового пространства, попутно формируя цементационные контакты, которые снизили количество сообщающихся пор [1]. Эти явления привели к тому, что процесс испарения воды осложняется и затрудняется, а значит, и скорость солепереноса при этом будет уменьшаться.

Быстрее всего соли мигрируют к фронту испарения в гравелистом песке, затем в крупном однородном и неоднородном, а в последнюю очередь - в среднем. Это объясняется тем, что гравелистый песок обладает большим поровым пространством, воздух легко проникает между частицами, соляной раствор активнее перемещается к фронту испарения, а сама влага менее связана с поверхностью частиц. По мере уменьшения размера частиц эта способность снижается, влага сильнее удерживается вокруг частиц капиллярными силами, что в итоге приводит к снижению скорости солепереноса.

Заключение. Таким образом, в ходе исследования была выявлена динамика солепереноса в песках разного гранулометрического состава и степени неоднородности. Изучена скорость солепереноса за разные отрезки времени.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 17-05-00944а.

Список литературы:

1. *Королёв В. А., Блудушкина Л. Б.* Влияние степени водонасыщенности грунтов и концентрации электролита порового раствора на испарение влаги из песков // Инженерная геология. 2010. № 4. С. 54–59.
2. *Лопатовская О. Г.* Мелиорация почв. Засоленные почвы. - Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. – 123 с.
3. *Рудницкая Н.В.* Минерализация природных вод (Минерализованные воды) // Мелиоративная энциклопедия. – М.: Росинформагротех, 2004. – Т. 2. – С. 176.

REGULARITY OF SALT TRANSPORT IN SANDS DURING EVAPORATION OF WATER FROM THEM

Korolev V.A.¹, Larkina M.A.²

Moscow State University of M.V. Lomonosov, Russia, Moscow, e-mail: va-korolev@bk.ru;

¹marinkalarkina@mail.ru²

Annotation: The process of salt transport in sands during evaporation of water from them was investigated. The dependence of the rate of salt transfer in the sands on their granulometric composition and evaporation time has been revealed.

Keywords: salt transport during evaporation of water, the speed of salt transport, conductivity, salinity

УДК 624.131

УПРАВЛЕНИЕ ПОГЛОТИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ

Родькина И.А.¹, Самарин Е.Н.²

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, e-mail: ¹irina-rodkina2007@yandex.ru; ² samarinen@mail.ru

Аннотация: В статье рассматривается возможность изменение сорбционных свойств песчаных грунтов по отношению к свинцу, для создания фильтрующего геохимического барьера при строительстве полигонов ТБО.

Ключевые слова: грунтовые композиты, геохимический барьер, полигоны ТБО, карбамидная смола, песчаные грунты, свинец.

Возрастающие темпы развития промышленности и необычайно высокие темпы урбанизации территорий приводят к трансформации окружающей среды. Происходит загрязнение территорий, выражающееся в виде увеличения объемов твердых отходов, жидких стоков, пылеватых и газовых выбросов. Соответственно на сегодняшний день, чрезвычайно остро стоит проблема складирования в окружающей среде большого количества загрязняющих и отравляющих веществ в виде различных полигонов захоронения отходов.

В России строительство полигонов захоронения отходов обычно ведется из местных грунтов с низким коэффициентом фильтрации. При отсутствии малопроницаемых грунтов, существующие нормативные документы [1, 6] предусматривают использование специально разработанных покрытий, с низкими коэффициентами фильтрации. По мнению многих специалистов, такой подход не совсем правилен, так как герметичность подстилающего слоя может быть легко нарушена [1, 2, 6]. Следует отметить, что очень часто полигоны ТБО строятся в бортах естественных врезов сложенных песками или же в заброшенных песчаных карьерах (Царево, Пушкинский район МО; Алексенский карьер, Клинский район МО; Икша-2 МО) и др [5, 7].

Для полного предотвращения возможности проникновения загрязняющих веществ в подстилающие грунты и водоносные

горизонты необходимо применять комплексный подход, включающий не только предотвращение фильтрации, но и надежное фиксирование токсикантов на геохимическом барьере. Для того чтобы увеличить активную поверхность предполагаемого геохимического барьера он должен быть хорошо фильтрующим, что возможно на основе песчаных грунтов. Также необходимо учесть то, что предлагаемый барьер при изменении условий (рН, Eh и т.д.) не будет работать как вторичный загрязнитель, отдавая сорбированные токсиканты обратно в окружающую среду.

Перспективными для создания подобного геохимического барьера могут быть модифицированные карбамидной смолой песчаные грунты, т.к. такие смолы полимеризуются, причем необратимо в кислой или слабокислой среде (отходы большинства производств имеют именно такие уровни рН).

В качестве вещества, по отношению к которому изучалась поглотительная способность модифицированных песчаных грунтов, был выбран свинец. Это элемент является одним из наиболее опасных, т.к. не обладает никакими биологическими функциями, из-за чего токсичен для живых организмов при любых концентрациях.

Модифицированные песчаные грунты были приготовлены по ранее описанной методике [4, 5, 7] на основе фракций песка различной дисперсности: грубо-, крупно- и среднезернистый. Затем песок в объемной пропорции 1:1, 1,5:1, 2:1, а для экспериментов на крупнозернистом песке еще и в соотношении 3:1, смешивался с карбамидной смолой. Полученный модифицированный грунт без предварительного уплотнения помещался в фильтрационную установку, через которую фильтровался раствор нитрата свинца с концентрацией 0,1 н с рН=2,0.

Эксперименты проводились при 3-х скоростях фильтрации: 10^{-6} см/с, 10^{-5} см/с, 10^{-4} см/с и градиенте напора $I=10$.

После окончания эксперимента, грунтовые композиты были подвержены поэтапной экстракции по обще принятым методикам [3].

Для единократного анализа фильтрата отбиралась аликвота, равная объему смолы в данном образце (здесь и далее «поровый объем»), в которой контролировалось рН, концентрация Pb^{2+} и H_2CO_3 . Концентрация Pb^{2+} в растворе определялась атомно-адсорбционным методом и на инверсионном вольтамперметре. Концентрация свинца в образцах определялась на приборе СПЕКТРОСКАН МАКС – GV. Количество свинца, оставшегося на фильтрах, определялось по методике Крупской и Александровой (ГОСТ Р 50686-94).

Сорбция свинца модифицированным песчаным грунтом

Количество сорбированного свинца, рассчитанное по разности концентраций в исходном и равновесном растворах и определенное по анализу твердой фазы, различается не более чем на 3%

Результаты сорбции свинца на модифицированных грунтах на основе грубозернистого песка показали, что наибольшее количество свинца сорбируется грунтами, приготовленными с соотношением смола: песок 1:1, при всех скоростях фильтрации. Наблюдается зависимость количества сорбированного свинца от скорости фильтрации: чем ниже скорость, тем большее количество свинца сорбируется модифицированным грунтом. После экспериментов все модифицированные грунты были проанализированы при помощи бинокуляра при увеличении 7,5*.

В грунтах, приготовленных при соотношении смола: песок 1:1 при увеличении скорости фильтрации с 10^{-6} см/с до 10^{-5} см/с наблюдается увеличение размера агрегатов смолы с 1-2 мм (что сопоставимо с размером песчаных зерен) до 5-6 мм. При соотношении смола: песок 1:1,5 наблюдается примерно такая же картина с той разницей, что крупных агрегатов смолы в процентном соотношении образуется больше и их размер также увеличивается до 7-8 мм.

При уменьшении количества смолы до соотношения смола: песок 1:2 наблюдается несколько другая картина. Уже при скорости фильтрации 10^{-6} см/с отмечено, что агрегаты смолы распределены неравномерно по отношению к песку и образуют структуры, превышающие размеры зерен песка. С увеличением скорости фильтрации эти агрегаты увеличиваются и достигают в размере 1 см и более.

Соответственно, при уменьшении времени взаимодействия песчаного грунта с кислым свинецсодержащим раствором и уменьшении количества смолы по отношению к песку, процесс полимеризации смолы идет быстрее, образуются агрегаты смолы, по размерам превышающие размер песчаных зерен. Из-за этого уменьшается поверхность взаимодействия грунта с раствором токсиканта, что ведет в свою очередь к уменьшению поглотительной способности песчаного грунта. С одной стороны, агрегаты смолы (после эксперимента) не обволакивают зерна песка, цементируя их или образуя поверхностные пленки. С другой стороны, из-за того, что смола не образует агрегатов крупнее 1 см, сорбционная емкость композита в 2,5 раза больше, чем у чистой смолы [3].

Наибольшее количество свинца сорбируется модифицированными грунтами на основе крупнозернистого песка,

приготовленными при объемном соотношении смола: песок 1:2 и 1:1,5 (при скорости 10^{-5} см/с - 313 мг/см³ и 289 мг/см³ соответственно). При уменьшении или увеличении доли смолы (до соотношений 1:3, 1:1) количество сорбированного свинца уменьшается в 3 раза по сравнению с образцами, приготовленными с соотношением смола: песок 1:2, 1:1,5. Кроме того, обращает на себя внимание, что в модифицированных грунтах на основе крупнозернистого песка не наблюдается увеличения сорбционной емкости по отношению к свинцу при уменьшении скорости фильтрации.

Результаты экспериментов в модифицированных грунтах, приготовленных на основе среднезернистого песка показали, что наибольшее количество свинца сорбируется грунтами, приготовленными с соотношением смола: песок 1:1,5 (от 350 до 495 мг/см³).

В этом случае, как и в экспериментах с модифицированными грунтами на основе грубозернистого песка, наблюдается зависимость от скорости фильтрации. С уменьшением количества смолы в грунтах до соотношения смола: песок 1:2 или с ее увеличением до соотношения смола: песок 1:1 наблюдается снижение количества сорбированного свинца (при скорости фильтрации 10^{-4} см/с до 80 мг/см³ и 100 мг/см³ соответственно, при скорости фильтрации 10^{-6} см/с до 260 мг/см³ и 200 мг/см³ соответственно).

Таким образом, наилучшие результаты были получены у грунтов на основе среднезернистого песка с соотношением смола: песок 1:1,5, уменьшение или увеличение количества смолы в модифицированных грунтах ведет к снижению сорбционной емкости последних. По-видимому, за счет нанесения на более мелкие частички песка, образуется более тонкий слой смолы, а не «сгустки», заполняющие крупные поры, как в грубозернистых песках. Соответственно смола, полимеризуясь, как бы обволакивает частички песка. В результате в грунтах образуются достаточно крупные стекловатые агрегаты (до 2 см в диаметре), в которых зерна песка сцементированы полимеризованной карбамидной смолой, что и подтверждается бинокулярными исследованиями. Причем, чем ниже скорость фильтрации, тем больше агрегаты, что можно объяснить увеличением времени взаимодействия.

После эксперимента некоторые образцы были подвержены постадийным экстракциям по общепринятым методикам [3,8]. Как и в экспериментах на чистой карбамидной смоле [3], из грунтовых композитов не удалось извлечь какие либо количества свинца, что еще

раз подтверждает тезис о жестком встраивании свинца в структуру смолы.

Проведенные эксперименты убедительно показывают эффективность использования карбамидной смолы для создания модифицированного песчаного грунта с высокой сорбционной емкостью по отношению к свинцу. В целом на основании результатов анализа всех модифицированных грунтов можно говорить о том, что при уменьшении размера частиц песка в системах, количество смолы может быть уменьшено, при этом сорбционная емкость модифицированных грунтов увеличивается. Это можно объяснить тем, что коэффициент смачивания у среднезернистых песков больше чем у крупно- и грубозернистых, соответственно фильтрация раствора свинца идет более равномерно по объему грунта.

Количество сорбированного свинца грунтами на основе среднезернистого и грубозернистого песка зависит от скорости фильтрации, чем ниже скорость, тем большее количество свинца сорбируется грунтовыми композитами. В грунтах на основе крупнозернистого песка такой зависимости не наблюдается, что, по-видимому, связано с качеством укладки образцов в фильтрационную установку. Сорбционная емкость всех грунтовых композитов находится в диапазоне от 50 до 495 мг/см³ образца и зависит от скорости фильтрации, размера зерен песка, соотношения смола: песок, и от качества укладки модифицированных грунтов.

Список литературы:

1. *Бартоломей А.А., Брандл Х., Пономарев А.Б.* Основы проектирования и строительства хранилищ отходов. Учеб. пособие. М.: Изд-во АСВ, 2004. 144 с.
2. *Давыдова С.В.* Доклад о свинцовом загрязнении окружающей среды и его влиянии на здоровье населения // Зеленый мир, 1997, №5. С. 157-169.
3. *Родькина И.А., Самарин Е.Н.* К вопросу возможности использования карбамидных смол для создания искусственных грунтов с высокой сорбционной емкостью // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. М.: Изд-во МГУ, 2009, №6. С. 38-45.
4. *Родькина И.А., Самарин Е.Н., Ларионова Н.А.* Влияние состава аутигенных пленок на сорбцию свинца в песках // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. М., 2009, №3. С. 248 - 257.
5. *Родькина И.А., Самарин Е.Н.* Научные основы создания сорбционных геохимических барьеров по отношению к свинцу на основе аминопласт-грунтовых композитных материалов// Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. М.: Изд-во МГУ, 2015, №2, С. 98-103
6. СНИП 2.01.28-85. Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию. М.: Стройиздат, 1985. 16 с.

7. Rodkina I.A., Samarin E.N. Scientific Essentials of Developing Geochemical Sorption Barriers against Lead Based on Aminoplastic Ground Composite Materials // Moscow University Geology Bulletin, 2015. Vol 70, № 2, с. 171-176 DOI

8. Tessier A., Campbell P.G.C., Bisson M. Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals. // Analytical chemistry. 1979. Vol 51. P.844-851.

CHANGING ABSORPTION CAPACITY OF SANDY SOILS

Rodkina I. A.¹, Samarin E.N.²

Moscow state University, Moscow, Russia, e-mail: ¹irina-rodkina2007@yandex.ru; ²samarinen@mail.ru

Abstract: the article considers the possibility of changing the sorption properties of sandy soils in relation to lead, to create a filtering geochemical barrier in the construction of landfills.

Key words: ground composites, geochemical barrier, landfills, urea resin, sand soils, lead.

УДК 624.131

ВЛИЯНИЕ ОКАТАННОСТИ ЗЕРЕН НА ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОТНОСТИ СЛОЖЕНИЯ АРКЗОВЫХ И ГРАУВАККОВЫХ ПЕСКОВ

Самарин Е.Н.¹, Балькова С.Д.², Като Ю.³, Худаярова А.Б.⁴

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия, e-mail: ¹samarinen@mail.ru, ²balykova@geol.msu.ru, ³kiname@mail.ru, ⁴ahudayarova@mail.ru

Аннотация: В составе аркозовых и граувакковых песков содержится существенное количество зерен полевых шпатов и обломков горных пород. Окатанность и сферичность песчаных зерен разного состава сильно различается. В результате показатели плотности сложения таких песков в большинстве случаев не соответствуют принятым в нормативных документах.

Ключевые слова: кварц, полевые шпаты, обломки горных пород, плотность в рыхлом и плотном сложении.

Введение. Хорошо известно, что с целью получения необходимых для проектирования показателей состава, сложения и свойств песков в массивах широко используются методы статического зондирования. Как правило, значение лобового сопротивления служит для оценки коэффициента пористости песка при использовании известных зависимостей (таблица И.1 СП 47.13330.2012; таблица 10 [4]; таблица Б.12 ГОСТ 25100-2012 [1]). И если возможность применения статического зондирования для косвенной характеристики прочностных и деформационных свойств ограничивается кварцевыми и кварц-

полевошпатовыми песками (олигомиктовыми – в классификации Шванова), то классификация песков по степени сложения полностью лишена петрографических особенностей. В зависимости от гранулометрического состава песков значение коэффициента пористости в плотном сложении изменяется от 0,55 до 0,60, а в рыхлом – от 0,70 до 0,80. Олигомиктовые пески относятся к зрелым, для которых характерны высокие окатанность и сферичность. Тем не менее в случае аркозовых и граувакковых песков показатели плотности могут существенно отличаться.

Объекты исследования. Для анализа были отобраны следующие образцы. Образцы 1, 2, 3 относятся к пойменной фации голоценового аллювия. Отобраны в районе кордона Момского природного парка, выше устья р.Эреkit. Борта долины реки Мома сложены отложениями вулканогенно-терригенной формации позднечурачского возраста, терригенной формации мелового возраста и неогена. Породы представлены аргиллитами, алевролитами, песчаниками, сланцами, туфами и туфобрекчиями, конгломератами. Кроме того, в зоне эрозии р.Момы и ее притоков встречаются ледниковые, водно-ледниковые, пролювиальные отложения, представленные валунно-галечным, песчаным и глинистым материалом.

Образец 4 – пойменный голоценовый аллювий. Отобран в верхнем течении левого безымянного притока р.Индикирки, в пределах горной страны Черского. Точка отбора расположена в пределах развития гранитоидной формации поздней юры-раннего мела. Аллювиальные отложения голоцена в долине притока представлены преимущественно песчано-гравийно-галечным материалом.

Образец 5 – озерный (пляжевый) песок голоценового возраста, отобран на оз.Гольцовое. Озеро Гольцовое находится на севере Хибинского массива, имеет горно-ледниковое происхождение. Хибинский массив представляет собой крупную интрузию нефелиновых сиенитов, мейтельгит-уртитов и апатито-нефелиновых пород. Особенностью интрузива является присутствие большого количества ксенолитов и останцов архейских гнейсов и кварцевых диоритов, протерозойских осадочно-вулканогенных пород и палеозойских ромбен-порфиров, туфов и туффитов.

Методика исследований. Выполнено изучение минерального, петрографического и гранулометрического составов по общепринятым методикам [2], окатанности и сферичности песчаных зерен [3], а также плотности песков в рыхлом и плотном сложении [2]. Название песков дано по ГОСТ 25100-2012.

Результаты исследования. Результаты рентгеноструктурного анализа показали, что для всех исследованных образцов характерен весьма пестрый минеральный состав, характерный для пород, развитых в местах опробования, в котором в наибольшее содержание имеют кварц, плагиоклаз (среднего состава) и калиевый полевой шпат:

- образец 1: хлорит - 4 %; смешанослойный слюда-сметит - 2 %; слюда - 4 %; кварц - 72 %; плагиоклаз - 18 %.
- образец 2: хлорит - 4 %; смешанослойный слюда-сметит - 4; слюда - 6 %; роговая обманка - 3 %; кварц - 59 %; плагиоклаз - 24 %.
- образец 3: хлорит - 5 %; смешанослойный слюда-сметит - 4; слюда - 7 %; пироксен - 5 %; кварц - 46 %; плагиоклаз - 32 %; пирит - 1 %.
- образец 4: смектит - 1 %; цеолит - 1; слюда - 4 %; кварц - 46 %; КППШ - 18 %; плагиоклаз - 30 %.
- образец 5: слюда - 1 %; роговая обманка - 2 %; гетит - 1 %; кварц - 20 %; плагиоклаз - 11 %; доломит - 4 %.

Все остальные минералы: хлорит, смешанно-слоистые, слюда, цеолит, пирит, роговая обманка, доломит, - имеют подчиненное значение.

Изучение петрографического состава позволило определить литологический тип исследованных образцов песков (рис. 1; табл. 1):

Проведенные исследования показали, что все образцы содержат в составе значительное количество обломков пород - от 14 до 56 %. Образцы 1-3 относятся к кварцевым граувакковым, образец 4 - представляет типичный аркозовый песок, а образец 5 - полевошпатовый граувакк. Изучение образцов под оптическим микроскопом (рис. 1) показало, что все петрографические типы песчаных зерен имеют приблизительно сопоставимый размер. Исключение составляет разве что образец 3. Это подтверждается данными гранулометрического состава: для упомянутого образца содержание преобладающей фракции менее 50 %, тогда как для остальных - превышает 60 % (рис. 2).

Для всех образцов характерна плохая окатанность: в образцах 1-2 песчаные частицы в подавляющей массе слабоокатанные, в образце 3 - слабоугловатые, в образцах 4-5 - сильноугловатые (по [3]). Показатель сферичности (по Э.Сниду и Р.Фолку [6]) частиц лишь для образцов 4 и 5 приближается к 0,7, тогда как для остальных образцов не превышает 0,55.

Полученные морфологические особенности песчаных зерен исследованных образцов оказывают существенное влияние на показатели плотности сложения (табл. 2).

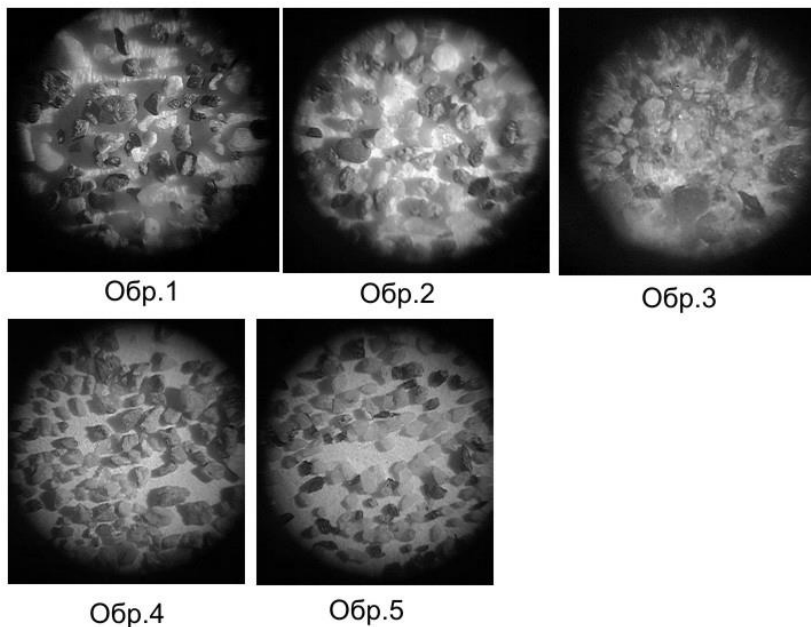


Рис. 1. песчаные зерна под микроскопом. Увеличение: образцы 1, 3, 4, 5 – $\times 20^*$, образец 2 – $\times 40^*$.

Таблица 1

Петрографический состав исследованных песков

Образец	Название по ГОСТ 25100-2012 / Петрографический тип песков - по классификации В.Н.Шванова [5]	Содержание, %		
		Кварц	Полевые шпаты	Обломки пород
1	Песок средней крупности / кварцевый граувакковый	32	12	56
2	Песок мелкий / кварцевый граувакковый	51	4	45
3	Песок средней крупности / кварцевый граувакковый	44	28	27
4	Песок средней крупности / аркозовый	32	54	14
5	Песок средней крупности / полевошпатовый граувакковый	21	53	26

Как свидетельствуют полученные данные, коэффициенты пористости в плотном и рыхлом сложении аркозовых и граувакковых песков, отличающихся слабой окатанностью и низкой сферичностью, существенным образом отличаются от классификационных значений, приведенных в ГОСТе 25100-2012. Необходимо отметить также, что для более широкой выборки – 9 образцов, - исследованной С.Д.Бальковой и А.Б.Худаяровой, получены следующие значения коэффициентов пористости: в рыхлом сложении – 0,94 при среднеквадратическом отклонении 0,05; в плотном сложении – 0,67, при среднеквадратическом отклонении 0,04.

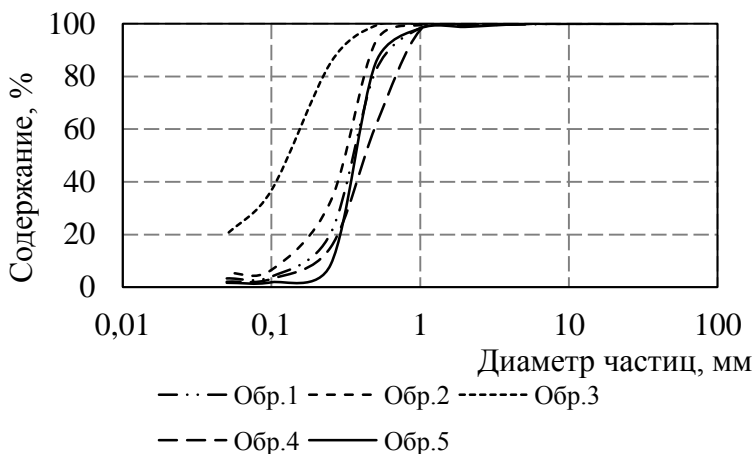


Рис. 2. Кривые гранулометрического состава исследованных образцов

Таблица 2
Плотность исследованных образцов песков в рыхлом и плотном сложении

Образец	Название по ГОСТ 25100-2012	Коэффициент пористости, д.е.	
		В рыхлом сложении	В плотном сложении
1	Песок средней крупности, кварцевый граувакковый	0,90	0,59
2	Песок мелкий, кварцевый граувакковый	0,93	0,60

3	Песок средней крупности кварцевый граувакковый	0,96	0,69
4	Песок средней крупности аркозовый	0,97	0,64
5	Песок средней крупности, полевошпатовый граувакковый	0,90	0,59

Заключение. Проведенное исследование показало, что плотность сложения песков существенным образом зависит от формы и степени окатанности песков, которая резко отличается для аркозовых и граувакковых песков. Следовательно, классификация песков по плотности сложения, используемая в ГОСТе, не отражает всего многообразия свойств песчаных грунтов и требует более детальных ревизионных исследований.

Список литературы:

1. ГОСТ 25100-2012. Грунты. Классификация.
2. Лабораторные работы по грунтоведению: учебное пособие / Под ред. В.Т.Трофимова и В.А.Королева. Изд. 3-е исп. и доп. М.: КДУ. 2017. 654 с.
3. *Лидер М.Р.*. Седиментология. Процессы и продукты. Пер. с англ. М.: Мир. 1986. 439 с.
4. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83). Под ред. Е.А.Сорочана. М.: Стройиздат. 1986.
5. *Шванов В.Н.* Петрография песчаных пород (компонентный состав, систематика и описание минеральных видов). Л.: Недра. 1987. 269 с.
6. *Sneed E.D., Folk R.L.* Pebbles in the lower Colorado River, Texas: a study in particle morphogenesis / The Journal of Geology. 1958. Vol. 66. № 2. P. 114-150.

INFLUENCE OF ROUNDNESS OF THE GRAINS ON THE DENSITIES OF THE ARCOSOLIA AND GREYWACKE SANDS

Samarin E.N., Balykova C.D., Kato Y., Khudayarova A.B.

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия, e-mail: balykova@geol.msu.ru, samarinen@mail.ru, kiname@mail.ru,

Annotation: There are a substantial amount of grains of feldspars and fragments of rocks in the arcosolia and greywacke Sands composition. The flatness and sphericity of sand grains of different composition varies greatly. As a result, the densities of the addition of these Sands in most of the cases did not conform to the regulations.

Keywords: quartz, feldspar, rock fragments, density in loose and dense addition.

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА

Худаярова А.Б.¹, Балыкова С.Д.²

Геологический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия, e-mail:

¹a.khudayarova@mail.ru; ²balykova@geol.msu.ru

Аннотация: В статье рассматриваются песчаные грунты различного генезиса и возраста и минерально-петрографического состава. Проанализированы особенности минерального состава у более 100 образцов. Большая часть исследованных грунтов голоценового возраста, часть – более древнего: позднеплейстоценового, среднеплейстоценового, неогенового и мелового возрастов. В итоге для каждого генетического типа выделены три характерные ассоциации минералов.

Ключевые слова: пески, минеральный состав, песчаные грунты, генезис

Качественный и количественный минеральный состав песков определен с помощью рентгеновского дифрактометра ULTIMA-IV, приобретенного за счет средств Программы развития МГУ (анализ осуществлен снс В.В.Крупской и вед.инженером С.В.Закусиным).

В соответствии с классификацией Е.М. Сергеева [1] большинство исследованных грунтов отнесены к моно- и биминеральными (рис. 1).

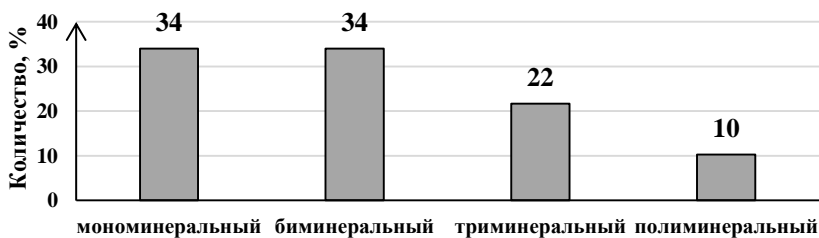


Рис. 1. Процентное соотношение видов изученных песков по минеральному составу

Полиминеральные пески описаны среди морских пляжевых, аллювиальных горных, аллювиально-пролювиальных, озерных, флювиогляциальных, элювиальных и вулканогенно-осадочных.

Группы минералов в составе изученных песков различного генезиса представлены в таблице.

Среди исследованных мономинеральных песков выделены кварцевые, полевошпатовые и карбонатные (рис. 2).

Кварц, как наиболее часто встречающийся минерал в песках, присутствует как в виде отдельных зерен, так и в составе обломков горных пород. Встречаются также кварцевые ожелезненные мономинеральные пески. Ожелезнение присуще аллювиальным доголоценовым пескам, флювиогляциальным.

Пески, характерные для территории Хибин и Камчатки (аллювиальные, озерные), – мономинеральные полевошпатовые, при этом для песков Камчатки характерно присутствие основных плагиоклазов – битовнита, анортита.

Таблица 1

Группы минералов в составе изученных песков различного генезиса

Генезис / Группа	Главная часть (>10%)	Второстепенная часть (1-10%)	Аксессуары минералы (<1%)
Морские	Кварц, полевые шпаты, карбонаты	Пироксены, амфиболы, слюды, глинистые минералы	Пирит, лизардит, кристаболит, апатит, родохрозит
Аллювий равнинный голоценовый	Кварц, полевые шпаты	Карбонаты	Глинистые минералы
Аллювий горный голоценовый	Кварц, полевые шпаты, слюды	Карбонаты, пироксены, амфиболы, глинистые минералы	Рутил, титанит, гранат, оливин, лизардит
Аллювиально-пролювиальные	Кварц, полевые шпаты	Амфиболы, пироксены и глинистые минералы	Пирофиллит, карбонаты, гематит
Озерные	Кварц, полевые шпаты	Амфиболы, пироксены, карбонаты и глинистые минералы	Пирит, анатаз, кассетерит, шпинель, гранат
Ледниковые	Кварц, полевые шпаты	Амфиболы, пироксены, глинистые минералы	Карбонаты, гематит и кианит
Эоловые	Кварц, полевые шпаты	Карбонаты, глинистые минералы	Амфиболы, лизардит, кианит, анатаз
Элювиальные	Кварц, глинистые минералы	Полевые шпаты	Карбонаты
Вулканогенные	Вулканическое стекло, полевые шпаты		Куприт, рудные минералы
Морские вулканогенные	Полевые шпаты, амфиболы, пироксены		Оливин

Техногенные	Кварц	Полевые шпаты	Глинистые минералы
-------------	-------	---------------	--------------------

Все исследованные карбонатные мономинеральные пески являются детритовыми.

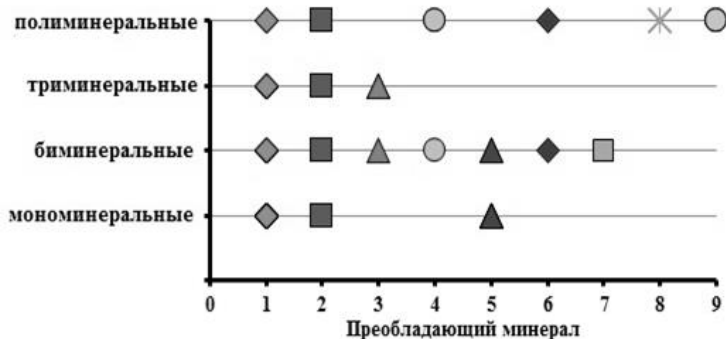


Рис. 2. Виды исследованных песчаных грунтов по минеральному составу и преобладающие в них минералы: 1 – кварц; 2 – полевошпатовый; 3 – амфиболы, пироксены; 4 – кальцит; 5 – карбонатный детрит; 6 – гранаты; 7 – слюды; 8 – вулканическое стекло; 9 – обломки горных пород

Разнообразие преобладающих минералов и генетических типов песков увеличивается в биминеральных песках (рис. 2, 3). Преобладающими минералами помимо кварца, полевошпатового и карбонатов, могут быть пироксены, гранаты, слюды.

Преобладающими минералами в триминеральных песках, отобранных в различных регионах, являются кварц, полевошпатовые и амфиболы-пироксены. Генетическое разнообразие среди триминеральных песков сократилось. Среди них присутствуют лишь морские пляжевые и дочетвертичные, аллювиальные горные, озерные и флювиогляциальные пески.

Все изученные пески, в составе которых преобладают вулканическое стекло или обломки горных пород, являются полиминеральными.

Морские пляжевые пески включают в своем составе кроме кварца и полевошпатовых различное количество карбонатов, в том числе арагонитового детрита. Могут присутствовать глинистые минералы, такие как иллит, каолинит и хлорит. Морские шельфовые и

дочетвертичные пески являются кварцевыми. Кварц – устойчивый минерал, что объясняет его преобладание в дочетвертичных грунтах.

Представленные аллювиальные равнинные пески по минеральному составу достаточно однородны, преобладают кварц и полевые шпаты. Состав песков горного аллювия неоднородный, помимо полевого шпата и кварца преобладающими минералами могут быть карбонаты (р. Белая и р. Бзыбь), присутствуют пироксены, амфиболы и глинистые минералы. Доголоценовый аллювий имеет мономинеральный состав, преобладающим минералом в которых является кварц. В минеральном составе всех вулканогенно-аллювиальных песков преобладает вулканическое стекло.

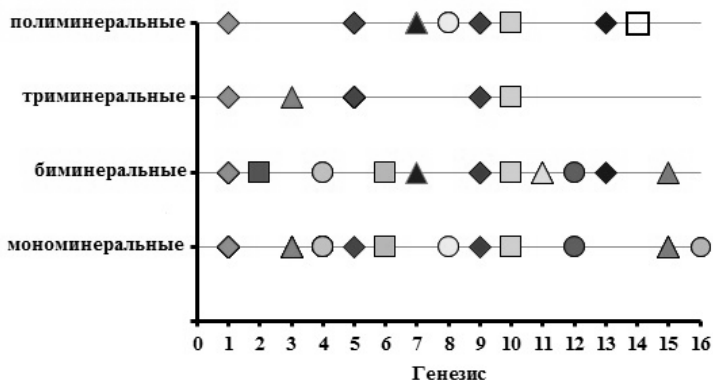


Рис. 3. Виды исследованных песчаных грунтов по минеральному составу среди изученных генетических типов: 1 – морские пляжевые; 2 – морские шельфовые; 3 – морские дочетвертичные, 4 – аллювий равнинный голоценовый; 5 – аллювий горный голоценовый; 6 – аллювий доголоценовый; 7 – вулканогенно-аллювиальные; 8 – аллювиально-пролювиальные; 9 – озерные; 10 – водноледниковые; 11 – моренные; 12 – эоловые; 13 – элювиальные; 14 – вулканогенно-осадочные; 15 – вулканогенно-морские; 16 – техногенные

Среди аллювиально-пролювиальных песков есть как мономинеральные, так и полиминеральные, что определяется составом пород зоны эрозии водного потока их сформировавших: для Камчатки – это плагиоклазы и вулканическое стекло; на Приполярном Урале – кварц (разрушаются кварциты), в песках из Горного Алтая и Полярного Урала – обломки горных пород (песчаников, сланцев, алевролитов и

др.). Кроме того, присутствуют карбонаты, пироксены, амфиболы, пирофиллит и глинистые минералы.

Озерные пески, как и морские пляжевые, различны по своему составу: полевошпатовые, пироксеновые и гранатовые. Особенностью состава озерных песков Кольского полуострова является присутствие в большом количестве обломков пироксена и амфиболов.

Состав водно-ледниковых песков в основном кварц-полевошпатовый. В отличие от флювиогляциальных, моренные пески имеют преимущественно полевошпатовый состав.

Золовые песчаные грунты моно- и биминеральные; в их минеральном составе преобладают полевые шпаты и кварц.

Состав элювиальных песков тесно связан с местом их образования. Так, например, образования, сформировавшиеся при выветривании пород таврической серии в Крыму, состоят преимущественно из обломков песчаников, алевролитов, аргиллитов и карбонатов; пески, отобранные на хр. Азиш-Тау (Адыгея) из элювия по песчаникам – из зерен кварца.

Следует отдельно выделить ряд вулканогенно-осадочных песков, представленных главным образом пепловыми отложениями Камчатки. Все образцы полиминеральны, и преобладающими компонентами в их составе являются вулканическое стекло, основные плагиоклазы, пироксены. Что же касается вулканогенно-морских песков, они моно- и биминеральные, в их составе преобладает вулканическое стекло и плагиоклазы.

Таким образом, в зависимости от содержания минералов все изученные пески различного генезиса были поделены на 3 группы (см. табл. 1).

Список литературы:

1. *Сергеев Е.М.* Грануло-минералогическая классификация песков. Вестн. МГУ, сер. физ.-мат. и естеств. наук, № 12, 1953.

MINERAL COMPOSITION OF VARIOUS GENESIS SANDS

Khudayarova A.B., Balykova S.D.

*Moscow State University, Moscow, Russia, e-mail: a.khudayarova@mail.ru;
balykova@geol.msu.ru*

Annotation: The article deals with sands of different Genesis, age and mineral-petrographic composition. The features of mineral composition of more than 100 samples were analyzed. Most of the studied soils have Holocene age, part - more ancient: late Pleistocene, mid-

Pleistocene, Neogene and Cretaceous ages. As a result, for each genetic type are identified three characteristic associations of minerals.

Keywords: sands, mineral composition of sands, Genesis

УДК 624.131

ВЛИЯНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА НА ФИЗИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО–МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕСЧАНО-ДРЕСВЯНЫХ ГРУНТОВЫХ СМЕСЕЙ

Чжан Шэнжун¹, Королёв В.А.²

Московский государственный университет им М.В. Ломоносова, Москва, Россия, e-mail:

cash_040608@hotmail.com; va-korolev@bk.ru

Аннотация: Статья посвящена вопросу влияния гранулометрического состава на физические и физико – механические свойства песчано-дресвяных грунтовых смесей. Установлено, что отношение диаметра частиц, как один из основных факторов, явно влияет на пористость грунтовых смесей. Что касается прочности песчано – дресвяных смесей, они обусловлено содержанием скелетных фракций.

Ключевые слова: песчано-дресвяные смеси, пористость, угла внутреннего трения, треугольная диаграмма

Регулирование гранулометрического состава, как один из эффективных способов улучшения свойств дисперсных грунтов, широко используется на практике. В связи с уникальностью для каждого грунта, гранулометрический состав оказывает важное и явное влияние на физические и физико–механические свойства грунтов и грунтовых смесей. Вследствие этого, изучение влияния гранулометрического состава на свойства (физические и физико-механические) является одним из важных направлений грунтоведения и технической мелиорации грунтов.

В.В. Охотин и др. ученые [1,4] оценили влияние гранулометрического состава на физические свойства (в том числе - пористость) грунтовых смесей. Их исследованиями было установлено, что отношение диаметра частиц D соседних фракций, составляющих грунтовые смеси, как одного из важных факторов, сильно влияет на физические свойства создаваемых грунтовых смесей. Установлено, что чем меньше величина D , тем резче изменяются физические свойства (плотность скелета, пористость, коэффициент пористости) грунтовых смесей.

Анализируя экспериментальные данные В.В. Охотина [4] и наши собственные результаты, нами установлено, что величина отношения пористости грунтовых смесей к пористости заполнителя ($n_{\text{mix}}/n_{\text{zp}}$) снижается при росте величин D независимо от размера скелетных частиц (рис. 1).

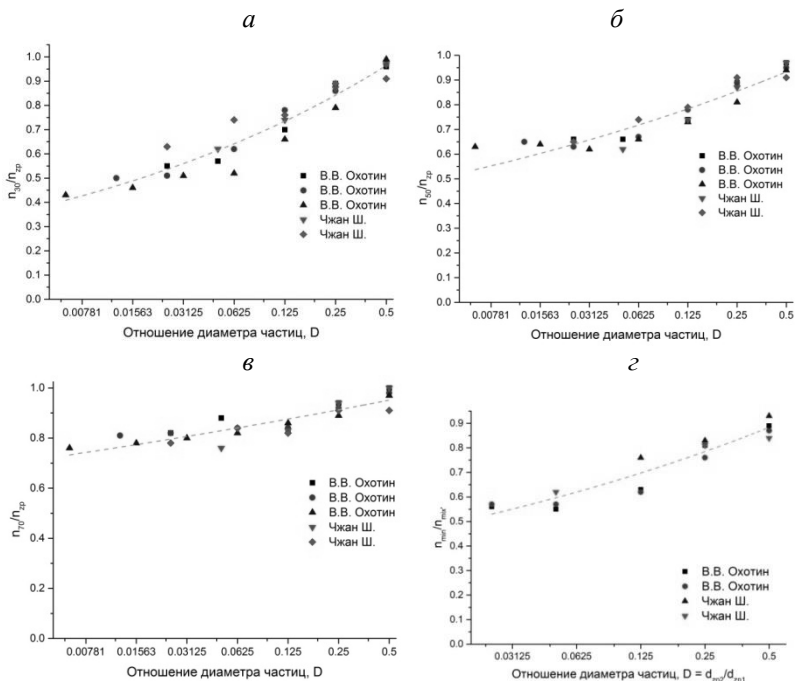


Рис.1 Зависимость снижения относительной пористости ($n_{\text{min}}/n_{\text{sk}}$) от диаметра частиц ($D = d_{\text{zp}1}/d_{\text{sk}}$) при разных массовых содержаниях заполнителей: а – 30%; б – 50%; в – 70%; г – зависимость степени снижения пористости ($n_{\text{min}}/n_{\text{mix}}$) от диаметра частиц ($D = d_{\text{zp}2}/d_{\text{zp}1}$); n_{min} , n_{mix} – минимальная пористость грунтовых смесей, состоящих из трех и двух фракций соответственно.

Эта закономерность соответствует следующей обобщенной степенной функции:

$$n_{min} = a * n_{zp1} \left(\frac{d_{zp1}}{d_{sk}}\right)^b \left(\frac{d_{zp2}}{d_{zp1}}\right)^c \quad (1)$$

где, n_{min} – минимальная пористость грунтовых смесей из трех фракций; n_{zp1} – пористость заполнителя I при плотном сложении; d_{sk} , d_{zp1} , d_{zp2} – диаметр скелетных частиц и заполнителей I и II, соответственно; a , b , c – коэффициенты, полученные статистическим расчетом.

Кроме того, положение экстремальной точки, отвечающей оптимальной смеси на треугольной диаграмме гранулометрического состава зависит от величины отношения диаметра частиц (d_{zp1}/d_{sk} и d_{zp2}/d_{zp1}). Таким образом, если нам известны величины пористости и отношения диаметра частиц трех составляющих фракций, можно легко определить положения точек оптимальных смесей на треугольной диаграмме, а также величины пористости с помощью полученной степенной функции. На основе полученных экстремальных точек грунтовых смесей из двух фракций можно построить треугольную диаграмму, которая характеризует закономерность изменения пористости грунтовых смесей при вариации их гранулометрического состава (рис. 2).

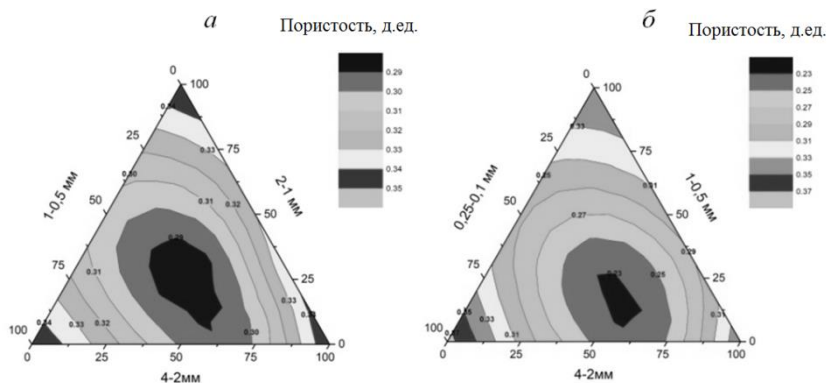


Рис. 2 Треугольные диаграммы изменения пористости смесей, состоящих из трех фракций: а – 4–2 мм, 2-1 мм и 1-0,5 мм; б – 4-2 мм, 2, 1-0,5 мм и 0,25-0,1 мм.

Что касается прочности песчано-древянных грунтовых смесей, они также явно обусловлены гранулометрическим составом смесей, и особенно особенно - массовым содержанием скелетных фракций [2].

При массовом содержании скелетных фракций в смесях больше 70% грунтовые смеси могут иметь значительную прочность (рис. 3, а, б, в). В этом случае контакты между частицами преимущественно состоят из контактов частиц скелетных фракций. Добавление в смесь заполнителя заполняет поры между частицами скелетных фракций, а передача контактных напряжений происходит преимущественно через частицы скелетных фракций с точки зрения теории дискретной среды.

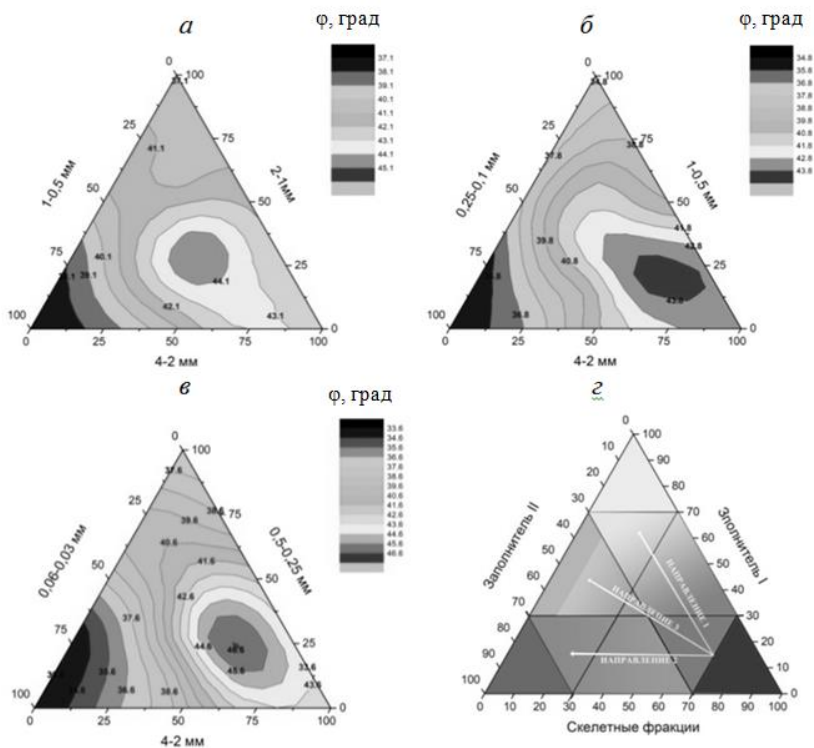


Рис. 3 Треугольные диаграммы изменения величин угла внутреннего трения (ϕ) грунтовых смесей, состоящих из трех фракций: а – 4-2 мм, 2-1 мм и 1-0,5 мм; б – 4-2 мм, 2, 1-0,5 мм и 0,25–0,1 мм; в – 4-2 мм, 0,5-0,25 мм и 0,06-0,03 мм; г – графическая модель направления изменения структуры скелетных фракций при снижении их содержания в смеси

Наряду с этим, иногда отмечается обратная зависимость - повышение угла внутреннего трения. Это обычно происходит при добавлении в смесь неокатанных частиц, вызывающих увеличение плотности. В этом случае частицы более эффективно контактируют друг с другом, и начинает проявляться структурное сцепление.

При массовом содержании скелетных фракций в смесях меньше 70% прочность грунтовых смесей падает за счет уменьшения доли контактов скелетных фракций. Частицы заполнителя как бы выполняют роль «смазки». Причем такое ослабление на треугольной диаграмме отражается вдоль 3-х направлений по их степени влияния на прочность грунтовых смесей, соответственно (см. рис. 3 з).

В этом случае повышается количество передаваемых контактных напряжений через частицы, что приводит к их рассеянию и снижению величин контактных напряжений [3]. При этом трение между частицами уменьшается и это вызывает снижение прочности грунтовых смесей.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 17-05-00944а.

Список литературы

1. Банник Г.И. Техническая мелиорация грунтов. М.: Изд-во Выща школа, 1976. 303 с.
2. Иванов. Н.Н. и др. Строительство автомобильных дорог. Изд-во, Транспорт, 1969. 469 с.
3. Королёв В. А., Чжан Шэнжун. Моделирование физико-механических свойств песчано-гравийных грунтовых смесей с помощью программы PFC // Инженерная геология. — 2018. Т. XIII, № 1-2. С. 6–20.
4. Охотин В.В. Лабораторные опыты по составлению дорожных грунтовых смесей по принципу наименьшей пористости. - Москва, 1929, 32 с.

INFLUENCE OF GRANULOMETRIC COMPOSITION ON PHYSICAL AND PHYSICO – MECHANICAL PROPERTIES OF SAND-GRAVEL SOIL MIXTURES

Zhang Shengrong¹, Korolev V.A.²

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, e-mail: ¹cash_040608@hotmail.com;
²va-korolev@bk.ru*

Annotation: this article is devoted to the question of influence of granulometric composition on physical and physico-mechanical properties of sand-gravel soil mixtures. It is established that the ratio of particle diameter, as one of the main factors, clearly affects the porosity of soil mixtures. As for the strength of sand – gravel mixtures, they are due to the content of skeletal fractions.

Key words: sand-gravel mixtures, porosity, angle of internal friction, triangular diagram

УДК 55; 624.131

ИДЕОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ МОНОГРАФИИ «ПЕСЧАНЫЕ ГРУНТЫ РОССИИ» И ЕЁ СТРУКТУРА

Трофимов В.Т.

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,
e-mail: trofimov@rector.msu.ru*

Аннотация: рассмотрены три идеологические позиции, на базе которых разрабатывается монография «Песчаные грунты России» – определение содержания грунтоведения как направления инженерной геологии, содержания термина «грунт», положение песчаных грунтов в общем многообразии грунтов и их слабая охарактеризованность в литературе. Отмечено, что разрабатываемая монография призвана устранить этот пробел как в отношении песков класса дисперсных грунтов, так и класса мёрзлых грунтов. Описана структура монографии (включает семь частей), названы её разработчики – сотрудники кафедры инженерной и экологической геологии и кафедры геокриологии МГУ имени М.В. Ломоносова.

Ключевые слова: грунтоведение, грунт, песчаный грунт, структура монографии «Песчаные грунты России».

Об идеологии создания монографии «Песчаные грунты России»

Она основывается на трёх позициях. *Первая из них.* Изучением грунтов в системе инженерно-геологических исследований занимается **грунтоведение**. Его содержание определяется так: *это научное направление инженерной геологии, исследующее состав, состояние, строение и свойства грунтов и сложенных ими грунтовых толщ (массивов), закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под воздействием современных и прогнозируемых геологических процессов, формирующихся в ходе развития земной коры под влиянием совокупности всех природных и антропогенных факторов в связи с инженерно-хозяйственной, прежде всего инженерно-строительной, деятельностью человечества [1,2,5].* Объектом изучения грунтоведения являются грунты и слагаемые ими грунтовые

толщи (массивы) верхней части разреза земной коры, а предметом – знания о грунтах, их составе, состоянии, строении и свойствах.

Вторая позиция. Даже на современном этапе развития грунтоведения содержание термина «грунт» понимается исследователями по-разному. Анализ различных подходов привёл автора [1,6] к необходимости введения такого содержания рассматриваемого понятия: *под грунтами следует понимать любые горные породы, почвы, осадки и антропогенные породоподобные геологические образования, рассматриваемые как многокомпонентные динамичные системы, исследуемые в связи с планируемой, осуществляемой или осуществлённой инженерной деятельностью человека.* В общем случае грунт – это минеральная, органоминеральная или минерально-органическая природная или искусственно созданная многокомпонентная, многофазовая система, включающая твёрдую, жидкую и газовую компоненты (как костную, так и живую), изучаемую в инженерно-геологическом отношении.

В этом определении названы все типы природных и искусственных (антропогенных) образований, которые могут использоваться как грунты, и чётко определена цель исследования. Слова «в связи с планируемой, осуществляемой или осуществлённой инженерной деятельностью человека» в явном виде реализуют идею А.П. Павлова о грунтах как интересующем исследователя и практика объекте независимо от его «использования в настоящем и будущем» и не исключают какой-либо тип систем, изучаемых в инженерной геологии [1,5,6].

Третья позиция. Всё многообразие грунтов по морфологическому признаку – характеру структурных связей – подразделяется на три класса: *скальные, мёрзлые и дисперсные.* **Песчаные грунты – неременный составляющий элемент двух последних классов.** В инженерно-геологической монографической литературе этот тип грунтов в отличие от грунтов глинистых и лёссовых охарактеризован очень слабо, даже в отношении класса дисперсных грунтов (наиболее крупными и известными являются книги П.И. Фадеева [7,8], А.Д. Потапова, Н.А. Платова и М.Д. Лебедева [4] и Г.А. Куприной [3]). В этой ситуации разрабатываемая *монография призвана восполнить этот пробел как в отношении песков класса дисперсных грунтов, так и класса мёрзлых грунтов.* В ней применительно к пескам развиваются идеи, в наиболее полном объёме выдвинутые в учебнике «Грунтоведение» [1] и монографии «Инженерная геология России. Том 1. Грунты России» [2].

О структуре монографии «Песчаные грунты России»

Монография включает семь частей. В первой из них рассматривается положение песков в общем многообразии грунтов и история инженерно-геологического изучения песков, во второй – состав, строение и свойства немёрзлых песчаных грунтов и типы слагаемых ими грунтовых толщ, в третьей – те же вопросы для *сезонно- и многолетнемёрзлых* песчаных толщ. Четвёртая часть посвящена описанию генетического многообразия песчаных грунтов России, в пятой части рассмотрено пространственное распределение на территории России грунтовых толщ, в строении которых принимают участие пески. В шестой части охарактеризованы методы управления состоянием и свойствами песчаных грунтов, в седьмой – опыт строительства на песчаных грунтовых толщах и использование песков как полезных ископаемых.

Кратко остановлюсь на содержании отдельных частей работы. Во второй её части на основе обобщения огромного материала описаны компонентный состав немёрзлых песчаных грунтов, все компоненты их структурно-текстурных особенностей и химические, физико-химические, физические, физико-механические и биотические свойства. В третьей части охарактеризованы принципиальные отличия состава твёрдого, жидкого и газового компонентов мёрзлых песчаных грунтов, их структурно-текстурных особенностей от немёрзлых песков, а также физико-химические, физические и физико-механические свойства. В четвёртой части отдельно рассмотрено генетическое многообразие плиоценчетвертичных и доплиоценовых немёрзлых песков как грунтов континентальных осадочных толщ, морских осадочных толщ и антропогенных образований. В ней же охарактеризованы состав, строение и свойства природных мёрзлых песчаных грунтов разных генетических типов и возраста – синкриогенных, эпикриогенных и диакриогенных, а также ледяные образования разного генезиса в песчаных толщах как грунты.

О разработчиках монографии «Песчаные грунты России»

Произведение такого содержания разрабатывается впервые. Оно составляется сотрудниками кафедры инженерной и экологической геологии и кафедры геокриологии геологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в рамках выполнения госбюджетной тематики и гранта РФФИ под научным руководством заведующего кафедрой В.Т. Трофимова. Им же

выдвинута идея создания монографии, предложена её структура, а также осуществляется содержательная и текстовая увязка и общее, «сквозное» редактирование всех материалов. Авторский коллектив монографии – В.Т.Трофимов, Т.И. Аверкина, Т.В. Андреева, С.Д. Балыкова, Ю.К. Васильчук, Е.А. Вознесенский, В.А. Королев, Н.С. Красилова, Н.А. Ларионова, Р.Г. Мотенко, С.К. Николаева, Е.Н. Самарин, В.В. Фуникова, Л.Н. Хрусталева.

Список литературы:

1. Грунтоведение. 6-е изд. / Трофимов В.Т., Королев В.А., Вознесенский Е.А., Голодковская Г.А., Васильчук Ю.К., Зиангиров Р.С.; под ред. В.Т. Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 2005, - 1024 с.
2. Инженерная геология России. Т. 1. Грунты России / Под ред. В.Т. Трофимова, Е.А. Вознесенского, В.А. Королева. – М.: Изд-во КДУ. 2011, - 672 с.
3. *Кутрина Г.А.* Кольматация песков / под ред. Е.М. Сергеева. – М.: Изд-во МГУ, 1968, - 173 с.
4. *Потапов А.Д., Платов Н.А., Лебедева М.Д.* Песчаные грунты. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009, - 256 с.
5. *Трофимов В.Т.* Содержание, структура и современные задачи инженерной геологии. Статья II // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология, 1997, № 2, с. 3-15.
6. *Трофимов В.Т.* Термин «грунт»: ретроспектива и современное содержание // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология, 2000, № 1, с. 58-61.
7. *Фадеев П.И.* Пески СССР. – М.: Изд-во МГУ, 1951. Ч. 1, - 290 с.
8. *Фадеев П.И.* Песчаные породы Мещерской низменности. – М.: Изд-во МГУ, 1969, - 274 с.

IDEOLOGY OF “SANDY SOILS OF RUSSIA” MONOGRAPH CREATING AND ITS STRUCTURE

Trofimov V.T.

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, e-mail: trofimov@rector.msu.ru

Abstract: three ideological positions, which are the basis of “Sandy soils of Russia” monograph, are considered: the definition of the content of soil engineering as a part of engineering geology, the content of the term soil/rock, the position of sandy soils in the general variety of soils and rocks, their insufficient characteristic in the literature. It is noted that being developed monograph is aimed to fill this gap both towards sands of disperse soils class as well as sands of frozen soils class. The structure of the monograph (includes seven parts) is described, its developers are named – staff of the Department of Engineering and Ecological Geology and of the Department of Geocryology of Lomonosov Moscow State University.

Key words: soil engineering, soil/rock, sand soil, structure of the monograph «Sandy Soils of Russia».

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕСКОВ ПАЛЕОГЕН-НЕОГЕНОВЫХ ФОРМАЦИЙ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Аверкина Т.И.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, Москва, Россия, e-mail: averkina@geol.msu.ru

Аннотация: Основные ареалы распространения палеоген-неогеновых песчаных грунтов приурочены к платформенным территориям, в меньшей степени – к межгорным впадинам орогенов. Они входят в состав морских и континентальных терригенных, молассовых и терригенно-кремнистой формаций. Пески кварцевые и полевошпатово-кварцевые, морские часто глауконитовые, а континентальные – каолинизированные. В некоторых формациях пески преобладают в разрезах, в других – сочетаются с глинистыми, осадочными сцементированными или крупнообломочными отложениями.

Ключевые слова: пески, формация, палеоген, неоген, терригенные, угленосные, моласса.

Песчаные грунты палеоген-неогенового возраста на территории России масштабнее всего представлены в пределах молодых и древних платформ в составе морских и континентальных терригенных и терригенно-кремнистой формаций.

На *Восточно-Европейской платформе* выделяется несколько подобных образований. К южным склонам Воронежской антеклизы и восточной окраине Донбасса приурочена *морская терригенная сероцветная формация палеоген-миоценового возраста*. Она залегает под толщей четвертичных отложений и лишь местами вскрывается в долинах рек. Формация объединяет пески, глины, алевролиты, реже песчаники и мергели, общая мощность которых превышает 100 м. Пески кварцевые и полевошпатово-кварцевые, в различной степени глауконитовые, преимущественно тонко- и мелкозернистые, нередко глинистые. В пределах Матвеево-Курганского месторождения содержание SiO_2 изменяется в них от 80,10 до 99,40 %, Al_2O_3 – от 0,50 до 5,00%, F_2O_3 – от следов до 7,30% [6]. В Донбассе пески берекского и киевского ярусов характеризуются соответственно средней плотностью 2,00 г/см³ и 1,52 г/см³, плотностью скелета 1,60 г/см³ и 1,45 г/см³, пористостью 35% и 43–47 %, естественной влажностью 14–18% и 8–36 %. На территории Воронежской антеклизы у песков угол естественного откоса в воздушно-сухом состоянии изменяется от 36 до 45⁰, под водой – от 26 до 40⁰. Некоторые разности обладают плавунными свойствами [2].

На Приволжской возвышенности развита *палеогеновая морская терригенно-кремнистая формация*, сложенная опоками, диатомитами и трепелами, переслаивающимися с глинами, песками и песчаниками. Она залегает неглубоко (до 30 м), имеет мощность до 200 м, обнажается на высоком правом берегу Волги и прослеживается практически непрерывной полосой от Ульяновска до Волгограда. Мощность песчаных пачек в разрезе формации может достигать до 50 м. Пески чаще кварцевые, тонко-, мелко- и среднезернистые, реже крупнозернистые. Отличаются хорошей сортировкой.

В районе Волго-Донского канала изучение песков бучакского яруса эоцена показало, что в разрезе встречаются пески мелко- средне- и крупнозернистые. Преобладают мелкозернистые разности, слабо глинистые, иногда пылеватые, зеленовато-серого цвета. По минеральному составу пески глауконитово-кварцевые с незначительным содержанием полевых шпатов и обязательным содержанием светлой слюды. Плотность твердых частиц составляет 2,66–2,69 г/см³; плотность в рыхлом сложении 1,25–1,34 г/см³, в плотном сложении 1,83–1,93 г/см³; коэффициент пористости в рыхлом сложении 0,989–1,131, в плотном сложении – от 0,334 до 0,462. Среднее значение угла внутреннего трения $\varphi=31^{\circ}$ [1].

На юге платформы в пределах Ергенинской возвышенности выделяется молодая *континентальная плиоценовая терригенная сероцветная формация* мощностью до 60–80 м. Она сложена песками с небольшими глинистыми прослоями в кровле и слоями песчаников в подошве. Ергенинские пески светлые, косослоистые, преимущественно мелкозернистые. В минеральном составе преобладает кварц (93,0–98,5 %), от 0,8 до 6,0 % приходится на полевые шпаты и до 3,0% – на глауконит [6]. По данным Ю.И. Панова в зоне аэрации пески имеют влажность от 1 до 20 %, плотность 1,49 г/см³, в рыхлом сложении – 1,35 г/см³, в плотном – 1,67 г/см³. Для среднезернистых разностей эти показатели равны 1,62, 1,25 и 1,65 г/см³ соответственно. Угол естественного откоса в сухом состоянии изменяется от 29 до 35⁰ (среднее значение 31⁰), под водой снижается до 27⁰. Коэффициент фильтрации составляет 12–38 м/сут [2].

На территории *Западно-Сибирской платформы*, в центральной и южной частях, под покровом новейших отложений выделяется *континентальная терригенная лигнитоносная формация олигоценового возраста*. Её мощность изменяется от 20 до 300 м, возрастая от периферии к центру плиты, в этом же направлении увеличивается глубина залегания. Толща представлена песками, супесями, суглинками и глинами с прослоями и линзами лигнитов и

бурых углей. В таблице приведены обобщенные показатели некоторых свойств песков, полученные при исследованиях в разных областях платформы.

Таблица

Свойства песков терригенной лигнитоносной формации олигоценового возраста (на основе данных из [3])

Показатели свойств	Зауральская область	Южная Обь-Енисейская область	Обско-Казымская область
плотность скелета, г/см ³	1,20–1,40	1,46–1,64	–
плотность частиц, г/см ³	2,63–2,67	2,58–2,67	2,64–2,66
пористость при рыхлом сложении, %	48–58	–	42–50
пористость при плотном сложении, %	37–48	–	30–40
угол естественного откоса в сухом состоянии, град.	22–45	–	33–35
угол естественного откоса под водой, град.	20–39	–	30–32

Изучение песков лигнитоносной формации на территории западной части Белогорского материка показало, что они кварцевые, однородные, на минералы тяжелой фракции приходится 1–7%. Преимущественное развитие здесь получили мелкие разности, реже встречаются пески средней крупности и пылеватые. В мелких преобладают частицы 0,25–0,1 мм (92%), в песках средней крупности 60 % составляют частицы диаметром 0,5–0,25 мм. Естественная влажность составляет 20–25%, степень влажности 0,8–1,0. Плотность в рыхлом сложении изменяется от 1,27 до 1,54 г/см³ (у песков средней крупности среднее значение 1,50 г/см³, мелких – 1,42 г/см³, пылеватых – 1,33 г/см³), в плотном сложении эти показатели возрастают на 0,2–0,3 г/см³ [3].

На древней *Сибирской платформе* в пределах Нижне-Алданской впадины развита *неогеновая терригенная сероцветная формация*, сложенная песчано-глинистыми породами мощностью от 45 до 800 м (максимальная – в центре впадины). Отложения заморожены до глубины 500 м, в верхних горизонтах местами отмечены повторно-жильные льды. Изучение 100-метровой части разреза данной формации в районе Якутска показало, что толща

представлена переслаиванием мелкозернистых песков и супесей, реже встречаются суглинки. Криотекстура песков массивная, влажность по 36 определениям изменяется от 15,9 до 22 % (среднее значение 19%), плотность мерзлого грунта 1,97–2,1 г/см³ (среднее 2,0 г/см³), плотность скелета 1,64–1,85 г/см³ (среднее 1,65 г/см³), коэффициент пористости 0,45 – 0,83 (среднее 0,60). Объемная теплоемкость песков имеет среднее значение 2,09 кДж/м³·град, коэффициент теплопроводности 5,8·10⁻³ Вт/м·град, коэффициент температуропроводности 1,66 м²/4 [4].

На территории **Зее-Буреинской платформы** значительное площадное развитие получила *континентальная терригенная каолиновая формация*, объединяющая отложения *олигоцена* и *миоцена* мощностью от 50 до 200 м. Они представлены песками светлыми, в верхней части белыми каолинизированными, с включениями гравия и гальки и прослоями и линзами глин и лигнитов, с базальным галечниковым горизонтом. В целом преобладают пески средней крупности с включениями гравия и гальки. Чем крупнее пески, тем меньше в них каолинита. В мелких песках его количество может доходить до 35%, в песках средней крупности – до 20–25%, в гравелистых – до 10–12%, но чаще 3–5%. Плотность грунта в естественном залегании 1,93–2,08 г/см³, плотность скелета грунта 1,71–1,79 г/см³ (у мелких песков 1,62–1,63 г/см³, у пылеватых 1,81 г/см³); пористость 23–25% (у мелких до 39%), коэффициент пористости 0,3–0,54 (у мелких до 0,54). Естественная влажность песков невысокая – от 8 до 15%, угол внутреннего трения 40⁰, модуль общей деформации 40 МПа [5].

В пределах *горно-складчатых сооружений* пески развиты ограниченно. Они встречаются во впадинах, где скапливаются продукты разрушения окрестных хребтов, и входят в состав терригенных молассовых формаций. В Убсунурской, Чуйской и Курайской впадинах Алтае-Саянского орогена пески описаны в разрезах *палеоген-неогеновой молассы*, в Забайкальских депрессиях (Торейской, Ононской, Борзинской, Шилкинской и др.) и на Сахалине – *неогеновой*, в Прихантайской впадине – *верхнеэоцен-миоценовой*. В некоторых районах пески встречаются в составе угленосных молассовых формаций – во впадинах Забайкалья, Сихотэ-Алиня и др.

Список литературы:

1. Геология района сооружений Волго-Дона. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1960, - 416 с.
2. Инженерная геология СССР. Т.1. Русская платформа. – М.: Изд-во МГУ, 1978, - 528 с.
3. Инженерная геология СССР. Т.2. Западная Сибирь. – М.: Изд-во МГУ, 1976, - 495 с.
4. Инженерная геология СССР. Т.3. Восточная Сибирь. – М.: Изд-во МГУ, 1977, - 660 с.

5. Инженерная геология СССР. Т.4. Дальний Восток. – М.: Изд-во МГУ, 1977, - 502 с.
6. *Цехомский А.М., Карстенс Д.И.* Кварцевые пески, песчаники и кварциты СССР. – Л.: Недра, 1982, - 158 с.

ENGINEERING-GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SANDS OF PALEOGENE-NEOGENE FORMATIONS ON THE RUSSIAN TERRITORY

Averkina T.I.

*Lomonosov Moscow State University, Geological
Faculty, Moscow, Russia, e-mail: averkina@geol.msu.ru*

Annotation: The main distribution areas of Paleogene-Neogene sandy soils are confined to the platform territories, to a lesser extent – to the intermountain depressions of orogens. They are part of marine and continental terrigenous, molasses and terrigenous siliceous formations. Sands are quartz and feldspar-quartz, marine often glauconitic, and continental – kaolinitized. In some formations sands prevail in sections, in others – are combined with clay, sedimentary cemented or coarse-grained deposits.

Keywords: sands, formations, Paleogene, Neogene, terrigenous, coal measure, molasses.

УДК 55; 624.131

ПЕСКИ ПАЛЕОЗОЙСКИХ ФОРМАЦИЙ ВОСТОЧНО- ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ КАК ГРУНТЫ

Аверкина Т.И.

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический
факультет, Москва, Россия, e-mail: averkina@geol.msu.ru*

Аннотация: На территории Восточно-Европейской платформы песчаные грунты представлены в составе четырех палеозойских формаций: морской терригенной сероцветной среднего кембрия – нижнего ордовика, континентальной терригенной угленосной визейского яруса нижнего карбона, континентальных терригенных красноцветных среднего-верхнего девона и татарского отдела пермской системы. Пески преимущественно кварцевые, пылеватые и мелкие, реже крупные и средней крупности, плотные, в разрезе сочетаются с песчаниками, алевритами, глинами и аргиллитами.

Ключевые слова: пески, палеозойские, формация, терригенная, Восточно-Европейская платформа

Палеозойские пески встречаются на территории Восточно-Европейской платформе в составе морских и континентальных терригенных сероцветных и красноцветных формаций, а также среди терригенных угленосных образований.

Терригенная сероцветная формация среднего кембрия – нижнего ордовика слагает нижнюю часть Балтийско-Ладожского глинта, прослеживается в виде узкой полосы от Нарвского залива до нижнего течения р. Свирь, а в пределах Предглинтовой низменности вскрывается под новейшими отложениями. Она включает пески и песчаники, иногда глауконитовые, местами алевролиты, глины и аргиллиты. Общая мощность толщи может достигать до 160 м. Она залегает в основании Волховской и Нарвской ГЭС и других сооружений Ленинградской области.

В составе данной формации выделяют две песчаные пачки. Одна из них представлена косослоистыми песками, реже песчаниками, кварцевыми, которые иногда описывают под названием «ижорские слои» или «ижорские пески». Их мощность изменяется от 12–14 м до 105 м и более (в районе г. Валдая). Пески преимущественно мелкозернистые, хорошо отсортированные, слабо сцементированные (цемент в основном глинистый). В гранулометрическом составе преобладает фракция 0,25–0,05 мм. Содержание кварца достигает 88–99 %, до 2–3 % приходится на полевые шпаты, 1–3 % – на карбонаты, в тяжелой фракции встречается лимонит, гидрогётит, пирит, ильменит и др. [4]. Ижорские слои с размывом перекрывает знаменитая «оболовая толща» песков и песчаников, первое упоминание о которой относится к 1825 году. Название связано с многочисленными находками в этих отложениях раковин брахиопод рода *Obolus*. Мощность оболовой толщи может достигать до 30 м (у г. Чудова). Слагающие её косослоистые пески и рыхлые песчаники разномзернистые, в нижней половине (ладожская свита) преимущественно мелкозернистые, сортированные, светло-серые. В верхней половине толщи (тосненская свита) пески более крупные, менее сортированные, бурые и кирпично-красные, иногда лилово-серые. 85–96% их минерального состава приходится на кварц, в качестве примесей присутствуют полевые шпаты и слюды, в тяжелой фракции магнетит, пирит и др. В химическом составе абсолютно преобладает кремнезем, благодаря чему оболовые пески и песчаники издавна использовались в качестве сырья для стекольной промышленности.

Терригенная угленосная формация визейского яруса нижнего карбона, содержащая пески, залегает близко к поверхности в западном и юго-западном бортах Московской синеклизы и простирается от Белого моря до верховьев Дона почти сплошной полосой шириной от 5 км на севере до 130 км на юге. В бортах синеклизы она вскрывается непосредственно под четвертичным покровом, а к центру впадины её кровля погружается на глубину нескольких сотен метров и мощность

увеличивается до 130 м (рис.1). К отложениям визейского яруса приурочены месторождения Подмосковного и Тихвинского угольных бассейнов.

В рамках формации чередуются песчаники, алевролиты, пески, глины и прослои бурого угля. На долю песков приходится около 30 % разреза. По составу они кварцевые, содержание SiO_2 изменяется в них от 92,90 до 99,60 %, Al_2O_3 – от 1,60 до 3,50 %, F_2O_3 – от 0,10 до 0,37% [6]. Преобладают тонко- и мелкозернистые, пески, часто встречаются глинистые разности. Последние могут проявлять плавунные свойства, имеют очень высокую пористость (55–74%) и очень низкий коэффициент фильтрации. У более чистых песков, не обладающих плавунными свойствами, водопроницаемость значительно выше – от 1 до 2 м/сут [2].

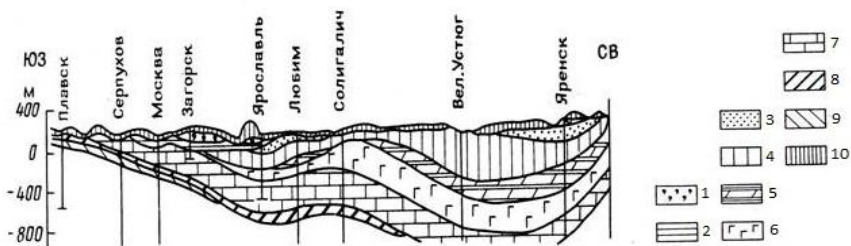


Рис. 1. Схематический геологический разрез Московского региона [2]: терригенная сероцветная формация средней юры-нижнего мела: 1 – глинисто-песчаный комплекс мела, 2 – глинистый комплекс верхней юры; континентальная красноцветная формация верхней перми-нижнего триаса: 3 – глинистый комплекс нижнего триаса, 4 – глинисто-мергельный комплекс татарского яруса; 5 – карбонатно-терригенная формация верхней перми; 6 – эвапоритовая формация нижней перми; 7 – карбонатная намюра, среднего и верхнего карбона; 8 – угленосная визейского яруса нижнего карбона; 9 – терригенно-карбонатная нижнего карбона; 10 – нерасчлененные четвертичные отложения

Терригенная *красноцветная формация среднего-верхнего девона* развита на северо-западе платформы в пределах Главного девонского поля. Она залегает непосредственно под четвертичными отложениями на глубине от нескольких до 200 м, имеет мощность от 30–40 до 240–600 м и тянется широкой полосой, параллельной

западному борту Московской синеклизы. Толща сложена песками, песчаниками, алевролитами, пестрыми глинами и мергелями. Пески преобладают в нижней половине формации, представлены мелко- и среднезернистыми, реже крупнозернистыми разностями и имеют плотное сложение. Содержание кварца изменяется в них от 70 до 98 %, полевых шпатов – до 19% [6]. В химическом составе абсолютно преобладает SiO_2 , на долю F_2O_3 приходится от 0,06 до 1,2 %. Породы данной формации залегают в основаниях Нижне-Свирской и Верхне-Свирской ГЭС и других сооружений.

В районе Нижне-Свирского гидроузла тонкозернистые пески характеризуются плотностью 1,97–2,43 г/см³ и плотностью твердых частиц 2,62–2,74 г/см³. Сдвиговые испытания при нагрузке 0,5 МПа показали, что у песков сцементированных при влажности 12–16% угол внутреннего трения φ изменяется от 27° до 33°, а у песков рыхлых при влажности более 16% $\varphi=12\text{--}19^\circ$ [3].

Ареал распространения **красноцветной формации татарского отдела пермской системы** – Волго-Уральская антеклиза и восточный борт Московской синеклизы (по старой стратиграфической шкале эти отложения относились к татарскому ярусу верхней перми). В некоторых районах она залегают под маломощным покровом четвертичных осадков, а местами выходит непосредственно на дневную поверхность. Состав толщи довольно пестрый – глины, алевролиты, песчаники и пески с прослоями аргиллитов, мергелей и известняков. Пески в борту Московской синеклизы плохо сортированные, от тонкозернистых глинистых до крупнозернистых, преобладают мелкозернистые слюдястые разности. Толща в целом характеризуется большой изменчивостью по площади и разрезу: с запада на восток по мере приближения к Уралу (области сноса) укрупняется гранулометрический состав отложений и увеличивается мощность от 100 до 400 м. Пески полимиктовые, в химическом составе от 71,08 до 97,50 % приходится на SiO_2 , 1,60–3,50 % на Al_2O_3 и 0,10–0,37 % на F_2O_3 [6].

Изучение рассматриваемых песков в районе г. Нижнекамска показало, что они залегают на глубине от 20 до 28 м в виде прослоев мощностью от 0,5 до 3,0 м в глинистой толще. Представлены пылеватыми разностями, имеют природную влажность 22 %, плотность 1,94 г/см³, плотность частиц 2,66 г/см³, плотность сухого грунта 1,59 г/см³, коэффициент пористости 0,674, коэффициент водонасыщения (степень влажности) 0,88, угол внутреннего трения 33°, сцепление 6 кПа и модуль деформации 13,2 МПа (при природной влажности в интервале давлений 0,1–0,3 МПа) [1].

В Центральном Поволжье отложения татарского отдела изучали в связи со строительством Чебоксарской и Горьковской (Нижегородской) ГЭС. Во втором случае пески развиты более широко, на их долю приходится до 50% разреза сарминской свиты. В качестве расчетных показателей физических свойств песков изыскатели рекомендовали следующие значения: плотность твердых частиц – 2,68 г/см³, плотность в естественном сложении 1,65 г/см³, коэффициент пористости 0,59. Грунты характеризуются невысокой водопроницаемостью – коэффициент фильтрации около 2,5 м/сут [5]. С сарминскими песками при возведении Горьковского гидроузла были связаны серьезные проблемы.

Список литературы:

1. Воробьев Е.А., Шлыкова Т.М. Инженерно-геологическое изучение верхнепермских грунтов в районе г. Нижнекамска //Инженерная геология, 2010, № 2, с.56-61.
2. Инженерная геология СССР. Т.1. Русская платформа. – М.: Изд-во МГУ, 1978, -528 с.
3. Карпышев Е.С. Нижнесвирская плотина на р.Свири // Геология и плотины. Т.VII. М.: Энергия, 1974, с.6-12
4. Мохнач М.Ф., Прокофьева Т.И. Методическое пособие по учебной геологической практике. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2007, -56 с.
5. Пестовский К.Н., Зенков М.В. Горьковская плотина на р.Волге //Геология и плотины. Т.II. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1962, с.68-89.
6. Цехомский А.М., Карстенс Д.И. Кварцевые пески, песчаники и кварциты СССР. – Л.: Недра, 1982, -158 с.

SANDS OF THE PALEOZOIC FORMATIONS OF EAST EUROPEAN PLATFORM AS THE SOILS

Averkina T.I.

Lomonosov Moscow State University, Geological Faculty, Moscow, Russia, e-mail: averkina@geol.msu.ru

Annotation: On the territory of the East European platform sandy soils are included in the four Paleozoic formations: marine terrigenous gray-colored of the middle Cambrian – lower Ordovician, continental terrigenous coal-bearing layer viscan lower Carboniferous, continental terrigenous redstone of the middle and upper Devonian and the Tatar division of the Permian system. The sands are predominantly quartz, silt and fine, rarely medium and coarse, tight, coupled with sandstones, siltstones, clays and argillites.

Keywords: sands, Paleozoic, formation, terrigenous, East European platform

МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫЕ ПЕСКИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ КАК ГРУНТЫ

Аверкина Т.И.¹, Трофимов В.Т.²

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, Москва, Россия, e-mail:¹ averkina@geol.msu.ru,² trofimov@rector.msu.ru

Аннотация: севернее Северного полярного круга на Западно-Сибирской плите развиты четвертичные преимущественно морские, аллювиально-морские и аллювиальные синкриогенные пески, характеризующиеся низкими среднегодовыми температурами и равномерным распределением льдистости по разрезу. Эпикриогенные пески распространены по всей территории криолитозоны, имеют более высокую мощность, более древний возраст, в целом более низкую льдистость, которая часто закономерно уменьшается вниз по разрезу.

Ключевые слова: пески, грунты, многолетнемерзлые, синкриогенные, эпикриогенные, Западно-Сибирская плита

Западно-Сибирская плита – самый крупный регион России, на территории которого широко распространены многолетнемерзлые пески. В северной половине Ямальского, Гыданского и Тазовского полуостровов в верхней части разреза различных геоморфологических элементов развиты пески, которые относятся к категории **синкриогенных**. Их возраст изменяется от среднеплейстоценового до современного, генезис морской, аллювиально-морской и аллювиальный, среднегодовые температуры до $-8 \div -10^{\circ}\text{C}$. Они участвуют в строении морских и лагунно-морских террас, современной лайды и поймы рек. Самые древние синкриогенные пески приурочены к *морским* отложениям регрессивной пачки *салехардской свиты среднего плейстоцена* [3]. Среди них встречаются пески самого разного гранулометрического состава – от гравелистых до пылеватых. Пески крупные, средней крупности и мелкие хорошо отсортированы. В таблице приведены данные о естественной влажности и свойствах рассматриваемых песков. Из неё следует, что у разных гранулометрических разностей разброс значений показателей небольшой. Наименьшая плотность скелета наблюдается у песков пылеватых со слоистой криогенной текстурой. У мерзлых грунтов пористость выше, чем у талых, особенно у пылеватых разностей. Пески в мерзлом состоянии имеют достаточно высокие прочностные показатели. По данным А.Н. Козлова, даже при температуре минус $0,5^{\circ}\text{C}$ их сопротивление одноосному сжатию составляет 2–2,5 МПа, а при более низких температурах еще выше.

Таблица

Свойства песков салехардской свиты Северной Обь-Енисейской области и прилегающих районов Тазовской и Гыданской областей (обобщенные данные) [4]

Показатель		Гранулометрические разности пород		
		пески средней крупности	пески мелкие	пески пылеватые
Естественная влажность, %	мерзлых	19-20	5-30	13-215
	талых	2-34	2-32	4-40
Плотность твердых частиц, г/см ³		<u>2,64-2,70</u> 2,67	<u>2,65-2,70</u> 2,67	<u>2,61-2,72</u> 2,66
	мерзлых	<u>1,38-1,81</u> 1,60	<u>1,69-2,00</u> 1,79	<u>1,00-2,01</u> 1,66
Плотность грунта, г/см ³	талых	<u>1,45-1,87</u> 1,67	<u>1,40-1,85</u> 1,61	<u>1,38-2,22</u> 1,63
	мерзлых	<u>1,16-1,50</u> 1,34	<u>1,40-1,70</u> 1,50	<u>0,32-1,70</u> 1,32
Плотность скелета грунта, г/см ³	талых	<u>1,14-1,60</u> 1,40	<u>1,15-1,73</u> 1,48	<u>1,07-1,93</u> 1,42
	мерзлых	<u>0,77-1,21</u> 0,99	<u>0,58-0,90</u> 0,78	<u>0,47-1,30</u> 1,01
Коэффициент пористости	талых	<u>0,55-1,05</u> 0,91	<u>0,54-1,04</u> 0,81	<u>0,38-1,12</u> 0,94
	возд.-сух. состояние		<u>30-34</u> 32	<u>30-33</u> 31
Угол естественного откоса, град.	под водой		<u>25-32</u> 29	<u>25-31</u> 28

Примечание: в числителе дроби – пределы изменения величин показателей, в знаменателе – среднеарифметические значения

Более молодые синкриогенные пески *позднеплейстоцено-голоценового* возраста *морского генезиса* мощностью до 10–15 м участвуют в строении казанцевской прибрежно-морской равнины, а также более молодых террас и лайды. На Ямале в разрезах казанцевской свиты (mQ¹_{III}) на пески приходится около 30 %; в отложениях первой, второй и третьей террас – 30±35 %; на лайде – до 60 % и более. Преобладают мелкие и пылеватые разности, иногда со значительным содержанием рассеянной органики (до 5–15 %), с прослоями и линзами

аллохтонного торфа. Объемная льдистость верхнеплейстоцен-голоценовых песков доходит до 40–45 %, криотекстура преимущественно массивная, а при наличии глинистых и оторфованных прослоев льдистость повышается до 60 % и появляется слоистая криотекстура [4].

Более ограниченно на Ямале и Гыданском полуострове развиты *позднеплейстоцен-голоценовые* синкриогенные *аллювиальные и озерно-аллювиальные* отложения. Верхний горизонт надпойменных террас сложен, как правило, мелкими, тонкими песками с растительными остатками, тонкошлировой горизонтально-косослоистой криотекстурой и льдистостью от 30 до 80%. Нижний горизонт образуют мелкие пески с включениями гравия и гальки, массивной криотекстурой и льдистостью от 20 до 40% [6].

В синкриогенных песчаных толщах довольно часто встречаются повторно-жильные льды, но мощные образования являются редкостью. Макрольдистость разреза за счет таких льдов обычно не превышает 5–8 %, но на лайде и пойме может достигать до 16–18 % [1].

Мерзлые пески на севере Западной Сибири почти всегда содержат водорастворимые соли, что обуславливает развитие в разрезе охлажденных пород. Тип засоления – хлоридный. Наибольшим засолением характеризуются пески лайды и речных дельт, которые заливаются морем во время приливов и нагонов. В охлажденных песках содержание солей на порядок выше, чем в мерзлых [2]. По мере удаления от берега моря количество солей в грунтах заметно сокращается.

Южнее полярного круга синкриогенные песчаные грунты в Западной Сибири приурочены к речным поймам, причем преобладают среди них *аллювиальные* пески *позднеголоценового* возраста. Они часто представлены заторфованными разностями, для которых характерны тонкошлировая среднеслоистая криогенная текстура и льдистость 20–40%.

Многолетнемерзлые **эпигенетические** песчаные толщи распространены на территории Западной Сибири гораздо шире, чем синкриогенные, имеют более значительную мощность и охватывают несравнимо бóльший возрастной диапазон пород. Они развиты во всех частях криолитозоны, а в районах развития синкриогенных грунтов, как уже было отмечено, часто их подстилают. В южных областях среди плейстоценовых эпикриогенных отложений много таких, которые изначально сформировались как синкриогенные, но протаяли в теплые

эпохи или по местным причинам (были затоплены при трансгрессии моря или миграции крупных рек и озер), а затем повторно промерзли.

В пределах Тазовских возвышенностей описаны древние эпикриогенные пески, принадлежащие некрасовской серии олигоцена, которая залегает в верхней части *терригенной лигнитоносной* формации *олигоцена*. Пески мелкие, реже средней крупности, кварцевые, светло-серые, насыщенные каолинитом, с прослоями каолиновых глин. Характеризуются невысокой влажностью (15–18%), льдистостью менее 10% и небольшой относительной осадкой при оттаивании – 0,02–0,05 [1].

Основной объем эпикриогенных песков приходится на четвертичные отложения. В северной зоне Западной Сибири среди них преобладают пески *морские*, на I и II-ой надпойменных террасах и 3-ей озерно-аллювиальной равнине – *верхнеплейстоценовые аллювиальные* и *озерно-аллювиальные*, меньшую площадь занимают *верхнеплейстоценовые водно-ледниковые* [5].

Морские пески представлены чаще всего мелкими и пылеватыми разностями, имеют массивную криотекстуру и льдистость до 35–40%. В центральных районах Гыданского полуострова пески салехардской свиты охарактеризованы следующими показателями свойств: плотность твердых частиц 2,65–2,67 г/см³, плотность грунта 1,33–2,10 г/см³ (наиболее частые значения 1,60–1,90 г/см³), плотность скелета 0,95–1,71 г/см³, пористость от 40 до 50%, в некоторых разрезах до 60% [4].

Пески, входящие в состав *озерно-аллювиальных* комплексов преимущественно мелкие и пылеватые, часто с включениями растительных остатков, прослоев и линз торфа. Льдистость мерзлых разностей изменяется от 25 до 45 %, криотекстура массивная.

В песчаных разрезах террас встречаются прослой и лакколлиты льда, причем не только на контактах с глинистыми грунтами, но и внутри песков. Например, на Ямале, в среднем течении р.Юрибей в разрезе III-ей террасы под 8-метровой толщей аллювия в казанцевских песках были вскрыты крупные линзы инъекционного льда, между которыми залегали сильнольдистые прослой песков мощностью 0,5–0,8 м. Криотекстура этих прослоев косо- и вертикально-слоистая, что указывает на промерзание массива в условиях высокого гидродинамического напора [1].

На юге криолитозоны Западной Сибири пески всех стратиграфо-генетических комплексов находятся преимущественно в талом состоянии и лишь на участках, перекрытых торфами, – в многолетнемерзлом.

Список литературы:

1. Геокриология СССР. Западная Сибирь. – М.: Недра, 1989, - 454 с.
2. Дубиков Г.И., Иванова Н.В., Зыков Ю.Д., Червинская О.П., Красовский А.Г. Засоление прибрежных отложений и их коррозионная агрессивность // Криосфера Земли, 1999, т. III, № 1, с. 43–51.
3. Инженерная геология России. Том 1. Грунты России. – М.: КДУ, 2011, - 672 с.
4. Инженерная геология СССР. Т.2. Западная Сибирь. – М.: Изд-во МГУ, 1976, - 495 с.
5. Инженерно-геологическая карта Западно-Сибирской плиты масштаба 1:1500 000. М.: ГУГК, 1972.
6. Полуостров Ямал (инженерно-геологический очерк) /Под ред. В.Т. Трофимова. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1975, - 278 с.

PERMAFROST SANDS OF THE WEST SIBERIAN PLATE AS THE SOIL

Averkina T.I.¹, Trofimov V.T.²

Lomonosov Moscow State University, Geological Faculty, Moscow, Russia,
e-mail: averkina@geol.msu.ru, trofimov@rector.msu.ru

Annotation: Quaternary predominantly marine, alluvial-marine and alluvial syncryogenic sands developed to the North of the Arctic circle on the West Siberian plate, characterized by low average annual temperatures and uniform distribution of iciness by section. Epicryogenic sands spread much wider, have more power, more ancient age, a lower ice content, which often decreases down the section.

Key words: sands, soils, permafrost, syncryogenic, epicryogenic, West Siberian plate.

УДК 55; 624.131

ПЕСКИ ЛЕДНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ КАК ГРУНТЫ

Андреева Т.В.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, e-mail: andreeva@geol.msu.ru

Аннотация. На Восточно-Европейской платформе ледниковые отложения песчаного состава наиболее широко распространены на Балтийском щите. Их мощность может достигать первые десятки метров. Эти отложения отличают «неоднородность, некатанность, неслоистость, несортированность». Они характеризуются высоким содержанием крупнообломочных включений, высокой плотностью, высокими показателями прочностных и деформационных свойств.

Ключевые слова. Ледниковые отложения, пески, состав, строение, свойства, основания сооружений

На Восточно-Европейской платформе ледниковые отложения широко распространены в северной и центральной частях. Наиболее распространена основная морена. Общая мощность моренной толщи может достигать 100-120 м [2]. Покров абляционной морены не является сплошным и мощность его редко превышает 2-3 м.

Пески ледникового генезиса, содержащие большое количество грубообломочного материала, наиболее широко развиты в пределах Балтийского щита. На остальной территории моренные пески, также часто обогащенные обломочным материалом, залегают в виде прослоев и линз в моренной толще глинистых грунтов.

На Балтийском щите распространены ледниковые отложения осташковского и карельского возраста, в основном залегающие непосредственно с поверхности (рис. 1). Нижний горизонт ледниковых отложений образует осташковская морена с непостоянной глубиной залегания и мощностью 3-20 м. Эта морена имеет широкое распространение в центральной и особенно южной Карелии.

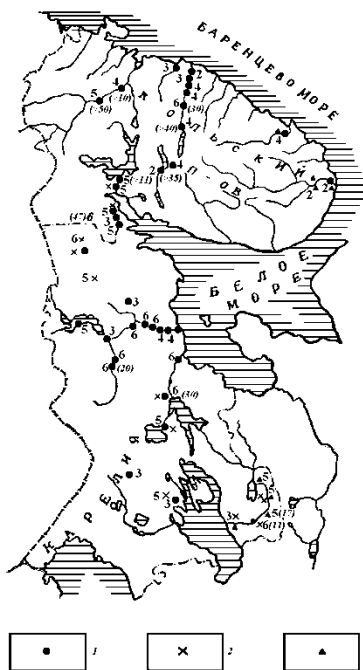


Рис. 1. Схема распространения и мощности морены [4]:
 Цифры – типичная мощность морены в метрах; цифры в скобках – максимальная мощность морены в доледниковых депрессиях, установленная по буровым скважинам; морена: 1 – песчаная, 2 – супесчаная, 3 – суглинистая

Морена представлена серыми, темно-серыми валунными супесями, песками и реже суглинками. Содержание крупнообломочного материала весьма непостоянно и в среднем составляет 20-35% [5].

Для карельской морены на Кольском п-ове, в Северной и Центральной Карелии в основном характерен песчаный и супесчаный состав [2]. Мощность морены изменчива: от первых метров до нескольких десятков метров, в среднем примерно 5-10 м.

На Русской плите ледниковые пески присутствуют лишь в виде прослоев и линз в толще днепровской (донской), московской, калининской и ошашковской морен. Линзы внутриморенных песков (от грубо- до мелкозернистых) имеют мощность от долей метра до нескольких метров. Содержание крупнообломочного материала в песках основных морен достигает 40 %, в конечно-моренных образованиях местами оно увеличивается до 70% [2].

На Балтийском щите в составе гравийно-галечно-валунного материала преобладают местные породы: граниты, гнейсы, габбро, кварциты и др. В составе моренных песков преобладают кварц (до 90%), полевой шпат (до 10-40%), слюды (до 10-15%), в составе глинистой фракции – гидрослюды, реже каолинит и смектиты [1, 2].

Минеральный состав морен Русской плиты весьма разнообразен и определяется в основном характером коренных пород, по которым двигался ледник. Следствием этого является преобладание в составе морены минералов, образующих исходные породы: кварца, полевого шпата, карбонатов и др.

Отличительными признаками морен, по Д.В. Наливкину, служат: 1) четыре отрицания – неоднородность, неокатанность, неслоистость, несортированность материала; 2) отшлифованная поверхность подстилающих твердых пород; 3) неправильно бугристая поверхность [3, с. 309]. Песчаные моренные грунты в полной мере отвечают характеристике, данной Д.В. Наливкиным моренным отложениям.

Характерной особенностью морены Карелии является высокое содержание грубообломочного материала, который обычно слабоокатанный и в меньшей степени средне и хорошо окатанный. Количество валунов местами может достигать 50 % массы морены, а в среднем их содержание составляет 15-25 % в северной и 10-15 % в южной части республики. Валунны имеют преобладающий размер 0,2-0,5 м, однако встречаются глыбы, достигающие 2-3 м и более. Последние затрудняют разработку моренного грунта и увеличивают неоднородность оснований зданий и сооружений. Содержание гравия, гальки, дресвы и щебня в моренных грунтах также очень изменчиво и составляет 10-50 % массы грунта, причем в моренах севера Карелии оно

составляет 30-40 %, юго-востока – 10-20 %, а в остальных районах – 15-40 % [1].

При строительстве ответственных зданий и сооружений необходимо учитывать неравномерность распределения валунов, ибо от нее зависят деформационные свойства морены. Чем валунов больше, тем выше несущая способность грунта [5].

В гранулометрическом составе моренных отложений присутствуют все фракции: глинистая, пылеватая, песчаная, гравийно-галечная и валунная. Содержание каждой из них очень изменчивое, непостоянное как в горизонтальном, так и вертикальном направлениях [5]. Песчаная и супесчаная морены Балтийского щита по составу и содержанию мелкозема очень близки между собой [4].

Пески разнообразны по составу, встречаются разности от пылеватых до гравелистых. В гранулометрическом составе мелкозема преобладают мелко-, тонкопесчаные и пылеватые фракции, есть и разности с преобладанием фракций среднего песка, или суммарно грубого и крупного.

Песчаную морену по содержанию частиц размером от 0,05 до 0,002 мм («пыли»), делят на следующие разновидности: слабопылеватые пески – содержание «пыли» менее 10%; пылеватые пески – содержание «пыли» 10-30% и сильнопылеватые пески – содержание «пыли» более 30%. Наиболее распространены пылеватые пески, которые встречаются повсеместно [5].

При высоком содержании пылевато-глинистых фракций моренные грунты являются сильно- и чрезмернопучинистыми при сезонном промерзании. Такой состав предопределяет способность морены к тиксотропному разжижению под воздействием динамических нагрузок. Также повышенная пылеватость моренных песчаных грунтов является причиной их легкого размокания и перехода в пльвунное состояние при вскрытии горно-буровыми выработками и котлованами [1]. Так, мелкозернистые пески основания Ондской плотины на р. Онде обладают пльвунными свойствами [6].

В ледниковых отложениях Мещерской низменности линзы сложены песчаными разнородными неслоистыми песками, обогащенными крупнообломочным материалом [7]. Они характеризуются высоким содержанием частиц 1-0,05 мм: в среднем 69-93%, т.е. отличаются более однородным гранулометрическим составом по сравнению с моренными песками Балтийского щита.

Моренные пески на Кольском п-ове и в Карелии зачастую являются основаниями гидроэнергетических сооружений и достаточно хорошо изучены.

Природная влажность песков варьирует от 3 до 25 %, однако в среднем невысока: 8-11%, за исключением обводненных песчаных линз, где степень влажности грунтов достигает 1.

Песчаная морена характеризуется высокой плотностью, обусловленной главным образом гранулометрическим составом отложений, а возможно, и динамическим воздействием ледника [2].

Плотность твердых частиц песчаной морены 2,64-2,76, в среднем 2,71 г/см³, плотность скелета мелкозема в рыхлом сложении – 1,47, в плотном – 1,94 г/см³. В северных районах Балтийского щита морена несколько обогащена рудными минералами и поэтому плотность твердых частиц повышается в среднем до 2,8 г/см³.

Для песчаных отложений Балтийского щита плотность грунта составляет 1,68-2,21 г/см³, чаще 2,0 г/см³ и выше. Несмотря на неоднородность морены, колебания значений плотности невелики. Средняя плотность с учетом крупнообломочных фракций составляет для песчаной морены 2,27 г/см³ [4].

Коэффициент фильтрации моренных песков колеблется от десятых долей до первых единиц метра в сутки, за исключением грубых разностей абляционной морены с коэффициентом фильтрации 20-30 м/сут. Низкая фильтрационная способность пылеватых песков и супесей приводит к развитию поверхностных сплывов на склонах и откосах при воздействии на них гидродинамического давления [2].

В естественном залегании моренные пески характеризуются, как правило, повышенной прочностью и слабой сжимаемостью. Их модуль деформации изменяется в широких пределах: от 22,0 до 68,5 МПа [1].

Моренные пески характеризуются высокими показателями сопротивления сдвигу. Угол внутреннего трения составляет 30-44°. Средние значения угла внутреннего трения песков при плотности скелета грунта 1,8, 1,9 и 2,0 г/см³ составляют соответственно 30, 33 и 37° [2]. Величина сцепления зависит в большей степени от гранулометрического состава и достигает сотых долей МПа у песчано-супесчаных разностей. Таким образом, за исключением обводненных песчаных моренных грунтов, в целом ледниковые песчаные отложения, как правило, являются надежным основанием сооружений.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 17-05-00944а.

Список литературы:

1. Грунты Карелии / Левкин Ю.М., Серба Б.И., Самохвалов В.А. и др. Петрозаводск: ПетрГУ, 2002. 212 с.

2. Инженерная геология СССР. Т. 1. Русская платформа. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. 528 с.
3. *Наливкин Д.В.* Учение о фациях. Географические условия образования осадков. Т. II. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1956. 393 с.
4. *Прочухан Д.П.* Инженерно-геологические условия строительства плотин на ледниковых отложениях в Карелии и на Кольском полуострове/ Геология и плотины. Том V. Глава 12. М.: Энергия, 1967. С. 188-206.
5. *Серба Б.И.* Инженерно-геологические свойства грунтов Карелии. Петрозаводск: Карелия, 1975. 141 с.
6. *Собина В.И.* Ондская плотина на р.Онде/ Геология и плотины. Том IV. Глава 4. М.-Л.: Изд-во Энергия, 1964. С. 53-60.
7. *Фадеев П.И.* Песчаные породы Мещерской низменности (в связи с ее осушением). М.: Изд-во Моск. ун-та, 1969. 273 с.

SANDS OF GLACIOUS DEPOSITS OF THE EASTERN EUROPEAN PLATFORM AS A SOILS

Andreeva T.V.

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, e-mail: andreeva@geol.msu.ru

Abstract: On the East European platform sand glacial deposits are the most widespread on the Baltic Shield. Their thickness can reach the first tens of meters. Those deposits are distinguished by "heterogeneity, absence of roundness, lamellosity and sorting". They are characterized by a high content of coarse grained particles, high density, high strength and deformation properties.
Key words: glacial deposits, sands, composition, structure, properties, foundation of structures

УДК 624.131

ХАРАКТЕРИСТИКА КАМОВЫХ ПЕСКОВ РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Андреева Т.В.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: andreeva@geol.msu.ru

Аннотация. В статье охарактеризованы состав, строение и свойства камовых песков, распространенных в пределах России на Восточно-Европейской платформе.
Ключевые слова. Озерно-ледниковые пески, камы, слоистость.

Озерно-ледниковые отложения входят в состав группы водно-ледниковых образований и являются осадками озер, которые питались талыми водами ледника. Среди них выделяются отложения приледниковых и внутриледниковых озер.

Отложения внутриледниковых озер, возникающих в пределах полей мертвого льда после окончательного таяния ледника проектируются на основную морену, образуя в рельефе холмы – лимнокамы. Флювиокамы – это хорошо выраженные в рельефе крутосклонные холмы округлой или продолговатой формы высотой 10-20 и более метров, сложенные песчано-галечными отложениями, располагающиеся у края покровных ледников и образовавшиеся в результате аккумулятивной деятельности проточных ледниковых вод [8]. Камовые отложения как грунты характеризуются совместно.

Отложения камов характерны в основном для областей материкового покровного оледенения, и значительно реже они встречаются в областях горного оледенения. Основными областями их распространения на территории России являются Кольский полуостров и Карелия. Камы также распространены в пределах озерно-ледниковых равнин Московской синеклизы.

Камы представляют собой холмы диаметром в несколько десятков метров, высотой до 40-50 м (в среднем 15-20 м), которые встречаются по одиночке или образуют скопления [8]. Также распространены камовые террасы, которые наиболее четко выражены в горных районах западной части Кольского полуострова и Северной Карелии [3].

Одиночные камы имеют вид отдельных конусов с довольно крутыми склонами (30–45°). Крутизна склонов определяется составом слагающих их грунтов. Форма в плане бывает округлой, овальной, неправильной. Помимо конусовидных в разрезе они также могут быть куполовидными и неправильных очертаний. Диаметр округлых холмов у основания может быть от 20-50 м до 100-200 м и реже больше. Овальные холмы или холмы неправильной формы имеют длину подошвы до 600 м, а в ширину – до 100-300 м [7]. Они характеризуются сравнительно плоскими вершинами, часто асимметричными склонами крутизной от 15 до 40° [1].

Нередко камы сливаются в «камовые поля», образующие неправильной формы возвышенности, занимающие значительные площади. Такие поля широко распространены в некоторых районах Карелии: Беломорском, Медвежьегорском и Пудожском (по данным Г.С. Биске). Площади их могут достигать 300-500 км² и больше [1, 7].

В пределах камовых полей холмы расположены на различных расстояниях друг от друга – от десятков до сотен метров, иногда они сливаются своими основаниями. Понижения между камами или их скоплениями часто заняты озерами или болотами [2]. Среди камов часто извиваются озовые гряды, которые иногда как бы обрамлены холмами.

При сочетании озов и камов образуется своеобразный озо-камовый рельеф [7], дифференциация этих двух образований не всегда отчетлива [6].

Согласно представлениям Келлера (Keller, 1952), строение камов концентрически-слоистое. Положение отдельных слоев осадка совпадает с внешними очертаниями кама. Часто в центре имеется ядро, представленное выступами подстилающих пород. Обычно распространены деформационные текстуры, близинхронные с осадконакоплением [6].

В связи с разнообразным режимом водоемов и впадающих в них потоков талых вод камовые отложения пестры по литологическому составу. Встречаются разности от валунников до глин, но преобладают пески мелкие, тонкие, пылеватые и средней крупности, а также супеси. В южной и юго-восточной Карелии эти образования нередко отличаются супесчаным, суглинистым и даже глинистым составом. Гравийно-галечный материал встречается сравнительно редко. Он может образовывать отдельные маломощные прослойки или присутствовать в виде рассеянных зерен в основной массе грунта. Валунуны встречаются спорадически.

Отложения лимнокамов, в отличие от флювиокамов, сложены более дисперсными отложениями: суглинками, супесями, реже песками и гравием.

Переслаивание грунтов различного гранулометрического состава, принимающих участие в сложении камов, придает камовым отложениям четко выраженную слоистую текстуру. Слоистость камовых отложений обычно горизонтальная, реже косая и перекрещивающаяся.

Горизонтальная слоистость присуща лимнокамам, а косая и перекрещивающаяся – флювиокамам (рис. 1). Иногда наблюдается сочетание горизонтальной и косой слоистости. Встречается «облекающая» слоистость, когда по направлению от центра кама к его склонам горизонтальная слоистость приобретает наклон, субпараллельный склону.

В основании камов залегают моренные грунты либо скальные грунты докембрия. С поверхности камовые холмы часто перекрыты чехлом абляционной морены мощностью до 3-5 м, но чаще толщина ее значительно меньше. Наличие морены свидетельствует о том, что камы образовались в замкнутом внутриледниковом озере, моренный чехол остался на поверхности кама в виде абляционной морены после полного таяния ледника. Моренный покров имеет отчетливую границу с камовыми отложениями [1, 2, 7].

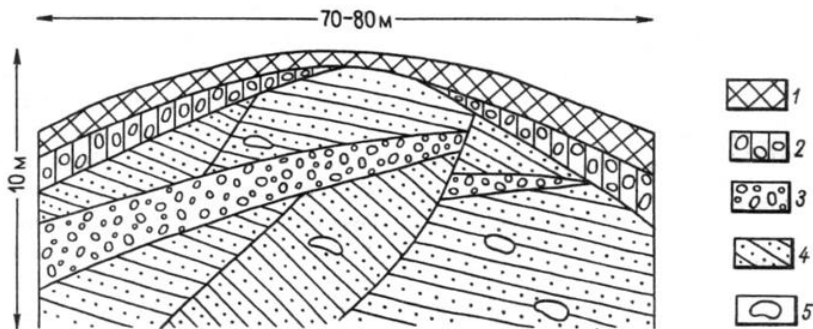


Рис. 1. Разрез флювиокама [8]: 1 – гумусированная супесь; 2 – чехол супесей с валунами; 3 – галечники и гравий; 4 – пески косослоистые; 5 – отдельные крупные валуны

Отличительной особенностью отложений камов являются деформации и нарушения в виде следов обрушения и оползания осадков (нарушения напластований, разрывы слоев, сбросы амплитудой до 1 м) происходившие в результате неравномерного оттаивания ледяного основания кама и ледяных берегов [1, 8].

Мощность камовых отложений изменяется от первых до 40 м, иногда более, в среднем 10-30 м.

В минеральном составе камовых песков преобладают полевые шпаты и кварц, суммарное содержание которых превышает 80%. Помимо них в составе постоянно присутствуют иллит и хлорит. Содержание каждого из них может достигать 5-6%. Содержание амфиболов составляет первые проценты. Иногда в песках присутствуют пироксены, каолинит и монтмориллонит. Таким образом пески преимущественно кварц-полевошпатовые [4].

Камовые пески района с.Пряжа по классификации Е.М. Сергеева относятся к пескам гравелистым, чистым или пылеватым, преимущественно неотсортированным, от крупных до тонко-мелкозернистых. Пески неоднородны по гранулометрическому составу, содержат большое количество пылевой фракции. Окатанность зерен камовых песков средняя [4].

Камовые пески по своим свойствам аналогичны песчаным грунтам других генетических типов озерно-ледниковых отложений. Их характеристика представлена в табл. 1.

Таблица 1

Состав и свойства камовых песков [1, 3, 5, 7]

Место отбора	Пески	Естест. влаж., %	Плотн., г/см ³ , твердых частиц грунта	Коэф. порис., д.е.	Сцепление, МПа	Угол внутр. трения, град.	Мод. деформации, МПа
с.Пряжа	Пылеватые	24,9	2,66/2,08	0,60	0,006	34	28
	Мелкие	5,8	2,66/1,75	0,58	0,004	36	38
	Средней крупности	5,9	2,66/1,65	0,72	0,002	38	40
Юшкозерская плот., р.Кемь	Мелкие и крупные, слоистые	-	2,69/-	0,68	0	29	-
Балт. щит		13	2,67/1,76	0,72	-	-	-

Они имеют незначительную влажность, если не служат водоносным горизонтом, сравнительно высокую пористость, большой угол внутреннего трения, незначительную величину сцепления, высокий модуль деформации. Они могут служить вполне надежным основанием для зданий и сооружений, но всегда необходимо помнить, что в камовых отложениях могут присутствовать прослойки и линзы супеси, суглинка, гравийно-галечного материала, что придает этим отложениям неоднородные физико-механические свойства на всю их мощность [1, 7].

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 17-05-00944а.

Список литературы:

1. Грунты Карелии/ Левкин Ю.М., Серба Б.И., Самохвалов В.А. и др. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2002. – 212 с.
2. Инженерная геология СССР. Платформенные регионы европейской части СССР. Кн. 1/ Под ред. И.С. Комарова, Д.Г. Зилинга, В.Т. Трофимова. – М.: Недра, 1992. – 271 с.
3. Инженерная геология СССР. Т.1. Русская платформа. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. – 528 с.
4. Какурина М.О., Балькова С.Д. Особенности состава и строения водноледниковых песчаных грунтов/ в сб. «Инженерные изыскания в строительстве». Мат. седьмой научно-практической конф. молодых специалистов. – М.: ПНИИИС, 2011. С. 12-16.
5. Козлова В.А., Маслова М.С. Юшкозерская плотина на р. Кемь/ Геология и плотины. Том XII. Глава 7. – М.: Энергоатомиздат, 1992. С. 178-190.
6. Рейнек Г.-Э., Синг И.Б. Обстановки терригенного осадконакопления (с рассмотрением терригенных кластических осадков). – М.: Недра, 1981. – 439 с.

7. *Серба Б.И.* Инженерно-геологические свойства грунтов Карелии. – Петрозаводск: Карелия, 1975.

8. *Чистяков А.А., Макарова Н.В., Макаров В.И.* Четвертичная геология. – М.: ГЕОС, 2000. – 303 с.

CHARACTERISTICS OF KAME SANDS OF THE EAST EUROPEAN PLATFORM (RUSSIAN TERRITORY)

Andreeva T.V.

Lomonosov Moscow State University, Moscow, e-mail: andreeva@geol.msu.ru

Abstract. The composition, structure and properties of kame sands spread at the East European platform (Russian territory) are described in the paper.

Keywords. Glaciolacustrine sands, kame, lamellosity.

УДК 55; 624.131

СТРОЕНИЕ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ОБЛАСТЕЙ (НА ПРИМЕРЕ КАМЧАТКИ)

Балыкова С.Д.¹, Чернов М.С.², Кузнецов Р.А., Худаярова А.Б.

Геологический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия, e-mail:

¹balykova@geol.msu.ru, ²chernov@geol.msu.ru

Аннотация: В статье рассматриваются особенности строения вулканогенно-обломочных образований песчаной размерности, распространенных на территории Камчатки: форма частиц, их поверхность; взаимосвязь между морфологией зерен и плотностными характеристиками песков.

Ключевые слова: песчаные грунты, вулканогенно-обломочные грунты, пирокластика, морфология частиц

Объекты исследования. Среди изученных образцов – пирокластические отложения разных периодов активности вулканов Безымянный, Ключевская сопка, Толбачик; осадочные породы, возникшие при размыве и переотложении пирокластических и эффузивных пород районов Толбачинского дола, склонов влк. Авачинский, Коряжский, Мутновский.

Методика исследований. Морфологические особенности зерен песков изучались по макроизображениям средней пробы, полученных с помощью микроскопа Levenhuk DTX90, произвольных срезов трехмерной реконструкции структуры образцов по данным мКТ (мКТ-изображений), полученных с помощью рентгеновского компьютерного

микротомографа, и РЭМ-изображений, полученных с использованием растрового электронного микроскопа LEO 1450 VP, приобретенных за счет средств Программы развития МГУ.

Результаты исследования. Все образцы полиминеральны, преобладающими компонентами в их составе являются плагиоклазы, пироксены, вулканическое стекло. В вулканогенно-осадочных отложениях увеличивается содержание кварца.

По данным гранулометрического анализа практически все песчаные грунты неоднородны, плохо отсортированы; в соответствии с ГОСТ 25100-2011 среди них присутствуют все гранулометрические разновидности, при этом в пепловых отложениях велико содержание пылевой фракции (10-40%), в шлаковых – грубопесчаной и гравелистой (до 15%); пески, подвергшиеся водной обработке, более однородны.

μКТ-изображения проб изученных отложений (рис. 1) позволяют увидеть особенности строения вулканогенно-обломочных песчаных грунтов в целом, а также их отдельных структурных элементов. В составе вулканокластических образований присутствуют в большом количестве обломки высокопористых шлаков с порами различного размера и формы; пепловые частицы, состоящие из сростков кристаллов, вулканического стекла, мелких обломков пород; агрегаты, образованные за счет спекания частиц разного состава и размерности.

В осадочных вулканомиктовых песках содержание высокопористых шлаковых и пемзовых частиц значительно сокращается, присутствуют обломки основных пород, кристаллов пироксенов, зерна вулканического стекла; в разных количествах содержатся зерна красноцветных минералов, кварца.

Неоднородность минерально-петрографического состава породы в целом и отдельных частиц, наличие внутренней пористости фиксируется изменением на μКТ-изображениях по изменению оттенков серого, что, в свою очередь, определяется рентгеновской плотностью минерального вещества.

Форма частиц вулканогенно-обломочных отложений изменяется от округлых, близких к сферичным до остроугольных и сложной конфигурации (рис. 2).

Обломки вулканического стекла вулканокластических отложений имеют шлаковидную, угловатую и остроугольную форму, часто с зазубренными краями (рис. 2 а-г).

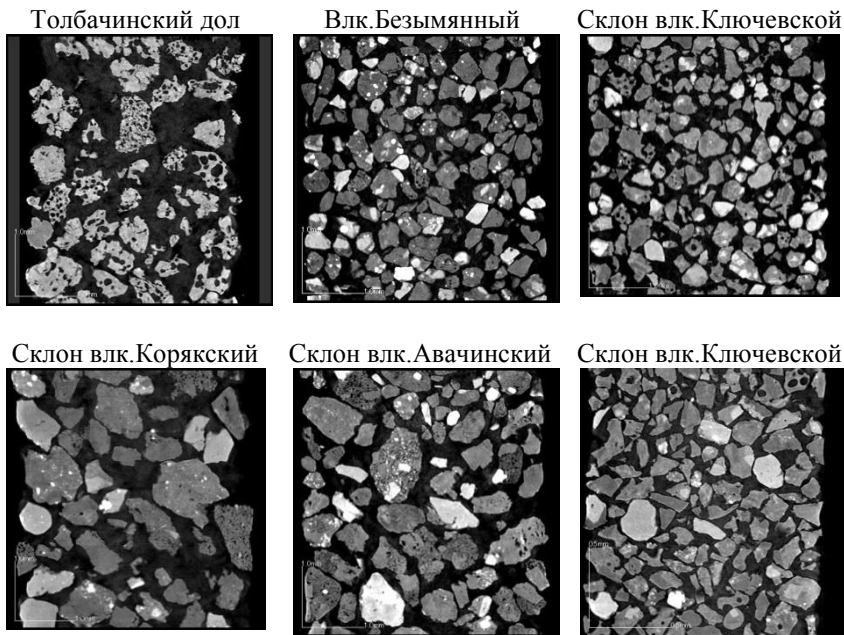


Рис. 1. μ КТ-изображения средней пробы песчаных пород вулканогенно-обломочных образований: верхний ряд – вулканокластические пески, нижний ряд – осадочные вулканомиктовые пески

Форма зерен в вулканомиктовых песках в основном также угловатая, но ближе к изометричной со сглаженными краями (рис. 2 д-ж); остроугольные зерна с неправильной формой также присутствуют, но сосредоточены, главным образом, в мелких фракциях; обломки кристаллов сохраняют первичные кристаллографические формы (рис. 2 з, и).

Поверхность частиц разнообразна (рис. 3): бугорчатая, матовая, разьеденная, крупно- и мелкоямчатая. Подавляющее большинство зерен имеют шероховатую, кавернозную поверхность (рис. 3 г, д); обломки вулканического стекла имеют ровную, блестящую поверхность; для обломков вулканических шлаков и пемзы характерны кавернозные поверхности с остатками стенок газовых пузырьков (рис. 3 а-в); часто встречаются обломки с оплавленной поверхностью (рис. 3 и).

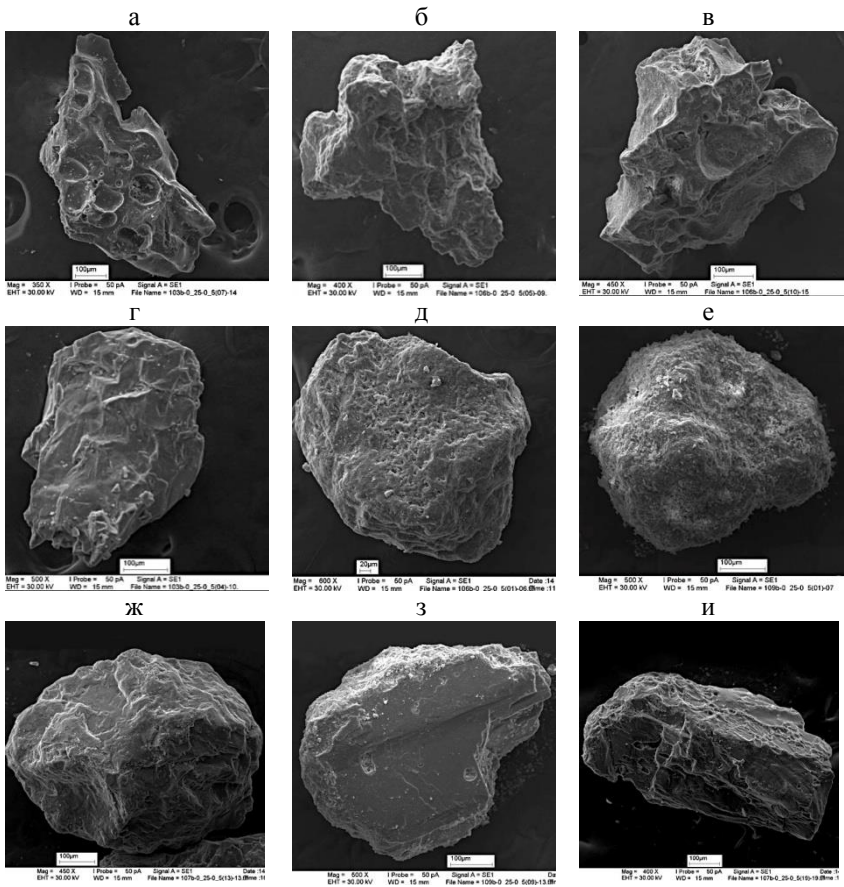


Рис. 2. Форма частиц песчаной размерности вулканогенно-обломочных образований

Заключение. Песчаные грунты вулканогенно-обломочных образований, распространенные в районах вулканической активности, существенно отличаются от песков других генетических типов. Наиболее значимые отличия связаны с особенностями морфологии песчаных частиц – разнообразной формой зерен, слабой степенью их окатанности или полным ее отсутствием, кавернозной, шероховатой поверхностью. В составе грунта часто присутствуют высокопористые обломки шлаков и пемзы.

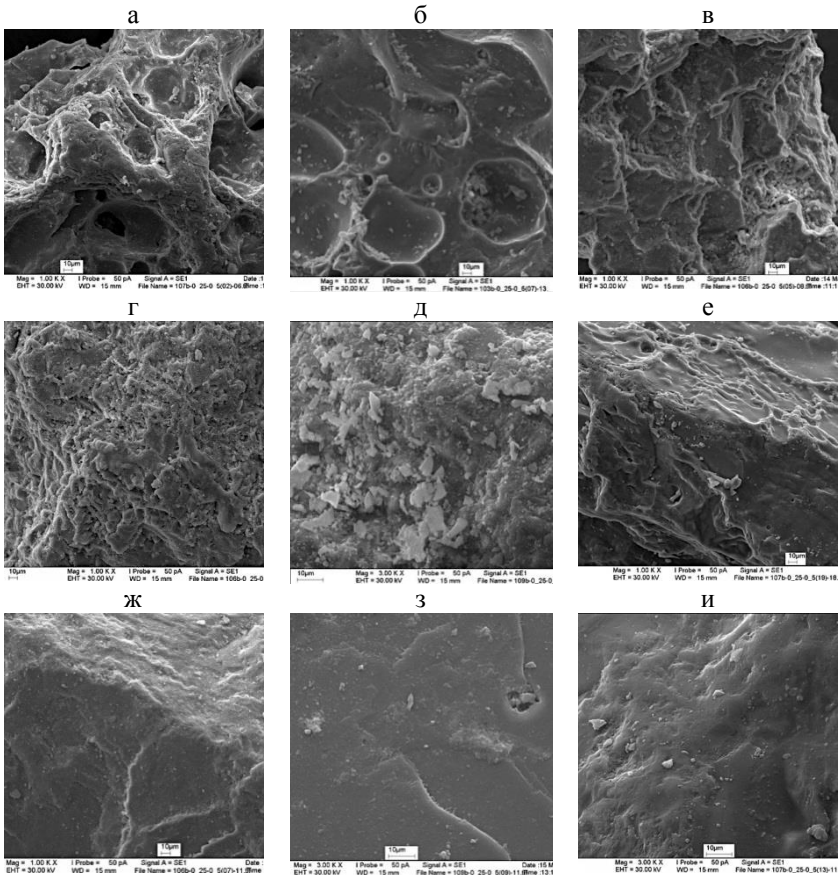


Рис. 3. Характер поверхности зерен песчаной размерности вулканогенно-обломочных образований

В результате данные пески имеют низкие плотностные показатели; часто толщи, сложенные такими грунтами недоуплотнены и могут проявлять существенную осадку при приложении внешних нагрузок. Наименьшим показателем плотности как в плотном, так и в рыхлом сложениях характеризуются пески из пирокластических толщ (1,0-1,13 г/см³ и 1,29-1,42 г/см³, соответственно). С другой стороны, такие песчаные грунты обладают достаточно высокими показателями углов внутреннего трения и естественного откоса (35-40° и выше), практически все они обладают сцеплением.

Исследования проведены при поддержке гранта РФФИ № 17-05-00944а.

THE STRUCTURE OF SAND SOILS OF VOLCANIC AREAS (ON THE EXAMPLE OF KAMCHATKA)

Balykova S.D.¹¹, Chernov M.S.², Kuznetsov R.A., Khudayarova A.B.

Lomonosov Moscow State University, Geological Faculty, Moscow, Russia, e-mail:

¹balykova@geol.msu.ru, ²chernov@geol.msu.ru

Abstract: The article deals with the features of structure of volcanogenic-clastic deposits of sand dimension which are spread on Kamchatka: the shape of particles, its surface; the interrelation between the grains morphology and the sands density characteristics.

Key words: sandy soils, volcanic-clastic soils, pyroclastics, particle morphology

УДК 552.51:551.89

ПОКРОВНЫЕ ДЮННЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ ФИНАЛЬНОГО НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Галанин А.А.¹, Павлова М.Р., Шапошников Г.И., Климова И.В.

Институт мерзлотоведения им. П.И.Мельникова СО РАН, Якутск, Россия,

¹agalalin@gmail.com

Аннотация: В Центральной Якутии установлено широкое распространение супесчаных эоловых отложений мощностью от 2-3 до 25 м, плащеобразно перекрывающие различные элементы рельефа. Их формирование связано с холодным экстрааридным климатом и масштабным опустыниванием региона во время последнего криохрона (МИС 2).

Ключевые слова: пески, дюны, эоловый рельеф, сартанский криохрон, криолитозона, опустынивание, неоплейстоцен, Восточная Сибирь

Уже более полувек не утихает дискуссия о происхождении и возрасте хорошо сортированных горизонтально и перекрестно-слоистых супесчаных отложений бассейна среднего течения р. Лены и ее притоков, покрывающих прерывистым чехлом мощностью от 1-2 до 20-25 м различные элементы рельефа во всем диапазоне абсолютных высот Центральной Якутии. Имеющиеся абсолютные датировки свидетельствуют, что эти отложения формировались во второй половине позднего неоплейстоцена и особенно интенсивно на пике сартанского криохрона (20-12 тыс. л.н) [1, 6, 2]. Длительное время их происхождение непременно связывали с водной средой – с аллювием [9, 4 и др.], либо с крупными подпрудно-ледниковыми бассейнами, а также

с результатом их периодических прорывов (спилвеев) [10]. Причем, уровень подпрудно-ледниковых бассейнов по мнению сторонников данной гипотезы поднимался на 250 м выше современного уреза Лены. С этими же палеогеографическими событиями связывали формирование тонкослоистых лессовидных суглинков (едомы) с массивными полигональными жилами и суммарной льдистостью более 50% [4]. Они также широко распространены в регионе, формировались в непосредственной близости и практически одновременно с песчаными покровами.

Сторонники аквальных теорий реконструировали для плейстоценовых криохронов достаточно мягкие плювиальные обстановки [4] и крупные оледенения, в перигляциальной области которых на всех гипсометрических уровнях господствовали озерно-аллювиальные условия. Однако такая логика встречает множество необъяснимых противоречий. Прежде всего со стороны биостратиграфии, поскольку повсеместно в регионе для позднего неоплейстоцена реконструируются преимущественно криоксерофильные (аридные) биомы (разные варианты холодных степей и полупустынь), включая мамонтовую фауну. С точки зрения подпрудно-ледниковых бассейнов также вызывает сомнение возможность сохранения в их пределах более древних многоярусных сингенетических ПЖЛ и самой криолитозоны с низкими температурами и мощностью до 400-600 м. Неясным остается широкий круг других вопросов: крайне низкое количество атмосферных осадков, значительная часть которых аккумулировалась в виде грунтовых льдов в ходе похолоданий и аградации криолитозоны; отсутствие береговых линий подпрудно-ледниковых водоемов; громадный объем и время, необходимые для их наполнения в условиях крайне низкого увлажнения и др.

Сторонники альтернативной концепции [7, 6, 11, 5, 12, 2, 8 и др.] полагают, что их происхождения связано с холодными криоаридными условиями и масштабным опустыниванием региона во второй половине позднего неоплейстоцена [2, 8].

Современные представления о позднечетвертичных дюнных отложениях Центральной Якутии базируются на единичных опорных разрезах в среднем течении р. Лены, среди которых наиболее изучены обнажения Песчаная гора [6], Усть-Ботуомское, Диринг-Юрях [1, 5]. Данные образования были отнесены дьолкуминской свите позднего неоплейстоцена (МИС 2) [6]. С 2012-по 2017 гг. нами выполняется изучение новых опорных разрезов дюнных отложений дьолкуминской свиты в бассейне нижнего течения р. Вилой [2, 8], а также доизучение

некоторых известных разрезов в бассейне среднего течения р. Лены, в частности, обнажения Песчаная гора (рис. 1). Комплексирование опубликованных и новых данных однозначно указывает на эоловое происхождение свиты, и позволяет констатировать следующие ее признаки.

Геоморфология и распространение. Свита залегает плащеобразно, перекрывая различные элементы рельефа во всем интервале абсолютных высот региона. Ее кровля, как правило, сохраняет сингенетическую эоловую морфоскульптуру (ориентированные в юго-восточном направлении дюны, коридоры и котловины выдувания различных размеров и морфологии).

Гранулометрический состав современных и позднеплейстоценовых дюнных супесей весьма сходен и характеризуется следующими осредненными значениями: средний размер зерен (x , мкм) 300 ± 40 , коэффициент сортировки (σ , ϕ) $1,6 \pm 0,1$, асимметрия (a , ϕ) $-0,22 \pm 0,08$, эксцесс (τ , ϕ) $1,03 \pm 0,2$.

Минеральный состав дюнных супесей характеризуется преобладанием легкой фракции (удельный вес $< 2,9$), среди которых доминирует кварц (85-97%). В небольшом количестве (до 10%) присутствуют полевые шпаты, обломки песчаников. Минералы тяжелой фракции представлены единично рутилом, ильменитом, эпидотом. Среди новообразований присутствуют органические включения, гидроокислы железа и марганца, хлорит, глинистые минералы, в отдельных разрезах (Песчаная гора) – значительная примесь карбонатов. Изредка встречаются отполированные зерна яшмы, халцедоны, опалы, ониксы, панцири диатомовых водорослей.

Специфическими особенностями минералогии дюнных супесей являются скопления кварцевых фульгуритов и железомарганцевых трубок и конкреций (ортштейнов) [3]. Первые представлены трубчатыми формами длиной 3-5 см (реже до 30 см) и толщиной от 0,3 до 2 см, образованными оплавленными обломками дюнного песка, плотно сваренными белым прозрачным кварцевым стеклом с коэффициентом преломления $< 1,5$. Железомарганцевые трубки достигают длины 5-6 см и 3 до 10 мм в диаметре и состоят из кварцевого песка, сцементированного соединениями железа, марганца и кислорода с примесью углерода в разной пропорции [3].

Седиментационные текстуры дюнных фаций характеризуется наличием нескольких порядков слоистости. Первый тип микрослоистости (облегающая субпараллельная и волнистая) образован

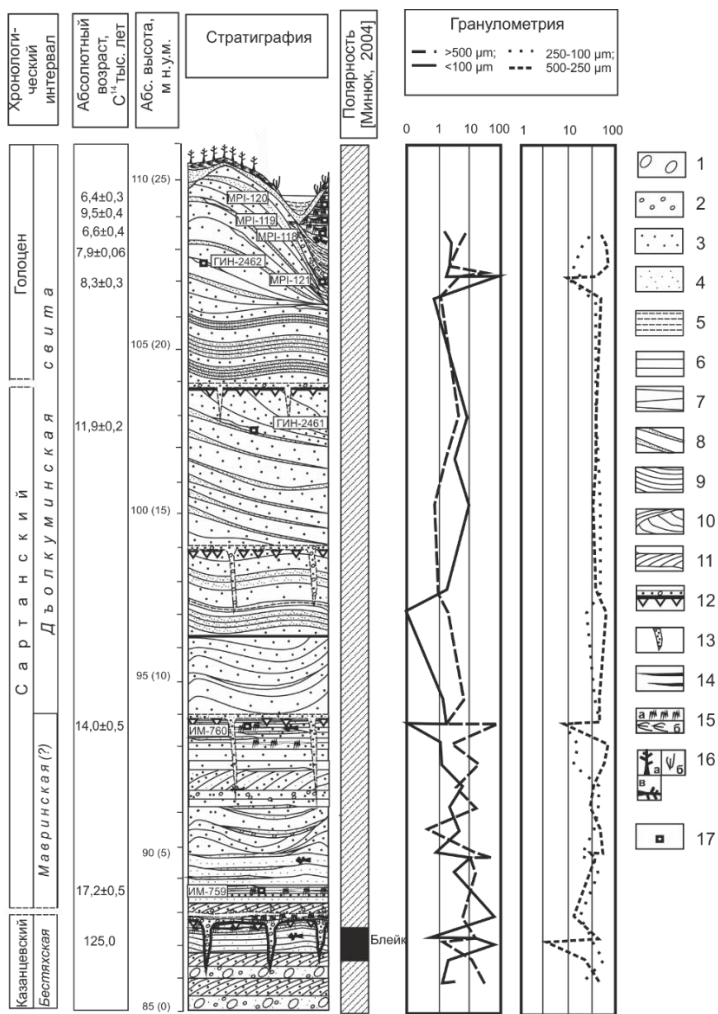


Рис. 1. Опорное обнажение (Песчаная гора) перекрестно-слоистых дюнных супесей дюлкуминской свиты на правом берегу р. Лена в 100 км ниже г. Якутска. 1-галечка; 2 – гравий; 3- песок; 4 – супесь; 5 – суглинок; 6 – горизонтальная; 7 – пологая; 8 – наклонная; 9 – волнистая; 10 – перекрестная; 11 – косослоистая; 12- крупные дефляционные несогласия; 13 – песчаные жилы (клинья); 14 – погребенные почвы; 15 – торф моховой (а) и кустарничковый (б); 16 – деревья (а), кустарники (б) и древесный плавник (в); 17 – положение абсолютных датировок

чередованием летних слоев отбеленного кварцевого песка толщиной 2-3 см и зимних более тонких (1-2 мм) слоев охристой супеси с небольшим количеством темной пыли. Данная слоистость отражает внутригодовую (сезонную) ритмичность эолового осадконакопления, придавая осадкам специфический полосчатый облик. Второй тип слоистости дюнных песков связан с множеством погребенных микро-дефляционных поверхностей, сложенных крупным отбеленным кварцевым песком, реже мелким (2-3 мм) гравием. Данный тип слоистости несогласно срезает сезонную слоистость, ориентирован субгоризонтально или слабо наклонно под углами 3-5°. Его происхождение связано с непрерывным (циклическим) перевейванием и движением элементарных дюн по направлению господствующих ветров. Третий тип – так называемая перекрестная слоистость – сходен с предыдущим типом, но характеризуется большими углами наклона 15-20° и более. Перекрестная слоистость достигает значительных размеров и формируется в головных частях параболических и копьевидных дюн повышенной мощности, а также в накидных гребневидных дюнах, трассирующих бровки речных обрывов.

Микротектонические деформации широко распространены в дюнных отложениях и формировались в ходе их естественного гравитационного уплотнения и растрескивания в обезвоженных (аридных) условиях. Чаще всего встречаются микротрещины с вертикальными и горизонтальными смещениями амплитудой от сантиметров до 1 м, а также узкие вертикальные трещины шириной до 10-15 см и длиной до 3-4 м, заполненные материалом вышележащих горизонтов.

Льдистость и криогенная текстура. Характерными особенностями дюнных песков является их низкая влажность (льдистость) (<5%) и высокая пористость, преобладание сублимационных криотекстур, среди которых наиболее распространены контактная и тонкошлифовая. Последняя представлена тонкими горизонтальными прослойками и пленками льда толщиной не более 0,5 мм. Расстояние между прослойками от 1 мм до 5-10 см.

Благодарности. Исследования выполнены при частичной поддержке Комплексной программы фундаментальных научных исследований СО РАН II.1 и РФФИ №№ 17-05-00954, 18-45-140012.

Список литературы:

1. *Алексеев М.Н., Камалетдинов В.А., Гриненко О.В.* Кайнозойские отложения Лены и Алдана // 27-й Международный геологический конгресс. Якутская АССР, Сибирская

- платформа. Сводный путеводитель экскурсий 052, 053, 054, 055. - Новосибирск: Наука, 1984. - С. 21-42.
2. *Галанин А.А., Павлова М.Р., Шапошников Г.И., Лыткин В.М.* Тукуланы: песчаные пустыни Якутии // *Природа*, 2016. № 11. С. 44-55.
 3. *Галанин А.А., Шишков В.А., Климова И.В.* Фульгуриты: «автографы молний» в песчаных дюнах Якутии // *Природа*. 2017. № 5. С. 52-60.
 4. Геокриология СССР. Средняя Сибирь / Под ред. Э. Д. Ершова. М.: Наука, 1989. 414 с.
 5. *Камалетдинов В. А., Зигерт Х. Г.* Краткая литологическая характеристика кайнозойских отложений археологического памятника Диринг-Юрях (Средняя Лена) // Плейстоцен Сибири. Стратиграфия и межрегиональная корреляция. Новосибирск: Наука, 1989. С. 126–131.
 6. *Камалетдинов В. А., Минюк П. С.* Строение и характеристика отложений бестяхской террасы Средней Лены // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 1991. № 60. С. 68–78.
 7. *Колтаков В.В.* Эоловые четвертичные отложения Приленской Якутии // Бюл. Комиссии по изучению четвертичного периода. АН СССР. - М.: Наука, 1983. № 52. С. 123-131.
 8. *Павлова М.Р., Рудая Н.А., Галанин А.А., Шапошников Г.И.* Строение и динамика развития дюнных массивов Вилойского бассейна в позднечетвертичное время (на примере тукуланов Махатта и Кысыл-сыр) // Сибирский экологический журнал. 2017. Т. 24. № 4. С. 487.
 9. *Соловьев П. А.* Криолитозона северной части Лено-Амгинского междуречья. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 144 с.
 10. *Спектор В.В., Спектор В.Б., Боесков Г.Г., Белолобский И.Н., Бакулина Н.Т.* Перигляциальный аллювий Центрально-Якутской равнины по данным изучения опорного обнажения Песчаная гора // Вестник ЗабГУ. 2017. Т. 23. № 5. С. 45-59.
 11. *Pewe T. L., Journaux A.* Origin and character of loesslike silt in unglaciated south-central Yakutia, Siberia, U.S.S.R. // Geological survey. Professional paper 1262. - Washington: United States Government Printing Office, 1983. 46 p.
 12. *Waters M.R., Forman S.L., Pierson J.M.* Late quaternary geology and geochronology of Diring an early Paleolithic site in Central Siberia // Quaternary Research, 1999. № 51. P. 195-211.

COVER DUNE FORMATION OF THE FINAL NEOPLEISTOCENE OF EASTERN SIBERIA

Galanin A.A.¹, Pavlova V.H., Shaposhnikov G.I., Klimova I.V.

Melnikov permafrost institute SB RAS, Yakutsk, Russia, agalinin@gmail.com

Abstract: A wide extension of sandy aeolian deposits with a thickness of 2-3 to 25 m, overlapping of various Pre-Holocene landforms, has been established in Central Yakutia. Based on C-14 data, the formation of dune covers is associated with a cold extra-arid climate and large-scale desertification of the region during the last cryochrome (MIS 2).

Key words: sands, dunes, aeolian landforms, Sartan cryochron, cryolithozone, desertification, neo-Pleistocene, Eastern Siberia

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И СВОЙСТВ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ РАЗЛИЧНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ТИПОВ БАРЕНЦЕВО- КАРСКОГО ШЕЛЬФА

Миرونюк С. Г.

*Центр морских исследований МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия, e-mail:
mironyuksg@gmail.com*

Аннотация: выполнено обобщение данных о составе и свойствах субаквальных песчаных грунтов различного генезиса, полученных в ходе инженерно-геологических изысканий в Баренцевом, Печерском и Карском морях. Изученные грунты по мере освоения углеводородных ресурсов арктического шельфа все чаще становятся грунтовым основанием различных морских сооружений. Рассмотрены перлювиальные, волновые, полигенные (аллювиально-морские, течениево-волновые), реликтовые аллювиальные и флювиогляциальные песчаные отложения. Показана специфичность обстановок седиментации в различных подзонах шельфа. Выявлены некоторые инженерно-геологические особенности песчаных грунтов различных генетических типов.

Ключевые слова: генетические типы морских отложений, песчаные грунты, разновидности песка, состав и свойства песчаных грунтов, Баренцево-Карский шельф.

Пески широко распространены на Баренцево-Карском шельфе и достаточно хорошо изучены в ходе инженерно-геологических изысканий и комплексной геологической съемки на площадках строительства морских сооружений и нефтегазоперспективных площадях, выполненных в разные годы «АМИГЭ», «МАГЭ», «Севморгеология», «Питер Газ», «ВНИИОкеангеология» и другими организациями [1,3].

В строительной практике сложилось представление, что пески, особенно волновой группы, являются хорошим основанием для сооружений [2]. В частности, единственная в настоящее время в Арктике морская ледостойкая стационарная платформа (МЛСП) «Приразломная» размещена в прибрежной подзоне шельфа Баренцева моря в районе развития мелких и пылеватых песков мощностью 5-6 м. Вместе с тем отмечается [2,4], что песчаные грунты, при определенных условиях, обладают рядом специфических свойств (разжижаемость, суффозионность, пльвунность), которые ухудшают их строительные свойства.

В морских условиях на строительные свойства песчаных грунтов также негативно влияет наличие газа в песках, метастабильного икаита.

Ниже, несмотря на определенные трудности в их разграничении, рассмотрены особенности состава и свойств различных

генетических типов морских и реликтовых аллювиальных и флювиогляциальных песчаных отложений Баренцево-Карского шельфа. Основное внимание в статье было уделено характеристике позднеплейстоценовых и голоценовых песков, залегающих в верхней части геологического разреза.

Баренцево море. *Морской механогенный перлювий (тр).* Образуются в периферической подзоне шельфа при промывании осадков дна донными течениями. Распространен локально в глубоководной части шельфа Баренцева моря, где скорость течений может достигать 50 см/с.

Согласно данным инженерно-геологических изысканий «Севморгео» песчаные образования рассматриваемого генезиса были вскрыты в верхней части осадочного чехла в пределах Южно-Баренцевской впадины (глубина моря 255-330 м). Они представляют собой пылеватый песок, серый с пятнами ожелезнения, средней плотности и рыхлый, неоднородный. Среднее содержание частиц в гранулометрическом составе грунта составляет: гравия 1,7%; песка 80,5%; пыли 7,7%; глины 9,4%. Отмечается включения гальки - 0,7%. Среднее содержание органики 1,7%. Плотность грунта (ρ) 1,98 г/см³ (здесь, и далее, средние значения); влажность (W) 0,28 д. е.; коэффициент пористости (e) 0,760; удельное сцепление (C) 15 кПа; угол внутреннего трения (ϕ) 28 град. Максимальная мощность песка пылеватого составляет 3,5 м. В ряде случаев W песков достигала 0,32-0,38 д. е., а e - 0,85-1,0.

Полигенные образования (течениево-волновые) (mf, mv). Встречены в пределах Адмиралтейского вала, Северо-Канинского поднятия, Мурманской возвышенности (преимущественно мелководный шельф). Представлены песком пылеватым, серым, неоднородным, плотным, с включением мелкой гальки, раковинных обломков.

По данным «Севморгео» гранулометрический состав указанных песков следующий: гравия, гальки 0,5-2,9%, песка 56,0-75,4%, пыли 10,6-23,0%, глины 11,0-23,0%. Голоценовые песчаные грунты данного генетического типа имеют $\rho = 1,93-2,12$ г/см³; $W = 0,22-0,28$ д. е.; $e = 0,594-0,717$. Удельное сцепление (C) высокое - 14 кПа; $\phi = 24$ град. Относительно низкие значения плотности характерны для слоев, линз песков с повышенным содержанием раковинного детрита [1].

Волновые отложения (ундаэлювий, прибрежный подтип), mv. Изучены в губе Опасова. Глубины моря у входа в губу 20-25 м; в средней части - 10-15. В южной части губы глубины 3-6 м, а к вершине они уменьшаются до 0-3 м. Пески мелкие, средней крупности и

крупные кварц-полевошпатовые с включением детрита раковин моллюсков, гальки (щебня) кристаллических пород (по полевоому описанию до 25%) в придонной части разреза. Максимальная вскрытая мощность песков составляет 3 м. Пески плотные и средней плотности. Преобладают пески средней крупности, неоднородные (степень неоднородности гранулометрического состава (Cu) равна 3,4). Гранулометрический состав характеризуется средним содержанием гравия – 6,2%, песчаных частиц – 92,7%, частиц пыли – 1,1%, глинистых частиц – 0,0%. Относительное содержание органического вещества составляет 0,2-0,3 %. Нормативные значения $W = 0,17-0,19$ д. е., $\rho = 1,88-1,99$ г/см³, $e = 0, 431-0, 687$, $C = 0-1$ кПа; $\phi = 36-39$ град. Модуль деформации (E) в интервале давлений 0, 1-0, 4 МПа равен 25 МПа.

Флювиогляциальные отложения (fg III). Обнаружены в береговой зоне губы Опасова. На ряде участков флювиогляциальные пески выходят на поверхность морского дна, но обычно перекрыты толщей голоценовых осадков мощностью 2,8-33,2 м. Мощность слоя 0,8-9,0 м. Представлены песками пылеватыми, плотными, с редкими включениями гальки и гравия (до 5%). Песок неоднородный ($Cu=3,14$). Гранулометрический состав характеризуется средним содержанием песчаных частиц – 88,0%, частиц пыли 8,4%, глинистых частиц 3,5%. Нормативное значение $W = 0,19$, $\rho = 2,09$ г/см³, $e = 0,528$. Нормативные значения $C = 0$ кПа, $\phi = 39$ град. Модуль деформации, в интервале нагрузок 0,2-0,3 МПа, составляет 40 МПа.

Печерское море. Мощность четвертичного покрова в Печерском море максимальная и достигает 100-150 м. Значительную часть осадочного чехла слагают аллювиальные отложения, выполняющие палеодолины позднеплейстоценовой речной системы.

Морские волновые голоценовые отложения (mvH) повсеместно развиты с поверхности дна и представлены песками мелкими, замещающимися супесями вниз по разрезу. Мощность песков не превышает 6,5 м. Их физико-механические свойства близки к таковым, залегающим в Баренцевом море. Гранулометрический состав характеризуется средним содержанием гравия – 3,8%, песчаных частиц 93,2%, частиц пыли 1,5%, глинистых частиц 1,5%. Относительное содержание органического вещества в песках составляет 1,0 %. Нормативные значения $W = 0,23$ д. е., $\rho = 2,02$ г/см³, $e = 0, 628$, $C = 0$ кПа; $\phi = 36$ град. Модуль деформации в интервале давлений 0, 0-0, 1 МПа равен 52 МПа.

В части акватории, прилегающей к суши (прибрежье), с поверхности дна залегают имеющие ограниченное распространение,

пески гравелистые, средней плотности с включениями гравия и мелкой гальки до 40 %. Содержание песчаных частиц-60,4%, пылеватых-1,1, глинистых - 0,6 %. Физические их свойства следующие: $W = 0,24$ д. е., $\rho = 2,00$ г/см³, $e = 0,652$.

Аллювиальные пески (а). Аллювиальные пески с растительным детритом характерная особенность геологического строения мелководной поздневалдайско-голоценовой абразионно-аккумулятивной равнины Печерского моря. Здесь широко распространены поздненеоплейстоценовые и раннеголоценовые песчаные отложения, приуроченные к палеоврезам субаэральной гидросети. Поздненеоплейстоценовые аллювиальные отложения ($a\Pi^{2-3}$) слагают верхнюю часть разреза и представлены преимущественно песками мелкими и пылеватыми. В песках отмечаются слои и линзы супеси и прослои, обогащенные слаборазложившимся торфом, включения гравия и гальки, пятна гидротроилита. Голоценовые песчаные аллювиальные отложения (aH^1) представлены также песками в основном мелкими и пылеватыми.

Гранулометрический состав поздненеоплейстоценовых песков мелких типичен для аллювиального их генетического типа: песчаных частиц – 97,0 – 98,8 %, пылеватых частиц – 1,1- 1,5 %, глинистых частиц всего 0,6 -1,2 %. Содержание органического вещества составляет 0,4-0,5 %. Физико-механические свойства грунтов следующие: $W = 0,20-0,23$ д. е., $\rho = 2,03-2,08$ г/см³, $e = 0,580-0,648$, $C = 0-12$ кПа, $\phi = 37-40$, $E=47 - 59$ МПа.

Разновидность песков пылеватых характеризуется большим содержанием пылеватых и глинистых частиц, равных соответственно 3,8-12,2 % и 5,4-7,6 %. Количество песчаных зерен – 80,0-90,4 %. Значения физико-механических свойств близки к таковым пескам мелким: $W = 0,21-0,26$ д. е., $\rho = 2,01-2,08$ г/см³, $e = 0,574-0,650$, $C = 0-12$ кПа, $\phi = 30-40$, $E=13 - 53$ МПа.

Карское море. В Баренцевом море наиболее хорошо исследован район Байдарацкой губы (Приямальская аккумулятивная равнина), в том числе заполнение древней речной долины пра-Оби в связи со строительством здесь подводного перехода магистрального газопровода, а также осадки эстуариев Оби и Таза. Чехол четвертичных отложений представляет собой чередование песчаных и глинистых слоев при заметном преобладании последних.

В верхней части разреза изучены (Русановская структурная терраса, глубина моря 58-91 м) *голоценовые полигенные (mf, mv H) песчаные образования*. Распространены пески пылеватые мощностью 0,3-5,3 м и мелкие мощностью 0,2-5,2 м. Их физико-механические

свойства близки, и равны, соответственно: $W = 0,22; 0,21$ д. е., $\rho = 2,01; 2,00$ г/см³, $e = 0,620; 0,630$, $C = 5; 7$ кПа, $\phi = 36; 36$ град., $E = 30; 24$ МПа.

Голоценовые волновые песчаные отложения (тv Н) в пределах Приямальской аккумулятивной равнины (глубина моря 0-19 м) представлены также песками мелкими (мощность 0,2-1,5 м) и ниже залегающими песками пылеватыми (мощность 0,4-10,5 м). Пески однородные (показатель C_u , соответственно равен 2,1 и 2,2), средней плотности, с обломками и целыми створками раковин моллюсков, с гнездами гидротроилита, с редкими пятнами ожелезнения, с характерным запахом сероводорода. Гранулометрический состав песка мелкого на разных участках равнины характеризуется высоким содержанием песчаных частиц – 95,1-98,5%, частиц пыли 1,1-2,6%, глины 0,4-2,3%. В гранулометрическом составе пылеватых песков также преобладают глинистые частицы (93,0-96,4%), пыли 1,9-5,7%, глины 1,3-1,7%.

Нормативные значения W , ρ и e грунта песка мелкого соответственно равны 0,23-0,27 д.е.; 1,99-2,02 г/см³; 0,622-0,700, а пылеватого 0,23-0,25 д. е., 1,99-2,00 г/см³; 0,648-0,673. Характеристики прочности и деформируемости рассматриваемых песков также близки: $C = 0-2; 0-5$ кПа, $\phi = 30-41; 41-43$ град., E , в интервале нагрузок 0,0-0,1 МПа, составляет 45-57; 42-49 МПа.

Редко среди рассматриваемого генетического типа песчаных отложений в прибрежной зоне встречаются пески гравелистые, плотные, с включением раковинного детрита, гидротроилита, содержащие до 26 % гальки и гравия, песка 52,2 %, пыли 15,6 %, глины 1,5 %. Характеризуются низкой влажностью $W = 0,18$ д.е. и относительно высокой плотностью, $\rho = 2,07$ г/см³.

Ниже по разрезу залегают *аллювиальные сартанские отложения (aIII⁴sr)*. Они заполняют небольшие палеоврезы. В их составе преобладают мелкие и пылеватые пески с частыми прослоями глин и суглинков, прослоями торфа и гравия. Мощность песчаных образований до 10 м. Инженерно-геологические свойства и состав этих грунтов изучены недостаточно.

В Обской губе их генезис определен как озерно-аллювиальный. Здесь они представлены песками мелкими (содержаний фракций: песок-98,5%; пыль 0,1%; глина 1,95%) и пылеватыми (песок 95,2%; пыль 4,8%; глина 1,6 %), средней плотности. Пески имеют сходные характеристики физических свойств: $W=0,22; 0,23$ д.е., $\rho=1,95; 1,96$ г/см³, $e = 0,663; 0,673$. Прочность и деформируемость песков характеризуется следующими значениями: $C = 0; 0$ кПа, $\phi = 34; 35$ град., E , в интервале нагрузок 0,0-0,4 МПа, составляет 41; 34 МПа.

В разрезе Приямальской аккумулятивной равнины (Байдарцакая губа, Нурминский и Скуратовский валы) установлены бурением и опробованием каргинские отложения. Пески в каргинской толще принято относить к *морским отложениям (mvIII³kr)*. Судя по наличию окатышей суглинков, растительных остатков, линз намывного торфа их накопление происходило в мелководных прибрежно-морских условиях. Песок пылеватый, средней плотности с примазками гидротроилита, редкими включениями раковинного детрита, газонасыщенный. Отмечены прослойки песка в приконтактной зоне с сарганскими отложениями, сцементированного метастабильным минералом икаитом ($\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Как известно, икаит образуется преимущественно в холодных морях или соленых озерах. Максимальная мощность толщ каргинских песков около 10 м. Они характеризуются достаточно высоким содержанием песчаной фракции (84,4-87,7 %), сравнительно небольшим количеством пылеватых (10,7-10,8 %) и глинистых (1,6-4,6%) частиц. Значения физико-механических свойств рассматриваемых грунтов следующие: $W = 0,22-0,25$ д. е., $\rho = 1,92-1,99$ г/см³, $e = 0,632-0,757$, $C = 0-3$ кПа, $\phi = 35-38$ град., E , в интервале нагрузок 0,0-0,1 МПа, равен 18 МПа.

Контакт каргинских песков с нижележащими *аллювиальными песками ермаковского горизонта (aIII²er)*, резкий, эрозионный. Пески ермаковского горизонта серые, средней плотности, пылеватые с пластами супесей и суглинков. Пески содержат прослойки и линзы, насыщенные гидротроилитом, включения раковинного детрита, торфа, гравия и щебня. Мощность отложений до 30 м. Гранулометрический состав представлен песчаными (79,6 %), пылеватыми (18,2 %) и глинистыми (2,2 %) частицами. В ходе лабораторных испытаний получены следующие значения их свойств: $W = 0,24-0,25$ д. е., $\rho = 1,92-1,93$ г/см³, $e = 0,712-0,757$, $C = 0-4$ кПа, $\phi = 39-40$ град., E , в интервале нагрузок 0,0-0,1 МПа, равен 16 МПа.

Голоценовые переходные *аллювиально-морские (эстуарные) (amH¹⁻²)* и *каргинские морские (mvIII³kr)* пески были выявлены также в губах (эстуариях) рек Оби и Таза (южная часть Карского моря). В их пределах мощность песчаных отложений достигает 10-20 м и более.

Голоценовые отложения заполняют наиболее глубокие части палеодолин, где накапливались как речные, так и морские осадки (намывные отложения, приливные дельтовые пески и др.). Рассматриваемые грунты, залегающие в интервале 0-4 м, представлены песками серыми и темно-серыми, пылеватыми, плотными и средней плотности, с оторфованными глинистыми прослоями, гнездами гидротроилита, редкими включениями гравия.

Содержание песчаных частиц достигает 92,5-93,3 %. Пылеватая фракция составляет 3,9-4,3 %, количество глинистых частиц довольно высокое и меняется от 3,1 до 4,9 %. Пески имеют $W = 0,22-0,23$ д. е., $\rho = 1,99-2,04$ г/см³, $e = 0,605-0,654$, $C = 2-11$ кПа, $\varphi = 40-41$ град., $E=16$ МПа.

Выводы. Как показывает сравнительный анализ гранулометрического состава и свойств песчаных отложений морей Западно-Арктического шельфа прослеживаются значимые инженерно-геологические отличия рассматриваемых грунтов разного генезиса, что связано с особенностями обстановок седиментации в различных частях (зонах) морских бассейнов. Влияние генетического фактора на состав и свойства песков в наибольшей степени заметно в Баренцевом море при сравнении таковых перлювиальных и волновые отложений (прибрежный подтип). Несомненно, специфические условия формирования отразились на составе (наличие крупнообломочного материала) и высокой плотности реликтовых флювиогляциальных отложений.

В Карском (сарганские отложения) и Печерском морях обращают на себя внимание практически монодисперсные аллювиальные мелкие пески, состав которых, как отмечалось ранее [15], характерен для аллювиальных отложений равнинных рек. Условия формирования в указанных морях также явно отразились на составе и свойствах гравелистых песков зоны прибоя. Специфические условия формирования каргинских песков заметно отразились на их составе (наличие включений икаита, растительных остатков, торфа и др.). Однако из-за масштабного эффекта влияние состава на свойства этих отложений выявить не удалось.

Список литературы:

1. *Козлов С.А.* Инженерная геология Западно-Арктического шельфа России. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2004. -147 с.
2. *Потапов А. Д., Платов Н. А., Лебедева М. Д.* Песчаные грунты. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов. 2009.- 256 с.
3. *Рокос С.И.* Газонасыщенные отложения верхней части разреза Баренцево-Карского шельфа: автореф. дис... канд. геогр. наук. Мурманск, 2009. - 89 с.
4. *Трофимов В. Т., Вознесенский Е. А., Королев В. А. и др.* Глава 7. Класс дисперсных грунтов // Инженерная геология России. Том 1. Грунты России. М.: КДУ. 2011, с. 85-90.

CHARACTERISTICS OF THE COMPOSITION AND PROPERTIES OF SANDY SOILS OF VARIOUS GENETIC TYPES OF THE BARENTS-KARSK SHELF

Mironyuk S.G.

Marine Research Center of Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, e-mail: mironyuksg@gmail.com

Annotation: Data on the composition and properties of subaquatic sand soils of different genesis obtained during offshore surveys in the Barents, Pechersky and Kara Seas are summarized. The studied soils with the development of hydrocarbon resources of the Arctic shelf are increasingly becoming the ground base of various marine structures. Perluvial, wave, polygenic (alluvial-marine, fluvial-wave), relict alluvial and fluvio-glacial sand deposits are considered. The specificity of sedimentation environments in various subzones of the shelf is shown. Some engineering-geological features of sandy soils of various genetic types have been revealed.

Keywords: genetic types of marine sediments, sandy soils, varieties of sand, composition and properties of sandy soils, Barents-Kara shelf.

УДК 624.131

СОВРЕМЕННЫЕ ЭОЛОВЫЕ ПЕСЧАНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА: ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ

Рубцова М.Н.

Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия, e-mail: rubtsova83@inbox.ru

Аннотация: Представлены результаты изучения гранулометрического и минерального состава эоловых отложений Байкальского региона. Применялись гранулометрический анализ (ситовой метод) и минералогический анализ песчано-пылевой фракции (иммерсионный метод). По методике В.Н. Конищева (1981) рассмотрено распределение основных породообразующих минералов (кварц и полевые шпаты) по гранулометрическим фракциям. Детальный анализ материалов показал, что условия формирования эоловых песчаных отложений для аквальных и сухоходольных впадин существенно отличаются.

Ключевые слова: Байкальский регион, эоловые песчаные отложения, гранулометрический и минеральный состав.

В рамках реализации генетического подхода при инженерно-геологической оценке современных эоловых песчаных массивов Байкальского региона выполнен широкий комплекс литолого-минералогических исследований (гранулометрический и минеральный состав) [3, 4].

Объектом исследований явились современные эоловые песчаные покровы аквальных впадин Байкальской рифтовой зоны (БРЗ) – о. Ольхон (Нюрганский, Улан-Хушинский, Сарайский и Хужирский заливы) и восточное побережье оз. Байкал (бухты Каткова, Безымянная и Песчаные Бугры), а также песчаные массивы суходольных впадин БРЗ – Баргузинской, Тункинской и Чарской (рис. 1) [5].

Для решения вопроса об источнике песка при формировании современных эоловых отложений проходились профили поперек песчаных полей. Построение профилей сопровождалось отбором проб на гранулометрический и минералогический анализы.

Эоловые покровы аквальных впадин сложены преимущественно среднезернистыми (содержание фракции 0.5–0.25 мм достигает 79 %) песками. Среди минералов легкой фракции преобладает кварц (до 70 %). Оставшуюся часть занимают полевые шпаты (плагиоклазы до 22 % и калишпаты до 7 %), а также биотит (до 3 %). Состав минералов тяжелой фракции разнообразен и включает: амфиболы (до 80 %), эпидот (до 10 %), ильменит (до 10 %), гранаты (до 5 %), диопсид (до 4 %) и сфен (до 2 %). Циркон, магнетит, рутил, апатит, анатаз, лейкоксен и хлоритоид встречаются в редких знаках.

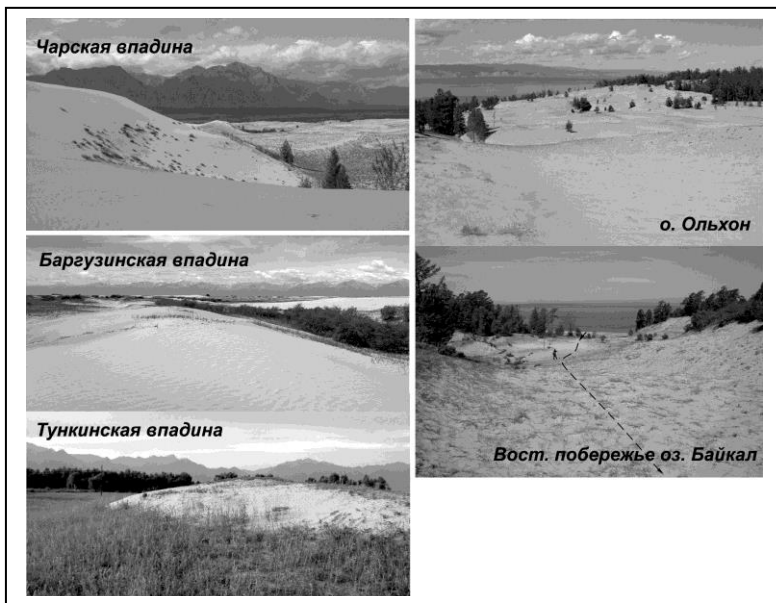


Рис. 1. Современные эоловые песчаные покровы Байкальского региона

Характер распределения гранулометрического состава отложений по профилям, заложенным от уреза воды Байкала в континентальную часть массива до конечного вала, который оконтуривает фронтальную зону эолового поля, имеет свои особенности. Вблизи пляжа пески представлены практически всей разновидностью фракций с преобладающим содержанием крупнозернистого материала. В районе эолового вала (перед валом и особенно после вала) полностью отсутствует грубо- и крупнозернистый материал, а средне- и мелкозернистый – преобладает. Установлено сходство минерального состава донных осадков взморья, отложений пляжа и эоловых песчаных покровов. При этом при удалении от уреза воды в глубь суши, в эоловых песках происходит уменьшение размерности фракции, содержания ильменита, эпидота, магнетита, а также увеличение содержания слюды в легкой фракции.

Подобная картина распределения гранулометрического и минерального состава отложений свидетельствует о том, что эоловые пески в прибрежной части водоема формируются за счет выноса песчаного материала волнами на берег и в дальнейшем при его высыхании перемещением уже потоком ветра в глубь суши. Это подтверждается приуроченностью эоловых отложений к аккумулятивным заливам и формированием песчаных покровов вдоль преобладающих направлений ветра.

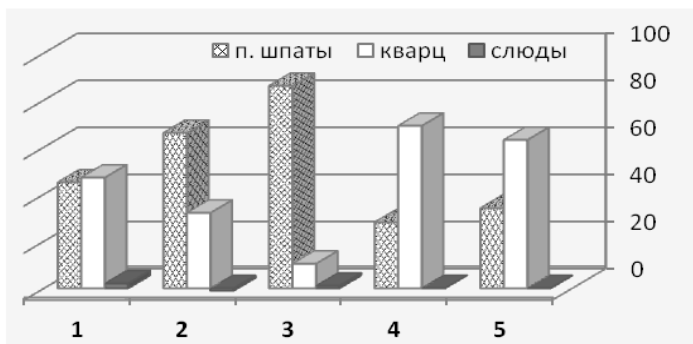


Рис. 2. Средние содержания (%) минералов легкой фракции в современных эоловых песках Байкальского региона: 1 – 3 – суходольные впадины (Тункинская, Баргузинская и Чарская); 4, 5 – аквальные впадины (западное побережье о. Ольхон и восточное побережье оз. Байкал)

В суходольных впадинах (Тункинская, Баргузинская и Чарская) эоловые отложения распространены неравномерно и приурочены преимущественно к их центральной и краевой части. Они образуют более разнообразные типы песчаных дюн: поперечные (трансверсные), грядовые, куполовидные, холмиковые, вегетативные, в том числе и протяженные цепи барханов и гряд, перемежаемые котловинами выдувания. Длина некоторых барханов в Чарской впадине достигает 200 м, а их высота – 75 м. Иногда ниши и котловины выдувания постепенно превращаются в минерализованные озера (Баргузинская впадина).

Результаты гранулометрического состава свидетельствуют о том, что основная масса данных эоловых образований относится преимущественно к мелкозернистым пескам и в меньшей степени – к среднезернистым. Минеральный состав легкой фракции характеризуется существенным присутствием (46 %), а иногда и резким преобладанием полевых шпатов (до 80 %). В составе минералов тяжелой фракции выделяется амфибол-пироксеновая (45 % и 35 %, соответственно) ассоциация с магнетитом и ильменитом.

Далее нами использован подход, предложенный В.Н. Конищевым, к анализу генетической природы минерального вещества различных отложений (криолитологический анализ) [1, 2]. В качестве комплексного показателя, характеризующего степень участия в формировании отложений процесса криогенного выветривания, предлагается коэффициент криогенной контрастности (ККК). Он отражает соотношение содержания кварца к полевым шпатам во фракциях крупной пыли (0.05–0.01 мм) и тонкого (0.1–0.05 мм) песка. При значениях ККК больше 1 считается, что в момент накопления осадка активно проявлялись процессы криогенеза, а при ККК меньше 1 – осадконакопление проходило вне зоны мерзлоты.

Определения минерального состава эоловых песчаных отложений Байкальского региона для тонкопесчаной и крупнопылеватой фракций выполнено методом рентгенофазового анализа на автоматизированном порошковом дифрактометре D8 ADVANS. В результате проведенных исследований и расчета коэффициентов криогенной контрастности получены следующие данные. Для эоловых отложений суходольных впадин коэффициенты (ККК) оказались больше 1 (среднее значение составило 1.50), а для аквальных – меньше 1 (среднее значение 0.44).

Таким образом, анализ распределения гранулометрического и минерального состава эоловых песчаных отложений региона показал, что источники и механизмы их формирования для аквальных и

суходольных впадин различны. Детальный криолитологический анализ выявил существенную роль криогенного выветривания при формировании отложений, послуживших материалом для образования эоловых массивов в суходольных впадинах.

Список литературы:

1. *Конищев В.Н.* Формирование состава дисперсных пород в криолитосфере. – Новосибирск: Наука, 1981. – 197 с.
2. *Конищев В.Н., Рогов В.В.* Методы криолитологических исследований. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1994. – 135 с.
3. *Рубцова М.Н.* Генетический подход при инженерно-геологической оценке современных эоловых песчаных массивов Байкальского региона // Материалы VII Сибирской научно-практической конференции молодых ученых по наукам о Земле. – Новосибирск, 2014, с. 261-262.
4. *Рященко Т.Г.* Литогенез и инженерно-геологическая оценка четвертичных отложений (Восточная Сибирь). – Новосибирск: Наука, 1984. – 164 с.
5. *Akulov N.I., Rubtsova M.N.* Aeolian deposits of rift zones // *Quaternary International*, 2011, N 234 (1-2), p. 190-201.

RECENT AEOLIAN SANDS OF THE BAIKAL REGION: FEATURES OF MINERAL COMPOSITION AND ACCUMULATION CONDITIONS

Rubtsova M.N.

Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia

Annotation: The results of studying the granulometric and mineral composition of the eolian deposits of the Baikal region are presented. Granulometric analysis (sieve method) and mineralogical analysis of sandy-silty fraction (immersion method) were used. By the method of VN. Konischeva considered the distribution of the main rock-forming minerals (quartz and feldspar) by the granulometric fractions (on particle size fractions). A detailed analysis of the materials showed that the conditions for the formation of aeolian sand deposits for the aquatic and dry basins are significantly different.

Keywords: Baikal region; aeolian sand deposits; granulometric and mineral composition.

УДК 624.131

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ЭЛЮВИАЛЬНЫХ И ЭОЛОВЫХ ПЕСКОВ РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН (СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ)

Рященко Т.Г.¹, Макаров С.А.²

¹*Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия, e-mail: ryashenk@crust.irk.ru;*

²*Институт географии имени В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия, e-mail: makarov@irigs.irk.ru*

Аннотация. Рассматривается минеральный состав элювиальных песков, образцы которых были отобраны из обнажения в каньоне Муине, и золотых покровов пустыни (тропическая зона, Вьетнам). В качестве объекта для проведения сравнительного анализа изучены золотые пески, распространенные в умеренно гумидной резко континентальной климатической зоне Прибайкалья (Тункинская впадина). Исследовано 11 образцов: методом Сабанина определен гранулометрический состав; выполнен количественный минералогический анализ легкой и тяжелой фракций (0,25–0,05 мм) иммерсионным методом; установлены минеральные ассоциации и рассчитаны коэффициенты зрелости и устойчивости. По визуальным признакам и данным гранулометрического анализа выделены обычные «сыпучие» и особые связные (глинистые) пески. Представлены возможные пути формирования связности песков в условиях тропической и умеренно гумидной резко континентальной климатических зон: в первом случае – это выветривание с глубоким химическим преобразованием материала, во втором – процессы лессового литогенеза.

Ключевые слова: климатические зоны, элювиальные и золотые пески, гранулометрический состав, минеральные ассоциации, химическое выветривание, лессовый литогенез.

При инженерно-геологических исследованиях лессовых, глинистых и песчаных грунтов на юге Восточной Сибири минералогия терригенных компонентов занимала одно из ведущих мест в составе комплексной аналитики и рассматривалась в качестве корреляционно-генетического критерия [3]. В настоящее время авторы располагают эксклюзивной коллекцией элювиальных песков из обнажения в каньоне Муине и золотых песков пустыни (восемь образцов из тропической зоны, Вьетнам). В качестве объекта для проведения сравнительного анализа изучены золотые пески, распространенные в умеренно гумидной резко континентальной климатической зоне Прибайкалья (три образца из района Тункинской впадины). Для каждого образца коллекции указан его индекс и проведено визуальное описание (с применением четырехкратной лупы), по результатам которого установлено присутствие или отсутствие признаков структурной связности. В первом случае выделяются связные пески (ps*), во втором – обычные («сыпучие») (ps). В элювии тропической зоны преобладают связные разновидности (ps*), золотые пески пустыни следов структурной связности не имеют (ps). Золотые пески Тункинской впадины представлены связными разновидностями (ps*).

Гранулометрический состав (определялся по методу Сабанина). Связные элювиальные пески тропической зоны отличаются повышенным содержанием глинистой фазы (до 27 %); на поверхности излома кусочков отмечаются мелкие «макропоры-соты», крупные каверны и разводы ожелезнения. Золотые пески пустыни (средне- и мелкозернистые) почти не содержат глинистых фракций (0,7–1,3 %), хорошо отсортированы, зерна имеют окатанную форму. Связные

разновидности эоловых песков Тункинской впадины отличаются повышенным содержанием глинистых (7–12 %) и пылеватых (13–15 %) частиц (общая особенность независимо от климатической зоны). Таким образом, связные пески (ps*) можно назвать глинистыми, как это принято в зарубежной литературе [5].

Минеральный состав (количественный иммерсионный метод).

В элювии тропической зоны легкая фракция мономинеральна: кварц составляет 90,4–98,4 %, плагиоклазов нет, калишпаты – 0,4–6,8 %, поэтому коэффициент зрелости Kz (отношение содержания кварца и полевых шпатов) очень высокий (до 82–246). Тяжелая фракция имеет циркон (12–20 %) – ильменитовую (48,0–66,6 %) минеральную ассоциацию; отмечено заметное присутствие лейкоксена (4,4–10,0 %) – вторичного минерала, который развивается по ильмениту (признак элювиального генезиса песков). Пироксены (диопсид) и амфиболы (роговая обманка), которые являются неустойчивыми к процессам выветривания компонентами, образуют ничтожную по содержанию группировку – менее 1 %. Коэффициент устойчивости КУ (отношение содержания турмалина и циркона к содержанию пироксенов и амфиболов) составляет 5,7–21,9. Следовательно, элювиальные пески с признаками связности (ps*) характеризуются высокой степенью химических преобразований, что подтверждают значения Kz, КУ.

Эоловые пески пустыни (ps) имеют аналогичные элювию минеральные ассоциации легкой и тяжелой фракций (Kz=24–49; КУ=7,5–7,8). Вероятнее всего, элювиальные пески были источниками эолового переноса. Лейкоксен в тяжелой фракции эоловых покровов также присутствует в заметном количестве, поэтому можно предположить, что он вместе с ильменитом, по которому развит как вторичный минерал, переносился ветром в пустыню.

Эоловые пески Тункинской впадины (ps*), представляющие отложения гумидной резко континентальной климатической зоны, имеют совершенно другой минеральный состав. В легкой фракции содержание кварца снижается (68,0–78,0 %) за счет увеличения калишпата и плагиоклаза (в сумме они составляют 18,4–19,6 %), соответственно коэффициент зрелости (Kz) оказывается незначительным (3,7–4,0). Минеральная ассоциация тяжелой фракции – пироксен (25,0–32,0 %)–амфиболовая (31,2–35,6 %). Фактически почти «на равных» присутствуют те и другие, при этом источниками пироксенов являются трапповые интрузии; амфиболы относятся к «минералам-пришельцам» эолового происхождения [1]; значительную роль играют гранаты (12,2–14,0 %). Коэффициент устойчивости (КУ), по сравнению с элювиальными песками тропической зоны, практически

близок к нулю (0,01–0,02) за счет главенства слабоустойчивых к выветриванию пироксенов и амфиболов. Аналогичная ситуация отмечена для легкой фракции, где также степень химической зрелости песков значительно меньше, поскольку кварц «вытесняется» неустойчивыми к химическому выветриванию калишпатами и плагиоклазами. Интересны сопоставления массы тяжелых компонентов элювиальных и эоловых песков различных климатических зон. В элювии она составляет 0,08–0,22 г, несмотря на преобладание ильменита, обладающего повышенной плотностью (4,5–5,0 г/см³). Видимо, для этих песков с высоким уровнем химических преобразований не свойственно накопление в большом количестве тяжелых минералов. Эоловые пески пустыни (ps) имеют аналогичную массу тяжелой фракции – 0,12–0,44 г (формировались за счет элювия). Но в эоловых песках Тункинской впадины фиксируется резкое увеличение содержания тяжелых компонентов – 1,49–2,06 г. Видимо, этому способствует большое количество зерен пироксенов и амфиболов, плотность которых значительно меньше (3,1–3,4 г/см³) по сравнению с ильменитом (4,5–5,0 г/см³), господствующим в песках тропической зоны.

Варианты причин формирования структурной связности в песках различных климатических зон. Предлагается рассмотреть два варианта – воздействие процессов лессового литогенеза (Прибайкалье, умеренно гумидная резко континентальная зона) и воздействие процессов интенсивного химического выветривания (Вьетнам, тропическая зона).

Лессовый литогенез рассматривается как особый геохимический тип выветривания при ведущей роли криогенного фактора, влиянии геологического субстрата (характер распространения различных геологических формаций) и возможности его развития в голоцене, включая исторический период [4]. Эоловые пески Прибайкалья в результате процессов лессового литогенеза превратились в нестандартную разновидность: появилась связность между частицами, сформировались агрегаты и макропористая структура, увеличилось содержание глинистой и пылевой фракций. Результаты минералогического анализа показали пониженную химическую зрелость песков; господство минералов-пришельцев (амфиболов), появление которых связано с периодическим эоловым привносом материала, также подтвердило слабое влияние процессов химического выветривания.

Признаки структурной связности элювиальных песков тропической зоны (каньон Муйне) определяются, по всей вероятности,

очень высокой степенью химического выветривания материала, о чем свидетельствуют резкое преобладание устойчивого кварца в легкой фракции, турмалина и циркона – в тяжелой. Несмотря на господство ильменита, масса тяжелых компонентов весьма незначительна, поскольку они оставались на месте без каких-либо дополнительных поступлений материала. Эоловые пески тропической зоны по минералогии близки элювию, который, видимо, и являлся источником для формирования эоловых покровов пустыни.

В заключение можно сделать следующий вывод: на основе сравнительного анализа элювиальных и эоловых песков различных климатических зон (образцы коллекции) предложены два возможных варианта формирования особой разновидности связных (глинистых) песчаных отложений: для тропической зоны в элювии главную роль играли процессы интенсивного химического выветривания, для эоловых песков умеренно гумидной резко континентальной зоны – процессы лессового литогенеза.

Список литературы:

1. *Лессовые грунты Монголо-Сибирского региона* / Т.Г. Рященко, В.В. Акулова, Н.Н. Ухова, С.И. Штельмах, Н.Н. Гринь – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2014. – 241 с.
2. *Лукашев К.И.* Проблема лессов в свете современных представлений. – Минск: Изд-во АН БССР, 1961. – 218 с.
3. *Рященко Т.Г.* Литогенез и инженерно-геологическая оценка четвертичных отложений (Восточная Сибирь). – Новосибирск: Наука, 1984. – 164 с.
4. *Ryashchenko T.G., Akulova V.V., Ukhova N.N.* Processes of loess lithogenesis during the Pleistocene – Holocene // *Quaternary International*. 2011. № 240. – P. 150–155.
5. *Zimbardo M. et al.* The open metastable structure of a collapsible sand: fabric and bonding // *Bulletin Engineering Geology and the Environment*. 2016. V. 75. № 1. – P. 125–139.

MINERAL COMPOSITION OF ELUVIAL AND AEOLIAN SANDS FROM DIFFERENT CLIMATIC ZONES (COMPARATIVE ANALYSIS)

Ryashchenko T.G.¹, Makarov S.A.²

¹*Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, Russia, e-mail: ryashenk@crust.irk.ru;* ²*Institute of Geography named after V.B. Sochava SB RAS, Irkutsk, Russia, e-mail: makarov@irigs.irk.ru*

Annotation: The article considers the mineral composition of the eluvial sands samples selected from the outcropping in the Muine canyon and the aeolian cover samples of the desert (tropical zone, Vietnam). The aeolian sands characterized by a wide distribution in the moderately humid sharply continental climatic zone of the Baikal region (Tunkinsk's depression) have been studied as the object for performance of the comparative analysis. 11 samples have been studied: the granulometric composition is determined by the Sabanin method; the quantitative mineralogical analysis of light and heavy fractions (0.25–0.05 mm) is performed by the immersion method; mineral associations have been established, and coefficients of maturity and stability have been calculated. The ordinary «light» sands and the special coherent (clayey) sands have been identified using visual signs and granulometric analysis data. Possible ways of forming of the connectivity of sands were presented under conditions of the tropical and the moderately humid sharply continental climatic zones. In the first case, weathering with a deep chemical transformation of the material occurs, in the second case, the processes of loessial lithogenesis proceed.

Keywords: climatic zones, eluvial and aeolian sands, granulometric composition, mineral associations, chemical weathering, loessial lithogenesis.

УДК 55.624.131

О СХЕМЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ТОЛЩ ПЕСЧАНЫХ И С ПЕСЧАНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Трофимов В.Т.¹, Красилова Н.С.²

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, Москва, Россия, e-mail: ¹trofimov@rector.msu.ru; ²nina.crasilova@yandex.ru

Аннотация: Дано содержание понятия «грунтовая толща». Рассмотрены легенда схемы пространственного распределения грунтовых толщ песчаных и с песчаной составляющей и классификационные признаки выделения грунтовых толщ наиболее представительных по площади развития на территории России, различающихся по литологическому составу, строению в разрезе, состоянию грунтов в них, преобладающих среднегодовых температур, степени увлажненности для талых и немерзлых грунтов или степени льдистости для многолетнемерзлых грунтов.

Ключевые слова: грунтовая толща; многолетнемерзлые грунты; талые грунты; среднегодовая температура; влажность; льдистость.

Грунтовым толщам, слагающим любую территорию, принадлежит ведущая роль в определении ее инженерно-геологических особенностей, поскольку они служат основанием, средой или материалом для инженерных сооружений, а также во многом определяют особенности рельефа, гидрогеологических и мерзлотных условий, характер развития экзогенных геологических процессов и явлений. Основные пространственные закономерности распространения

грунтовых толщ различных типов, которые необходимо учитывать при их оценке, выявляются обычно при построении карт грунтовых толщ.

Сотрудники кафедры инженерной и экологической геологии, на протяжении последних пятидесяти лет много занимались изучением грунтовых толщ, разработкой легенд и составлением схем и карт грунтовых толщ для разных регионов России [1, 2, 3, 5, 8] и страны в целом [4]. В работах В.Т. Трофимова и П.И. Фадеева [6, 7] было определено содержание понятия «грунтовая толща» - как *толща горных пород и почв, слагающая верхнюю n-метровую часть разреза различных геоморфологических элементов и находящаяся (или в большинстве случаев - могущая попасть) в зону активного воздействия сооружений массовых видов строительства (гражданского, дорожного, сельскохозяйственного, мелиоративного)*. Много внимания исследователи уделяли систематизации грунтовых толщ. Наиболее полная их систематизация была проведена В.Т. Трофимовым и Н.Г. Фирсовым [2].

Схема пространственного распределения грунтовых толщ песчаных и с песчаной составляющей на территории России

Для выявления региональных пространственных особенностей распространения, изменения состава и состояния грунтовых толщ с песчаной составляющей авторами составлена схема пространственного распределения грунтовых толщ на территории России, на которой выделены, с учетом возможностей масштаба схемы, наиболее представительные по площади развития грунтовые толщи песчаные и с песчаной составляющей, различающиеся по литологическому составу и состоянию пород в них. В качестве классификационных признаков использовались, в соответствии с систематикой, разработанной В.Т. Трофимовым и Н.Г. Фирсовым [2], особенности состава и строения грунтовых толщ в разрезе и их состояние. При этом состояние грунтов в грунтовых толщах, как известно, определяется преобладающими среднегодовыми температурами, фазовым состоянием воды в них, степенью увлажненности для талых и немерзлых грунтов или степенью льдистости для многолетнемерзлых грунтов.

Грунтовые толщи, обособленные по литологическому составу

Из всех существующих на территории России грунтовых толщ с песчаной составляющей, обособленных по литологическому составу, на схеме, учитывая возможности ее масштаба, показаны под

соответствующими номерами территории распространения 8 типов наиболее представительных по площади развития грунтовых толщ. Выделены: 1) преимущественно песчаные грунтовые толщи, часто обогащенные обломочным материалом; 2) преимущественно песчано-глинистые с преобладанием глинистых в верхней части; 3) преимущественно песчано-глинистые с преобладанием песчаных в верхней части; 4) преимущественно песчано-глинистые грунтовые толщи, представленные часто локально перемежающимися по разрезу и по площади песчаными и глинистыми сложно построенными пачками различного генезиса и возраста; 5) преимущественно песчано-глинистые, перекрытые лессовыми; 6) торфяные, подстилаемые преимущественно песчаными грунтами; 7) торфяные, подстилаемые песчано-глинистыми грунтами; 8) преимущественно песчаные грунтовые толщи, часто обогащенные обломочным материалом, подстилаемые скальными.

Дополнительно на схеме под номером 9 обозначены территории, в пределах которых грунтовые толщи с песчаной составляющей могут быть распространены локально преимущественно в речных долинах, но масштаб схемы не позволяет их оконтурить. Такие территории могут быть представлены в долинах в горных районах, сложенных преимущественно скальными породами, в пределах Сибирской платформы, Дальнего Востока, Забайкалья. Они могут быть развиты и на юге Европейской части России среди широкого площадного развития лессовых грунтовых толщ и т.п.

Грунтовые толщи песчаные и с песчаной составляющей, выделенные по особенностям современного состояния, обусловленного фазовым состоянием воды в них

Значительная протяженность территории России с севера на юг и с запада на восток, с нарастанием соответственно континентальности климата в северо-восточном направлении, обусловила существенную неоднородность влаго- и теплообеспеченности грунтовых толщ, что привело к неодинаковому их состоянию. По особенностям современного состояния выделяются грунтовые толщи немерзлые и талые и грунтовые толщи мерзлые, с различными среднегодовыми температурами, с разной степенью увлажненности и льдистости. На схеме площади сплошного развития грунтовых толщ талых и немерзлых обособлены однорядной штриховкой, а территории присутствия многолетнемерзлых грунтовых толщ – двухрядной. В зоне несплошного (прерывистого, массивно-островного и редкоостровного)

распространения многолетнемерзлых пород, где перемежаются многолетнемерзлые и немерзлые (талые) грунтовые толщи, на схеме обособлены сдвоенной (сплошной и пунктирной) горизонтальной штриховкой.

Дальнейшее деление грунтовых толщ проведено по среднегодовым температурам, под которым понимается температура пород на подошве слоя ее годовых колебаний за определенный период наблюдений. Среди грунтовых толщ немерзлых и талых на схеме обособлены три температурные градации грунтовых толщ, обозначенные соответствующими буквенными индексами, со среднегодовыми температурами: а – более 3 °С; б – от 1 до 3 °С; в – от 0 до +1 °С. Среди многолетнемерзлых грунтовых толщ выделены также три градации со среднегодовыми температурами: к – от 0 до -1 °С; л – от -1 до -3 °С; м – ниже -3 °С. При этом следует иметь ввиду, что масштаб схемы позволяет показать лишь общие закономерности в распределении среднегодовых температур в зависимости от региональных тенденций изменения мерзлотообразующих факторов. Поэтому отраженные на схеме диапазоны изменения среднегодовых температур для каждой грунтовой толщи являются лишь фоновыми, наиболее типичными, доминирующими на площади развития конкретной грунтовой толщи или ее части. На самом деле реальная картина изменения среднегодовых температур часто бывает очень пестрой и ее нельзя отразить в масштабе схемы. Для более объективного отражения реальной картины изменения температурного режима некоторые из выбранных градаций среднегодовых температур для грунтовых толщ были объединены. На схеме распространения грунтовых толщ это выразилось в сдвоенном буквенном индексе (1мл, 1кл и т. д.) около номера многолетнемерзлой грунтовой толщи, обособленной по литологическому составу. Для грунтовых толщ, расположенных в зоне несплошного развития многолетнемерзлых пород, где среднегодовые температуры мерзлых пород часто изменяются в интервалах от 0 до -2 или от -1 до -5, а в тоже время талые породы имеют положительные температуры, среднегодовые температуры грунтовых толщ на схеме обозначены строенным буквенным индексом (1вкл и т.п.). Учитывая сложные пространственные взаимодействия талых и мерзлых пород и не резкий характер границ между температурными зонами, их следует считать проведенными на схеме приближенно.

Среди немерзлых и талых грунтовых толщ с песчаной составляющей на схеме выделены три категории по степени влажности: слабоувлажненные, увлажненные и сильноувлажненные. Они показаны однорядной штриховкой с правым, левым наклоном и вертикальной

соответственно. Категория увлажненности песчаных грунтовых толщ определялась по глубине залегания подземных вод (соответственно: более 5 м; от 2 до 5 м и менее 2 м). Эти же критерии условно приняты и для двухпородных и многопородных грунтовых толщ, в которых песчаные грунты преобладают или ими сложена верхняя часть разреза толщи. Все грунтовые толщи двухпородные и многопородные, в строении которых принимают участие немерзлые пески, а верхняя их часть сложена торфяными образованиями, относятся к сильноувлажненным.

Среди мерзлых грунтовых толщ этого состава в зоне их сплошного распространения по степени льдистости выделены две категории: 1) слабольдистые и льдистые и 2) сильнольдистые. На схеме они показаны двухрядной вертикальной и наклонной штриховкой соответственно. Льдистость их зависит от состава грунтов и от условий и способа их промерзания. Песчаные грунтовые толщи относятся к слабольдистым и льдистым с объемной льдистостью меньшей или равной 40% с поровой разновидностью льда-цемента. К сильнольдистым отнесены грунтовые толщи песчаные с объемной льдистостью больше 40%, содержащей шлиры льда. К сильнольдистым отнесены и грунтовые толщ, имеющие в своем составе торф, а также содержащие повторно-жильные или пластовые льды.

В зоне несплошного (прерывистого, массивно-островного и редкоостровного) распространения ММП, где перемежаются многолетнемерзлые и немерзлые (талые) грунтовые толщи степень увлажненности талых и степень льдистости мерзлых грунтовых толщ показана одним типом штриховки с подразделением на две категории: 1) увлажненные талые и льдистые мерзлые больше характерные для горных территорий, обособлены на схеме сплошной сдвоенной горизонтальной штриховкой; 2) сильноувлажненные талые и льдистые и сильнольдистые мерзлые характерные больше для равнинных, часто заболоченных, территорий показаны на схеме сдвоенной (сплошной и пунктирной) горизонтальной штриховкой.

Мы рассмотрели классификационные признаки, положенные в основу выделения типов грунтовых толщ песчаных и с песчаной составляющей, показанных на схеме, и использованную при ее составлении легенду. Сама схема пространственного распределения грунтовых толщ песчаных и с песчаной составляющей разного состава, строения в разрезе и состояния грунтов в них на территории России будет опубликована в одном из номеров бюллетеня МОИП (отдел геологический) в 2018 году.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-05-00944а.

Список литературы:

1. Груздов А.В., Зилинг Д.Г. Типизация грунтовых толщ Нечерноземной зоны Европейской части РСФСР и возможности ее применения при гидромелиоративном строительстве // Инженерная геология. – 1980. №3. С. 16-21.
2. Грунтовые толщи Западно-Сибирской плиты / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во МГУ. 1988. 128 с.
3. Карта грунтовых толщ Нечерноземной зоны РСФСР масштаба 1:2 500 000 / Под ред. В.Т. Трофимова М.: ГУГК, 1983.
4. Трофимов В.Т., Красилова Н.С. Закономерности пространственного распределения грунтовых толщ на территории России // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2008. № 4. С. 45-52.
5. Трофимов В.Т., Кротошкин М.П., Фадеев П.И. Грунтовые толщи // Почвенно-геологические условия Нечерноземья. Н.В. Короновский, А.В. Кожевников, В.И. Бабак и др. М., 1984. С. 289-324.
6. Трофимов В.Т., Фадеев П.И. Грунтовые толщи и их отображение на картах // Инженерная геология. 1982. №3. С. 26-35.
7. Трофимов В.Т., Фадеев П.И. Систематика грунтовых толщ Нечерноземной зоны РСФСР // Природные условия Нечерноземной зоны РСФСР. М., 1982. Вып. 1. С. 106-119.
8. Трофимов В.Т., Фадеев П.И., Кротошкин М.П., Лехт В.В. О содержании и методике составления карты грунтовых толщ Нечерноземной зоны РСФСР // Природные условия Нечерноземной зоны РСФСР. М., 1982. Вып. 1. С. 119 -124.

ABOUT THE SCHEME OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF SANDY SOIL THICKNESSES AND SOIL THICKNESSES WITH THE SANDY COMPONENT ON THE TERRITORY OF RUSSIA

Trofimov V.T.¹, Krasilova N.S.²

Lomonosov Moscow State University, Geological Faculty, Moscow, Russia, e-mail:

trofimov@rector.msu.ru; crasilova.nina@yandex.ru

Abstract. The content of the concept of "soil thickness" is given. The legend of the scheme of spatial distribution of sandy soil thicknesses and soil thicknesses with a sandy component and classification features of the allocation of soil thickness of the most representative of area of distribution in the territory of Russia, distinguished by the lithological composition, structure in the section, the condition of soils in them, prevailing of average annual temperatures, the degree of moisture for thawed and unfrozen soils or degree of ice content for permafrost soils are discussed.

Key words: Soil thicknesses; permafrost; thawed soil; mean annual temperature; moisture content of rocks; ice content of rocks.

Секция 3. ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА МАССИВОВ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ

УДК 55; 624.131

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НА ТЕРРИТОРИИ ВОДОЗАБОРНОГО УЗЛА ПРЕДПРИЯТИЯ ООО «КОНТЕЙНЕКС-МОНОЛИТ» В г.КОВРОВЕ ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Башкина В.П.

*ООО «Центр независимых экспертиз», Владимирское отделение, e-mail:
vera_bashkina@mail.ru*

Аннотация: В статье рассматривается экологическая обстановка геологической среды в пределах первой зоны санитарной охраны (ЗСО) действующего водозабора. Приводится наличие происходящих процессов проседания, смещения и образования трещин размыва в техногенных насыпных и намывных песчаных грунтах в связи с динамическими воздействиями при откачке воды из скважин. Поверхностным процессам разрушения способствуют также выброс воды на поверхность при регулярной прокачке скважин и незарегулированный сток поверхностных вод. Для защиты от загрязнения эксплуатируемого водоносного горизонта рекомендуется ряд необходимых мероприятий.
Ключевые слова: скважина; водоносный горизонт; техногенные насыпные грунты; намывные песчаные грунты; динамические воздействия; проседание грунтов; трещины размыва.

На территории предприятия ООО «Контейнекс-Монолит», в ноябре 2011г. проведено рекогносцировочное обследование в районе водозаборного узла с целью определения рекомендательных мероприятий для защиты водоносного горизонта от загрязнений. На территории, окружающей водозабор, наблюдаются оплывины, проседания, трещины размыва и провалы грунта, образовавшиеся в связи с его деятельностью. Рассмотрим создавшуюся техногенную обстановку.

Водозабор сооружён в 2009 г. для хозяйственно-питьевого водоснабжения предприятия. Водозабор находится в 60-80 м северо-восточнее промышленных зданий и существующего чугунного водопроводящего трубопровода. К северу от водозабора, в 450-500 м проходит действующая железная дорога. Водозабор располагается на площадке правого берега р. Клязьма, спланированной техногенными грунтами, с абсолютными отметками 89,5-90,0 м.

Водозабор состоит из двух скважин: одна – рабочая, другая – резервная (для целей пожаротушения). Скважины № 37-Ш и № 38-Ш пробурены Владимирским филиалом ООО «Геоцентр-Москва» и сданы заказчику по акту приёма-передачи соответственно в июле и октябре 2009 г.

Скважины оборудованы как бесфильтровые, но с обсадкой кондуктором и трубами по стволу скважины до глубины 43 м в скважине № 37-Ш, и до глубины 38 м в скважине № 38-Ш. Проведена затрубная и подбашмачная цементация. Расчётное водопотребление составляет 640 м³/сут. Утечка воды из скважин на глубине залегания уровня подземных вод, равном 8 м, исключена в связи с тройной колонной обсадных труб диаметром 325 мм, 219 мм, 159 мм [1]. Глубина скважин по 80 м. Для водоснабжения используется гжельский водоносный горизонт верхнекаменноугольных отложений [4].

Скважины располагаются на забетонированной площадке на расстоянии 20 м друг от друга. Каждая скважина имеет своё ограждение в виде павильона из сэндвич-панелей, у которого имеются бетонные отмотки от дождевых и талых вод. За пределами бетонированной площадки, в 2-5 м от скважин, прослеживаются песчаные рыхлые грунты с травянистой растительностью.

В геоморфологическом отношении участок водозабора находится на осевой части Окско-Цнинского вала, в его северной оконечности, и приурочен к аллювиальной равнине [7]. Водозабор расположен на высокой пойме правобережья р.Клязьмы, в 1,0 км от реки, и в 100 м севернее затона- старицы (бывшего песчаного карьера). Уклон рельефа наблюдается в сторону р. Клязьма. Поверхность поймы слабоволнистая с мелкими и крупными озёрами-старицами, имеющими вытянутую форму. Абсолютные отметки поверхности высокой поймы составляют 87-90 м. Абсолютные отметки скважин водозабора составляют 90 м.

По данным проведенного бурения рассмотрим геологическое строение территории (сверху-вниз). В геологическом строении принимают участие современные и верхнечетвертичные отложения, мощностью 8-12 м, залегающие на эродированной поверхности каменноугольных отложений верхнего отдела [2,3].

Современные четвертичные отложения представлены техногенными грунтами: насыпными песчаными отложениями, отсыпанными сухим способом, мощностью до 1,0 м; намывными песками с бывшего карьера, мощностью до 2-2,5 м.

Верхнечетвертичные отложения представлены аллювиальными песками, мощностью 6-10 м.

Каменноугольные отложения верхнего отдела представлены гжельским ярусом (С₃g), сложенным известняками тонкозернистыми, светло-серыми, кавернозными, трещиноватыми, вскрытой мощностью 68-72 м. Известняки залегают близко к поверхности, что характерно для центральной части Окско-Цнинского вала.

Гидрогеологические условия территории характеризуются наличием гжельского водоносного горизонта верхнекаменноугольных отложений. Водовмещающими породами служат известняки трещиноватые, кавернозные, мощностью более 70 м [4]. Воды трещинно-пластовые, в долине р. Клязьма они дренируются и теряют свой напор. Уровень подземных вод залегает на глубине 8 м (абс.отм. 82 м). Питание горизонта происходит за счёт инфильтрации атмосферных осадков и за счёт гидравлической связи с поверхностными водами р. Клязьма. По данным гидропоста м/с г. Коврова уровень воды в р. Клязьма, на ноябрь-месяц 2011 г., составил 81,80 м. Горизонт перекрыт водопроницаемыми песчаными отложениями, коэффициенты фильтрации которых изменяются от 1,0 до 5 м/сут [11]. Водоупорное перекрытие отсутствует. Подземные воды не защищены от поверхностного загрязнения. Воды этого горизонта используются для хозяйственно-питьевого назначения скважинами № 37-Ш и № 38-Ш. Конструкция скважин предусматривает эксплуатацию нижней части целевого водоносного горизонта, которая отделена от верхней части горизонта, наиболее подверженного загрязнению, обсадными трубами.

Радиус влияния при откачке из скважины, по проведённому расчёту, составляет 45 м [6]. Расход воды из скважины, в связи с большой водообильностью гжельского водоносного горизонта, не оказывает влияния на уровень воды в р. Клязьма. Радиус депрессионной воронки при откачке с незначительным понижением уровня подземных вод (0,26 м), вероятно, имеет незначительное влияние на процессы, происходящие с поверхности.

На рассматриваемой территории отмечаются инженерно-геологические процессы и явления [5]. В районе водозаборного узла, отмечаются трещины размыва, провалы, проседания грунтов по уклону поверхности и под забетонированной площадкой, а также мелкие суффозионные воронки, наплывы и растекание грунта.

Эти процессы и явления происходили раньше с меньшей активностью, но с деятельностью водозабора и подведением воды к чугунному водоводу и дальнейшему её продвижению по назначению, процессы активизировались. На фото 1, в 3-8 м от павильона, видна трещина проседания, высотой 20-50 см, под бетонной плитой и провал грунта, смещение и растекание грунта под поверхностным бетонным

покрытием с отрывом от этой плиты. На фото 2 отчётливо видна трещина размыва грунта, шириной от 25 до 80 см, проходящая параллельно павильону водозаборной скважины, в 1,5-2,0 м от него. Во время бурения скважин, в 2009 г, грунты находились на одном уровне с бетонированной площадкой, трещин и провалов грунта не отмечалось. Развитие инженерно-геологических процессов происходит при воздействии как техногенных, так и природных факторов.



Рис. 1. Трещина отрыва и провала грунта под бетонной плитой



Рис. 2. Трещина размыва и отрыв грунта от бетонной плиты

На площадке водозабора, с поверхности, залегают техногенные грунты насыпного и намывного происхождения песчаного состава, мощностью 2-3 м. В толще этих грунтов происходят процессы разрушения, проседания и разуплотнения. В разрезе эти грунты визуальнo трудно отделить от залегающих ниже аллювиальных песков. Общая мощность песчаной толщи 8-12 м. Толща пород относится к маловлажным грунтам. Техногенные грунты содержат тонко- и мелкозернистые частицы, характеризуются рыхлым сложением, значительной водопроницаемостью (1,0-5,0 м/сут), самоуплотнением [10], подвержены водной эрозии [5].

Рассматриваемая площадка находится в зоне динамического воздействия от железной дороги, которое вызывает периодическую вибрацию поверхностных грунтов, вызывая тем самым уплотнение насыпных и намывных песчаных грунтов. Уплотнение вызывает

неравномерное проседание грунтов [5]. Динамическое воздействие на грунты также оказывает работа насосной установки для подачи воды из скважин.

Одной из причин развития провалов, проседания и плоскостного перемещения грунтов является их подверженность поверхностной обводнённости за счёт вод регулярной прокачки скважин, которые выходят под гидродинамическим напором. Это приводит к процессам поверхностной эрозии и механической суффозии грунтов.

При замене насоса, ремонтных работах и других наблюдательных функциях во время эксплуатации скважины [1,11] проводится регулярная её прокачка. Для этого сделан вывод вспомогательной трубы из павильона, для присоединения шланга, посредством которого проводится слив воды. На фото 1 отчётливо видна труба из павильона и шланг, лежащий на поверхности земли. Сброс воды, по всей вероятности, в нарушении всех рекомендуемых условий, происходит непосредственно на поверхностные грунты, за пределы бетонированной площадки, т.е. в 2-5 м от павильона. Эта территория входит в первый пояс зоны санитарной охраны [9].

Обводнение поверхностных песчаных грунтов происходит также за счёт атмосферных осадков и талых вод. Вода стекает плоскостным потоком, смывая и унося пылеватые частицы песка по уклону поверхности, образуя трещины размыва, мелкие ложбины стока, с последующим растеканием грунта.

Также возможна утечка воды из чугунного водовода, залегающего на глубине 2,5 м, и других водонесущих подземных коммуникаций, проложенных вблизи участка водозабора. Техногенные песчаные грунты насыпного и намывного генезиса характеризуются слабой уплотнённостью, высокой пористостью, наличием тонко- и мелкозернистых частиц. При обводнении этих грунтов происходит вынос тонкозернистых частиц, образуя процессы суффозии с последующим проседанием грунта небольшими воронками [10].

Нарушение режима испарения и миграции влаги под забетонированной площадкой также оказывает влияние на изменение свойств техногенных грунтов, вызывая процессы суффозии и, как следствие, явления проседания и провалов, как видно на фото 2.

Развитие инженерно-геологических процессов происходит в радиусе первой зоны (строгого режима) санитарной охраны (ЗСО), которая, в соответствии с СанПиН 2.1.4.1110-02 [9], равна 50 м от каждой скважины во всех направлениях. По трещинам размыва поверхностных грунтов посредством проникновения водных потоков

атмосферных осадков, талых вод и вод регулярной прокачки из скважин, возможно загрязнение вод целевого водоносного горизонта гжельского яруса [8].

На территории первого пояса ЗСО водозаборного узла в период его эксплуатации (2 года) не были проведены необходимые мероприятия, рекомендуемые санитарными нормами и правилами.

Для устранения неблагоприятных инженерно-геологических процессов и явлений и для защиты от загрязнения с поверхности эксплуатируемого водоносного горизонта в зоне первого пояса ЗСО (строгого режима) следует провести следующие мероприятия:

- уплотнение грунтов и засыпку трещин размыва;
- ограждение первого пояса зоны санитарной охраны;
- озеленение луговой растительностью, без применения ядохимикатов и удобрений, для закрепления поверхностных грунтов, а также защитить от действия климатических факторов и водной эрозии;
- зарегулировать поверхностный сток за пределы первого пояса зоны санитарной охраны;
- сброс воды под гидродинамическим напором при регулярной прокачке скважин должен быть зарегулирован в водоспускной бетонированный лоток за пределы этой зоны;
- проводить периодически замеры уровня воды в скважине и отбор проб воды на качественный анализ;
- контролировать состояние оголовка и устья скважины во избежание поверхностных утечек воды и проникновения загрязняющих веществ в скважину.

Выполнение рекомендуемых мероприятий позволит стабилизировать инженерно-геологическую обстановку.

Список литературы:

1. *Белицкий А.С., Дубровский В.В.* Проектирование разведочно- эксплуатационных скважин для водоснабжения, М, Недра, 1974,с.255
2. Геологическая карта четвертичных отложений Владимирской области масштаба 1:500000, М, ЦРГЦ МПР РФ, 1998-2001.
3. Геологическая карта дочетвертичных отложений Владимирской области масштаба 1:500000, М, ЦРГЦ МПР РФ, 1998-2001
4. Гидрогеология СССР т. I. М, Недра 1966, с.424
5. Инженерная геология СССР, т.1 М, МГУ, 1978
6. *Орадовская А.Е., Лапшин Н.Н.* Санитарная охрана водозаборов подземных вод, М, Недра, 1987, с.166
7. Почвенно-геологические условия Нечерноземья, М, МГУ, 1984, с.
8. СанПиН 2.1.4. 1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Минздрав РФ, 2002, с.31

9. СанПиН. 2.1.4.1110-02. Санитарные правила и нормы. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения / Постановление министерства здравоохранения РФ № 10 от 14 марта 2002 г., с.18
10. СП 11-105-97, ч. I, II и III. Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Инженерно-геологические изыскания для строительства, М, 1997
11. Справочник техника-геолога по инженерно-геологическим и гидрогеологическим работам / М.А.Солодухин, И.В. Архангельский И.В. - М: Недра: 1982, с. 285

ENGINEERING-GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL SITUATION ON-SITE WATER INTAKE SITE OF OUR COMPANY LLC "CONTAINEX-MONOLIT" IN THE CITY OF KOVROV OF THE VLADIMIR REGION

Bashkina V. P.

LLC "Center of independent expertise", the Vladimir branch.

Abstract: the article deals with the ecological situation of the geological environment within the first zone of sanitary protection (CSP) of the existing water intake. The presence of the ongoing processes of subsidence, displacement and formation of erosion cracks in man-made bulk and alluvial sandy soils due to the dynamic effects of pumping water from wells. Surface processes of destruction are also facilitated by the release of water to the surface during regular pumping of wells and unregulated runoff of surface water. A number of necessary measures are recommended to protect exploited aquifers from pollution.

Key words: well; aquifer; technogenic bulk soils; alluvial sandy soils; dynamic effects; ground subsidence; erosion cracks.

УДК 55.631.4

ПЕСЧАНЫЕ ТОЛЩИ ВОРОБЬЕВЫХ ГОР И ИХ РОЛЬ В РАЗВИТИИ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ

Зеркаль О.В., Барькина О.С.¹, Самарин Е.Н., Гвоздева И.П.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, e-mail

:¹barykina@geol.msu.ru

Аннотация: Дана инженерно-геологическая характеристика территории развития оползневых процессов на Воробьевых горах в г. Москве. Рассмотрены три толщи в верхней части разреза, в составе которых преобладают пески. Подробно изучен механизм оползневых процессов на Воробьевых горах. Охарактеризована двойная роль песков в развитии оползневых процессов на рассматриваемой территории.

Ключевые слова: песчаные отложения, оползневые процессы, механизм деформирования, вторичные оползневые массивы.

Геологическое строение Воробьевых гор на территории г. Москвы изучается уже более полутора сотен лет (Павлов, 1910,

Даньшин, 1937, Кюнтцель, 1965, 1970, Парецкая, 1968 и др.). Высокие склоны правого борта Москвы-реки в районе Воробьевых гор являются одним из наиболее крупных оползневых участков в г. Москве. Склоновые деформации здесь документально описывались с начала XIX века.

В строении водораздельной части Воробьевых гор последовательно снизу-вверх принимают участие породы среднего карбона, батского-титонского ярусов юры, берриасского-аптского ярусов нижнего мела, и четвертичные образования, представленные моренными и водно-ледниковыми накоплениями. Большинство исследователей [1, 3, 6], изучавших оползни Воробьевых гор, рассматривают глинистые отложения оксфордского яруса в качестве основного деформирующегося горизонта оползневых массивов. В связи с этим, верхнюю часть разреза, перекрывающую оксфордские образования, формируют три толщи, в составе которых преобладают пески: песчано-глинистые верхнеюрские отложения волжского региояруса (рис. 1), нижнемеловые преимущественно песчаные отложения (рис. 2) и четвертичные гляциальные, флювиогляциальные образования (рис. 3). В пределах склона все они находятся в оползневом залегании.

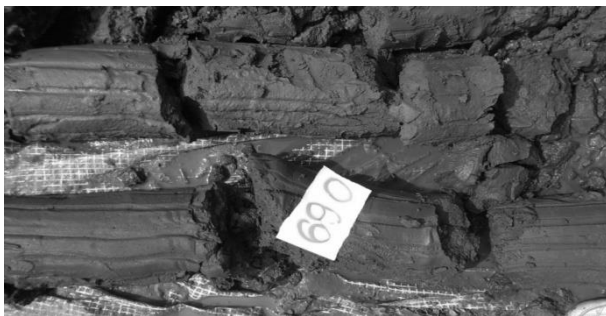


Рис. 1. Верхнеюрские отложения волжского подъяруса

Воробьевы горы расположены в правом борту долины р.Москвы и представляют собой крутой, местами залесенный, склон (высотой до 70 м) со своеобразным грядово-оползневым рельефом и многочисленными выходами грунтовых вод, протягивающийся вдоль реки (отм. уровня 120 м) (рис. 4).



Рис. 2. Нижнемеловые песчаные отложения

Максимальные отметки рельефа фиксируются в районе смотровой площадки (190-191 м), от которой склон постепенно понижается к западу - к устью р. Сетуни, и к востоку. Протяженность визуально определяемых оползневых участков составляет до нескольких сот метров, видимая ширина по осевой части оползня – более трех сотен метров. Объем грунтов, вовлеченных в оползневые деформации на рассматриваемом участке, оценивается в 2 млн.м³. Стенка отрыва оползня хорошо выражена в рельефе (рис. 5) – ее высота колеблется от 12 до 30 м, с углом наклона от 25° до 40°.



Рис. 3. Четвертичные гляциальные и флювиогляциальные образования

Изучение разреза проводилось по нескольким параллельным профилям, соответствующим осевым частям оползневых тел – от водораздельного "плато" (ул. Косыгина) перпендикулярно к Москве-реке. Первоначально считалось, что скважины, находящиеся на

поверхности водораздельного "плато" (ул. Косыгина), располагаются в ненарушенной оползневыми деформациями части массива и вскрывают коренное залегание пород. Полученные при бурении данные однозначно указывают на наличие в области естественного (не вовлеченных в техногенную деятельность) залегания пород, в интервале глубин 80-100 м, явных зон оползневых деформаций (в виде плоскостей скольжения). Это указывает на то, что глубинная зона смещений выходит за принятую ранее границу оползневых процессов, которая выявлялась визуально по широкому развитию на склоне Воробьевых гор трещин, стенок отрыва и др. Исходя из этого, можно говорить о более широком, как по площади, так и по глубине, развитии оползневых процессов на рассматриваемом участке. При этом все визуально наблюдаемые оползневые тела следует рассматривать как вторичные, развивающиеся в пределах очень крупного оползневого массива, зона отрыва которого располагается в пределах современного приводораздельного "плато".

Развитие такого процесса, вероятно, связано с расположением района исследований в пределах глубокой доюрской палеодолины Москвы-реки. Такие участки характеризуются существенной, как горизонтальной, так и вертикальной, изменчивостью геологического разреза, активным водообменом между водоносными горизонтами, что в свою очередь, приводит к интенсификации развития экзогенных процессов, в частности оползневых.



Рис. 4. Поверхность оползневого склона Воробьевых гор

На основе вновь полученных данных был уточнен механизм оползневых процессов рассматриваемой территории, в основе которого лежат особенности движения отдельных элементов оползня [1]. В нашем случае можно говорить об одновременном действии нескольких механизмов деформирования грунтов в различных частях склона и о двойной роли песков в развитии оползневых процессов на Воробьевых горах.

Головная часть оползневого массива развивается по механизму сдвига крупных блоков, слагаемых мезозой-кайнозойскими отложениями, что подтверждается наличием серии плоскостей скольжения, выявленных в толще юрских глин. Мощность таких оползневых блоков на рассматриваемой территории, исходя из данных выполненных буровых работ, достигает 80-100 м. В этом случае можно говорить о пассивной роли песчаных толщ, создающих дополнительную нагрузку на склон.

Вторым типом оползней, развитых на рассматриваемом склоне, можно считать относительно неглубокие оползни, захватывающие только меловые преимущественно песчаные отложения (мощностью до 20 м), что подтверждается данными бурения, в частности удвоение в разрезе аптских песчаных отложений ворохобинской и икшинской свит. В данном случае можно говорить об активной роли песков в развитии оползневых процессов – когда в верхних песчаных толщах вследствие изменения их физического состояния и действия гидростатических и гидродинамических сил, происходит развития фильтрационных деформаций.



Рис. 5. Стенка отрыва оползня

В строении оползневого склона можно выделить три оползневых блока. В пределах **нижнего**, нормальная стратиграфическая последовательность установлена только для небольшого интервала, в котором залегают глины ратьковской, подмосковной и коломенской свит. Тем не менее, для указанных отложений установлено некоторое сокращение мощности, а также повышение гипсометрического положения границ приблизительно на 2 м. Выше по разрезу зафиксирована зона оползневого перемятия пород, представленная отдельными фрагментами черных глин ермолинской свиты размером до нескольких см в поперечнике в заполнителе из серовато-зеленых песков егорьевской свиты с черными окатанными фосфоритами размером до 1-3 см в поперечнике. Верхняя часть разреза до глубины 6,9 м сложена четвертичными отложениями неясного генезиса – возможно аллювий, возможно, просто делювиальные накопления. Непосредственно на юрской части разреза залегают прослой песчаных глин черного цвета (по всей видимости перемытых), мощностью 1,6 м (абс.отм. +119,6-121,2 м). С поверхности залегают 1,7 м техногенных грунтов – суглинистого состава.

В средней части склона оползневые деформации, по-видимому, представляют собой пластическое течение, когда основные деформации приурочены к горизонту обводненных (по трещинам?) глинистых грунтов оксфордского яруса. В разрезе **второго оползневого блока** положение границ всех свит приподнято по сравнению с водоразделом на 2-3 м. В нижней части блока мощность свит вплоть до подмосковной не изменяются, выше – и до лопатинской свиты, уменьшаются на 1-2 м. Мощность песков кунцевской свиты увеличивается с 8,8 до 10,3 м. В верхней части склона – 3,0 м делювиального песка по отложениям кунцевской свиты. В разрезе **верхнего** оползневого блока, наоборот, все границы понижены приблизительно на 1,5-2 м, однако, мощность всех свит уменьшена на 1-2 м, а начиная с икшинской свиты и выше – на 4 м. Следовательно, налицо оползень выдавливания, причем граница явно выраженного вала выпирания располагается на участке перегиба Москвы-реки.

В заключении необходимо сказать о сложном механизме развития оползневых процессов рассматриваемого склона - в составе которых можно выделить как первичные, так и вторичные, с пассивной и активной ролью песчаных толщ. Так, в головной части, где зона смещения располагается на глубинах 80 – 100 м, деформации, приуроченные к нижней части юрских отложений, где песчаные толщи играют пассивную роль, имеют блоковый характер. Аналогичный

механизм (блоковый) имеют вторичные оползневые массивы, располагающиеся в средней части склона, с зоной деформирования в меловых песчано-глинистых отложениях и активным участием этих толщ в развитии склоновых процессов. В то время как языковая часть, представленная глинами, испытавшими пластические деформации, представляет собой оползень выдавливания.

Список литературы:

1. Барыкина О.С., Зеркаль О.В., Самарин Е.Н., Гвоздева И.П. К вопросу о развитии оползневых процессов на Воробьевых горах (г. Москва). Инженерно-геологические задачи современности и методы их решения: Матер.конф. - Геомаркетинг. Москва. 2017. С. 111-117
2. Данышин Б.М. Геологическое строение Ленинских гор в связи с некоторыми вопросами стратиграфии отложений меловой системы и оползневыми явлениями по берегу р.Москвы. Известия Московского геологического треста. (4). 1937. С.3-23
3. Кюнтцель В.В. О возрасте глубоких оползней Москвы и Подмосковья, связанных с юрскими глинистыми отложениями. Бюлл. Моск. об-ва исп. природы. Отд. геол., XL (8), 1965. С.93-100
4. Павлов А.В. Докладная записка Московской Городской управе о строении местности по линии напорный резервуар - Яхт-клуб – Москва-река и о причинах сползания нагорного откоса между напорным резервуаром и восточным краем с. Воробьева. Городская типография. Москва. 1911
5. Павлов А.П. Заметка об образовании оползней в глинистых и глинисто-песчаных породах. Бюлл. Моск. об-ва исп. природы. 4. 1910. С.29-3
6. Парецкая М.Н. Об изменчивости свойств юрских глинистых пород на оползневых участках Москвы // Труды ВСЕГИНГЕО. Вопросы изучения оползней и факторов, их вызывающих: тематический сборник. 1968. Вып. 8. С. 96-101.

THE SANDY STRATA OF THE VOROBYOVY GORY AND THEIR ROLE IN THE DEVELOPMENT OF LANDSLIDE PROCESSES

Zerkal O.V., Barykina O.S.¹, Samarina E.N., Gvozdeva I.P.

Geological Department, Moscow Lomonosov State University, Russia, e-mail:

barykina@geol.msu.ru

Abstract: The engineering-geological characteristics of the territory of landslide processes on Vorobjovy Gory in Moscow are given. Three strata in the upper part of the section in which sands prevail are considered. The mechanism of landslide processes on Vorobjovy Gory is studied in details. The dual role of sands in the development of landslide processes in the study area is characterized.

Key words: sand deposits, landslide processes, landslide mechanism, secondary landslide massifs.

ИЗУЧЕНИЕ РАЗВИТИЯ СУФФОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ МЕТОДОМ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПЛОТНОСТИ СЛОЖЕНИЯ ПЕСКОВ ПО РАЗРЕЗУ

Зеркаль О.В.¹, Самарин Е.Н.¹, Аверин И.В.²

¹Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия, e-mail: igzov@mail.ru, samarinen@mail.ru; ²ООО «Инженерная Геология», Москва, Россия, e-mail: i.averin@mail.ru

Аннотация: Суффозионные процессы, развивающиеся в массивах песков, относятся к категории опасных геологических процессов. Формированию суффозионных провалов на дневной поверхности предшествует длительное развитие процесса в толще песков. Одним из методов заблаговременной оценки суффозионной опасности является метод оценки изменчивости плотности сложения песков по разрезу, в основе которого лежит выявление зон разуплотнения песков в средней и нижней части массива, формирующихся при суффозионном выносе материала.

Ключевые слова: суффозия, оценка активности, разуплотнение песков, статическое зондирование

Введение. Суффозионные процессы в областях широкого распространения песчаных грунтов представляют серьезную опасность для оснований зданий и сооружений. Вместе с тем, на современном этапе в зоны активного техногенного освоения, особенно в пределах урбанизированных территорий, все более активно вовлекаются участки, рассматривавшиеся ранее как неудобья, в том числе, в связи с распространением в их пределах карстовых и суффозионных провалов. Учитывая, что во многих случаях катастрофическому проявлению суффозионных процессов на дневной поверхности (в виде провалов) предшествует длительное развитие процесса в толще песков, актуальным является разработка методов заблаговременной оценки геологической опасности. Одним из таких методов является метод оценки изменчивости плотности сложения песков.

Инженерно-геологические условия. Изучаемая территория располагается в Заречной части Н.Новгорода в пределах высокой поймы р. Волги. Естественный рельеф рассматриваемого участка был значительно преобразован – на его поверхность была намыта мощная толща песчаных грунтов, а вновь сформированная поверхность подвергалась перепланировке и дополнительной отсыпке техногенных грунтов. На момент проведения исследований общая мощность техногенной, преимущественно песчаной, толщи достигала 2,4–11,7 м. В верхней части (до глубин 0,4-6,9 м) техногенные грунты

представлены насыпными преимущественно среднезернистыми песками с линзами и гнездами суглинков, глин, с включениями строительного и бытового мусора. Нижняя часть техногенной толщи представлена намывными грунтами - однородными среднезернистыми песками, в нижней части содержащими безнапорный горизонт подземных вод. Исходным материалом для намыва явились голоценовые песчаные отложения аллювиального генезиса. Оценка механической суффозионной устойчивости техногенных песков, проведенная по методике ВНИИГ [3], показала, что намывные пески являются суффозионно-неустойчивыми.

Под техногенными грунтами повсеместно залегают голоценовые аллювиальные отложения. Аллювиальная толща имеет двухчленное строение: верхняя часть разреза сложена преимущественно глинами с отдельными линзами и прослоями суглинков (пойменная фация) средней мощностью 2,0-2,2 м, а нижняя имеет песчаный состав, с линзами супесей и суглинков в основании (русовая фация). Русловая фация аллювия представлена разнозернистыми песками (от пылеватых до крупнозернистых), достигающих мощности 16,7 м. Пески характеризуются различной плотностью сложения - от рыхлых до плотных. К пескам приурочен напорный (напор 1,8-7,5 м, максимальные значения на участках максимальной мощности суглинков и глин пойменной фации) водоносный горизонт. Среднезернистые и пылеватые разности песков являются суффозионно-неустойчивыми.

Четвертичные отложения, на глубинах 25,2–28,4 м от уровня дневной поверхности, подстилаются красноцветными алевролитами и глинами уржумского яруса среднего (биармийского) отдела пермской системы, подстилаемые отложениями казанского яруса среднего (биармийского) отдела пермской системы, представленными переслаиванием доломитов, гипсов и известняков [1]. При бурении в пермских отложениях отмечались провалы бурового инструмента.

В пределах рассматриваемого участка были выявлены многочисленные признаки современного развития карстовых и суффозионных процессов:

- серия провалов диаметром 1,8-3,1 м и глубиной более 2 м и многочисленные локальные понижения дневной поверхности;
- существенные деформации несущих конструкций зданий, расположенных на примыкающих территориях.

Площадная оценка современной активности суффозионных процессов методом оценки изменчивости плотности сложения песков по разрезу. Для площадной оценки современной активности развития суффозионных процессов для рассматриваемой территории

был использован метод оценки изменчивости плотности сложения песков по разрезу, направленный на выявление участков суффозионного выноса песчаного материала. Оценка плотности сложения песков проводилась по данным статического зондирования на основе анализа показателей величин удельного сопротивления грунта под наконечником конуса q_3 [2]. Статическое зондирование грунтов проводилось специализированной установкой «GeoMil» (Netherlands). Анализ данных статического зондирования выполнялся в несколько этапов.

На начальном этапе была выполнена пространственная оценка степени сложения песков по нескольким высотным срезам, что позволило выделить участки развития песков рыхлого, среднего и плотного сложения. Максимальные площади развития песков рыхлого сложения ожидаемо отмечаются на первом от поверхности высотном срезе. На более глубоких отметках (второй и третий от дневной поверхности срезы) площади развития песков рыхлого сложения закономерно снижаются. Однако, следует отметить, что в пределах третьего от поверхности высотного среза (глубины порядка 19,5 м) прослеживаются достаточно значительные участки, где пески характеризуются рыхлым сложением, которые, по-видимому, тяготеют к зонам возможного разуплотнения песков вследствие суффозионного выноса.

На втором этапе была осуществлена типизация территории по изменчивости сложения песков в пределах выделенных высотных срезов с локализацией участков относительного уплотнения или разуплотнения песков. В качестве расчетных величин, относительно которых оценивалось уплотнение или разуплотнение, принимались модальные значения q_3 в пределах высотного среза.

Третий этап заключался в оценке изменчивости сложения песков по разрезу между вторым и третьим высотными срезами. Было выявлено, что для значительных участков рассматриваемой территории характерно снижение плотности песков вниз по разрезу, что является типичным для участков с суффозионным выносом материала в нижерасположенные карстовые полости. Полученный вывод подтверждается тем, что две скважины, при проходке которых были зафиксированы провалы бурового инструмента в пермских отложениях, располагаются на участках, для которых характерно разуплотнение песков с глубиной.

На последнем этапе была проведена общая типизация территории по степени суффозионной опасности. К участкам с наибольшей степенью суффозионной опасности были отнесены зоны

Заключение. Статическое зондирование, выполняемое на участках широкого распространения песчаных толщ, позволяет проводить оценку плотности песков в массиве. Основываясь на представлениях о том, что суффозионный вынос материала в нижерасположенные карстовые полости сопровождается изменением плотности сложения песков, для выявления участков развития суффозионных процессов был предложен метод, основанный на оценке изменчивости плотности сложения песков по разрезу.

Изучение с помощью статического зондирования особенностей сложения массивов песков, выполненное на площадке в Заречной части Н.Новгорода, в пределах которой были выявлены признаки развития карстовых и суффозионных процессов, показало, что для исследованной территории характерно наличие обширных зон, где отмечается снижение плотности песков вниз по разрезу. Полученные результаты позволили сделать вывод о высокой современной активности развития карстовых и суффозионных процессов на рассматриваемой территории, что в частности, было подтверждено буровыми работами, вскрывшими карстовые пустоты.

Список литературы:

1. *Аверин И.В., Баландина Е.С., Зеркаль О.В., Самарин Е.Н., Чернов М.С.* Особенности состава и строения уржумских отложений и их влияние на развитие карстовых процессов//Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: Матер. и докл. XI Межрегион. науч.-практ. конф., посвященная 65-летию Ин-та геологии УНЦ РАН. – Уфа: ДизайнПресс, 2016, с. 32-35
2. *Зеркаль О.В., Самарин Е.Н., Аверин И.С.* Использование статического зондирования для оценки развития карстово-суффозионных процессов//Экологическая безопасность и строительство в карстовых районах: Матер. Междунар. симпозиума. – Пермь, Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2015, с. 92-96
3. Рекомендации по методике лабораторных испытаний грунтов на водопроницаемость и суффозионную устойчивость. – М.: ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 1983

A STUDY OF THE SUFFUSION PROCESSES DEVELOPMENT BY THE METHOD OF THE VARIATION OF THE COMPOSITION DENSITY OF SANDS IN THE SECTION

Zerkal O.V.¹, Samarina E.N.¹, Averin I.V.²

¹*Moscow State University, Moscow, Russia, e-mail: igzov@mail.ru, samarinen@mail.ru;* ²*Engineering Geology Ltd., Moscow, Russia, e-mail: i.averin@mail.ru*

Annotation: The suffusion processes, developing in the sand arrays, fall into the category of dangerous geological processes. The formation of suffusion sinkholes on the surface is preceded

by a long development process of weakening in the thickness of the sands. One of the methods of early assessment of suffusion hazard is a method of assessing the variability of the density of the composition of sand in the section, which is based on the identification of zones of decompaction of sand in the middle and lower part of the array formed by suffusion removal of the material.

Keywords: suffusion, activity assessment, decompaction of sand, СРТ.

УДК 504.064.2.001.18

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ С ВОДНЫМ ПОТОКОМ

Кондюрина Т.А., Рощина Т.К.

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ),
Новочеркасск, Россия, e-mail: rghd@mail.ru*

Аннотация: Математические модели, с одной стороны, позволяют описать широкий спектр задач, а с другой стороны – содержат ряд параметров, которые проще всего определить по результатам экспериментов. Речные наносы, режимы их формирования – есть важнейшие характеристики гидрологического режима рек. Один из способов их изучения – проведение лабораторных экспериментов. Описываются результаты опытов, где в качестве материала донных отложений использовали разные фракции песка и рассматривались результаты его взаимодействия с водным потоком.

Ключевые слова: гряда, песок, донные отложения, река, наносы.

Метод фильтрации воды через пробы донных отложений при унификации ряда условий взаимодействия (скорость и объем пропускаемой под давлением воды, способы подготовки для исследования пробы и т.д.) позволяет получить сопоставимые и наиболее приближенные к природным условиям результаты по динамике взаимодействия различных донных отложений с природными водами. При фильтрации металлы с переменной валентностью (марганец и железо) извлекаются с большей интенсивностью, чем другие металлы.

На основе проведенных исследований комплексным методом можно выделить два основных процесса поступления твердых материалов из донных отложений в воду. Для некоторых проб эти процессы выражены по отдельности, но чаще они наложены друг на друга.

Первый процесс – вымывание и разбавление илового раствора фильтрующей водой, второй – снятие сорбированных форм твердых

материалов, а также растворение твердых форм – легко- и умеренно растворимых соединений твердых материалов.

Наиболее важными в теоретическом и практическом отношении параметрами транспорта влекомых наносов являются начальная скорость сдвига частиц (скорость размыва) и расход наносов.

Неполнота и несовершенство существующих теоретических моделей процесса формирования донных гряд приводят к необходимости уделять достаточное внимание эмпирическим формулам.

Натурному, лабораторному и теоретическому изучению донных гряд посвящено много работ. Из числа наиболее известных эмпирических формул для расчета параметров донных гряд можно привести такие как:

Н.С. Знаменской [1]

$$c_{\Gamma} = 0,25 \frac{h_{\Gamma}}{l_{\Gamma}} ;$$

А.В. Караушева

$$l_{\Gamma} = 0,44h\sqrt{N} ,$$

где h_{Γ} – высота гряды; l_{Γ} – длина гряды; c_{Γ} – скорость перемещения гряды; h – глубина потока; $V_{\text{ср}}$ – средняя скорость потока; d – средний диаметр частиц наносов; R – гидравлический радиус потока; $V_{\text{нач}}$ – начальная скорость движения частиц; g – ускорение свободного падения; N – параметр, определяемый по формуле $N = \frac{(0,7C + 6)C}{g}$, где C – коэффициент Шези.

Точность прогноза или расчета зависит от точности определения гидравлических условий. Зная форму песчаных гряд, можно определить относительные размеры плеса, место встречи основной транзитной струи с выгнутым берегом и тем самым установить место и интенсивность разрушения берега и возможность образования новой мезоформы.

Изменение режима транспорта наносов может привести к изменениям мутности водных масс, гидрохимического режима водного потока, так как в донных отложениях рек содержатся различные химические вещества, которые, вступая в реакцию с веществами, находящимися в воде, образуют новые соединения.

Исходя из вышеизложенного в задачу исследований были включены основные вопросы:

1) изучение на гидравлической модели водотока конкретного слоя донных отложений, взаимодействующего с потоком;

2) определение начальной скорости массового сдвига частиц донных отложений.

Экспериментальные исследования проводились на двух гидравлических моделях в гидравлической лаборатории.

Геометрические параметры моделей:

– первая модель – стеклянный лоток длиной 13 м, шириной 0,5 м, высотой 0,6 м, уклон 0,002;

– вторая модель – стеклянный лоток длиной 14 м, шириной 0,2 м, высотой 0,5 м; уклоны изменялись при помощи специального механизма, опыты проводились при уклонах 0; 0,006; 0,01.

Донные отложения были разделены путем просеивания на фракции: 0,2; 0,3; 0,63; 1,00 мм.

Использовался непромытый песок, взятый на реках Аксае, Дону, Тереке.

Когда это требовалось для эксперимента, песок предварительно окрашивался в отдельных емкостях (песок находился во влажном состоянии) и затем перекадывался в лоток. Для оценки распределения окрашенного песка по длине после окончания опытов лоток осторожно освобождался от воды, и песчаное дно нивелировалось по заданным продольным профилям.

Для определения слоя взаимодействия донных отложений с водным потоком были проведены четыре серии экспериментов:

серия 1 – в стеклянный лоток первой модели в отсек, ограниченный мелкоячеистой капроновой сеткой на расстоянии 0,4 м, закладывался окрашенный песок слоем 0,2 м, над которым пропускался чистый поток;

серия 2 – в стеклянный лоток второй модели закладывали чистый (неокрашенный) песок, над которым проходил окрашенный поток (средняя глубина потока 0,1 м);

серия 3 – в лоток второй модели закладывался чистый песок слоем 0,2 м, перед которым вкладывалась призма окрашенного песка также слоем 0,2 м;

серия 4 – в лоток второй модели закладывался чистый песок слоем 0,2 см, на который выкладывался слой окрашенного песка толщиной 0,06 м и длиной 1,5 м.

Во всех сериях экспериментов использовался поочередно песок фракций $d_1 = 0,2 \dots 0,3$ мм, $d_2 = 0,63$ мм, $d_3 = 1,0 \dots 1,25$ мм.

Продолжительность опыта t определялась задачами исследований. Так, опыты серий 2–4 продолжались 3, 7 и 25 ч для каждого диаметра частиц донных отложений. Опыты серии 1, также с различными диаметрами частиц, продолжались до 30 сут.

За среднюю глубину транзитного течения, которая близка к глубине над гребнем гряды, принималась h_{cp} . Средняя скорость потока определялась при помощи глубинных поплавков.

В табл. 1 приведены гидравлические параметры, время проведения опыта и глубина проникновения загрязняющих частиц.

Таблица 1

Гидравлические параметры и глубина взаимодействия слоя донных отложений с водным потоком

Дата	V_{cp} , см/с	D , мм	I , 0/00	$b_{д}$, см	H , см	$h_{пр}$, см	t , ч
20.07	2,6	0,63	0	20	10	1,61	7
12.08	4,14	0,3	0,006	–	–	1,2	7
15.08	3,55	0,3	0,01	–	–	0,9	7
16.08	1,1	0,3	0,01	–	–	0,8	7
18.08	9,14	0,3	0,003	–	–	1,2	7
25.08	0,8	1,0	0	–	–	0,3	18
26.08	5,0	0,63	0,006	–	–	0,1	3
29.08	4,8	0,63	0,01	–	–		3
31.08	1 8,3	0,63	0,006	–	–	0,3	3
1.09	7,84	0,63	0	–	–	0,6	3
2.09	8,92	0,63	0	–	–	0,6	3

Наиболее характерные эксперименты.

Эксперимент 1. Опыт продолжался 7 ч над чистым песком пропускался водный поток, окрашенный метиленовым синим. Глубина проникновения наблюдалась только при $d_1 = 1,0...1,25$ мм. Расход воды составлял 2,62 л/с, средняя скорость течения воды 2,6 см/с, уклон был равен нулю. Частицы отложений меньших диаметров отличаются очень малой подвижностью. При большем диаметре связность частиц более слабая, и нерастворенные частицы метиленового синего смогли проникнуть в поры.

Эксперимент 2. Опыт продолжался 25 ч, использовались также различные фракции. Водный поток окрашивался метиленовым синим. Проникновение наблюдалось уже при $d_2 = 0,63$ мм. Причина проникновения – большая длительность опыта и ослабленные связи между частицами отложений.

Эксперимент 3. Продолжительность опыта 7 ч, использовался равномерно окрашенный метиленовым синим песок. Расход воды – 1,24 л/с, средняя скорость течения – 4,14 см/с, уклон – 0,006. Глубина проникновения в нижележащие слои частичная. Так как опыт проводился при наличии уклона, сказывалось переформирование руслового потока. Окрашенные частицы под действием собственной тяжести опускались вниз. Такое взаимодействие между водным потоком и донными отложениями оказалось возможным при $d_2 = 0,63$ мм и $d_3 = 1,00$ мм. При других диаметрах проникновения не наблюдалось. Но было замечено, что образовавшиеся рифели окрасились почти равномерным слоем красителя (как подвалье, так и гребень). В этом случае, когда песок был под раствором метиленового синего, во всех опытах данной серии подвалье окрашивалось более интенсивно, чем гребень – нерастворенные частички красителя захватывались водоворотами, образующимися в подвалье, и находились почти во взвешенном состоянии. Окрашенный песок располагался вниз по течению равномерным слоем, размеры которого зависели от средней скорости потока и деформаций русла. Слой перенесенного песка определялся размерами гряды. Были выведены расчетные формулы.

Подводя итоги опытов по определению глубины взаимодействия донных отложений и водного потока, можно отметить, что ответ н поставленный вопрос не может быть однозначным. Исследования проводились с ориентировкой на реки с мелко- и среднезернистыми донными отложениями, с небольшой скоростью течения и слабобизвилистыми руслами. Связность частиц донных отложений в таких реках можно отнести к "цементирующему" действию водорастворимых солей в контактах между частицами донных отложений.

Проведенные экспериментальные исследования на больших гидравлических лотках позволили наглядно получить представление о слое донных отложений в определенном интервале скоростей водного потока.

Список литературы:

1. Знаменская Н.С. Грядовое движение наносов.– Л.: Гидрометеиздат, 1968.– 188 с.

EXPERIMENTAL MODELING OF PROCESSES INTERACTION OF DENIAL DEPOSITS WITH WATER

Kondyrina T.A., Roshchina T.K.

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russia,

e-mail: rghd@mail.ru

Annotation: Mathematical models, on the one hand, allow us to describe a wide range of problems, and on the other hand, they contain a number of parameters that are most easily determined from the results of experiments. River sediments, the regimes of their formation, are the most important characteristics of the hydrological regime of rivers. One way to study them is to conduct laboratory experiments. The results of the experiments are described, where different sand fractions were used as bottom sediment material and the results of its interaction with the water flow were considered.

Keywords: Ridge, sand, bottom sediments, river, deposits.

УДК 624.131

ПЕСЧАНЫЕ ГРУНТЫ ЧУВАШИИ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПРОТИВООПОЛЗНЕВЫХ МЕРОПРИЯТИЯХ

Петров Н.Ф.¹, Никонорова И.В.

Чувашский государственный университет им. И.Н.Ульянова,

Чебоксары, Россия, e-mail:¹ petrovnf@gmail.com

Аннотация: Рассмотрены песчаные грунты Чувашии, их хозяйственное использование в качестве строительных материалов и при сооружении дорожных насыпей, дамб и др. Приводятся результаты использования песков в качестве противооползневых мероприятий: устройство дренажных прорезей для стабилизации локальных оползней, стабилизации склонов оврагов путем их засыпки на обоснованную высоту, повышения устойчивости оползневых берегов Чебоксарского водохранилища и защиты от абразионной подрезки устройством контрбанкета.

Ключевые слова: разведанные запасы песков, инженерно-геологическая оценка песчаных пород, оползни, противооползневые мероприятия.

В Чувашии создана крупная минерально-сырьевая база песков, распространенных в пределах четырех минерагенических полей и двух узлов [3]. Они применяются в производстве стройматериалов, а также в строительстве дорожных насыпей, малых плотин, контрбанкетов на оползневых склонах и др. Пески дочетвертичного возраста распространены в отложениях пермской, юрской и меловой систем. Их разведанные запасы незначительны по сравнению с песками квартера, а их состав (часто полимиктовый) и структура (пылеватые и тонкозернистые) делают их мало пригодными для строительных нужд. Основные запасы качественных песков являются верхнечетвертичными,

аллювиальными. На 2000 г. учтенные запасы по 16 месторождениям составили 68675,9 тыс.м³ (категории А+В+С) [3].

Пески северодвинского горизонта представлены фациями палеорусел аллювиально-речного и аллювиально-дельтового типов [1, 2]. Они чаще пылеватые и мелкие (фракция более 0,1 мм около 75%), полимиктовые (граувакки), зеленовато-серые (табачные), средней плотности и плотные, при замачивании разрушаются. В составе преобладают кремни и эффузивные породы, меньше кварца и полевых шпатов. В вятском горизонте распространены и олигомиктовые, существенно кварцевые пески – русловые фации аллювия с линзами крепких песчаников. Основные характеристики песков: $\rho_w = 1,81-2,00$; $\rho_{ск} = 1,56-1,61$; $n/e = 0.42/0.71$; $СкПа/\varphi^{\circ} = 3-4/28-31^{\circ}$; $E = 16-28 МПа$. Они служат вмещающими породами для различных типов ПВ (грунтовых, межпластовых и др.). На берегах Чебоксарского водохранилища, не защищенных от абразии и сложенных этими песками, постоянно происходят обвально-оползневые процессы. В юрских и меловых отложениях морского генезиса [1-3] пески представлены прибрежными фациями бат-келловейского возраста и волжского регионаруса (кварцево-глауконитовые песчаники нижеундорской подсвиты, песчаники оолитовые с фосфоритовым конгломератом в основании - пехоркинская толща берриас – нижеваланжинского возраста). Имея спорадическое распространение и малую мощность, эти мезозойские пески не имеют существенного хозяйственного значения, но как водовмещающие слои в массивах из глин влияют на устойчивость склонов. В южных районах Чувашии к этим пескам (например, к валанжинским) приурочены подземные воды питьевого качества. Светлые разновидности кварцевых мелкозернистых песков мезозоя часто эксплуатируются местным населением в хозяйственных целях, например, Шумерлинское месторождение бат-келловейских кварцевых песков.

Основные запасы песков промышленного значения связаны с русловыми фациями пойменных террас Волги (Козловский и Криушский месторождения) и Суры (Порецкое месторождение). Определенные запасы сосредоточены в аллювии надпойменных террас и в флювио-гляциальных накоплениях задровых равнин, испытывавших в ледниковья (днепровское, валдайское) значительную эоловую переработку (Баевские и Минерские месторождения). Пески существенно кварцевые (более 90%) и пригодны для производства стекла, мелкозернистые (фракции 0,16-0,315-0,63 до 98%). Содержание глины менее 1%, в флювио-гляциальных – больше 1%.

Пойменные пески добываются преимущественно гидромеханизированным способом. Они применяются для штукатурных

работ, производства силикатного кирпича, в гидротехническом и дорожном строительстве, в противооползневых мероприятиях (ПОМ) - для сооружения контрбанкетов и дренажных прорезей, для замены ими оползневых масс и повышения сдвиговых характеристик грунтов зоны смещения.

В правобережье Чебоксарского водохранилища ПОМ (контрбанкеты) сооружались на протяжении более 10 км. самым экономичным гидромеханизированным способом - намыва по проектам институтов «Гидропроект» и «Гипрокоммунстрой». Усредненные физико-механические характеристики этих песков следующие [4]: удельный вес $\rho = 2,6-2,7 \text{ г/см}^3$; объемный $\rho_w = 1,75-1,85$; $\rho_{ск} = 1,58-1,63$; пористость $n/e = 0.41/0.69$; угол откоса – 31-37 (сухой) и 25-32 (под водой); $СкПа/\phi^\circ = 0-2/28-32^\circ$; $K\phi = 2,0-2,5 \text{ м/сут.}$ $E = 25-28 \text{ МПа.}$

Миллионы тонн аллювиальных песков, славших многочисленными острова в границах водохранилища, были перемещены земснарядами в береговую зону, в том числе и для обустройства городских пляжей, и намыва множества глубоких береговых оврагов. Только западнее устья р. Чебоксарки (ныне Залива) таких оврагов было 15. Контрбанкеты строились с учетом проектной отметки ВДХ 68м до отметки 70-71 м, а теперь эксплуатируются почти 30 лет в режиме «временной» отметки 63м. со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Эти контрбанкеты с пляжами и зонами отдыха стали неотъемлемой частью городского ландшафта. Они хорошо выполняют свою противооползневую функцию: за более чем 35 лет эксплуатации в пределах городского побережья ВДХ не было ни одного подошвенного оползня с захватом контрбанкета. Образовавшиеся на Волжском косогоре молодые (с 1995 г.) оползни (Новоилларионовский, Соляное-1 и др.) - все являются висячими, техногенными за счет увеличения объемов сбрасываемых с городской территории на эти участки намывных вод и снега. Остальные приволжские оползни, образовавшиеся после 2000 г., - приовражные: оползни на бортах Новосельского или 5-го оврага (рис. 1); оползни в устьевой и верхней частях 2-го оврага, или оврага Барис (рис. 2); правый борт оврага Соляное и др. Они возникли за счет активизации донной и боковой эрозии в оврагах и мало связаны с водохранилищем.

Институт «Чувашигипроводхоз» с нашим участием разработал для стабилизации оползневых склонов 2-го и 5-го оврагов проекты ПОМ, в которых основным мероприятием является засыпка дна оврага речным песком (контрбанкет и дренаж) на обоснованную расчетами высоту (8 и более метров) и организация сброса намывных вод на дне

оврага. Во 2-ом овраге после осуществления такого проекта в 2008г (рис. 3 и рис. 4) оползни полностью стабилизировались, а в 5-ом, где проект не осуществлен, оползни продолжаются (рис. 1) до сих пор.



Рис.1. Овраг 5. Правый оползневый склон с деформируемой дорожкой



Рис.2. Овраг 2. Эрозионные процессы провоцируют оползневые



Рис.3. Овраг 2. Засыпанное устье с приемным колодцем



Рис.4. ПОМ в верховье оврага 2. Зарегулирование русла

Особенно широко пески применяются нами в виде дренажных прорезей в проектах ПОМ по стабилизации локальных оползней на откосах автодорожных насыпей и выемок. Назовем автодорогу «Сура» с Ходаровским и Алатырским участками, дорогу Порецкое – Бахмутово, автодорога «Вятка» (2004 г.) у плотины ГЭС и в зоне пересечения с ж/д на Новочебоксарск.

Основную роль сыграли песчаные прорези и в стабилизации оползней в правобережье р. Трусихи при строительстве 30-ой автодороги (ныне «Президентский бульвар» или на объекте «Детсад» в МКР-6 «Центр» (поз.26, 2014 г.) в Чебоксарах (рис. 5,6), успешно эксплуатируемых в наши дни. Подошва прорези проектируется ниже зоны смещения. Ее удерживающая способность определяется $SkPa/\varphi^\circ$ материала прорези и габаритами последней. Количество прорезей и расстояние между ними зависят от $D_{оп}$ (проектного оползневого давления).



Рис.5. Оползень на площадке детского сада 5 в МКР 6 «Центр».



Рис.6. Этот же оползень. Общий вид.

Следующий эффективный способ борьбы с оползнями - применение песков в качестве основания контрбанкета в фронтальной части оползневой системы. В нашей практике такой способ возведения устойчивой насыпи высотой около 18 м применен на пересечении дороги «Вятка» с р. Кукшум. Насыпь благополучно эксплуатируется более 10 лет. Таким образом, Чувашия обеспечена песком, который широко используются в практической деятельности как материал для строительства и противооползневых мероприятий.

Список литературы:

1. Геология Татарстана: Стратиграфия и тектоника. – М.:ГЕОС, 2003. – 402с.
2. Инженерная геология России. Т.1. Грунты России: [монография]/ Под ред. В.Т.Трофимова, Е.А.Вознесенского, В.А.Королева. - М.: КДУ, 2011. - 672с.
3. Твердые полезные ископаемые Чувашской Республики. Геолого-экономическая и стоимостная оценка. – Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 2003. -168 с.
4. *Хабидулина Ф.С.* Физико-механические свойства пород четвертичных отложений левобережья Волги (в пределах ТАССР) // Гидрогеология и инженерная геология Среднего Поволжья, вып.17. Казань, 1967, с.105-110.

SANDS OF CHUVASHIA AND THEIR USE IN ANTI-LANDSLIDE MEASURES

N.F. Petrov, I.V.Nikonorova

*Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary. Russia, e-mail:
petrovnf@gmail.com, niko-inna@yandex.ru*

Annotation:The sand mineral and raw of Chuvashia is considered, and their using as construction materials and for roads, embankments, dams, counter-banks. Results of using sand for landslide slopes of ravines stabilization is substantiated by backfilling of the bottom of the ravine to the height, justified by calculations, as drainage slots for stabilizing local landslides, as protection of the bases of the Cheboksary reservoir slopes from abrasion pruning.

Keywords: explored reserves of sand, engineering and geological evaluation of sandy rocks, landslides, landslide measures.

УДК 624.131; 624.139

СРАВНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕРЗЛЫХ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ ПУР-ТАЗОВСКОГО И ТАЗ- ЕНИСЕЙСКОГО МЕЖДУРЕЧИЙ

Бабенко В.А.¹, Исаков В.А.¹, Романюха О.В.¹, Фуникова В.В.²

¹ООО «Геострой», Москва, Россия e-mail: isakov.gc@gmail.com

²МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, e-mail: funikova@geol.msu.ru

Аннотация: По результатам изучения песчаных массивов на северо-востоке Западной Сибири получены новые данные о физических свойствах песчаных грунтов Таз-Енисейского междуречья и проведено их сравнение с идентичными образованиями Пур-Тазовского междуречья. Сделан вывод о меньшем фациальном разнообразии песков в пределах Таз-Енисейского междуречья, а также о меньшем содержании глинистой фракции в них. Это позволяет рассматривать песчаные массивы Таз-Енисейского междуречья как основание не менее надёжное, чем на Пур-Тазовском междуречье.

Ключевые слова: пески, Западная Сибирь, свойства, основания, криолитозона

Массивы песчаных грунтов составляют значительную часть рыхлого чехла северных районов Западной Сибири. В условиях широкого распространения многолетнемерзлых пород в данном регионе, песчаные грунты часто используются в качестве сравнительно надёжного основания для различных инженерных сооружений. Поэтому, изучение состава и свойств песчаных грунтов районов нового освоения на севере Западной Сибири, является важной частью комплекса мероприятий по повышению устойчивости промышленной, транспортной и социальной инфраструктуры.

В рамках данной статьи рассматриваются физические свойства песчаных грунтов, изученных на водораздельных пространствах Пур-Тазовского и Таз-Енисейского междуречий в северо-восточной части Западной Сибири. Песчаные грунты изучались на глубину активного воздействия инженерных сооружений – до 15-17 м. Исследования проводились на 4 ключевых участках: № 1 – в пределах Северной Обь-Енисейской (Пур-Тазовское междуречье), № 2 и № 3 – Северо-Енисейской, № 4 – Гыданской (Таз-Енисейское междуречье) инженерно-геологических областей второго порядка [4]. Для участка № 1 характерно широкое распространение отложений салехардской свиты, представляющими собой комплекс морских, ледниково-морских и прибрежно-морских образований. Среди

песчаных разностей наиболее широкое распространение имеют пески пылеватые и мелкие [5]. Для участков № 2 и № 3 характерно широкое развитие ледниковых и водно-ледниковых отложений зырянского оледенения. Песчаные породы с обильными включениями гравия, гальки и валунов перемежаются по разрезу с валунными супесями и суглинками [6]. Участок № 4 характеризуется преимущественным распространением отложений казанцевской свиты, представленных многократно переслаивающимися песками, глинами, суглинками и супесями в основном прибрежно-морского, лагунного и дельтового генезиса [3].

Изучение гранулометрического состава и физических свойств было проведено лабораторными методами на 519 образцах песчаных грунтов различной крупности из мёрзлых горизонтов. Классификация песков проведена на основе гранулометрического состава (по ГОСТ 25100-2011 [1]). В условиях распространения многолетнемёрзлых пород большое значение на показатель льдистости грунтов оказывает история развития мёрзлого грунтового массива [2].

В результате обработки данных гранулометрического состава (рис. 1-3) было выяснено, что в пределах участков №№ 1-3 распространены пески пылеватые, мелкие и средней крупности. На территории участка №4, несмотря на большое количество выполненных анализов, зафиксировано распространение только песков пылеватых и мелких.

ПДФракционный анализ гранулометрического состава показывает, что пески 1 участка содержат, как правило, больше пылеватой и глинистой фракции, по сравнению с другими образцами.

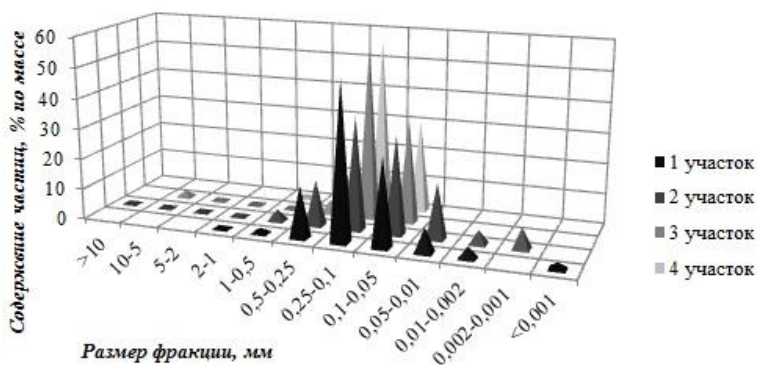


Рис. 1. Результаты анализа гранулометрического состава пылеватых песков

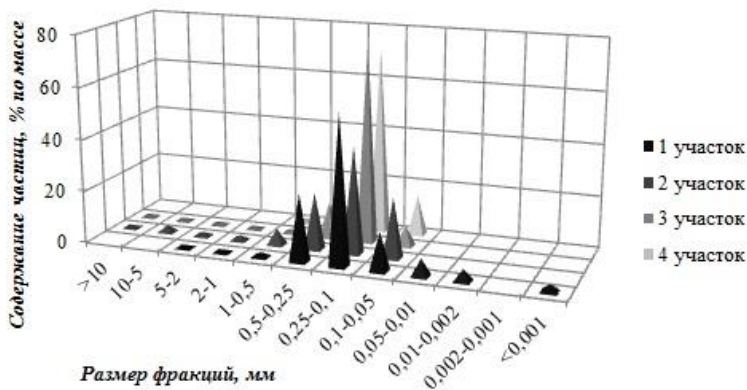


Рис. 2. Результаты анализа гранулометрического состава мелких песков

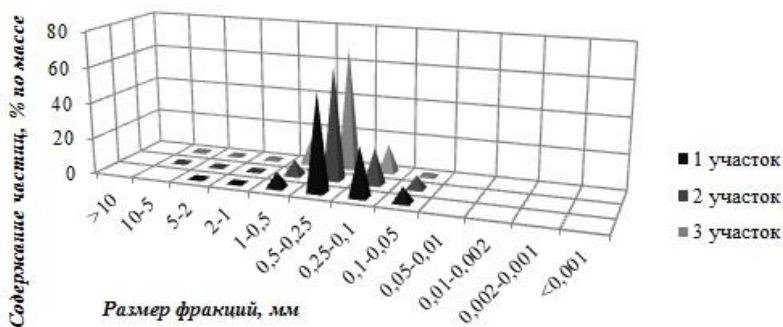


Рис. 3. Результаты анализа гранулометрического состава песков средней крупности

Для песков, отобранных на участках 2 и 3 характерно наличие грубых включений и, в целом, меньшая сортировка песков. Пески участка 4 отличаются хорошей сортировкой и практически полным отсутствием, как грубых включений, так и глинистых частиц. Полученные данные вполне согласуются с опубликованными ранее данными о преобладающем генезисе песчаных массивов.

Полученные данные об основных физических свойствах изученных грунтов представлены в таблице 1. Можно отметить, что для песчаных грунтов 1 участка характерны более высокие

максимальные значения влажности по сравнению с другими участками. Вероятно, это связано с большим содержанием пылеватой и глинистой фракции в условиях криолитозоны способствующей удержанию и накоплению влаги в песчаном массиве при его промерзании. Различия физических свойств песчаных грунтов в пределах одного участка выше, чем у усредненных значений показателей различных участков. Это говорит о высокой фациальной неоднородности песков, вызванной, вероятнее всего, особенностями их промерзания.

Таблица 1
Физические свойства песчаных грунтов

Участок	Тип грунта	ρ_d , г/см ³	ρ , г/см ³	W_{tot} , д.е	e , д.е.	I_{tot} , д.е.	C_u , д.е.
I	Пылеватый	<u>0,67-1,85</u>	<u>1,19-2,14</u>	<u>0,193-0,865</u>	<u>0,440-2,504</u>	<u>0,274-0,704</u>	<u>2,1-7,6</u>
		1,5	1,88	0,27	0,825	0,421	3,0
	Мелкий	<u>0,69-1,98</u>	<u>1,26-2,15</u>	<u>0,052-0,83</u>	<u>0,341-2,849</u>	<u>0,115-0,655</u>	<u>1,5-8,3</u>
		1,57	1,93	0,233	0,714	0,391	2,6
	Средней крупности	<u>1,49-1,78</u>	<u>1,88-2,08</u>	<u>0,160-0,262</u>	<u>0,498-0,773</u>	<u>0,316-0,434</u>	<u>1,8-5,2</u>
		1,64	1,97	0,206	0,619	0,374	3,3
II	Пылеватый	<u>1,41-1,72</u>	<u>1,68-2,08</u>	<u>0,167-0,323</u>	<u>0,547-0,889</u>	<u>0,302-0,546</u>	<u>2,3-22,8</u>
		1,54	1,93	0,256	0,748	0,435	8,5
	Мелкий	<u>1,57-1,79</u>	<u>1,93-2,1</u>	<u>0,173-0,229</u>	<u>0,500-0,727</u>	<u>0,343-0,399</u>	<u>2,7-3,3</u>
		1,65	1,99	0,207	0,644	0,377	2,9
	Средней крупности	<u>1,33-1,6,1</u>	<u>1,74-1,95</u>	<u>0,208-0,333</u>	<u>0,649-1,001</u>	<u>0,344-0,506</u>	<u>1,8-4,0</u>
		1,45	1,83	0,266	0,849	0,421	2,8
III	Пылеватый	<u>1,42-1,53</u>	<u>1,77-1,85</u>	<u>0,184-0,244</u>	<u>0,741-0,868</u>	<u>0,306-0,446</u>	<u>1,5-2,7</u>
		1,47	1,79	0,211	0,819	0,377	2,2
	Мелкий	<u>1,19-1,74</u>	<u>1,49-2,05</u>	<u>0,155-0,297</u>	<u>0,520-1,240</u>	<u>0,279-0,464</u>	<u>1,7-3,2</u>
		1,44	1,78	0,241	0,86	0,384	2,1
	Средней крупности	<u>1,32-1,65</u>	<u>1,66-1,98</u>	<u>0,200-0,314</u>	<u>0,612-1,020</u>	<u>0,363-0,464</u>	<u>2,2-2,7</u>
		1,41	1,79	0,266	0,891	0,414	2,5
IV	Пылеватый	<u>1,44-1,64</u>	<u>1,82-1,95</u>	<u>0,184-0,264</u>	<u>0,572-0,840</u>	<u>0,347-0,422</u>	<u>2,5-3,0</u>
		1,54	1,88	0,212	0,683	0,378	2,7
	Мелкий	<u>1,44-1,62</u>	<u>1,83-1,92</u>	<u>0,169-0,273</u>	<u>0,64-0,85</u>	<u>0,337-0,437</u>	<u>1,8-3,7</u>
		1,52	1,87	0,214	0,75	0,388	2,4

Обозначения: ρ_d – плотность сухого грунта, ρ – плотность грунта, W_{tot} – влажность суммарная, e – коэффициент пористости, I_{tot} – суммарная льдистость, C_u – коэффициент неоднородности.

Изучение песков различного генезиса, попадающих, согласно нормативной документации, в одну классификационную группу, представляет интерес с точки зрения возможности распространения

рекомендуемых в нормативной литературе значений механических свойств грунтов на грунты в слабоизученных регионах нового освоения. Полученные результаты, свидетельствуют о том, что районах расположения участков №№ 2,3 и 4, по сравнению с участком № 1, массивы песчаных грунтов отличаются меньшим фациальным разнообразием и содержанием глинистых и пылеватых фракций. Таким образом, песчаные грунты Таз-Енисейского междуречья, по результатам проведённых исследований, могут рассматриваться как основание не менее надёжное, чем в условиях Пур-Тазовского междуречья. В то же время, при проведении инженерных изысканий для целей строительства, необходимо проводить дополнительные исследования, направленные на изучение фациального разнообразия песчаных массивов.

Работа частично выполнена при поддержке РФФИ (грант № 17-05-00944а).

Список литературы:

1. *ГОСТ 25100-2011* Грунты. Классификация. – М.: 2013 – 42 с.
2. *Дубиков Г.И.* Зависимость формирования состава, криогенного строения и льдистости пород от основных факторов природной среды // *Геокриология СССР. Западная Сибирь* - М.: «Недра» 1989. - с. 82-87.
3. *Кудряшов В.Г., Баулин А.В., Трофимов В.Т.* Гыданская область // *Инженерная геология СССР. Том 2. Западная Сибирь* - М.: Издательство Московского Университета 1976. - с. 331-336.
4. *Сергеев Е.М.* Схема инженерно-геологического районирования Западно-Сибирской плиты // *Инженерная геология СССР. Том 2. Западная Сибирь* - М.: Издательство Московского Университета 1976. - с. 140-144.
5. *Трофимов В.Т., Груздов А.В.* Северная Обь-Енисейская область // *Инженерная геология СССР. Том 2. Западная Сибирь* - М.: Издательство Московского Университета 1976. - с. 272-298.
6. *Трофимов В.Т., Груздов А.В., Терешков Г.М.* Северо-Енисейская область // *Инженерная геология СССР. Том 2. Западная Сибирь* - М.: Издательство Московского Университета 1976. - с. 255-258.

THE COMPARISON OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF FROZEN SANDS PUR-TAZ AND TAZ-YENISEI INTERFLUVES

Babenco V.A.¹, Isakov V.A.¹, Romanyukha O.V.¹, Funikova V.V.²

¹ «Geostroy» Ltd., Moscow, Russia, e-mail: isakov.gc@gmail.com

² Moscow State University, Moscow, Russia, e-mail: funikova@geol.msu.ru

Abstract: According to the results of studying sand areas in the north-east of Western Siberia to obtain new data on the physical properties of sand grounds Taz-Yenisei interfluve and compared with identical formations Pur-Taz interfluve. It was concluded that a smaller variety of sand facies within Taz-Yenisei interfluve as well as a lower content of the clay fraction in

them. This allows considering the sand grounds of the Taz-Yenisei interfluve as a no less reliable basis than on the Pur-Taz interfluve.

Keywords: sands, Western Siberia, physical properties, basis, permafrost

УДК 624.131

СТРУКТУРНО-НЕУСТОЙЧИВЫЙ ПЕСОК ГОРОДА СТАВРОПОЛЯ

Галай Б.Ф., Галай Б.Б., Галай О.Б.

*Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия, e-mail:
galaybf@mail.ru*

Аннотация: В статье рассмотрены особенности мощной толщи морских песков г. Ставрополя. Приведены краткая история их изучения и примеры аварийных деформаций зданий, построенных на этих песках. Описаны специфические особенности состава и свойств, объяснены природа и механизм деформаций структурно-неустойчивых пылеватых песков. Авторами даются краткое описание условий строительства и оценка используемым методом уплотнения песка.

Ключевые слова: песок, грунт, литогенез, аварийные деформации, строительство.

На территории Ставрополя распространены четыре типа специфических грунтов: оползневые глины сармата и майкопа, лёссовидные суглинки, морские пески форштадтского яруса сармата и техногенные грунты [1]. Из них наиболее опасным и проблемным образованием считаются оползневые глины, которым всегда уделялось особое внимание. В 1960 году по инициативе Академии наук СССР в Ставрополе состоялся Всесоюзный семинар с участием 199 человек из 116 организаций, на котором выступили ведущие ученые страны (И.В. Попов, Г.С. Золотарев, Н.Я. Денисов, И.М. Горькова, Г.М. Шахунянц, З.А. Макеев, К.И. Джанджгава, Ю.Г. Трофименков, А.И. Шеко, П.В. Царев и др.). Труды «оползневого» семинара сохраняют актуальность до наших дней [2].

Недостаточно изученной долгое время в Ставрополе оставалась мощная (до 30-35 м) толщина морских песков форштадтского яруса среднего сармата ($N_1^3S_{2fr}$), занимающая около 50 % территории краевого центра в центральной, западной, юго-западной и северо-восточной его частях.

На этих песках ведется массовое строительство 5-16-этажных и более высоких жилых домов, в которых проживает половина населения города, были построены крупнейшие заводы союзного значения – Люминофоров и особо чистых веществ, автоприцепов

КАМАЗ, «Анилин», «Нептун», «Аналог», возведены корпуса Северо-Кавказского федерального университета, Сельскохозяйственной и Медицинской академий, краевого Онкологического и Перинатального центров и мн. др.

Долгое время изыскатели и проектировщики форштадтский песок Ставрополя считали надежным грунтом, а аварийные деформации многих зданий, построенных на этом песке, объясняли низким качеством строительных работ. Из-за просадки фундаментов в жилых домах и общественных зданиях по ул. Ленина, Дзержинского, К. Маркса, Мира, Лермонтова, М. Морозова, Доваторцев появились трещины с раскрытием от 5-10 мм до 50-100 мм. Трещины просадочного характера были обнаружены нами в зданиях краевого Арбитражного суда, ОБЭП МВД, военной прокуратуры, Центрального банка России, школы одаренных детей, в здании Министерства труда, инженерного корпуса СКФУ и др.

Из-за опасности разрушения некоторых деформированных зданий их стены были стянуты металлическими тяжами (жилые дома по ул. Ленина, детская больница, школа-лицей № 14, здание ОБЭП и др.). Такое усиление стен является временным мероприятием, при дальнейшем подтоплении застроенной территории Ставрополя деформации зданий будут продолжаться.

Впервые опасные свойства форштадтского песка с литогенетических позиций показал Б.Б. Галай в кандидатской диссертации, защищенной в ПНИИИС [3]. Были установлены следующие специфические особенности состава и свойств песка:

- пылевато-песчаный (тонкопесчаный) состав,
- высокая пористость,
- различная степень карбонатности (бурное вскипание при воздействии соляной кислоты),
- наличие сцепления упрочнения за счет формирования точечных контактов между зернами кварца,
- суффозионно-фильтрационная просадочность при замачивании водой и длительной фильтрации,
- разжижение и пльвунность в обводненном состоянии,
- суффозионные провалы при аварийной утечке воды из подземных коммуникаций.

Природа и механизм деформаций структурно-неустойчивых пылеватых песков объясняется их недоуплотненным состоянием, возникшим на ранней стадии литогенеза в условиях мелководного морского бассейна за счет формирования точечных контактов между зернами кварца (сцепление упрочнения по Н.Я. Денисову) и

последующим постгенетическим (эпигенетическим) разрушением структурных связей при фильтрации воды в основаниях нагруженных фундаментов.

Для изыскателей и строителей форштадтский песок является проблемным грунтом. Изыскатели из песчаной толщи ниже уровня грунтовых вод не могут отобрать качественные монолиты для лабораторных исследований, а строители отрыть котлованы ниже УГВ из-за плавунных свойств песка.

Для определения прочностных и деформационных свойств форштадтского песка изыскатели ошибочно стали применять статическое зондирование и нормативные таблицы СП 47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96», Приложение И. Это Приложение относится «к кварцевым и кварцево-полевошпатовым песчаным грунтам с величиной удельного сцепления менее 0,01 МПа».

Форштадтский песок, имеющий сцепление $S=0,038$ МПа, дает по зондированию завышенные значения не только прочностных, но и деформационных характеристик. Сцепление и модуль деформации песка ($E=29-49$ МПа) превышают нормативные значения, соответственно, в 19 и в 2,5-4,5 раза.

Форштадтский песок в обводненном состоянии является сейсмоопасным грунтом, и при строительстве на этом рыхлом пылеватом песке расчетная сейсмичность основания должна повышаться с 7-ми (фоновая сейсмичность г. Ставрополя) до 8-ми баллов. Увеличение сейсмичности Ставрополя с 6-ти до 7-ми баллов произошло в 1994 году. После этого вся более ранняя застройка стала несейсмостойкой с большим дефицитом сейсмостойкости.

На территории Ставрополя не прогнозируются землетрясения более 8-ми баллов, но нередко фиксируются слабые колебания и толчки, на первый взгляд, неопасные для построенных зданий на «нормальных» грунтах. На слабых структурно-неустойчивых пылеватых песках многократные слабые землетрясения могут привести к аварийным деформациям зданий, *«суммарная деформация которых может оказаться соизмеримой или даже превысит деформацию при единичном расчетном землетрясении»* [4].

Несмотря на опасные свойства рыхлого пылеватого песка, повышенную сейсмичность территории и отсутствие надежного несущего слоя в геологическом разрезе, в Ставрополе часто здания проектируют и строят на ненадежных и дорогих буронабивных сваях. Более надежным и научно обоснованным фундаментом для строительства в таких условиях будет железобетонная плита на

уплотненном основании. Для уплотнения слабых грунтов, в том числе и рыхлых пылеватых песков, в основаниях строящихся и реконструируемых зданий в последние годы стали буронабивные шнековые сваи [5].

Следует отметить, что форштадтская толща песка сыграла судьбоносную градостроительную роль в формировании и развитии Ставрополя, являясь областью аккумуляции атмосферных осадков и накопления чистых грунтовых вод, выходящих на поверхность в виде родников. Знаменитые родники Ставрополя более 200 лет (с основания крепости в 1777 году) были единственным источником питьевой воды для жителей и сейчас являются *«индикаторами загрязнения грунтовых вод и развития опасных геологических процессов, важным элементом городского ландшафта и туристско-рекреационных зон, памятниками истории города, а также возможным источником резервного водоснабжения»* [6].

Несмотря на определенные успехи, исследование уникальной песчаной толщи Ставрополя следует продолжить как важного градостроительного фактора с инженерно-геологических, экологических и строительных позиций.

Список литературы:

1. *Галай Б.Ф., Галай Б.Б., Галай О.Б.* Ставрополь: геология и город: монография. – Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2017, – 328 с.
2. Оползни и борьба с ними. – Ставрополь: Ставропольское книжное издательство, – 1964, – 453 с.
3. *Галай Б.Б.* Структурная неустойчивость морских песков (на примере форштадтской толщи г. Ставрополя): автореф. дисс. ... к.г.-м.н. – М.: ПНИИИС Госстроя РФ, 2005, – 24 с.
4. *Ставицкер Л.Р.* Сейсмостойкость оснований и фундаментов: монография. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010. – 448 с.
5. *Галай Б.Ф.* Рекомендации по проектированию и устройству буронабивных грунтовых свай, изготовленных шнековым способом в просадочных и слабых грунтах. – 3-е изд., доп. – Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. – 96 с.
6. *Галай Б.Ф., Бабаевская Л.В., Галай О.Б. и др.* Родники как градостроительный фактор города Ставрополя //Вестник Северо-Кавказского федерального университета, 2013, № 2 (35), с. 72-74.

STRUCTURAL-UNSTABLE SAND OF STAVROPOL CITY

Galay B.F., Galay B.B., Galay O.B.

North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia, e-mail: Galaybf@mail.ru

Annotation: This article is about special aspects of sea sand's thick mass of the Forstadt stage of the middle Sarmatian Stage in Stavropol city. Short history of the study and examples of dangerous deformations of buildings which were built on these sands are given. Specific features of composition and properties are described, the nature and mechanism of deformations of structurally unstable silty sands are explained. The authors give a brief description of the construction conditions and an assessment of the methods used to compact the sand.

Keywords: sand, soil, lithogenesis, dangerous deformations, construction.

УДК 624.131 (476)

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И СВОЙСТВ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ ХАРЬКОВСКОЙ СВИТЫ ВЕРХНЕГО ЭОЦЕНА – НИЖНЕГО ОЛИГОЦЕНА ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ

Галезник О.И.¹, Галкин А.Н.²

¹Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, г. Гомель, Беларусь, e-mail: olka-lelya88@mail.ru; ²Витебский государственный университет имени П.М. Машиерова, г. Витебск, Беларусь, e-mail: galkin-alexandr@yandex.ru

Аннотация: в инженерно-геологическом отношении породы харьковской свиты верхнего эоцена – нижнего олигоцена Беларуси малоизучены, что определяет актуальность их исследований. В данной работе рассматриваются особенности состава, строения и свойств песчаных грунтов харьковской свиты верхнего эоцена – нижнего олигоцена юго-востока Беларуси с учетом их современного положения в геологическом разрезе и состояния. Состав и свойства песков определяли по стандартным методикам.

Ключевые слова: харьковская свита, пески, гранулометрический состав, глауконит.

Породы харьковской свиты верхнего эоцена – нижнего олигоцена Беларуси – это грунты, сформировавшиеся на рубеже существования и регрессии последнего морского бассейна и окончательного установления геократической обстановки на территории страны. Они получили широкое распространение на юге республики, чаще залегают на глубинах 100–110 м; на юго-востоке по долинам Днепра, Сожа и Ипути отложения нередко выходят на дневную поверхность. Последнее предопределило активное их использование в качестве оснований и среды для различных сооружений. Особенно это ярко выражено на территории Гомеля, где согласно новому генеральному плану развития города (2011) предусмотрено широкое освоение долинного комплекса Сожа и его

притоков (Ипуть, Уза), в пределах которого рассматриваемые породы залегают под аллювиальными отложениями на глубинах менее 10 м.

Отложения харьковской свиты на территории Беларуси изучались многими исследователями в разных аспектах: стратиграфии и условий залегания (Р.Мурчисон, Э. Вернейль, А. Кайзерлинг, К.М. Милашевич, П.Я.Армашевский, А.П. Карпинский, А.Э. Гедройц, Е.В. Оппоков, Н.А.Соколов, С.С. Манькин, Л.Ф. Ажгиревич, Л.Н. Богомолова, Б.Н.Гурский, Р.А. Зинова, З.М. Невмержицкая и др.), палеонтологии (А.Ф.Бурлак, П.И. Дорофеев, Ю.В. Зосимович, Т.Б. Рылова, А.В. и К.Б.Фурсенко, Т.В. Якубовская и др.), литологии и геохимии (Я.И. Аношко, А.Г. Бер, В.Е. Бордон, В.А. Вечер, Я.Е. Гольбрайх, З.А. Горелик, К.Е.Дунаева, Н.В. Зайцева, Е.А. Ильин, В.А. Кузнецов, Э.А. Левков, В.К.Лукашев, В.Г. Макаров, Л.И. Матрунчик, Л.И.Мурашко и др.). При этом в инженерно-геологическом отношении рассматриваемые грунты остаются до сих пор слабо изученными, что и определяет актуальность их исследования.

Целью настоящей работы послужило выявление особенностей состава, строения и свойств песчаных грунтов харьковской свиты верхнего эоцена – нижнего олигоцена юго-востока Беларуси с учетом их современного положения в геологическом разрезе и состояния.

Для достижения поставленной цели была отобрана серия образцов песчаных пород из различных горных выработок (скважин, шурфов, расчисток) в пределах Гомельского, Добрушского и Лоевского районов Гомельской области. Всего было отобрано 12 образцов грунта. Состав и свойства песков определяли по стандартным методикам. Исследования были дополнены анализом фондовых материалов УП «Геосервис», РУП «Белгеология», БелНИГРИ, Минского отделения проектного института «Союзводоканалпроект», Института геохимии и геофизики НАН Беларуси, ГГУ им. Ф. Скорины и др. Результаты наших исследований сводятся к следующему.

По составу изучаемые грунты относятся к разнозернистым (от тонких до крупных), чаще мелкозернистым глауконитово-кварцевым пескам (табл.1), слабослюдистым, в различной степени глинистым и ожелезненным, иногда сцементированным глинисто-карбонатным цементом. Содержание глауконита в них колеблется от 2 до 25% в зависимости от гранулометрического состава. Причем от последнего зависит и распределение глауконита в разных фракциях песков. Так, согласно Л.И. Мурашко (1996), в тонкозернистых песках

Таблица 1

Гранулометрический состав верхнеэоценовых-нижнеолигоценых
глауконитово-кварцевых песков в районе Гомельского химического завода

№ сква- жины	Название песчаного грунта по СТБ 943- 2007	Глубина отбора, м	Содержание фракций (мм), %									
			>5	5-2	2-1	1- 0,5	0,5- 0,25	0,25- 0,1	0,1- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	<0,005
36	крупный	25,0- 26,0	-	2	53		20	18	7	-	-	-
	пылеватый	26,0- 28,0	-	-	3	3	16	43	30	1	3	1
	мелкий	28,0- 35,0	-	-	3		41	48	8	-	-	-
46	средний	29,5- 31,0	1	25	9	2	15	44	4	-	-	-
	мелкий	31,0- 32,0	3	13	4	2	21	48	9	-	-	-
	мелкий	32,0- 33,0	-	5	5	3	26	51	10	-	-	-
156	мелкий	21,0- 22,0	-	2	8	4	17	49	14	3	1	2
	мелкий	30,0- 31,0	-	-	5	5	25	60	3	1	-	1
	мелкий	31,0- 32,0	-	-	6	6	28	54	6	-	-	-
	мелкий	32,0- 33,0	-	-	2	3	26	62	7	-	-	-
196	мелкий	23,2- 23,8	-	-	4	7	40	41	6	1	1	-
	мелкий	23,8- 24,4	-	1	4	7	36	41	9	1	-	1
	крупный	31,0- 32,0	-	2	73	12	8	1	4	-	-	-
	мелкий	34,0- 36,0	-	-	1	1	19	72	4	1	1	1
	мелкий	37,0- 39,0	-	-	1	1	19	73	3	1	-	2

преобладающее его количество сосредоточено во фракции 0,1–0,05 мм, в разнозернистых и крупных – во фракции 0,25–0,1 мм. Следует заметить, что от содержания глауконита зависит и окраска песков: там, где его мало – пески серые, где много – серо-зеленые. Глауконит в исследуемых грунтах встречается преимущественно в четырех формах: 1) зерна или микроконкреции песчано-пылеватой размерности; 2) агрегаты и сростки глауконита с различными минералами, чаще с кварцем; 3) тонкодисперсный глауконит с примесью других глинистых минералов; 4) выполнение пор, трещин и полостей других минералов.

Пески преимущественно плотного и среднеплотного сложения; в зависимости от гранулометрического состава их плотности при естественной влажности составляет от 1,66–1,84 г/см³ (у мелких) до 1,73–1,95 г/см³ (у крупных и пылеватых), соответственно плотность скелета – 1,57–1,77 г/см³ и 1,62–1,75 г/см³, коэффициент пористости – 0,50–0,69 и 0,44–0,65. Коэффициент фильтрации песков (по данным полевых исследований) изменяется от 0,03–0,7 до 3,2–30 м/сут, чаще составляет 1–5 м/сут. Сжимаемость их слабая, реже средняя, модуль общей деформации по данным штамповых испытаний колеблется от 25–40 МПа (для среднеплотных песков) до 40–70 МПа (для плотных). При небольших напряжениях в результате механического воздействия, вибрации и под влиянием гидродинамического давления пески способны разжижаться и оплывать, в откосах и обнажениях часто подвержены механической суффозии.

FEATURES OF COMPOSITION AND PROPERTIES OF SANDY SOILS OF THE KHARKIV SUITES UPPER EOCENE – LOWER OLIGOCENE OF THE SOUTH-EAST OF BELARUS

Galieznik O.I.¹, Galkin A.N.²

¹*Gomel State University named after Francis Skaryna, Gomel, Belarus, e-mail: olka-ilya88@mail.ru*; ²*Vitebsk State University named after P.M. Masherov, Vitebsk, Belarus, e-mail: galkin-alexandr@yandex.ru*

Abstract: in engineering-geological respect the rocks of the Kharkov entourage of the upper Eocene – lower Oligocene of Belarus are poorly studied, which determines the relevance of their research. This paper considers the features of the composition, structure and properties of sandy soils of the Kharkiv formation of the upper Eocene – lower Oligocene of the South-East of Belarus, taking into account their current position in the geological section and state. The composition and properties of Sands were determined by standard methods.

Keywords: Kharkov escorts, Sands, particle size distribution, and glauconite.

ЭОЛОВЫЕ ПЕСКИ БЕЛАРУСИ – КАК ГРУНТОВЫЕ ТОЛЩИ, ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И СВОЙСТВА

Галкин А.Н.¹, Павловский А.И.²

¹Витебский государственный университет имени П.М. Машиерова, Республика Беларусь, Galkin-alexandr@yandex.ru; ²Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь, Aipavlovsky@mail.ru

Аннотация: Эоловые пески формируются в тех районах страны, где на поверхность выходят песчаные отложения различного генезиса: древние озерные, ледниково-озерные, флювиогляциальные, аллювиальные и др. Выделяется два типа - эоловые перевеянные пески и эоловые навейные лессы, в парагенезисе с вторичными лессовидными отложениями. Установлено, что эоловые песчаные грунты из-за своего рыхлого сложения в качестве естественных оснований не используются, а лессовидные грунты могут служить надежным основанием сооружений любого класса при условии предохранения их от замачивания.

Ключевые слова: Эоловые пески, лессы, плотность, водопроницаемость, просадочность, модуль деформации

Эоловые (субаэральные) отложения на территории Беларуси не имеют сплошного площадного распространения. В их составе выделяется два типа. Первый из них – эоловые перевеянные пески, представляющие песчаные эоловые аккумуляции разнообразной формы, размеров и возраста, второй – эоловые навейные лессы, с которыми тесно связаны продукты их склонового переотложения – лессовидные отложения. Аккумуляции обоих генетических типов пространственно дифференцированы и не столь тесно связаны между собой, как отложения других парагенетических рядов.

Эоловые пески формируются в районах, где на поверхность выходят песчаные отложения различного генезиса: древние озерные, ледниково-озерные, флювиогляциальные, аллювиальные и др. Наиболее широко они распространены в Белорусском Полесье, на Полоцкой и Суражской низинах, севернее Гродно. Крупные площади эоловых отложений отмечаются южнее озера Нарочь, вблизи г. Лепель. Встречаются на террасах Немана, Западной Двины и в других местах. На эоловый песчаный рельеф приходится примерно 1,5% всей территории страны.

В минеральном составе эоловых песков доминирует кварц (82–97%) и полевые шпаты (преимущественно 3–15%). Такие минералы как амфиболы, гранаты, ильменит, карбонаты, слюды, глауконит, фосфаты, оксиды и гидроксиды железа составляют небольшую долю. Минеральный состав песчаных эоловых грунтов

разных районов Беларуси имеет сходные черты: полиминеральность и близкий состав породообразующих минералов, присутствие оксидов и гидроксидов железа, заметная окатанность значительного количества зерен, матовая поверхность преобладающего большинства зерен. Имеющиеся площадные различия качественного и количественного состава минералов, по-видимому, связаны как с региональными особенностями исходных пород, так и с условиями эоловой транспортировки и седиментации.

Гранулометрический состав эоловых песчаных грунтов, в сравнении с другими генетическими типами, отличается более высокой сортированностью, однородностью, преобладанием тонкозернистых фракций. Как правило, эоловые пески преимущественно хорошо или умеренно сортированы. Для эоловых песчаных грунтов, сформированных из прибрежных ледниково-озерных фаций, на фракцию меньше 0,05 мм приходится 10–25% частиц, на размерность 0,1–0,05 мм – 40–70%. Эоловые аккумуляции, возникшие за счет переработки флювиогляциальных и аллювиальных отложений, характеризуются уменьшением количества частиц менее 0,05 мм (до 2,15%), пониженным содержанием фракции 0,1–0,05 мм – примерно 10–30%, резким возрастанием зерен 0,25–0,1 мм (до 50–80%) и незначительным количеством частиц 1,0–0,5 мм. Плотность эоловых песков в зависимости от гранулометрического состава изменяется от 1,33 до 1,95 г/см³, плотность скелета – от 1,52 до 1,87 г/см³, плотность частиц грунта – от 2,12 до 2,66 г/см³, пористость их составляет 27–43%, коэффициент пористости – 0,42–0,73. В связи с хорошей сортированностью и значительной пористостью высота капиллярного поднятия у них не превышает 60 см. Водопроницаемость песков варьирует от первых единиц до десятков метров в сутки и более.

В условиях естественного залегания эоловые пески преимущественно рыхлые и в соответствии с этим легко и значительно уплотняются под действием динамических нагрузок и вибрации. Угол естественного откоса эоловых песков колеблется незначительно и составляет 30–35° (в среднем 33°), под водой – 26–30° (28°).

Навеянные эоловые отложения представлены комплексом лессовых и лессовидных грунтов. Это песчано-глинисто-пылеватые системы, для которых характерны малая влажность и высокая пористость. Их главными свойствами являются низкая водопрочность и просадочность. На территории Беларуси эти породы занимают по разным оценкам от 7% до 15% всей площади страны, имеют покровное залегание, распространены как крупными массивами, так и

относительно небольшими участками. Типичные лессы прослеживаются только на небольших площадях, главным образом на юге Беларуси. Лессовидные породы распространены в пределах пологих возвышенностей, на склонах гряд, холмов, речных долин, часто встречаются на плоских водоразделах крупных рек. Мощность отложений обычно небольшая и изменяется от 0,5 м на повышенных участках до 10 м и более.

Минеральный состав пород характеризуется резким преобладанием кварца, полевых шпатов и кальцита. Доля легкой фракции составляет 98,0–99,5% и более от всего объема пород. Общее содержание основных породообразующих минералов кварца и полевых шпатов достигает 80–99%. На зерна кварца приходится в среднем до 80% количества легкой фракции. На карбонаты приходится до 10–20% и даже до 25% легкой фракции. Из слюд (мусковит и биотит) преобладает мусковит, его содержание от долей до 1%, в пределах разреза может исчезать вовсе. Из других легких минералов иногда встречаются глауконит, халцедон, обломки раковин моллюсков и растительные остатки. Доля тяжелой фракции небольшая (от 0,5 до 1,0%, в исключительных случаях до 1,5–2,0%). Минералы тяжелой фракции в относительно выдержанных количествах (до 1%) присутствует в диапазоне 0,075–0,01 мм. Лессовидные грунты часто слоистые и на глубину до 1,0–1,5 м обычно изменены почвенными процессами. По литологическому составу они весьма неоднородны. Представлены чаще всего пылеватыми супесями и легкими суглинками палево-желтого или палево-бурого цвета; иногда встречаются пылеватые пески и пылеватые глины, причем первые две группы осадков являются преобладающими среди этих пород. В некоторых разрезах лессовидных отложений отмечались прослойки мелко- и разнозернистого песка, единичные зерна гравия, окатанная галька и даже мелкие валуны изверженных и осадочных пород (до 10–15 см в поперечнике). Одним из главных признаков, выделяющих лессовидные образования среди других литолого-генетических типов республики, является их преимущественно пылеватый состав.

Естественная влажность лессовидных грунтов зависит от времени года, климата, рельефа и других факторов и варьирует в интервале величин 9–25%, преобладают значения 12–20%. Показатели пластичности изменяются в довольно широких пределах: верхний предел пластичности от 18 до 31%, нижний – от 11 до 25%, число пластичности от 3 до 12. Средние значения числа пластичности для различных районов страны составляют 4–9. Плотность грунта при естественной влажности обычно изменяется в пределах от 1,50 до 2,20

г/см³, плотность скелета – 1,53–1,73 г/см³. Наиболее характерное значение плотности скелета для лессовидных пород составляет 1,63–1,64 г/см³. Их пористость изменяется от 31,5 до 55% при среднем значении 38%, коэффициент пористости – от 0,40 до 1,00 (в среднем 0,7). Макропористость преимущественно выражена в виде пустот по размеру иногда несколько больше размера частиц, слагающих породу. Наиболее мощные лессовидные породы обладают максимальной просадочностью при избыточном увлажнении и дополнительной нагрузке $\delta_{пр}$ до 30 см. При значительном увлажнении наблюдается морозное пучение, высота пучения может достигать 10–15 см.

Соппротивление сдвигу лессовидных грунтов характеризуется следующими значениями: угол внутреннего трения 27–39°, сцепление $0,04 \times 10^5 - 0,36 \times 10^5$ Па (чаще $0,1 \times 10^5 - 0,2 \times 10^5$ Па). Коэффициент сжимаемости этих пород при естественной влажности изменяется в пределах от $0,7 \times 10^{-7}$ до $2,5 \times 10^{-7}$ Па⁻¹, с предварительным замачиванием – от $0,8 \times 10^{-7}$ до $3,7 \times 10^{-7}$ Па⁻¹. По данным компрессионных испытаний модуль деформации лессовидных отложений в интервале удельных нагрузок $1-2 \times 10^5$ Па изменяется от 4,9 до 14,7 МПа; в интервале нагрузки $2-3 \times 10^5$ Па – от 6,3 до 16,8 МПа. По результатам штамповых испытаний значения модуля деформации значительно выше и составляют 14,3–18,6 МПа.

Эоловые песчаные грунты из-за своего рыхлого сложения и слабой уплотненности в качестве естественных оснований не используются. Они нашли широкое применение как строительный материал, используемый, главным образом, в качестве заполнителя в производстве растворов бетона. Лессовидные грунты могут служить надежным основанием сооружений любого класса при условии предохранения их от замачивания в процессе строительства и эксплуатации.

AEOLIAN SANDS OF BELARUS - AS GROUND THICKNESS, SPECIFIC FEATURES OF FORMATION AND PROPERTIES

Galkin A.N.¹, Pavlovsky A.I.²

¹Vitebsk State University named after P.M. Masherova, Republic of Belarus, Galkin-alexandr@yandex.ru; ²Gomel State University named after F. Skaryna, Republic of Belarus, Aipavlovsky@mail.ru

Abstract: Aeolian sands are formed in those regions of the country where sand deposits of different genesis come to the surface: ancient lacustrine, glacial-lacustrine, fluvio-glacial, alluvial, etc. There are two types - eolian deflated sands and eolian induced loesses, in

paragenesis with secondary loesslike deposits . It is established that eolian sandy soils are not used as natural bases due to their loose constitution as natural bases, and loesslike soils can serve as a reliable base for structures of any class provided they are protected from soaking.

Keywords: Aeolian sands, loess, density, water permeability, subsidence, deformation modulus

УДК 624.131

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПАЛЕОГЕОГРАФИИ ЯНОВСКОЙ СВИТЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ РАЗРЕЗОВ НОВОЧЕРКАССКОГО ХОЛМА

Гурова А.А., Исаев В.С.

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И.

Платова, Новочеркасск, Россия, e-mail: gurova_angelina@rambler.ru,

isaevvs1949@mail.ru

Аннотация: в данной статье приводятся результаты исследования песков яновской свиты меотического горизонта торнтонского яруса, с целью реконструкции палеогеографических условий, в которых происходило их накопление. Исследования проводились на основе данных о строении геологических разрезов Новочеркасского холма. Особое внимание во время их проведения было уделено формированию галечных отложений в нижней части разреза данной свиты.

Ключевые слова: Яновская свита, пески, Палео-Дон, палеогеография, Новочеркасский холм

Город Новочеркасск построен на возвышенности относительно поймы р. Дон, которая представляет собой фрагмент плато, возникшего в результате регрессии понтического бассейна. С трёх сторон понтическое плато «рассечено» поймами рек Тузлов (с севера и востока) и Аксай (с юга и юго-запада). В результате работы этих рек, по указанным эрозионным границам холма вскрыт его полный разрез на высоту около 110 м.

Отложения яновской свиты меотического горизонта торнтонского яруса (N1jan) обнажаются по склонам холма с трёх его сторон. Залегают они с размывом на отложениях нижнего сармата и перекрываются известняками понтического яруса. По правому берегу р. Грушевки, правому притоку р. Тузлов, они вскрыты скважинами и карьерами.

Отложения яновской свиты представлены белыми, реже желтыми кварцевыми разномерными песками с прослоями глинистых песков и глин. Кровля отложений яновской свиты располагается на отметке 34–35 м над уровнем р. Тузлов, мощность её

составляет 10–18 м. Происхождение песков речное, они относятся к образованиям древней реки, названной Палео-Дон [1].

В строении разреза яновской свиты выделяется три ярко выраженных элемента (части) (рис.1).

В основании разреза песков выделяется гравийно-галечниковый слой, состоящий из гравия и галек древних пород (от карбона до мела включительно). Это является ярким свидетельством того, что в начале яновского времени р. Палео-Дон была достаточно мощной, так как галька размером до 20 мм в диаметре может транспортироваться водным потоком, имеющим скорость течения около 0,9 м/с [4].

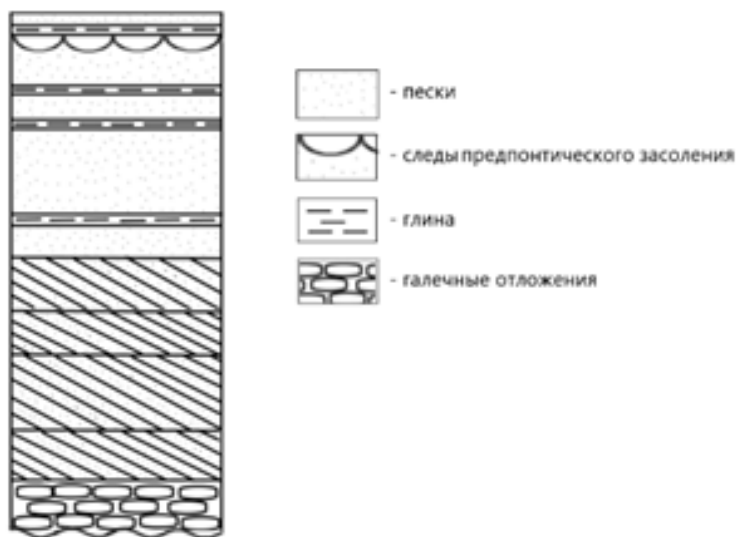


Рис. 1: Схематический разрез яновской свиты

Литологические исследования галечников показали, что среди них преобладают гальки серых и черных кремней (59,2%), конкреции, которые широко распространены среди меловых отложений в верховьях Палео-Дона (север Ростовской области, Воронежская область и более северные районы), и в меньшей степени распространены песчаники (19,7 %) и гальки кварца (15,3 %), поступавшие с Донецкого края. [3]

В нижней и средней части разреза пески светло-серые, белые, местами желтовато-бурые разнозернистые с единичными прослоями глин. Примерно до середины разреза в них прослеживается отчетливая косяя слоистость, представленная пакетами разнозернистых слоев мощностью в первые миллиметры (рис. 2). Участками в песках наблюдаются глиняные окатыши.

Скорость течения водного потока способного транспортировать подобные отложения, должна была составлять не более 0,5 м/с [4].

В верхней части разреза пески становятся более мелкозернистыми, горизонтально слоистыми и в них появляются прослои глин, которые состоят в основном из монтмориллонита и гидрослюд [3].

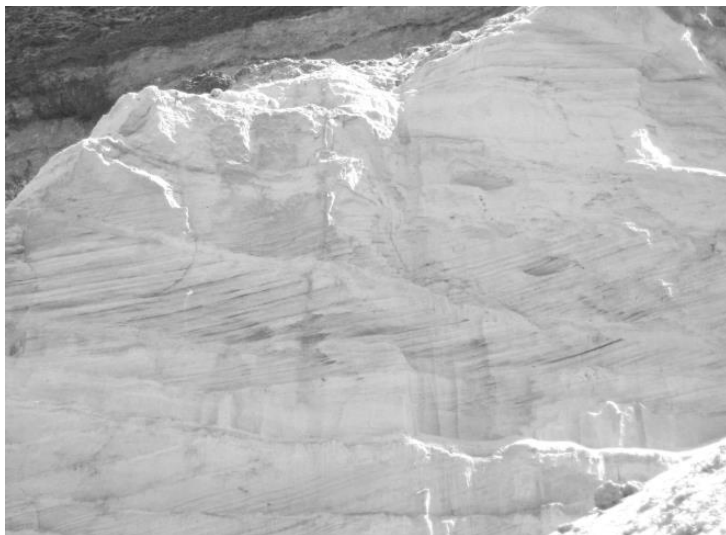


Рис. 2. Косая слоистость в средней части разреза песков яновской свиты карьер х. Яново-Грушевский)

Такой состав глин указывает на их формирование в щелочной обстановке, как известно характерной для морских условий. Таким образом, эта часть разреза песков уже формировалась, вероятнее всего, при кратковременных трансгрессиях (ингрессиях моря) в долину Палео-Дона [1].

Кроме этого следует подчеркнуть, что в предпонтическое время рассматриваемая территория уже представляла собой обширную пойму реки, которая, вероятно, лишь кратковременно подвергалась затоплению, на что указывают признаки древнего (предпонтического) засоления верхней части разреза песков карбонатными новообразованиями (рис.3).

В палеогеографической истории отложений Палео Дона на рассматриваемой территории наиболее загадочной является история формирования нижней части разреза яновской свиты, сложенной как отмечено выше, горизонтом галечников. Данный горизонт нам удалось задокументировать, и опробовать лишь единожды, в одном из действующих карьеров, вскрывшем пески на максимальную мощность. Это оказалось возможным, вследствие слабой обводнённости песков в данном карьере. Однако, полная мощность горизонта не установлена (оказалась не вскрыта), и таким образом, состав и возраст отложений на которых он залегает нам не известны. Подобные отложения, как отмечают предшественники для данного района не характерны.



Рис. 3: Карбонатные образования верхней части разреза песков яновской свиты (заброшенный карьер в районе х. Яново-Грушевский)

В работе Г.И. Горецкого [2] отмечается, что уклон рельефа аллювия миоценовой реки Палео-Дон в Воронежской области в

среднем был равен 19,6 см/км, что для равнинной реки не типично. Так же он отмечает, что характер осадконакопления миоценовых палеорек и, в частности, Палео-Дона, был обусловлен тектоникой, а именно поднятиями и опусканиями воронежской антеклизы. Исходя из этого, мы полагаем, что наиболее достоверным объяснением происхождения горизонта галечников в нижней части разреза яновской свиты является импульс тектонического воздымания Воронежской антеклизы в верховьях Палео-Дона.

Это привело к заметному увеличению его базиса эрозии и к возрастанию скорости водного потока до крайне высоких значений для равнинной реки. Однако, судя по резкому её снижению, о чём свидетельствует характер вскрытого контакта галечников и песков, за импульсом воздымания Воронежской антеклизы, последовал импульс её опускания, с соответствующим понижением базиса эрозии Палео-Дона.

Список литературы:

1. *Богущ И.А., Исаев В.С., Кафтанталий Е.Б.* Геологическая практика с элементами геоэкологии в окрестностях г. Новочеркасска : учеб. пособие / И.А. Богущ, В.С. Исаев, Е.Б. Кафтанталий ; Юж.-Рос. гос. техн. ун-т.– Новочеркасск: ЮРГТУ, 2010. – 76 с.
2. *Горецкий Г.И.* Палеопотамологические эскизы Палео-Дона и Пра-Дона. – Мн.: Наука и техника, 1982. – 248 с.
3. *Джангиров М.Ю.* Литолого-петрографические особенности геологического разреза Новочеркасского плато // Проблемы геологии и геоэкологии Южно-Российского региона : Сб. науч. тр. / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). – Новочеркасск: УПЦ «Набла», 2001.
4. *Половинкин А.А.* Основы общего землеведения. — М.: Учпедгиз, 1958.

SOME OF THE FEATURES OF PALEOGEOGRAPHY THE JANOV FORMATION ON THE RESULTS OF THE STUDY SECTIONS NOVOCHERKASSK HILL

Gurova A.A., Isaev V.S.

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russia, e-mail:
gurova_angelina@rambler.ru, isaevvs1949@mail.ru

Annotation: this article presents the results of research the Janov formation of the Meotic horizon of the Tortonian tier, with the aim of reconstruction of paleogeographic conditions, in which happened their accumulation. The research was carried out on the basis of data on the structure of geological sections of Novocherkassk hill. During the research, special attention paid to the formation of pebble deposits in the lower part of the section of the retinue.

Keywords: the Janov formation, sands, Paleo-Don, paleogeography, the Novocherkassk hill

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАМЫВНЫХ ПЕСКОВ, НА ПРИМЕРЕ СТРОЯЩЕГОСЯ СТАДИОНА «РОСТОВ-АРЕНА» В г. РОСТОВЕ-НА-ДОНУ

Новосельцев А.В.

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия, e-mail: ug88@bk.ru

Аннотация: В рамках реализации проекта строительства стадиона на 45000 зрительских мест в левобережной зоне г. Ростова-на-Дону, было осуществлено устройство песчаной насыпи высотой 5,5 метром на площади 11 Га. Возведение насыпи осуществлялось способом гидромеханизации. На основании данных полученных при полевых и лабораторных исследованиях грунтов было выделено 6 инженерно-геологических элементов отнесенных к техногенным намывным грунтам. Механические характеристики данных грунтов получены по результатам проведения статического и динамического зондирования, а так же штамповых испытаний.

Ключевые слова: намывной грунт, механические характеристики, полевые методы исследований

В рамках реализации проекта строительства стадиона на 45000 зрительских мест в левобережной зоне г.Ростова-на-Дону, было осуществлено устройство песчаной насыпи высотой 5,5 метром на площади 11 Га. Возведение насыпи осуществлялось способом гидромеханизации. Всего было намыто боле 1 650 000 тонн песка. [1]

Разработка песка для устройства насыпи осуществлялось непосредственно на площадке производства работ, в результате данной деятельности образовался искусственный водоем, впоследствии обустроенный в водноспортивный объект «Акватория».

В разное время, различными организациями на площадке проектируемого строительства осуществлялись инженерно-геологические изыскания в том числе и с целью изучения насыпи устроенной на месте проектируемого строительства чаши стадиона и вспомогательных объектов. Для определения модуля деформации в соответствии с ГОСТ 20276-99 проводились испытания штампом винтовым ШВ60, разработанным ЗАО «Геотест» (г. Екатеринбург) в количестве 12 штампоопытов. Статическое зондирование выполнялось в 50 точках с использованием бурового станка ПБУ-2 и измерительного комплекта «ТЕСТ – К2» с зондом II типа в соответствии с ГОСТ 19912-2001 и в 100 точках с использованием специализированной установки «GeoMil», смонтированной на большегрузном автомобиле КАМАЗ. Динамическое зондирование

производится с использованием установки УБП – 15, в соответствии с ГОСТ 19912-2001.

На основании данных полученных при полевых и лабораторных исследованиях грунтов, на участке изысканий выделено 25 инженерно-геологических элементов (ИГЭ), 6 из которых впоследствии были отнесены к техногенным намывным грунтам [2,3,4]:

Инженерно-геологический элемент 1а* (tQIV) – техногенный намывной грунт – песок средней крупности, рыхлый, среднеуплотненный, средней степени водонасыщения. По данным статического зондирования пески относятся к пескам рыхлым. По данным динамического зондирования пески относятся к пескам рыхлым. Согласно СП 11-105-97, ч. I, т. 8, разжижение песков при условном динамическом сопротивлении грунтов $P_d = 2,44$ МПа возможно. Коэффициент фильтрации $K_f = 4,5 - 8,0$ м/сут.

Инженерно-геологический элемент 1б* (tQIV) – техногенный намывной грунт – песок средней крупности, средней плотности, сильноуплотненный, средней степени водонасыщения. По данным статического зондирования пески относятся к пескам средней плотности. По данным динамического зондирования пески относятся к пескам средней плотности. Согласно СП 11-105-97, ч. I, т. 8, разжижение песков при условном динамическом сопротивлении грунтов $P_d = 3,84$ МПа практически невозможно. Коэффициент фильтрации $K_f = 3,7$ м/сут.

Инженерно-геологический элемент 1в* (tQIV) – техногенный намывной грунт – песок средней крупности, плотный, сильноуплотненный, средней степени водонасыщения. По данным статического зондирования пески относятся к пескам средней плотности. По данным динамического зондирования пески относятся к пескам средней плотности. Согласно СП 11-105-97, ч. I, т. 8, разжижение песков при условном динамическом сопротивлении грунтов $P_d = 4,14$ МПа практически невозможно. Коэффициент фильтрации $K_f = 3,3$ м/сут.

Инженерно-геологический элемент 2а* (tQIV) – техногенный намывной грунт – песок мелкий, рыхлый, среднеуплотненный, средней степени водонасыщения. По данным статического зондирования пески относятся к пескам рыхлым. По данным динамического зондирования пески относятся к пескам средней плотности. Согласно СП 11-105-97, ч. I, т. 8, разжижение песков при условном динамическом сопротивлении грунтов $P_d = 2,63$ МПа возможно. Коэффициент фильтрации $K_f = 2,5 - 4,5$ м/сут.

Инженерно-геологический элемент 26* (tQIV) – техногенный намывной грунт – песок мелкий, средней плотности, среднеуплотненный, средней степени водонасыщения. По данным статического зондирования пески относятся к пескам средней плотности. По данным динамического зондирования пески относятся к пескам средней плотности. Согласно СП 11-105-97, ч. I, т. 8, разжижение песков при условном динамическом сопротивлении грунтов $P_d = 3,91$ МПа практически невозможно. Коэффициент фильтрации $K_f = 2,5 - 4,5$ м/сут.

Инженерно-геологический элемент 2в* (tQIV) – техногенный намывной грунт – песок мелкий, плотный, среднеуплотненный, средней степени водонасыщения. По данным статического зондирования пески относятся к пескам плотным. По данным динамического зондирования пески относятся к пескам средней плотности. Согласно СП 11-105-97, ч. I, т. 8, разжижение песков при условном динамическом сопротивлении грунтов $P_d = 4,49$ МПа практически невозможно. Коэффициент фильтрации $K_f = 2,5 - 4,5$ м/сут.

Механические характеристики намывных песков полученных в результате полевых испытаний представлены в сравнительной таблице 1.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что характеристики песчаных грунтов полученные, различными полевыми испытаниями могут, в значительной мере не соответствовать друг другу. Данная проблематика в особенности просматривается на примере модуля деформации полученного по результатам статического и динамического зондирования, а так же винтовым штампом. По сравнению с штампоопытами, значения модуля деформации, полученные по данным статического и динамического зондирования, оказались значительно завышенными.

Список (фондовой) литературы:

1. Проектная документация, включая смету и результаты инженерных изысканий на строительство объекта: «Инженерная подготовка участка строительства футбольного стадиона в левобережной зоне г. Ростова-на-Дону (гидронамыв песка, вынос инженерных сетей)»
2. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям на объекте «Подготовка и выполнение инженерно-геологических и инженерно-гидрогеологических изысканий для разработки проекта планировки и межевания для размещения объектов регионального значения – комплекса объектов общественного назначения, включая стадион на 45 тыс. зрителей», г. Ростов-на-Дону, ООО «Ростовгипрошахт», 2011 г., арх. № ПП 4567-449-ТО.

Таблица 1
Сравнительная таблица механических свойств намывных песков, полученных в результате полевых испытаний

№ п/п	Значения, полученные по результатам статического зондирования		Значения, полученные по результатам динамического зондирования		Значения, полученные по результатам штамповых испытаний	Нормативные значения физико-механических свойств техногенных грунтов (намывных песков) согласно табл. Ж.2 части 3 СП 111-105-97				Рекомендуемые значения (по табл. Г.1 СП 50-101-2004)			
	Угол внутреннего трения, градус	Модуль деформации, МПа	Угол внутреннего трения, градус	Модуль деформации, МПа		Угол внутреннего трения, градус	Сцепление, МПа	Модуль деформации, МПа	Угол естественного откоса, градус	Сцепление, МПа	Модуль деформации, МПа	Угол естественного откоса, градус	Сцепление, МПа
ИГЭ-1а	27,7	18,20	31,0	21,0	37 26	29-31	≤	10-20	27,7	<1,0*	10,7	37 26	
ИГЭ-1б	32,7	27,10	35,0	37,0	36 27	32-35	1-4	21-30	32,7	1,0*	23,5	36 27	
ИГЭ-2а	36,8	41,00	39,0	42,0	36 26	36-40	2-6	31-50	36,8	3,0*	30,6	36 26	
ИГЭ-2б	27,1	17,45	27,0	20,0	35 25	24-28	≤	10-13	27,1	<2,0*	11,7	35 25	
ИГЭ-2в	32,1	25,30	33,0	29,0	37 26	29-32	2-5	14-20	32,1	<2,0*	24,7	37 26	
ИГЭ-2в	36,4	40,40	36,0	38,0	37 25	30-36	4-8	20-30	36,4	6,0*	32,8	37 25	

3. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям на объекте «Строительство футбольного стадиона на левобережной зоне г. Ростова-на Дону», г. Ростова-на-Дону, ООО «СВСтрой», 2013 г., арх. № РО-ФС-2012-ТО-ППР.
4. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям на объекте «Инженерная подготовка участка строительства футбольного стадиона в левобережной зоне г. Ростова-на-Дону (гидронамыв песка, вынос инженер-ных сетей)», , ООО «Ростовгипрошахт», 2014 г., арх. № 4640.
5. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям на объекте «Ливневой коллектор и очистные сооружения ливневых стоков от футбольного стадиона на 45000 зрительских мест, г.Ростов-на-Дону, в левобережной зоне» г. Ростов-на-Дону, ООО «Энергопромсервис», арх.№ 22/10-ГК от 22 октября 2015г

PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF TECHNOGENIC WASHING SANDS, FROM THE EXAMPLE, THE CONSTRUCTION OF THE STADIUM "ROSTOV-ARENA" IN ROSTOV-ON-DON.

Novoseltsev A. V.

Don state technical University, Rostov-on-don, Russia, e-mail: ug88@bk.ru

Abstract: as part of the project to build a stadium for 45,000 spectators in the left-Bank area of Rostov-on-don, a sand mound with a height of 5.5 meters was built on an area of 11 Hectares. The construction of the embankment was carried out by the method of hydro-mechanization. On the basis of data obtained during field and laboratory researches of soils 6 engineering-geological elements related to technogenic alluvial soils were allocated. Mechanical characteristics of these soils are obtained by the results of static and dynamic sensing, as well as die tests.

Keywords: alluvial soil, mechanical characteristics, field research methods

УДК 624.131

ПЕСЧАНЫЕ ГРУНТЫ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА

Огородникова Е.Н.

*Российский Университет Дружбы Народов, Москва, Россия,
e-mail:ogorodnikova50@mail.ru*

Аннотация: Приводится систематизация состава и свойств песков Московского региона.

Ключевые слова: песок, дисперсность, минеральный и химический состав, свойства.

В начале 70-х годов прошлого века на Геологическом факультете МГУ постановлением Комитета по науке и технике СССР была организована Проблемная лаборатория «Влияние геологических факторов на физико-химическое закрепление грунтов». Руководителем лаборатории был назначен профессор С.Д. Воронкевич. Лаборатория располагалась на базе кафедры Грунтоведения и инженерной геологии.

Оно из научных направлений, которое разрабатывалось Проблемной лабораторией, было связано с созданием химических инъекционных растворов и выявлением природных факторов, определяющих эффективность применения этих методов для песчаных грунтов. С этой целью в различных районах Подмосквья и Калининской (ныне Тверской) области была отобрана коллекция песков разного возраста и состава. Основная задача отбора образцов: разнообразие дисперсности, минерального состава, состава поверхностных пленок - факторов, определяющих результаты их закрепления методами технической мелиорации при использовании химических инъекционных растворов. В таблице 1 систематизированы исследованные пески и приведено их полевое описание.

Таблица 1

Место отбора, возраст, генезис и описание песков

<i>Карьер, г Люберцы J₃tt</i>	
1	Песок розовый или розовато-желтый кварцевый, мелко или среднезернистый. Зерна хорошо окатанные. На поверхности зерен пленка гидроксидов железа.
2	Песок белый чистый кварцевый тонкозернистый хорошо окатанный. Встречаются одиночные зерна биотита и темноокрашенных минералов.
3	<i>Карьер, г.Гжель J₃kl-ox.</i> Песок от желтого до светло желтого цвета, мелкозернистый, преимущественно кварцевый с отдельными зернами слюды - биотита.
4	<i>Карьер, г.Воскресенск</i> (Лопатинский карьер) J₃tt. Песок темно-зеленый, иногда почти черный, мелкозернистый слабо окатанный с большим количеством темноцветных минералов и глауконита. На поверхности зерен зеленые примазки и корочки.
<i>Карьер, г. Дмитров</i> (Борисова гора) fgIIId-ok	
5	Песок бурый, пылеватый с прослоями глинистого материала
6	Песок желтый, серовато-желтый преимущественно крупно- и среднезернистый полиминеральный, преимущественно кварцевый с зернами полевого шпата, карбонатный.
7	Песок бурый сильно ожелезненный мелкозернистый преимущественно кварцевый, карбонатный. отдельные темноцветные минералы.
8	Песок мелкозернистый и тонко-мелкозернистый ожелезненный кварцевый, карбонатный.
9	<i>Карьер, пос. Вытолзово fgIIIv</i> Песок розовый или розовато-

	желтый тонкозернистый, кварцевый, с отдельными зернами слюды и темноцветных минералов.
--	--

Анализ дисперсности, минерального и химического составов выполнен по стандартным методикам. Результаты приведены в таблицах 2-7.

Таблица 2

Дисперсность песков

№ пп	Название песка (по классификации Е.М. Сергеева)	Содержание частиц, мм	
		< 0,05	< 0,001
1	Средне-мелкозернистый	1,6	0,09
2	Неотсортированный крупный	2,16	0,34
3	Средне-мелкозернистый пылеватый*	26,89	14,88
4	Крупно-среднезернистый пылеватый	12,79	10,72
5	Неотсортированный мелкий пылеватый	19,52	7,63
6	Неотсортированный крупный	2,16	0,25
7	Крупно-среднезернистый	2,00	0,77
8	Тонко-мелкозернистый	5,00	0,27
9	Тонко-мелкозернистый	6,32	5,42

Примечание. *Дисперсность образца 3 определена в соответствии с полевым описанием.

Таблица 3

Минеральный состав песков

	Тяжелая фракция		Легкая фракция					
	Σ	минерал	Кварц	Полевые шпаты	Слюда	Облки пород	Глинистые скоп-ления	Глауконит
1	0,198	К	95,6	4,4	-	-	-	-
2	Ед.з	К 42,2	99,6	0,5	-	-	-	-
3	0,106	И 43,8	62,0	7,25	21,5	-	9,25	-
4	0,44	Л 89,9	5,4	-	-	32,3	-	62,3
5	0,35	Л50	82,9	8,00	0,35	8,75	-	-
6	0,65	Л 83,4	93,0	1,25	0,25	2,5	3,0	-
7	1,28	Л 8,7	96,35	1	-	-	2,5	0,25

8	0,66	Л 48,4	96,5	3	-	0,5	-	-
9	0,79	А	93,7	6,3	-	-	-	-

Примечание. К - кианит, И - ильменит, Л - лимонит, А - амфибол. Цифра означает содержание в составе тяжелой фракции.

Таблица 4

Результаты анализа водной вытяжки песчаных грунтов (содержание анионов и катионов, %)

№ пп	Плотный остаток	рНс.	рНф	НСО ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl
1	0,01	7,25	7,15	0,005	0,001	-	0,003
2	0,02	6,25	6,00	0,006	0,003	-	0,006
3	0,01	6,45	6,55	0,011	0,003	-	0,004
4	0,14	6,60	6,55	0,010	0,010	0,002	0,004
5	0,01	8,80	7,45	0,032	0,013	0,001	0,006
6	0,06	8,95	7,95	0,024	0,009	-	0,003
7	0,03	8,90	8,25	0,022	0,006	0,001	0,004
8	0,05	8,95	7,95	0,029	0,012	-	0,001
9	0,04	7,05	6,95	0,020	0,009	0,001	0,004

Примечание. рНс – рН суспензии; рНф – рН фильтра.

Таблица 5

Результаты анализа солянокислой вытяжки. Содержание компонентов в %

№ пп	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
1	0,012	0,00	0,01	0,00	0,00
2	0,015	0,13	0,01	0,03	0,01
3	0,118	0,79	1,20	0,35	0,28
4	0,474	23,80	0,98	1,37	0,13
5	0,073	1,48	1,31	1,67	0,63
6	0,084	0,87	0,63	4,25	1,11
7	0,068	1,35	0,10	1,22	0,42
8	0,094	1,65	0,44	2,24	0,73
9	0,053	0,66	0,42	0,06	0,01

Таблица 6

Результаты анализа подвижных форм кремния алюминия и железа,
гумуса и карбонатов (%)

№ пп	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Гумус	CaCO ₃
1	0,025	0,016	-	0,00	0,10
2	0,041	0,080	0,10	0,022	0,19
3	0,036	0,036	0,03	4,27	0,19
4	0,120	0,564	0,31	7,46	1,03
5	0,040	0,110	0,06	0,100	0,57
6	0,025	0,080	0,02	0,039	3,03
7	0,010	0,028	0,02	0,194	1,18
8	0,016	0,030	0,06	0,017	2,81
9	0,025	0,016	-	0,027	0,59

Таблица 7

Свойства песчаных грунтов (определения проведены на приборе Н.П.
Ковалева)

№ пп	Показатели свойств						
	ρ, г/см ³	W, %	ρ _d , г/см ³	ρ _s ,* г/см ³	n, %	ε	Кф, м/сут
1	1,62	3,9	1,59	2,65	40	0,66	24,8
2	1,65	2,5	1,61	2,65	39	0,63	19,7
3	1,58	1,4	1,56	2,59	40	0,66	9,9
4	1,99	1,5	1,96	2,57	24	0,31	-
5	1,81	1,8	1,78	2,63	32	0,47	-
6	1,66	2,5	1,62	2,71	40	0,66	14,1
7	1,61	2,9	1,56	2,70	42	0,72	11,5
8	1,58	6,0	1,49	2,72	45	0,81	6,6
9	1,54	3,4	1,49	2,57	42	0,72	5,8

Примечание. ρ, г/см³ - плотность песка в естественном сложении; W, % - естественная влажность; ρ_d, г/см³ - плотность скелета; ρ_s, г/см³ - плотность твердых частиц; n, % - пористость, ε - коэффициент пористости; Кф, - коэффициент фильтрации, м/сутки.

Приведенные данные не претендуют на научное обобщение результатов исследования, но могут служить оригинальным систематизированным справочным материалом.

SANDY SOILS OF MOSCOW REGION

Ogorodnikova E.N.

Peoples Friendship University of Russia (RUDN University)

Annotation: This text is devoted to the systematization of the composition and properties of the sands of the Moscow region.

Keywords: Sand, dispersion, mineral and chemical composition, properties.

УДК 624.131

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЕСЧАНЫХ ПОРОД УГЛЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КУЗБАССА

Ольховатенко В.Е.

Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск, Россия, e-mail: igg@tsuab.ru

Аннотация: освещаются результаты изучения песчаных пород, их минералогического состава и физико-механических свойств. Дается прогнозная оценка влияния песчаных массивов на устойчивость бортов угольных карьеров.

Ключевые слова: песчаные породы, минералогический состав, физико-механические свойства, устойчивость.

Изучение песчаных пород угленосных отложений Кузбасса проводится в процессе инженерно-геологических исследований на территории угольных месторождений намечаемых к разработке открытым способом. Среди углевмещающих пород наибольшим распространением пользуется песчаники, для которых проведены детальные исследования минералогического состава, физических, прочностных и деформативных свойств пород.

Ниже освещаются результаты изучения песчаников балахонской серии ($C_{2-3} - P_{1bc}$), распространенных на территории Киселевского и Анабинского угольных месторождений Кузбасса.

Киселевское месторождение характеризуется довольно сложным тектоническим строением, что обусловлено его принадлежностью к брахисинклинальному складчатому комплексу Присалаирской зоны интенсивных линейных складок и разрывов. Основной структурой месторождения является Тырганская антиклиналь, представляющая асимметричную складку с пологопадающим (30-45°) западным и крутопадающим (65-85°) восточным крыльями. Угленосные отложения месторождения смяты в

кулисообразные складки и интенсивно нарушены дизъюнктивной тектоникой.

Песчаники, по данным микроскопических исследований, характеризуются высоким содержанием в обломочной части кварца (30 – 40%). На долю полевых шпатов приходится 15-20%, эффузивов - 7-15%, кварцитов - 5-20%. В качестве примеси присутствуют мусковит, турмалин, сидерит. По составу цемента выделяются песчаники с глинистым, глинисто-карбонатным и карбонатным цементом, иногда хлорито-каолинито-серицитовым; по типу цемент поровый или пленочный. Песчаники описываемого месторождения характеризуются интенсивным проявлением катагенетических преобразований, которые представлены в виде замещения обломков полевых шпатов и эффузивов карбонатами. В отдельных образцах установлено полное замещение обломков эффузивов и полевых шпатов, что приводит к образованию псевдоморфоз. Физико-механические свойства песчаников приведены в таб.1.

Таблица 1
Физико-механические свойства песчаников Киселевского месторождения

Физико-механические свойства	Песчаники		
	с глинистым цементом	с глинисто-карбонатным цементом	с карбонатным цементом
1	2	3	4
Плотность частиц, г/см ³	<u>2,52–2,79</u> 2,65	<u>2,51–2,79</u> 2,64	<u>2,54–2,73</u> 2,63
Плотность, г/см ³	<u>2,29–2,63</u> 2,46	<u>2,33–2,61</u> 2,46	<u>2,28–2,58</u> 2,48
Естественная влажность, %	<u>0,44–18,14</u> 2,58	<u>0,84–1,35</u> 2,28	<u>0,61–8,29</u> 2,03
Пористость, %	<u>2,81–20,19</u> 9,13	<u>2,64–14,83</u> 8,63	<u>1,23–16,60</u> 7,20
Предел прочности на сжатие, МПа	<u>13,6–40,2</u> 27,0	<u>33,1–75,7</u> 57,0	<u>59,5–123</u> 75,5
Предел прочности на растяжение, МПа	<u>1,1–7,1</u> 3,8	<u>4,3–19,2</u> 7,9	<u>1,3–33,6</u> 16,3
Угол внутреннего трения, град	<u>34–49</u> 44	<u>34–57</u> 43	<u>28–46</u> 38
Сцепление, МПа	<u>3,2–8,8</u> 6,0	<u>7,6–17,1</u> 11,1	<u>7,1–23,0</u> 19,1

Из таблицы видно, что плотность песчаников с различным типом цемента существенно не отличается и составляет в среднем $2,47 \text{ г/см}^3$. Также близкие значения получены естественной влажности (2,03 - 2,58%). Пористость песчаников с глинистым цементом оказалась самой высокой (9,13%), а с карбонатным самой низкой (7,20%). Наибольшей прочностью характеризуются песчаники с карбонатным цементом, среднее значение предела прочности для которых составляет 75,5 МПа, в то время как для песчаников с глинистым цементом составляет 27,0 МПа. Углы внутреннего трения для пород с различным цементом отличаются незначительно и составляют в среднем $38-44^\circ$ (таблица 1). Самое высокое удельное сцепление наблюдается у песчаников с карбонатным цементом (19,0 МПа), а самое низкое с глинистым (6,0 МПа).

Ананьинское месторождение также характеризуется довольно сложным тектоническим строением, что выражается в широком развитии кулисообразных брахискладок с падением крыльев до $70-80^\circ$. Следует отметить, что породы Ананьинского месторождения находятся на самой высокой стадии катагенетических преобразований и вмещают угли марки ПА-А. В связи с этим представляется интересным более подробно остановиться на характеристике состава и катагенетических изменений в породах, оказавших большое влияние на их физико-механические свойства [1].

Песчаники имеют сложный, полимиктовый состав. В них всегда содержатся: кварц (10–20 %), кварциты (5–10 %), полевые шпаты (10–20 %), кислые и средние эффузивы (15–20 %, реже 30–40 %). Почти во всех шлифах в количестве 5–15 % содержатся осадочные породы (аргиллиты и алевролиты). В виде единичных зерен встречаются пироксен, роговая обманка, мусковит и обломки угля. Очень редко встречаются единичные зерна циркона и турмалина. Карбонаты присутствуют в непостоянных количествах от единичных зерен 5–15 %. Представлены они в одних случаях обычно единичными обломками сидерита, в других – наряду с последними встречается доломит. Доломит развит в виде обломков доломитовой породы, имеющей микрокристаллическое строение, или же паразитически развит в обломках тэффузивных пород. Цемент песчаников чаще глинисто-серицитовый, реже карбонатно-серицитовый и карбонатный.

Песчаники с глинисто-серицитовым цементом отличаются на месторождении небольшим распространением. Под микроскопом породы имеют следующий состав: кварц (10–20 %), полевые шпаты (15–20 %, иногда содержание их снижается до 10 и редко поднимается до 30 %), кварциты (5–10 %), эффузивы (15–20 %). В небольших

количествах (5–15 %) содержатся осадочные породы – алевролиты, аргиллиты и карбонаты. Форма обломков разнообразна: от угловатой до полуокатанной и даже окатанной. Угловатую и полуугловатую форму имеют чаще всего обломки кварца. В некоторых случаях первичная форма кварцевых обломков осложняется нарастанием реакционных оторочек, а плагиоклазовых – замещением их серицитовым цементом. Исследования минералогического состава позволили установить различные стадии замещения эффузивных обломков доломитом. На его конечной стадии возникают псевдоморфозы микрокристаллического доломита. В качестве катагенетического карбоната встречается также кальцит, развивающийся обычно по плагиоклазу и только в редких случаях – по ортоклазу [1].

Физико-механические свойства песчаников Ананьинского месторождения приведены в таблице 2.

Таблица 2

Физико-механические свойства песчаников Ананьинского месторождения

Физико-механические свойства	Песчаники		
	с глинистым цементом	с глинисто-карбонатным цементом	с карбонатным цементом
1	2	3	4
Плотность частиц, г/см ³	<u>2,51–3,00</u> 2,67	<u>2,56–2,90</u> 2,66	<u>2,57–2,79</u> 2,67
Плотность, г/см ³	<u>2,35–2,69</u> 2,54	<u>2,46–2,86</u> 2,57	<u>2,46–2,75</u> 2,57
Естественная влажность, %	<u>0,30–2,40</u> 1,09	<u>0,29–4,20</u> 0,78	<u>0,28–1,52</u> 0,59
Пористость, %	<u>0,89–16,03</u> 5,82	<u>0,78–7,96</u> 4,59	<u>0,78–7,0</u> 4,30
Предел прочности на сжатие, МПа	<u>5,7–70,0</u> 34,2	<u>40,8–75,6</u> 52,3	<u>59,0–94,7</u> 75,7
Предел прочности на растяжение, МПа	<u>0,8–18,9</u> 10,6	<u>3,7–21,3</u> 14,2	<u>4,7–20,8</u> 19,3
Угол внутреннего трения, град	<u>17–49</u> 33	<u>25–53</u> 33	<u>26–49</u> 38
Сцепление, МПа	<u>1,8–19,1</u> 10,0	<u>1,2–21,2</u> 13,4	<u>14,0–22,5</u> 18,8

Песчаники с карбонатным цементом имеют в составе последнего доломит, реже кальцит и сидерит. Кроме карбоната в подчиненном количестве содержатся гидрослюда или серицит. Содержание серицита во многих песчаниках заметно возрастает за счет уменьшения количества карбоната, и тогда цемент становится серицито-карбонатным или карбонатно-серицитовым. Песчаники с доломитовым цементом всегда содержат обломки кристаллически-зернистых или пелитоморфных карбонатных пород, доломита и сидерита.

Из табл.2 видно, что физико механические свойства песчаников Ананьинского месторождения незначительно отличается от свойств пород Киселевского месторождения. Как и в предыдущем случае, наименьшие прочностные характеристики наблюдаются у песчаников с глинистым цементом, а наибольшие с карбонатным. В зависимости от преобладания в разрезе песчаников с различным типом цемента будет находиться и устойчивость массива пород в бортах карьеров. Наибольшая устойчивость будет наблюдаться, если в бортах будут преобладать песчаники с карбонатным цементом, наименьшим с глинистым.

Список литературы:

1. *Ольховатенко, В.Е.* Инженерная геология угольных месторождений Кузнецкого бассейна [Текст] : монография / В.Е. Ольховатенко. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. – 150 с.

ENGINEERING-GEOLOGICAL STUDY OF SANDWICK ROCKS OF CARBON DEPOSITS OF KUZBAS

Olkhovatenko V.E.

Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia, e-mail: igg@tsuab.ru

Annotation: the results of the study of sandy rocks, their mineralogical composition and physico-mechanical properties are discussed. The article gives a predictive assessment of the influence of sand massifs on the stability of the sides of coal mines.

Keywords: sandy rocks, mineralogical composition, physical and mechanical properties, stability.

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА, СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ НИЖНЕМЕЛОВЫХ ПЕСКОВ г. МОСКВЫ

Проворова Е.С.¹, Николаева С.К.²

¹ООО "ГлавСтройИнжиниринг", ²Московский государственный университет
имени М.В.Ломоносова, e-mail: sk.niko@geol.msu.ru

Аннотация: на основании данных собственных исследований, а также анализа и обобщения фондовых материалов охарактеризованы особенности минерального состава, строения, а также основных свойств нижнемеловых песчаных грунтов различных стратиграфических подразделений на территории г. Москвы. Получены регрессионные уравнения, которые могут быть использованы для оценки значений показателей ряда физических свойств по простым и наиболее надежно определяемым в лаборатории характеристикам грунтов.

Ключевые слова: пески, песчаные толщи, строение песков, минеральный состав, свойства.

В разрезе нижнемеловой толщи г. Москвы пачки песчаных грунтов встречаются в составе (снизу-вверх по разрезу) лопатинской свиты, люберецкой толщи, ростовской, гремячевской, свит, бутовской толщи (циклически переслаиваются с глинистыми грунтами), икшинской, ворохобинской, волгушинской и гаврилковской свит.

Нижнемеловые песчаные грунты отличаются в массиве разнообразием макростроения.

В песчаных пачках может наблюдаться горизонтальная, косая, диагональная, реже волнистая слоистость. Так, например, тонко-мелкозернистые пески люберецкой толщи характеризуются тонкой (в нижней части – косой, в верхней – горизонтальной или диагональной) слоистостью, которая подчеркивается ожелезнением отдельных прослоек. Мелкозернистым пескам, участвующим в строении верхней части ростовской свиты, присуща горизонтальная слоистость. Икшинская свита в своей нижней части сложена песками мелкозернистыми, с отчетливо выраженной косой диагональной слоистостью, обусловленной неравномерным распределением примеси глинистого и алевритового материала, ожелезнением. Диагональная сходящаяся слоистость икшинских песков характеризуется азимутом падения слоев 170-180° при углах наклона 22-28°; слои объединены в серии мощностью 0,3-0,7 м, разделенные маломощными (до 2-3 см) пропластками глин. Эти серии, срезая друг друга в различных направлениях, образуют тела линзовидной формы. Подобного рода

текстура могла сформироваться в результате действия морских донных течений. Пески верхней части икшинской свиты отличаются преимущественно тонкой горизонтальной или близкой к ней пологоволнистой слоистостью, обусловленной наличием весьма тонких (2-3 см) прослоек глин, послойными сажистыми примазками, иногда наблюдаются ходы роющих организмов размером до 3 см в диаметре, выполненные более светлым песком.

К различным видам слоистости в песках могут добавляться невыдержанные причудливо очерченные ветвящиеся тонкие линзы и гнезда (размером от нескольких миллиметров до первых сантиметров) глин. Такая картина наблюдается, к примеру, в песках гремячевской свиты. В упомянутых отложениях тончайшие глинистые включения также местами расщеплены мелкими гнездами серого песка овальной формы.

Осложнять слоистость в песках могут и железистые (реже фосфатные) стяжения. Ожелезненные участки местами образуют рыхлые или плотные (оруднелые) кольца и причудливые разводы неправильной формы.

По результатам исследования в шлифах (мезоуровень) текстура песчаных пород всех изученных стратиграфических подразделений беспорядочная, структура псаммитовая равномернозернистая: у песков икшинской свиты – преимущественно тонкозернистая, у песков бутовской толщи и ростовской свиты – мелкозернистая. Исключение составляют пески гремячевской свиты, для которых характерна алевропсаммитовая, равномернозернистая структура.

Нижнемеловые песчаные грунты хорошо сортированы, однородны по дисперсности, в некоторых разностях присутствуют высокодисперсные коллоидные частицы $<0,2$ мкм (в количестве 1-2%), обуславливающие их способность к разжижению. Это могут быть частички глинистых минералов, гидроксидов железа и алюминия, аморфного кремнезема, а также органическое вещество, которые обеспечивают длительную устойчивость суспензии и способность грунтов переходить в высокоподвижное состояние при внешних воздействиях. Присутствие в нижнемеловых грунтах частиц $<0,2$ мкм обуславливает также их высокую водоудерживающую способность, низкую водоотдачу.

Содержание песчаных частиц в мелких разностях составляет 90-96%, в пылеватых – 85-96%. Высокое содержание пылеватых и глинистых частиц является характерной особенностью нижнемеловых песков, оно колеблется от 5 до 10% в песках мелких, от 4 до 15% - в песках пылеватых.

Химико-минеральный состав нижнемеловых песков является чувствительным индикатором условий их формирования и постгенетических изменений. Песчаные грунты кварцевые, с примесью полевых шпатов, реже глауконита, слюды; часто содержат аморфные полуторные оксиды и кремнезем.

Среди акцессорных обломочных минералов в тяжелой фракции нижнемеловых грунтов присутствуют наиболее устойчивые разновидности – ильменит, циркон, рутил, турмалин. В разных количествах примешиваются дистен, ставролит, силлиманит, гранат. Подобные ассоциации минералов свидетельствуют о преобладании среди источников сноса областей разрушения метаморфических пород (Балтийский и Украинский щиты). Повышенные количества менее устойчивых минералов (эпидот, апатит, сфен) появляются в песках икшинской, гремячевской, ростовской свит и кунцевской толщи, формирование которых обусловлено, вероятно, быстрым темпом осадконакопления, связью с бореальным бассейном и источниками сноса в районе Балтийского щита.

Аутигенными минералами в составе нижнемеловых песков являются пирит, лейкоксен, сидерит, гидроксиды железа и марганца, глауконит. Гидроксиды железа (гетит) отмечаются в виде рассеянных и ступковых скоплений, они также могут обогащать отдельные прослои, образовывать пленочный, поровый и ступковый железистый цемент. Среди процессов постседиментационных преобразований нижнемеловых грунтов аутигенное минералообразование и цементация играют существенную роль в формировании их инженерно-геологических свойств.

Среди нижнемеловых песков мелких и пылеватых минимальными значениями плотности, плотности скелета обладают пески гремячевской (1,86-1,92 г/см³ и 1,39-1,49 г/см³, соответственно) и ростовской (1,84-1,86 г/см³ и 1,34-1,38 г/см³) свит, максимальными – пески, принимающие участие в строении савельевской свиты (1,95-2,07 г/см³ и 1,61-1,74 г/см³). Максимальные значения плотности твердой фазы зафиксированы в песках савельевской (2,66-2,72 г/см³) и ворохобинской свит (2,68-2,69 г/см³). Максимальные значения пористости отмечаются в песках гремячевской (44-48%) и ростовской (48-49%) свит, минимальные – в песках савельевской свиты (36-41%). По степени влажности (0,89-1,00) пески – водонасыщенные.

Плотность в рыхлом сложении изменяется в песках мелких преимущественно от 1,23 до 1,33 г/см³ (в песках икшинской свиты района Южное Бутово значение этого показателя может достигать 1,53 г/см³), в песках пылеватых – от 1,18 до 1,38 г/см³. Плотность в

плотном сложении варьирует у мелких и пылеватых разностей от 1,52 до 1,65 г/см³ (в мелких песках икшинской свиты до 1,72 г/см³). Уплотняемость песков варьирует от 0,37 до 0,60 в мелких разностях; от 0,47 до 0,75 в пылеватых, т.е. пылеватые пески (более неоднородные) уплотняются лучше. По степени плотности мелкие пески можно отнести к категории средней плотности, реже рыхлых, пылеватые пески – к категориям плотных и средней плотности.

С целью приблизительной оценки возможных значений коэффициентов фильтрации k_f нижнемеловых песков г. Москвы, на основании полученных экспериментальных и расчетных (по Слихтеру [3]) данных была получена расчетная модель (с коэффициентом корреляции 0,82): $k_f = 0,174 k_f^{расч} + 0,142$, где k_f и $k_f^{расч}$ – оценочное и расчетное значения. Полученные оценочные (ориентировочные) значения коэффициента фильтрации составляют для песков мелких 0,25-0,83 м/сут (в среднем 0,55 м/сут), для песков пылеватых – 0,23-0,57 м/сут (в среднем 0,38 м/сут).

Водопроницаемость нижнемеловых песков в массиве, вероятно, еще более низкая из-за большей плотности грунтов, присутствия в разрезе слоев и прослоек пылевато-глинистого материала.

При полевом опробовании нижнемеловых песчаных грунтов, особенно водонасыщенных, трудно сохранить ненарушенным их сложение и получить достоверные данные об их плотности. Поэтому была поставлена задача выявления корреляционных взаимосвязей плотности и плотности скелета грунтов с некоторыми достаточно надежно определяемыми показателями состава, строения и свойств.

В результате проведения множественного регрессионного анализа были установлены корреляционные взаимосвязи (тесные и весьма тесные) между показателями плотности (ρ) и плотности скелета грунтов (ρ_d), влажностью (W), плотностью твердых частиц (ρ_s), медианным диаметром (d_{50}) и содержанием фракций 0,05-0,25 мм ($M_{0,05-0,25}$).

Полученные зависимости описываются уравнениями регрессии степенного вида: $\rho, \rho_d = a * A^b * B^c$, где A, B – перечисленные выше показатели состава, строения и свойств, a, b и c – коэффициенты (табл.1). Выявленные корреляционные зависимости могут быть использованы для ориентировочных оценок плотности и плотности скелета нижнемеловых песков в случаях, когда не удастся отобрать образцы ненарушенного сложения.

Таблица 1

Уравнения регрессии для выборок по нижнемеловым пескам

Вид грунта	Уравнение регрессии	Коэфф. корреляции
пески мелкие и пылеватые маловлажные	$\rho = 0,291 * W^{-0,045} * \rho_s^{1,793}$	0,79
пески мелкие и пылеватые водонасыщенные	$\rho = 2,127 * W^{-0,176} * \rho_s^{0,488}$	0,82
пески мелкие и пылеватые	$\rho_d = 1,007 * 10^{-4} * d_{50}^{-0,073} * \rho_s^{9,662}$	0,82
	$\rho_d = 1,632 * 10^{-4} * M_{0,05-0,25}^{-0,333} * \rho_s^{10,869}$	0,81

Нижнемеловые пески в маловлажном состоянии характеризуются значениями компрессионного модуля деформации (в интервале нагрузки 0,1–0,2 МПа) $E_{ок} = 10 \div 14$ МПа; углами внутреннего трения, варьирующими в диапазоне 30–35°; весьма слабым сцеплением 0–1 кПа. Повышенные углы внутреннего трения обусловлены слабой цементацией и малой влажностью песков. В водонасыщенном состоянии $E_{ок} = 11 \div 50$ МПа. Все маловлажные пески отнесены к категории повышено сжимаемых, водонасыщенные – слабосжимаемых.

Список литературы:

1. Справочное руководство гидрогеолога / Под ред. В.М. Максимова. Л.: Гостоптехиздат. 1959. 836 с.

FEATURES OF COMPOSITION, STRUCTURE AND PROPERTIES OF LOWER CRETACEOUS SANDS (MOSCOW REGION)

Provorova E.S.¹, Nikolaeva S.K.²

¹ *GlavStroyInzhiniring*; ² *Lomonosov Moscow State University*, e-mail: sk.niko@geol.msu.ru

Abstract: based on the data of our own researches, also on analysis and generalization of geological archive materials, the features of the mineral composition, structure and basic properties of the lower Cretaceous sandy soils of various stratigraphic units in the territory of Moscow are characterized. Some regression equations are obtained, that can be used to estimate the values of physical properties parameters by simple and most reliably determined in the laboratory characteristics of soils.

Keywords: sands, the sandy strata, structure of sands, mineral composition, properties.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПЕСЧАНОГО МАССИВА ТАЙСОЙГАН В ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Сабурова Н.Е., Завалей В.А.

Казахский национальный исследовательский технический университет им.

К.И.Сатпаева, Алматы, Казахстан, e-mail: sabur.nuri@mail.ru

Аннотация: Приведены гидрогеологические условия пресных подземных вод песчаного массива Тайсойган. Дано обоснование условий формирования линз пресных подземных вод.

Ключевые слова: пресные подземные воды, песчаный массив, аллювиально-дельтовый, уровень.

В орографическом отношении территория Тайсойганского песчаного массива представляет собой равнину, наклоненную на юг. Уклон равнины прослеживается нечетко, так как ее поверхность осложнена эоловыми формами рельефа. Современный облик территории представляет собой четко выраженный среди морской равнины песчаный пустынный массив. Поверхность его характеризуется чередованием песчаных бугров, барханов с котлованами выдувания и блюдцеобразными понижениями, в южной части массива часто встречаются мелкие соровые понижения, покрытые коркой соли. Превышение песчаных бугров над окружающей поверхностью не превышает 5-7м, обычно 2-3м. Гипсометрические отметки равнины изменяются с севера на юг от 60-62 до 10-13м.

Гидрография района представлена довольно крупной рекой Уил. От основного русла этой реки ответвляются многочисленные притоки Жарыпчиккан, Карасу и другие, создавшие формы эрозионной системы. Характерной особенностью данного района является широкое развитие поймы реки Уил.

Перспективный водоносный горизонт в песчаном массиве Тайсойган представлен верхнечетвертичным аллювиально-дельтовым горизонтом. Он развит почти поверхностно в пределах песчаного массива Тайсойган, исключая долину реки Жарыпчиккан, где получили распространение воды аллювиальных отложений поймы и террасы и древних блуждающих русел (притоков р.Уил).

Естественной границей Тайсойганского месторождения подземных вод является контур песчаного массива Тайсойган.

Площадь развития пресных подземных вод на участках представляет собой не единую линзу, а разделяется водами повышенной

минерализации. В связи со сложностью, природных условий, песчаный массив разделен на 4 участка: Восточный, Южный, Западный и Северный.

На этих перспективных площадях в свое время проводились гидрогеологические разведочные работы, в результате которых были разведаны следующие месторождения подземных вод:

1. Миялинское месторождение разведано в 1969г. эксплуатационные запасы утверждены в количестве 2,7 тыс. м³/сут.

2. Тайсойганское – представлено тремя участками Восточный, Южный и Западный. Суммарные эксплуатационные запасы по трем участкам составили 30,3 тыс. м³/сут.

Гидрогеологические условия месторождений сложные, разведанные запасы рассчитывались на продолжительность работ - 10000 суток.

Развитие пресных грунтовых вод на участках и в целом на массиве Тайсойган определяется двумя основными причинами: структурой почв и грунтов зоны аэрации и слабой первичной засоленностью пород, вмещающих подземные воды. Эоловые пески, обладая хорошей водопроницаемостью, активно инфильтруют атмосферные осадки и поверхностные воды, восполняя водоносный горизонт. Грунты зоны аэрации представлены мелкозернистыми аллювиально-дельтовыми песками, залегающими на водоносных песках без разделяющего водоупора. Таким образом, для инфильтрации атмосферных осадков разрез зоны аэрации создает вполне благоприятные условия. Так формируются участки перехода грунтовых вод на массиве Тайсойган. Зоны пресных вод приурочиваются чаще к участкам бугристо-грядового и грядового рельефа. На равнинных участках и в долинах малых рек, грунты зоны аэрации более глинистые, обладают более низкими значениями водопроницаемости. На таких участках вскрываются грунтовые воды с более высокой минерализацией.

Глубина залегания уровня грунтовых вод изменяется в пределах от 1 до 3м, в среднем 2-2,5м, изредка 4-5м и находится в прямой зависимости от рельефа. Скважины, как правило, закладывались в понижения рельефа и поэтому глубина до воды небольшая, на приподнятых участках уровень вскрывается на глубинах более 3м.

Незначительная глубина залегания уровня грунтовых вод и данные о режиме свидетельствуют об активной связи подземных вод с метеорологическими факторами, осадками, температурами воздуха, испарением и т.д.

Водовмещающими породами являются пески серые желтовато-серые кварцевые мелкозернистые, по результатам 100 механических анализов водоносных песков установлено, что основными фракциями в их составе является 0,25-0,1, содержание этих фракции достигает 85-95%, пылеватой фракции до 2-3%, и глинистой 1-8%.

Коэффициент неоднородности был определен по образцам отобранные с различных глубин. Коэффициент изменяется от 1,19 до 5,3. Это свидетельствует о сравнительно однородном составе водоносной толщи. Объемный вес песков 1,2-1,74 при среднем 1,47, гигроскопическая влажность в среднем 0,2-0,4, максимальная молекулярная влажность 1-8,8 в среднем 4,4, коэффициент фильтрации в рыхлом состоянии 0,9-30,58 при средней величине 3,5-4,5м/сутки, в плотном состоянии 0,4-7,77м/сутки.

Мощность водоносного горизонта при изменениях от 2-4м в краевых частях до 20-22м в центре, составляет в среднем для восточного и южного участков-12м, для западного -14м. Пресные подземные воды получили распространение в виде крупных линз площадью от 40 до 267км², неправильной формы, расположенных в окружении более минерализованных вод. По химическому составу они преимущественно гидрокарбонатные натриевые. Минерализация воды 03,-0,9г/л. Дебиты разведочно-эксплуатационных и центральных скважин кустов 1,5-5л/с при понижении до 8м.

Основные расчетные гидрогеологические параметры: мощность водоносного горизонта 12-14м, коэффициент фильтрации - 4-8м/сут, непроницаемость-600-800м²/сут, водоотдача—0,13-0,15. Оценка запасов произведена гидродинамическим методом суперпозиций, т.е. методом наложения срезов всех работающих в пределах приведенного радиуса влияния для условий безнапорного неограниченного пласта сут[1]. В качестве расчетной схемы на восточном участке приняты 4 линейных ряда с общим количеством скважин-38, на западном и южном-8 линейных рядов с суммарным количеством скважин 96. Расчетная нагрузка на каждую скважину 1,5-4л/с. Максимальные понижения не превышают допустимых и составляют в среднем 60-65% от мощности водоносного горизонта.

В данное время эксплуатируется участок Восточный Тайсойган и современный водоотбор составляет 0,1 тыс.м³/сут [2].

Миялинское месторождение подземных вод, приуроченное к эоловым пескам северо-восточной части массива Тайсойган, разведано для хозяйственно-питьевого водоснабжения поселка Миялы в 1969 году. Эксплуатационные запасы подземных вод месторождения утверждены ТКЗ при ПГО «Запказгеология» в количестве 2,6

тыс.м³/сутки. Запасы поземных вод подсчитаны и утверждены для водоносного пласта, ограниченного водонепроницаемыми породами. При этом весь массив разбит на семь условных блоков, с расположением расчетных эксплуатационных скважин в центре каждого блока. При расчете эксплуатационных запасов подземных вод амортизационный срок принят 5000 суток (13,7 лет) сут [2].

В 2011 году была проведена доразведка с целью переоценки запасов Миялинского месторождения подземных вод с заявленной потребностью в воде 1000м³/сут.

Уменьшение количества атмосферных осадков, многолетнее отсутствие паводкового и в целом поверхностного стока, на фоне водоотбора подземных вод, ни могли не сказаться на качестве подземных вод Миялинского месторождения. Режимные исследования последних лет, результаты эксплуатации месторождения, а также работы, проведенные в рамках доразведки и переоценки запасов, показали, что площадь распространения водоносного горизонта с минерализацией подземных вод до 1г/л резко сократилась. Если в 1969г площадь водоносного горизонта, содержащего пресную воду составляла 10км², то в настоящее время эта площадь сократилась до 2,75км². Соответственно уменьшилась и мощность опресненной зоны.

Согласно последним сведениям, минерализация отбираемых подземных вод значительно повысилась. Эксплуатационные скважины водозабора на Миялинском участке при дебитах 1,0-3,3л/с получают воду с минерализацией 1,1-2,37г/л, что потребовало подключить к системе водоснабжения опреснительную установку.

Исходя из этого, предварительно оценив естественные запасы пресных подземных вод Миялинского месторождения, расчет эксплуатационных запасов подземных вод необходимо осуществить исходя из следующих условий:

- площадь развития пресных подземных вод разделяется на три блока: восточный, площадью 0,61км², центральный, площадью 1,44км² и западный, площадью 0,70км² (Рис.1).

- исходя из потенциальных возможностей водоносного горизонта, содержащего пресную воду, с учетом сработки его не более чем на 70% мощности за период эксплуатации 10000 суток [3], суммарный водоотбор по месторождению не должен превышать 345,6м³/сут (4,0л/с);

- суммарный водоотбор пресной воды по Миялинскому месторождению в количестве 345,5м³/сут характеризует максимально возможную его производительность при расчетном сроке эксплуатации 10000 суток.

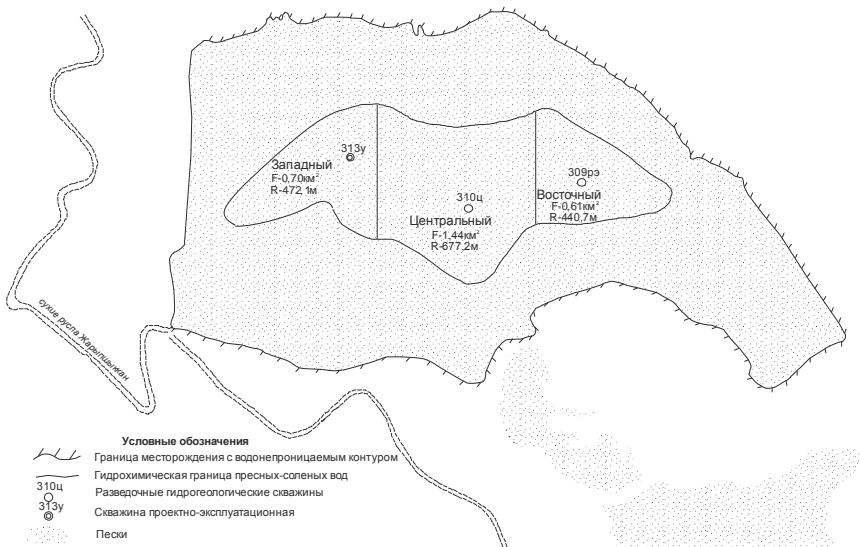


Рис. 1. План подсчета эксплуатационных запасов подземных вод Миялинского месторождения

Список литературы:

1. Биндеман Н.Н., Язвин Л.С. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод (Методическое руководство). 2-е изд. М.: "Недра", 1970, с.34-36.
2. Веселев В.В., Махмутов Т.Т. Справочник «Месторождения подземных вод Казахстана». Алматы, 1999, с.27-29.

HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF THE SANDY MASSIVE OF TAYSOYGAN IN THE CASPIAN LOWLAND

Saburova N.E., Zavaley V.A.

Kazakh national research technical university after Satpayev K.I., Almaty, Kazakhstan.

Annotation: The results of the hydrogeological conditions of fresh groundwater sands Taisoygan. The substantiation of the conditions of formation of lenses of fresh groundwater.

Keywords: fresh groundwater, sandy area, alluvial-deltaic, level.

ОСОБЕННОСТИ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА СОВРЕМЕННЫХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА

Скавинская Н.Ю., Станис Е.В.

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

e-mail: skavinskayany@gmail.com

Аннотация: в данной работе представлены результаты исследований гранулометрического состава донных отложений Кандалакшского залива Белого моря в районе п. Приморский. Описаны основные типы донных отложений, приведена диаграмма процентного соотношения фракций в осадках и составлена картосхема распределения донных отложений по участку исследований. Распределение основных типов донных отложений типично для исследуемого акватории, что коррелирует с данными других исследователей.

Ключевые слова: донные отложения, Кандалакшский залив, гранулометрический состав, песок, зернистость

Характеристика и оценка состояния донных отложений проводится по двум основным направлениям – физико-механические (плотность, влажность, гранулометрический состав и т.д.) и химические (минералогический состав, наличие загрязняющих веществ) параметры [6].

Гранулометрический состав характеризует степень дисперсности донных осадков и является одной из их важных характеристик. Он обуславливает основные физические свойства осадков (пористость, объемный вес, вязкость, плотность и др.), а также условия накопления, сорбционную способность и влияние на фауну. Особенности гранулометрического состава обуславливают многие гео- и эколого-химические свойства донных отложений [7].

Кандалакшский залив является частью Белого моря, на дне которого получили распространение смешанные осадки, не содержащие какой-либо фракции в количестве, более 50%. Среди них выделяются песчано-алеврито-илистый осадок с большим (более 40%) количеством пелита, затем песчано-алеврито-илистый осадок с большим количеством песчаных и алевритовых частиц (не менее 60% частиц размером более 0,01 мм), а также песчано-алеврито-илистый осадок с большим количеством пелита и с гравием [8].

Состав донных отложений Кандалакшского залива разнообразен и зависит от следующих факторов:

- сложная конфигурация берегов;

- резко меняющийся рельеф дна;
- мощное действие приливно-отливных течений [8].

Преобладающим типом осадков являются илы с различной примесью песчаного материала. Такой тип осадков характерен для пониженных участков дна и территорий, свободных от островов. Для прибрежных частей характерно обогащение песков галечным материалом [8].

Согласно литературным источникам, донные отложения Кандалакшского залива обогащены органическим веществом планктонно-терригенного генезиса. Осадки продуцируются литоральными и сублиторальными водорослями [5].

В июне 2017 года были проведены эколого-геологические исследования донных отложений Кандалакшского залива Белого моря в районе п. Приморский с отбором проб донных отложений для изучения гранулометрического состава и содержания тяжелых металлов. Отбор проб донных отложений проводился в соответствии с требованиями, установленными ГОСТом 17.1.5.01-80 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность».

Для исследования гранулометрического состава отложений на каждой станции с помощью дночерпателя Ван Вина производился отбор 1 смешанной пробы из горизонта донного осадка 0-5 см. После отбора пробы для определения гранулометрического состава упаковывалась в пластиковую тару и охлаждалась [1]. Всего было отобрано 17 проб. Определение гранулометрического состава проводилось ситовым и ареометрическим методами в соответствии с ГОСТ 12536-2014 «Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава» [2] в лаборатории эколого-токсикологических исследований Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО).

Результаты лабораторного исследования гранулометрического состава показали, что донные отложения Кандалакшского залива представлены песками различной зернистости – от тонкозернистого до среднезернистого (рис.1)..

Большинство осадков являются бигранулярными, в них преобладающая фракция составляет от 31,12 до 63,11%, а дополняющие или сопутствующие от 13,22 до 36,98%. На станциях 6, 8, 9, 11 и 13 осадки относятся к моногранулярным, где количество господствующей фракции составляет от 65,3 до 79,6%. Причем на станциях 6,8,9 и 11 – это 0,1 – 0,05 мм, а на ст. 13 – 0,25-0,1 мм (рис.2).



Рис.1. Гранулометрический состав донных отложений участка исследований

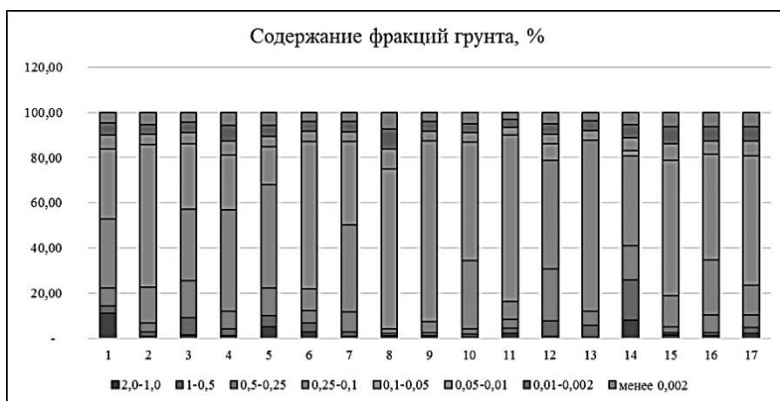


Рис.2. Процентное содержание фракций грунтов в донных отложениях

Наиболее распространенными являются тонко-мелкозернистые пески, которые были обнаружены на средних глубинах (8-15м) губы Кислая. Станции отбора располагались на расстоянии 300-500 м. от берега (рис.1).

Вторыми по распространенности являются тонкозернистые пески. Глубина их нахождения – 22-25 м. Станции отбора располагались приблизительно в 1 км от берега. Исключение составляет станция 8, глубина отбора на которой была 10м (рис.1).

Между участками тонко-мелкозернистых и тонкозернистых песков располагается полоса песков промежуточной величины – мелко-тонкозернистые пески. Полоса протянулась от м. Киндо до Нильмогубского порога (рис.1).

На двух станциях пробоотбора в губе Лапсеева донные отложения представлены средне-мелкозернистыми песками. Эти отложения являются наиболее крупнозернистыми для участка исследования (рис.1).

Рядом с м. Киндо на одной станции были обнаружены мелкозернистые пески (рис.1).

Накопление крупнозернистых песков связывают с действием приливно-отливных течений, которые выносят на дно залива обломочный материал пляжей [3].

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Основными типами донных отложений района исследований являются тонкозернистые и тонко-мелкозернистые пески.

2. В целом распространение донных отложений района исследований является довольно типичным для Кандалакшского залива. Наиболее мелкие фракции обнаруживаются в частях залива, закрытых от сильных течений и свободных от островов.

3. Наиболее крупнозернистые для участка исследований донные отложения – мелко- и средне- мелкозернистые пески – залегают достаточно близко к береговой линии в частях залива, открытых для воздействия течений.

4. Участок тонкозернистых песков захватывает станции, на которых отбор проб проходил на глубинах от 22 до 25м., за исключением станции 8, глубина отбора на которой составила 10м. Возможно, это связано с отсутствием сильного течения, способствующего перемишу отложений.

Список литературы:

1. ГОСТ 17.1.5.01-80 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность».
2. ГОСТ 12536-2014 «Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава».
3. Горшкова Т.И. Биогеохимия современных морских осадков и их биологическое значение. – «Труды ВНИРО», 1974, т.98 с.130-144.
4. Добровольский А.Д., Залогин Б.С. Моря СССР. М., 1965. - 400 с. 3.

5. Зобин Д.Ю. и др. Характеристика органического вещества прибрежно-морских грунтов Кандалакшского залива Белого моря. – «Вестник Санкт-Петербургского университета», 2007, сер.7, вып.3.
6. Иванов Г.И. Уровни концентрации загрязняющих веществ в экосистеме Белого моря. Материалы международной конференции «Экология северных территорий России, проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения». Т.2, 2002.
7. Лисицын А.П. Система Белого моря. Том 1. Природная среда водосбора Белого моря Т.1 Научный мир 2010г. 480с.
8. Пересыткин В.И. и др. Лигнин и химические элементы в осадках Кандалакшского залива Белого моря. Океанология, 2004, т.44, № 5, с.1-13.

PECULIARITIES OF GRAIN-SIZE COMPOSITION OF MODERN BOTTOM SEDIMENTS OF THE KANDALAKSHA GULF

Skavinskaya N.Yu., Stanis E.V.

People's friendship university of Russia, Moscow, Russia, e-mail: skavinskayany@gmail.com

Annotation: This paper presents the results of investigations of the grain-size composition of the bottom sediments of the Kandalaksha Gulf of the White Sea in the area of Primorskii in the framework of pre-diploma practice. The main types of bottom sediments are described, the percentage ratio of fractions in sediments is plotted and a map of the distribution of bottom sediments for the site of research is compiled. The distribution of the main types of bottom sediments is typical for the investigated water area, which is confirmed by literary sources

Keywords: bottom sediments, Kandalaksha gulf, grain-size composition, sand, granulinity.

УДК 551.0; 55.001;50.3; 574; 624;131.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОНОМИЧЕСКАЯ КАРТА ГЕОРИСКОВ ОТ ПЕСЧАНЫХ ПУСТЫНЬ МИРА

Усупаев Ш.Э.

*Центрально Азиатский институт прикладных исследований Земли, г. Бишкек,
Кыргызстан; e-mail: sh.usupaev@caiaag.kg*

Аннотация: В статье рассмотрены особенности формирования песчаных и иных опасных разностей пустынь с позиции проявления георисков природного, техногенного и экологического характера. Пески и их толщи в недрах при благоприятных условиях содержат водо-нефте-газо-руды, а на поверхности представляют не пригодные для жизни пустынные ландшафты Земли. Разработана и составлена инженерно-геономическая (ИГН) карта распространения и типизации георисков от песчаных пустынь и засух Мира. Преобразованием ИГН карты, впервые построена планетарная геоном-модель латеральной по-широтной закономерности сосредоточения территорий опесчаненных и опустыненных земель на планете Земля и его субчастей.

Ключевые слова: песок, пустыни, геориски, геоном-модель, карты, сыпучие, пльвуны, дефляция.

Огромные пространства песчаных, песчано-галечных, каменистых, глинистых, лёссовых, суглинистых, галечных, щебнистых, солончаковых и снежных пустынь не пригодны, для комфортного проживания, за исключением исторически населенных периферий и созданных при добыче месторождений оазисов жизни.

К факторам формирования и распространения песчаных и иных опасных пустынь относятся: физико-географическое положение, климат, температура, сейсмоструктура, геоморфология, распределение материков, геологические процессы, ветер, эоловые процессы, дефляция и коррозия [1-15].

Песчаные пустыни, являются источниками георисков: аномальная жара, сыпучесть, засуха, бури песчаные, зыбучесть, безводье, коррозия, суффозия, погребение под песками барханов и дюн.

Генезису и междисциплинарным проблемам песков планеты посвящены множество трудов, среди которых изучению природного характера на **континентах** Петрова М.П. (1950), Фадеева П.И. (1951), Фетт В. (1961), Кальянова К.С. (1976), Орловой А.В. (1978), Сергеева Е. М., Трофимова В. Т., Фадеева П. И. и др. (1985); **в океанах** Лисицына А.П.. (1974), Остроумова М.Н., Кулямина Л.Н. (1990); **техногенных** обобщены в монографии Огородниковой Е.Н., Николаевой С.К. (2017) и других исследователей [1-15].

Среди типичных пустынь занимающих площадь 28 млн. км² (19% от земной суши), 2,2 млн. км², (8%) представлены песчано-каменистыми Гоби (1,3 млн. км²), песчаными Каракумы -350 тыс. км², Кызылкумы 298 тыс. км², Такла-Макан 270 тыс. км². Пустыни в Азии, Африке и Австралии расположены обычно на высотах от 200-600 м над уровнем моря, в Центральной Африке и Северной Америке - на высоте 1 тыс. м над уровнем моря. К первым нужно отнести Каракумы и Кызылкум, пустыни - Алашань и Ордос Центральной Азии, южноамериканские пустыни; ко вторым относится Северная Сахара [8, 13].

Пустыни сточных областей, отличаются незначительным распространением древнеаллювиальных и озерных отложений, а бессточные области например Туранская низменность и Иранское нагорье отличаются мощными толщами отложений [8, 13].

С позиций георисков самая гигантская песчаная пустыня на Земле – Сахара с максимумом плюс 57,8 градусов по Цельсию (1922 г.) охватывает площадь 9 млн. км² сравнима с территорией США или европейским континентом, охватывает 11 государств северной части Африки. Солнечная энергия днем до 90 % аккумулируется песком, а 10% запасается воздухом для ночного тепла. Пески пустынь, горячие

днем + 50 (среднее дневное значение) до максимум плюс 57,8, ночью охлаждаются до 5 градусов по Цельсию. Скорости ветра, варьирует от первых нескольких м/с до ураганного 25-30 м/с и более, что способно захватить и переместить на огромные расстояния мелкие песчинки.

Геолого-физико-географическая работа эолового генезиса состоит из процессов: 1) разрушение горных пород - дефляция и коррозия; 2) транспортировка материала; 3) аккумуляция материала.

Существует 2 следующих способа переноса песков: а) сальтация и б) волочение, перетекание [2, 14].

Песчаные отложения пустынь оторванные от коренных песков, при их накоплении становятся сыпучими и перевеваемыми толщами, создают серповидные формы рельефа - барханы с максимальной высотой иногда до 400 м, и до 100 м. в прибрежных зонах морей в виде линейно вытянутых дюнных гряд.

Механизмы образования песчаных пустынь: 1. изначально морские или речные песчаные отложения приливами и волнами вынесены на берег, и далее ветрами вынесены вглубь материка. 2. песок, результат выветривания различных горных пород вынесенных из горных сооружений течением воды отсепарированных и далее вынесенных на периферии гор в виде перевеваемых эоловым механизмом пустынных отложений.

Мельчайший песок и пыль при извержении в виде вулканического **пепла** уносятся ветром на большие расстояния, и осаждаясь на поверхность, входят в состав морских, озерных и континентальных отложений.

Основная масса песка, образовавшегося при выветривании горных пород, образуют накопления вблизи мест их формирования, в пустынях, на морских побережьях, в низовьях речных долин. Современные эоловые отложения рыхлые, т.к. они не успели с цементироваться из-за сухого жаркого климата и отсутствия воды.

Горы - области, откуда выносятся продукты разрушения, для которых пустыни служат местом аккумуляции. Реки поставляют на равнину многометровые слои аллювиальных отложений. Реки сточных областей выносят огромную массу перевеянного и обломочного материала в Мировой океан.

По данным М. П. Петрова, поверхностные отложения пустынь всюду однотипны. Это «каменистый и щебнистый элювий на третичных и меловых конгломератах, песчаниках и мергелях, слагающих структурные равнины; галечные, песчаные или суглинисто-глинистые пролювиальные наносы подгорных равнин; песчаные толщи древних дельт и озерных депрессий и, наконец, эоловые пески» [8].

Пустыни мира по Петрову М.П. (1973) классифицированы на следующие 10 типов: 1) песчаные на рыхлых отложениях древнеаллювиальных равнин; 2) песчано-галечные и галечные на гипсированных третичных и лиловых структурных плато и подгорных равнинах; 3) щебнистые, гипсированные на третичных плато; 4) щебнистые на подгорных равнинах; 5) каменистые на низкогорьях и мелкосопочниках; 6) суглинистые на слабо-карбонатных покровных суглинках; 7) лессовые на подгорных равнинах; 8) глинистые на низкогорьях, сложенных соленосными мергелями и глинами различного возраста; 9) солончаковые в засоленных депрессиях и по морским побережьям [8].

По Трофимову В.Т. и др. (2011) пески - преимущественно кварц-полево-шпатовые несвязные грунты с частицами размером от 0,05-2 мм, могут содержать до 3% глинистых фракций, имеют пористость от 25 до 55 % (чаще от 35-45%), слабо сжимаемы. В сухом состоянии представляют сыпучие опасности, весьма высоко-водопроницаемы при строительстве ирригационных сетей риски потери воды из каналов, при водонасыщении обладают опасными пльвунными свойствами, а также подвержены суффозии [1].

Искусственные дисперсные грунты, в т.ч. песчаные по размерам по Огородниковой Е.Н., Николаевой С.К. [5] имеют полиминеральный состав, могут содержать опасные радиоактивные и токсичные ингредиенты. Отходы горно-рудной, строительной инженерно-хозяйственной деятельности человека, ежегодно накапливают вредные для здоровья и экологии объемы опасного вещества в терриконах, золошлакотовалах, шламонакопителях, хвостах обогащения, которые классифицированы в урбано- и техноземи [9].

По данным Петрова М.П. (1950), Фетт В. (1961), Трофимова В.Т. и др. (2001) лессовые покровы Азии на склонах хребтов обращены к зонам пустынь, откуда идет перенос пылеватого материала, поэтому вблизи золых песков обычно распространены лессовые массивы [8, 10, 15].

Экспериментальные исследования с помощью дефлятомеров и анемометров АРИ-49 процессов ветровой эрозии на почвах и подвижных песках Кальяновым К.С. (1976) в природных условиях, позволили установить, что до 99% количества перемещаемых фракций сосредоточено в слое до 15 см., а пыль размерами менее 0, 05 мм, особенно 0,01 мм, сильно сопротивляются выдуванию. Критическая скорость ветра достаточного для золотой эрозии в зависимости от состояния песчаных грунтов и почв, варьирует от 4 до 15 м/сек. Скорости максимальных порывов от 12 до 13 м/сек, а число порывов

выше критической скорости за 15 мин, варьируют от 29 до 46. При перемещении песчинок сальтацией, т.е. – прыжками, зерна песка поднятая ветром, ударяются в другие частицы песка, при сильном ветре и действует по типу цепной реакции. В процессе движения все песчинки сортируются по удельному весу и окатываются. Песчинки приобретают матовый оттенок и округляются. Пустыни, где частицы песка из кварца отполированы, относят к древним пустыням [2].

Так, Каракумские барханные пески эродируют поверхность пустыни при скорости ветра 4 м/сек, [8].

С позиций ИГН пески и их фракционный состав, есть проявление генетического кода природной разборки минералов и сопряжены с эндо- и экзогенными агентами дезинтеграции и выветривания грунтов.

Песчаные грунты, являются продуктом разрушения монолитных скальных и полускальных грунтов:

А. эндогенными силами: а. измельчением «как в жерновах» разломами различных рангов и их оперяющей трещиноватости, б. вулканическими ареальными выбросами;

Б. экзогенными: а. элювиальными корами выветривания, б. эоловой корразии, в. аллювиальные, г. делювиальные, д. пролювиальные, е. абразии прибрежные озерные, и. абразии прибрежные морские, к. криогенно-флювиогляциальные.

В. космогенные.,

Г. техногенные.

Песчаные и иные опасные пустыни, являются источниками различных георисков для жизни человека.

При ударах молний создающих температуры свыше 10000 град. по Цельсию–в песках пустынь формируются весьма хрупкие стеклянные прозрачные причудливой шершавой снаружи и полый гладкой внутри формы обуглившиеся тела в виде стержней – фульгуриты, длина которых могут достигать 15 метров. Древние по возрасту фульгуриты, могут быть использованы для реконструкции палеоклимата пустынь. В Ливийской пустыне найдены «стекла» возрастом 26 млн. лет. сформированные вследствие падения метеорита сопровождавшегося гигантским выбросом энергии [13].

Инженерно-геономические позиции пустынь Мира по данным Орловой А.В. (1978), есть функция и индикатор планетарного развития и положения Земной оси в прошлых геологических периодах. Средняя широта северного аридного пояса проходит на 26 град. с.ш., а южного 25, 1 град ю.ш. В ранне-четвертичное время вследствие развития материкового оледенения в высоких широтах до 60 град. с.ш., по

захороненным пустынным отложениям, оценен наклон оси вращения Земли по отношению к современной, что составляет 10 град [6].

Пески пустынь продолжительное геологическое время оказывались обводнены, и процессы эолового переноса прекращались надолго. Анализ истории формирования песков Африки по данным бурения четвертичных отложений в долине р. Нила показывает, что возраст самого крупного на планете пустыни Сахара по Бялко Н.П.(1988) датируется поздним голоценом, и более 6 тыс. лет тому назад вся пустыня была обводнена.

Аналогично песчаная пустыня Каракумы по Аманниязову К.Н и Дурдыева Х.Д. (1986) в раннем плейстоцене была затоплена «Бакинским морем», а ее западная часть в позднем плейстоцене находилась на дне «Хвалынского моря» [12].

В начале четвертичного периода, 1 млн. лет назад, река пра-Амударья и ее левые притоки Мургаб и Теухен впадали в Каспийское море. Река пра-Сырдарья являлась частью данной речной системы. Во второй половине антропогенного периода тектоническое поднятие гор Копетдага, песчаными речными наносами сместили русло пра-Амударьи от Каспия в Аральскую впадину. При перевезании речных песков ветром сформированы были песчаные пустыни Каракумы и Кызылкум.

Пески пустынь эоловыми процессами выносились во время экстремальных бурь по воздушному потоку на поверхность морей и океанов. Крупными реками флювиально выносились в устья рек и далее в акватории на дно океанов пески и алевриты размерами от 0,1 до 1,0 мм, которые представлены кварцевыми (граувакковыми, поли- и олигомикотовыми) песками, с содержанием кварца (60-70%), полевого шпата (15-25%) [3].

Осадки седиментационные океанического дна по Остроумову М.Н., Кулямину Л.Н. (1990) не менее чем 70% состоят из продуктов разрушения горных пород суши, пород дна и вулканокластического метериала имеющего преимущественно силикатных и алюмосиликатный (кварц, кали-шпаты, плагиоклазы, слюды) минералогический состав. Наиболее широко распространенными терригенными осадками, являются **пески и крупные алевриты** (Рис.1) [7, 13].

Автором впервые составлена (Рис.1) «ИГН карта и модель типизации песчаных и опустыненных пространств Мира». На ИГН карте, где: 1. горные пустыни; 2. горные степи, ксерофитные редкостойные леса и саваны с вероятностью засух более 50%; 3. арктические пустыни; 4. поверхностные латеритные коры и панцири, обнаженные

эрозией и лишены сомкнутой растительностью; **5. Развеваемые и полужакрепленные дюнные пески пустынь;** 6. Абсолютное преобладание сухости с вероятностью засух порядка 100%; 7. постоянные засухи с вероятностью 75-95%; 8. очень частые засухи с вероятностью 50-70%; 9. весьма частые засухи с вероятностью 30-50%; 10. частые засухи с вероятностью 25-30%; 11. относительно частые засухи с вероятностью 10-25%; 12. редкие засухи с вероятностью 5-10%; 13. очень редкие засухи с вероятностью до 5%; 13. постоянно влажные условия, засухи невероятны.

На рис. 1 при ИГН типизации песчаных пустынь ранжирование проводилось по следующим подразделениям: С - северного, Ю - южного полушарий Земли; З - западного, В - восточного полушарий планеты; замкнутой красной толстой линией выделены бессточные бассейны стока рек на континентах, а не замкнутые красные линии показывают границы водоразделов стока рек в соответствующие океаны Земли; черными толстыми волнистыми линиями показаны границы климатических поясов планеты: Х - холодные с радиационным индексом сухости $R=0$ ккал/см², У - умеренные с $R=0 - 50$ ккал/см², Т - теплые с $R=50 - 75$ ккал/см², Ж - жаркий с R более 75 ккал/см².

На ИГН карте (рис.1), СОХ-срединно-океанические хребты служащие определенным барьером для накопления в глубоководных котловинах вынесенных из континентов и движущихся по подводным океаническим струйным течениям терригенного песчаного и лессового материала; в прямоугольниках цифры показаны распространение на дне океанов отложений содержащих пески 0,1-1 мм, алевритов 0,01 - 0,1 мм. и пелитов менее 0,05 мм распространенных на дне океанов [3].

Из ИГН карты (Рис.1) видно, что песчаные пустыни северного полушария в 3 раза превышают по площади распространения их южные аналоги. Песчаные пустыни закономерно занимают практически все внутренние части бессточных бассейнов стока рек. Песчаные пустыни выделены на ИГН карте линиями красного цвета и закрашены в желтый цвет.

По площади распространения и соответственно числа георисков пустыни уменьшаются в следующей последовательности: а. Сахара, Либийская и Нубийская (север Африки) расположена в жарком климате, б. Кара-Кумы, Кызыл-Кумы, Гоби и Тар (Высокая и Центральная Азия) в теплом климате; в. Большая песчаная, Гибсона, Большая пустыня Виктории и Сипсона (Австралия) в жарком климате; г. Руб-Эль-Хали и Сирийская (Аравийский полуостров) в жарком климате, д. Калахари (юг Африки) в жарком климате; е. Гоби на (северо-запад Индии) на границе перехода жаркого и теплого климата, ж. каменистые горные

пустыни Большой бассейн, Мохова, Сонара, Чиуауа (Северная Америка) теплого климата, з. Сечура, Атакама, Патагония (Южная Америка) теплого и жаркого климата.

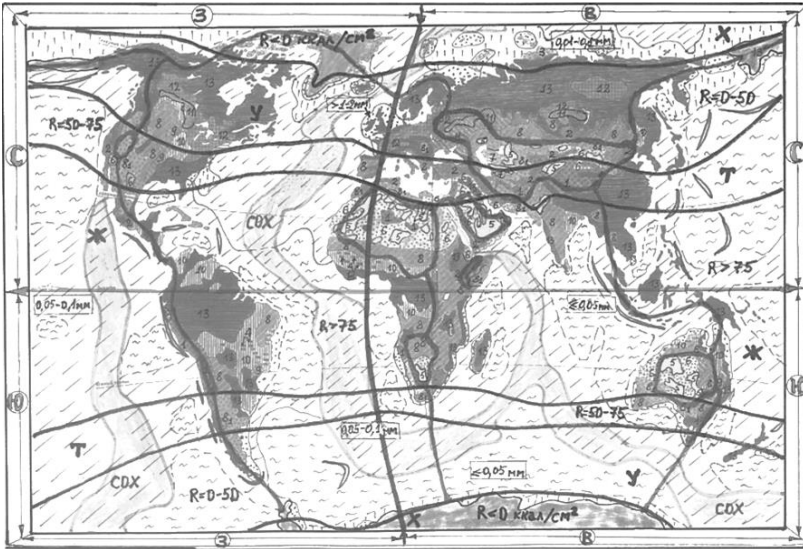


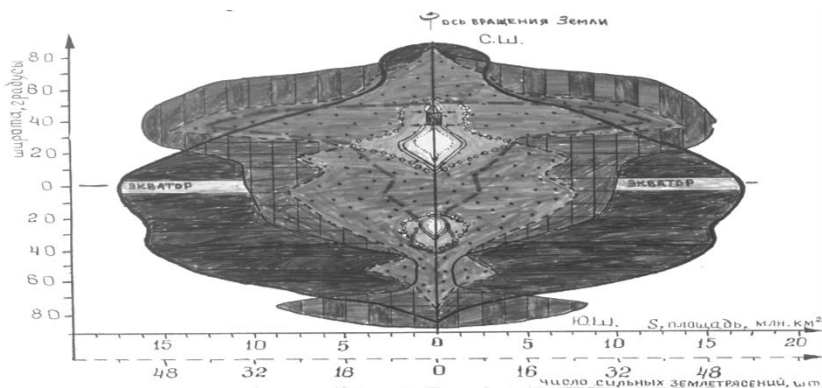
Рис.1. Инженерно-геономическая карта закономерности планетарного распространения и типизации пустынь песчаного и иного характера создающих геориски от засух для населения и территории Земли

На ИГН модели (рис.2) латеральной поширотной модели закономерностей интегрального распределения песчаных и иных пустынь Мира, позволили выявить пики геономов максимального развития пустынь на 21 град с. ш. и вторая по величине на 24 град ю. ш. Окаймляя квазисимметрически и занимая еще большие площади на указанных широтах находятся пики геономов с преобладанием вероятности засух 100%. Территории с засухами от 50 до 100%, охватывают широты от 3 до 46 град с.ш., с пиком 21 град. с.ш., а также от 18 до 40 град ю.ш. с пиком 24 град ю.ш.

На планетарной ИГН карте и модели типизации песчаных и иных пустынь, а также опустыненных земель (рис.1,2) выявлены следующие закономерности.

Песчаные отложения пустынь по их распространенности на Суше, заметно уступают лессовому покрову Земли. Пески с более

мелкоземистыми пылеватыми и глинистыми наносами, вследствие глобальной денудации Суши по руслам рек выносятся из континентов в акватории на дно озер, морей и океанов.



Условные обозначения

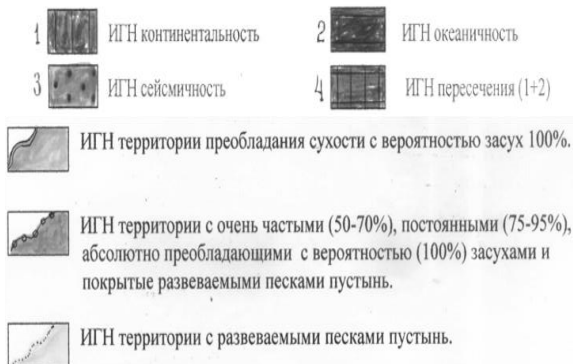


Рис.2 Инженерно-геономическая латеральная по-широтная модель закономерностей интегрального распределения песчаных и иных пустынь несущих угрозы георисков от засух для населения Земли.

Песчаные толщи пустынь на ИГН карте закономерно окаймлены планетарно-замкнутыми бессточными водораздельными линиями бассейнов стока рек, а за указанными границами практически нивелированы.

Пески слагающие пустыни, трансгранично связаны с питающими их источниками «фабриками» криоэлювиальных зон выветривания, где разрушению горных пород весьма интенсивно проявлены в сетях разломов орогенов. Сесмо-тектонически дробленная в разломах и, крио-элювиально подвергнутая природной разборке минералы кварца и полевых шпатов, в составе песчаные фракций флювиальным путем выносятся по руслам рек в зоны их аккумуляции.

Формирование песков и их толщ в антропогене, тесно связано с генезисом лессовых формаций. В века оледенений при замедлении энергии потоков воды в руслах рек, гравитационно более тяжелые песчаные и грубообломочные отложения не транспортируются, а выносятся легкие пылеватые и глинистые верхние ритмы аллювиально-пролювиальных антропогеновых отложений на Суше, и выносятся по устьям крупных рек впадающих в моря на дно мирового океана.

В межледниковые века, бурная деградация ледников, резко повышает объемы и скорости течения воды в руслах рек. Многократно возросшая энергия потоков воды легко выносит по руслам рек и временных водотоков не только песчаные, а практически все грубообломочные фракции грунтов, дифференцированно осаждая их в нижних частях ритмов антропогена, как на суше, так и на шельфах.

Песчаные и грубообломочные отложения межледниковых веков образуют нижние ритмы аллювиально-пролювиальных террас, а в устьях рек впадающих в океан по механизму лавинной седиментации образуют мощные толщи геофильтрационно подготовленных для накопления и образования нефти и газа коллектора.

В ледниковые века массовый вынос и накопление преимущественно пылевато-глинистых грунтов формируют водо-нефте-газо-упорные слабо проницаемые ловушки.

Пустыни Мира, обладают высоким потенциалом для получения солнечной и ветровой энергии при разработке высокоэффективных технологий их получения, а сами пески являются стратегическим запасом на рынке окружающей ресурсной среды и многоотраслевым товаром стран при промышленном их освоении.

Выводы.

1. Песчаные образования пустынь с позиций грунтоведения, экологической геологии и инженерной геологии, интенсивно подвержены проявлениям георисков от их сыпучести, дефляции, корразии, а при условии обводнения пльвунов, дилатансии, тиксотропии и, требуют их крупномасштабного картирования и типизации.

2. Составленные ИГН карты и модели типизации песчаных и иных опасных пустынь, позволяют в планетарном масштабе выявить закономерности поширотной интегрированной концентрации георисков.

3. Необходимы мульти-дисциплинарные исследования песков и их толщ формируемых на территории и шельфах акваторий, т.к. они являются индикаторами вместилищ воды и нефте-газо-руд.

4. Пески пустынь закрепленные и подвижные требуют разработки и внедрения эффективных технологий их освоения: для выращивания зерновых и овощных культур, применения в качестве различных строительных материалов при возведении дорог, использования как искусственных земель на заболоченных землях и мелководных прибрежных зонах, как естественных фильтров очистки воды, создания искусственных пляжей.

Список литературы:

1. Инженерная геология России. Том 1. Грунты России: [монография] / Под ред. В.Т. Трофимова, Е.А. Вознесенского, В.А. Королева. – М.: КДУ, 2011. – 672 с.
2. *Кальянов К.С.* Динамика процессов ветровой эрозии почв. Из-во Наука, М., 1976. 154 с.
3. *Лисицын А.П.* Осадкообразование в океанах. Из-во Наука, М., 1974. 438.
4. *Мавлянов Н.Г., Минервин А.В., Усупаев Ш.Э.* Критика эоловой гипотезы происхождения лессовых пород. Узбекский геологический журнал, №5. 1986. С.18-23.
5. *Огородникова Е.Н., Николаева С.К.* Техногенные грунты. М.: РУДН, 2017. 636 с.
6. *Орлова А.В.* Пустыни как функция планетарного развития. М., Недра. 1978. 160 с.
7. *Остроумов М.Н., Кулямин Л.Н.* Введение в минералогию океанического дна. Учеб. пособие. Л., 1990. 112 с.
8. *Петров М.П.* Подвижные пески пустынь и полупустынь Союза ССР и борьба с ними. М. Географгиз, 1950.
9. *Сергеев Е. М., Трофимов В. Т., Фадеев П. И. и др./* Под ред. Е. М. Сергеева. Теоретические основы инженерной геология. Геологические основы. - М. Недра, 1985. 322 с.
10. *Трофимов В.Т., Балькова С.Д., Болховская Н.С. и др.* Лессовый покров Земли и его свойства. М.: Изд-во МГУ, 2001, 464 с.
12. *Усупаев Ш.Э.* Природа просадочности лессовых формаций Кыргызского Тянь-Шаня. Автореф. докт. дисс. Ташкент. 1992. 41 с.
13. *Усупаев Ш.Э., Молдобеков Б.Д., Сарногоев А.К., Мелешко А.В.* Инженерно-геономические аспекты прогнозирования процессов планетарного опустынивания и особенности темпов отчуждения земель. Сб. докл. Национального семинара по борьбе с опустыниванием земель в Кыргызстане. Бишкек, 1997 г. С. 26 – 33.
14. *Фадеев П.И.* Пески СССР. М., Изд-во МГУ. 1951, 291с.
15. *Фетт В.* Атмосферная пыль. М., ИЛ, 1961, 336

ENGINEERING-GEOOMIC CARD OF GEORISHES FROM SANDNY DESERT OF THE WORLD

Usupaev Sh.E.

Central Asian Institute of Applied Earth Sciences, Bishkek, Kyrgyzstan; e-mail:

sh.usupaev@caiaig.kg

Annotation: In the article features of formation of sandy and other dangerous differences of deserts from the position of manifestation of natural, technogenic and ecological georisks are considered. Sands and their strata in the bowels under favorable conditions contain water-oil-gas-ores, and on the surface are unsuitable for life desert landscapes of the Earth. An engineering geometrical map of the distribution and typification of georisks from deserts and droughts of the World has been developed and compiled. By transforming the IGN map, the planetary geon model of the lateral latitudinal pattern of the concentration of sandy and desert lands on the planet Earth and its sub-parts was constructed for the first time.

Key words: sand, desert, geographic, geonom-model, maps, loose, quicksand, deflation.

Секция 5. ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МАССИВОВ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ

УДК 556.388

ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МАССИВОВ ТЕХНОГЕННЫХ ПЕСКОВ

Антонова И.А., Гуман О.М.¹, Макаров А.Б., Александров С.А.
*ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», Екатеринбург,
Куйбышева, 30, e-mail: ¹guman2007@mail.ru*

Аннотация: Приведены результаты изучения эколого-геологических особенностей техногенных песков, образующихся в процессе переработки шлаков металлургического производства, в массивах на участках рекультивации нарушенных земель.

Ключевые слова: Техногенные пески, минеральный, химический состав песков.

В условиях дефицита минерального сырья для предприятий медеплавильного производства в последние годы на Урале широко используется переработка отходов - отвальных шлаков, как источника полезных компонентов. При этом получают медный концентрат и отходы обогащения – пески. Изначально, как рекультивационный материал, пески были изучены достаточно детально [1, 2, 3].

В настоящее время техногенные пески используются для рекультивации нарушенных земель. Площади подобных массивов, сложенных песками, составляют десятки и более гектар (рис. 1), что определяет необходимость изучения эколого-геологических особенностей данных техногенных массивов с целью прогнозирования их воздействия на компоненты окружающей среды.

Проведенные исследования на участках рекультивации песками показали, что в массивах они однотипны по своему минеральному составу, форме и размеру зерен с небольшими вариациями. Форма зерен, как правило, изометричная, угловатая, с остроугольными сколами. На некоторых зернах видны следы механического воздействия. Размер зерен песка колеблется от 0,01 мм до 1 мм.



Рис. 1. Формирование массива техногенных песков на участке нарушенных земель

Пески представляют собой тонкоагрегативные сращения рудных минералов с магнитными свойствами и нерудной составляющей. Рудные минералы представлены, в основном магнетитом, сульфидами железа, меди и другими металлофазами (ферритами). Нерудная часть состоит, в основном, из оливина темно-коричневого цвета, прозрачного фаялита и, вероятно, кристобалита, представленного тонко-кристаллической разностью, а также наблюдается кварц 1-2 %, гидроксиды железа до 2 %, редкие зерна карбоната, единичные пластинки слюды (биотита), рис.2.

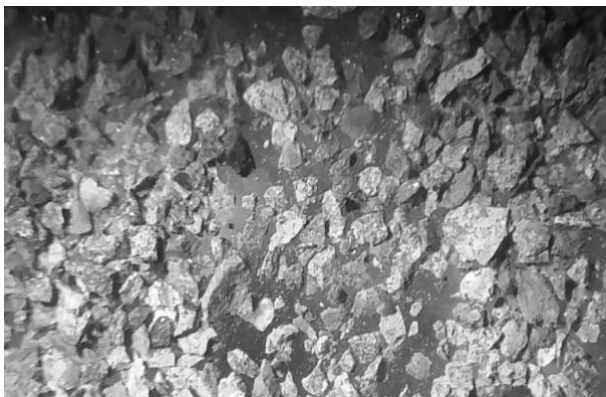


Рис. 2. Тонкие взаимопрорастания рудной и нерудной фаз, бурые пленки гидроксидов железа. Увел. 75х.

Главными опасными элементами-примесями в песках являются тяжелые металлы, которые вследствие особенностей технологического процесса медеплавильного производства и обогащения шлаков не могут быть извлечены из них. Химический анализ главных элементов-примесей в песках показал в повышенных концентрациях следующий комплекс химических элементов: медь, цинк, свинец, мышьяк и сурьма, несколько ниже содержания олова, хрома, молибдена и кадмия. Содержания тяжелых металлов в немагнитной и магнитной фракциях совершенно идентичны, что свидетельствует об их равномерном рассеянии по массе частиц песков [4].

Для изучения распределения и возможной миграции тяжелых металлов в массивах песков выполнено опробование их в скважинах, пробуренных на пяти участках рекультивации, время существования которых изменяется от одного года до десяти лет. Определение элементов-примесей выполнено для массивов песков и подстилающих пород в валовой и подвижной формах.

Содержание тяжелых металлов в песках в валовой форме приведено в табл. 1.

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в песках в валовой форме

Номер участка	Содержание тяжелых металлов, мг/кг				
	Cu	Zn	Pb	Cd	As
1	2702,5	959,1	1154,1	18,0	82,5
2	1442,02	980,3	1454,8	14,8	64,0
3	1443,4	309,0	724,7	<0,1	<1,0
4	1445,1	328,5	1068,0	<1,0	<1,0
5	1445,1	311,4	520,5	<1,0	<1,0

Сравнивая концентрации тяжелых металлов в песках по скважинам участков, видно, что по участкам 1 и 2 содержания их значительно выше, чем на участках 3, 4, 5. Вариации содержания тяжелых металлов определяются, вероятно, различиями состава переработанных медеплавильных шлаков.

Содержания тяжелых металлов в водных вытяжках в песках по участкам приведены в табл. 2.

Содержания металлов в подвижных формах имеют более высокие значения в кислой среде

В подстилающих породах в целом содержания тяжелых металлов незначительны (табл. 3).

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в водных вытяжках техногенных песков рекультивированных участков

Номер участка	Содержание элементов-примесей, мг/кг					Водородный показатель, д.ед.	Сульфат-ион мг/кг
	Cu	Zn	Pb	Cd	As	pH, ед.	SO ₄ ²⁻
1	0,38	4,98	0,19	0,04	0,09	7,25-8,08	1197,9
2	2,2	12,5	0,45	0,16	0,02	5,36-6,79	1430,4
3	1,42	4,67	0,028	<0,1	<0,01	6,98-7,99	480,2
4	0,23	0,65	0,036	<0,1	0,02	5,27-7,09	893,75
5	3,89	5,26	0,62	<0,1	0,038	7,07-7,90	473,15

Таблица 3

Содержание тяжелых металлов в водных вытяжках подстилающих пород

Номер участка	Содержание тяжелых металлов, мг/л					Водородный показатель, д.ед.	Сульфат-ион, мг/л
	Cu	Zn	Pb	Cd	As	pH, д.ед.	SO ₄ ²⁻
1	9,94	7,36	0,13	0,035	<0,001	5,78	1028,5
2	0,01	0,09	0,12	<0,001	<0,001	6,67	1107,5
3	1,20	0,61	0,060	<0,1	<0,01	8,33	5,85
4	<0,10	<0,25	0,048	<0,1	<0,01	7,19	55,7
5	<0,10	0,040	0,020	<0,1	0,010	11,67	430,7

Полученные в ходе выполненных исследований результаты в целом подтверждают полученные ранее [4] данные о распределении как валовых, так и подвижных форм тяжелых металлов в массиве строительных песков в пределах изученных участков. Подтверждается и тот факт, что в условиях кислой среды увеличивается содержание тяжелых металлов в подвижных формах.

Выводы по результатам исследований. Минеральный состав техногенных песков, образующихся при обогащении отвальных шлаков,

в пределах изученных участков рекультивации каких-либо вторичных преобразований за прошедшее с рекультивации время не претерпел, вторичные изменения минералов в изученных пробах не выявлены.

Химический состав техногенных песков в пределах разрезов рекультивированных участков в целом также не изменился. Некоторые вариации содержаний оксидов объясняются различиями в составе перерабатываемых медеплавильных шлаков.

Содержания тяжелых металлов (Cu, Zn, Pb, Cd, As) характерных для отходов медеплавильного производства в разрезе песков рекультивируемых участков варьируют в достаточно узком диапазоне концентраций, при этом следует отметить, что в пределах нижней части разреза накопления элементов-примесей не происходит.

В подстилающих породах (супеси, суглинки) в целом отмечаются редкие повышения некоторых элементов-примесей, в водных вытяжках коррелирующиеся с низкими значениями рН и повышенным содержанием сульфат-иона. Вероятно, это частный случай, и обусловленный какими-либо другими причинами, возможно более ранним загрязнением основания рекультивированного участка.

В целом по своим химическим свойствам изученные техногенные пески пригодны в качестве рекультивационного материала, т.к. в природной среде они относительно инертны.

Список литературы:

1. *Котельникова А. Л.* Процесс мобилизации компонентов медеплавильного шлака в условиях криогенного выветривания (по экспериментальным данным) // *Минералогия техногенеза – 2009*: Научное издание. Миасс: ИМин УрО РАН, 2009. С. 170-178.
2. *Макаров А. Б.* Техногенно-минеральные месторождения Урала. Автореферат дисс. на соиск. уч. ст. д. г-м. н. Екатеринбург: УГГУ, 2007. – 41 с.
3. *Рябинин В. Ф., Гуляева Т. Л.* Медеплавильные шлаки в процессах почвообразования // *Техногенез и экология*. 1999. С. 81-87.
4. *Гуман О. М., Долинина И. А., Макаров А. Б., Рудой А. Г.* Использование отходов переработки отвальных шлаков для рекультивации нарушенных земель горнодобывающего комплекса // *Известия вузов. Горный журнал*. – 2010. - № 4. С.43-49

ECOLOGICAL-GEOLOGICAL FEATURES OF MASSIFS OF TECHNOGENIC SANDS

Antonova I. A., Guman O. M., Makarov A. B., Alexandrov S. A.
The Ural State Mining University, 620144, Ekaterinburg, 30 Kuibisheva st.,

Abstract: The results of studying the ecological and geological features of technogenic sands formed during the processing of slags of metallurgical production in the massifs in areas of reclamation of disturbed lands are presented.

Key words: Technogenic sands, mineral, chemical composition of sands.

УДК 624.131

ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА СВОЙСТВА ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ

Григорьева И.Ю.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия,

e-mail: ikagr@inbox.ru

Аннотация: рассмотрена ситуация, сложившаяся в отношении образования загрязнённых нефтяными углеводородами песчаных грунтов; показана необходимость оценки направленности и степени изменения свойств при проведении биологического этапа рекультивации; описан механизм изменения свойств при загрязнении песков; даны количественные оценки изменения основных эколого-значимых свойств песчаных грунтов.

Ключевые слова: углеводородное загрязнение, рекультивация, изменение свойств грунтов.

В условиях современного мира нефтяные углеводороды (нефть и продукты её переработки) являются одним из наиболее широко распространённых загрязнителей окружающей среды. Общеизвестным является тот факт, что ежегодно при добыче и транспортировке теряется от 3 до 7% добываемой в мире нефти, объёмы нефтяных загрязнений, попадающих в окружающую среду, достигают 10-20 млн. тонн в год [6].

Вопросам изучения особенностей углеводородного загрязнения посвящено достаточно большое количество работ, среди которых можно отметить исследования Ю.И.Пиковского, Н.П.Солнцевой, В.Ж.Аренса, А.З.Саушкина, Р.Г.Мотенко, А.А. Зубайдуллина, К. И.Лопатина, В. И.Толстограя и очень многих других. Несмотря на острую актуальность проблемы, ввиду исключительной её многоаспектности, многие вопросы, связанные с оценкой опасности углеводородного загрязнения дисперсных грунтов вообще, и песчаных грунтов в частности, до сих пор остаются слабо изученными. В то время

как достаточно много публикаций посвящено изучению загрязнения водных сред и почвенного горизонта.

С эколого-геологической точки зрения опасность углеводородного загрязнения дисперсных грунтов состоит в нарушении динамического равновесия в сложившихся эколого-геологических системах. Вполне очевидно, что углеводородное загрязнение влияет на весь комплекс морфологических, физических, физико-химических, биологических свойств грунтов, определяющих экологические функции литосферы в пределах распространения ареола загрязнения. В работе [3] проведена оценка трансформации экологических функций литосферы под влиянием углеводородного загрязнения дисперсных грунтов, где свойства грунтов, являются одним из определяющих факторов при определении эколого-геологической обстановки территории.

Необходимо подчеркнуть, что из всех грунтов *наибольшему загрязнению* подвергаются именно *песчаные грунты*. Это связано, в первую очередь, с широким их распространением на территории нефтепромыслов и активным использованием при технологическом обустройстве кустовых площадок нефтедобывающих скважин. Кроме того, большинство нефтешламов представлено, как правило, песчаными грунтами. На территории же населенных пунктов песчаные грунты подвергаются *наибольшему загрязнению* в силу высокой проницаемости, где в геологическом разрезе территории именно толщи песчаных грунтов являются основными каналами миграции, образовавшихся при авариях или систематических утечках, линз углеводородов.

К сожалению, точная статистическая оценка существующего объема нефтезагрязнённых песчаных грунтов отсутствует. Ориентировочно известно лишь, что к настоящему времени в нашей стране накоплено более 600 млн. м³ нефтешламов [5]. Класс опасности нефтезагрязненного песка – третий. Отходы данного класса опасности не могут быть размещены на полигонах ТКО и должны подвергаться переработке, территории же распространения песчаных грунтов, загрязнённых углеводородами должны быть рекультивированы. Следует, однако, отметить, что целостной программы переработки нефтезагрязнённых песков в стране не разработано. В целом, к настоящему времени обширные по площади и по объему массивы загрязнённых песчаных грунтов, возникшие в результате добычи, транспортировки углеводородного сырья, функционирования нефтехимических предприятий и размещения складов горюче-смазочных материалов, являются следствием и весьма распространенным проявлением, так называемого, накопленного

экологического ущерба. В связи с чем, в феврале 2014 года на заседании Высшего Экологического совета Комитета Государственной Думы по природным ресурсам, природопользованию и экологии по вопросам «Экологической безопасности» [6], было признано, что 95,6% нефтезагрязнённых территорий нуждаются в обязательном проведении рекультивационных мероприятий.

Согласно существующим нормативам [2] рекультивация нарушенных земель должна осуществляться в два последовательных этапа: технический и биологический. Среди методов биологического этапа рекультивации всё большее распространение, как за рубежом, так и в России получает фиторемедиация — очистка грунтов с помощью растений. При этом неизбежно встает вопрос о влиянии загрязнителя на доступность воды растениям при выращивании их на нефтезагрязненных грунтах, что в конечном итоге будет определять допустимые уровни содержания загрязнителя в грунтах. Однако вполне очевидно, что состав грунтов, как минеральный, так и гранулометрический, и его свойства во многом определяют тепловой, воздушный, водный режим и особенности минерального питания растений. В этой связи нами было оценено влияние углеводородного загрязнения на ряд свойств песчаных грунтов.

Однозначно прогнозировать влияние углеводородного загрязнения на свойства песчаных грунтов сложно, так как большое значение имеет не только степень загрязнения, но и гранулометрический и минеральный состав грунтов, с одной стороны, и состав, свойства самой нефти, с другой стороны.

Нефтяные вещества сорбируются грунтами преимущественно еще в жидкой фазе. О сорбции нефти и нефтепродуктов грунтами не существует единого мнения. Преимущественно происходит сорбция полярных компонентов нефтяных веществ (нафтеновые кислоты, смолы, асфальтены), а затем — неполярных компонентов. Способность углеводородов сорбироваться песчаными грунтами повышается в последовательности: парафины — циклопарафины — ароматические углеводороды — олефины. Количество сорбированных жидких углеводородов в единице объема грунта зависит от общего свободного объема капилляров, то есть от гранулометрического состава и влажности. Механизм влияния углеводородного загрязнения может быть описан на основе работ [1, 4]. Из анализа приводимых в них сведений, очевидно, что при взаимодействии с компонентами углеводородных загрязнителей происходит модификация поверхности кремнезёма, слагающего основную часть песчаных грунтов. Химические свойства таких поверхностно-модифицированных

(загрязнённых) песков будут определяться природой сорбированных компонентов нефти, тогда как физико-механические – природой и свойствами исходных песков.

Эти изменения оказывают существенное влияние на все биологические процессы, происходящие в грунте. Все свойства песчаных грунтов имеют ту или иную экологическую значимость, однако такие свойства как плотность, поглотительная способность, кислотно-основные, капиллярные свойства, гидрофизические параметры и прочность могут рассматриваться, на наш взгляд, ключевыми при оценке возможных негативных экологических последствий.

В результате нефтяного загрязнения песчаный грунт становится более агрегированным. У загрязненного песка появляется связность. В результате агрегирования грунта и заполнения пор углеводородным загрязнителем происходит уменьшение порового пространства, при этом загрязнитель вытесняет воздух, находящийся в грунте. При взаимодействии с углеводородами происходит кардинальное изменение микроструктуры грунта, поверхность минералов гидрофобизуется. В результате гидрофобизации грунт теряет способность впитывать и удерживать влагу. Для таких грунтов характерны более низкие значения гигроскопической влажности, проницаемости, максимальной молекулярной влагоемкости. Уменьшение количества гигроскопической влаги свидетельствует о снижении способности загрязненных грунтов поглощать влагу, как из атмосферы, так и из глубоких слоев грунта, следовательно, нарушается водный режим грунта.

Так, нами установлено, что загрязнение песчаных грунтов жидкими углеводородами резко изменяет их проницаемость; при содержании в песчаном грунте 15% загрязнителя (по массе) фильтрационные показатели по воде уменьшаются практически в 8 раз, а при содержании 20% загрязнителя инфильтрация воды в загрязнённый грунт практически отсутствует.

Общее значение емкости поглощения нефтепродуктов (нефтепоглотительной способности) песчаных грунтов, согласно проведенным оценкам, составляет в среднем 19-21% и зависит от гранулометрического состава и характера сложения грунта (пористости). При этом при механическом воздействии воды в песчаном грунте остается порядка 2 % загрязнителя.

Снижение pH песчаных грунтов при нефтяном загрязнении связано с активизацией углеродоксилирующих микроорганизмов и наиболее интенсивно развивается при концентрации загрязнителя от 5 до 15 г/кг, что соответствует 0,5-1,5% по массе.

Для песчаных грунтов в целом критическая концентрация, определяющая возможность применения фиторемедиации, существенно зависит от компонентного состава углеводородного загрязнителя. Так, в отношении нефти это значение составляет порядка 30 г/кг (3% по массе), в то время как в отношении дизельного топлива критическая концентрация не превышает 15 г/кг (1,5 % по массе).

Список литературы:

1. *Айлер Р.* Химия кремнезёма: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – Ч. 1. – 416 с.
2. ГОСТ 17.5.3.04-83 Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель. URL: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/21465/> (по сост. на 11.01.2018)
3. *Королёв В. А., Саркисов Г. А., Григорьева И. Ю.* Трансформация экологических функций литосферы под влиянием углеводородного загрязнения и её оценка с помощью кривой водоудерживания грунтов // Инженерная геология. — 2016. — № 3. — С. 46-55.
4. *Химия привитых поверхностных соединений* / Под ред. Г.В.Лисичкина. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 592 с.
5. *Хуснутдинов С.И., Сафиуллина А.Г., Заббаров Р.Р.* Методы утилизации нефтяных шламов // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. — 2015. — №10. — С. 4-21.
6. *Чуров В.А., Терентьев Ф. Ф.* Нефтяное загрязнение: проблемы и возможные решения. М.: ИА «Гринпис-информ», 2014. – 18 с.

ECO-GEOLOGICAL ASPECTS OF THE INFLUENCE OF HYDROCARBON POLLUTION ON THE PROPERTIES OF SANDY SOILS

Grigorieva I.Yu.

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, e-mail: ikagrig@inbox.ru

Annotation: The situation with regard to the formation of sandy soils polluted with petroleum hydrocarbons is considered; it is shown the need to assess the direction and degree of change in the properties of sandy soils during the biological stage of remediation; a mechanism for changing the properties of sand contamination is described; quantitative estimates of changes in the main ecological-significant properties of sandy soils is given.

Keywords: hydrocarbon contamination, remediation, change in soil properties.

МНОГООБРАЗИЕ ФЛОРЫ ПСАММОФИТОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Королёв В.А.

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,
e-mail: va-korolev@bk.ru*

Аннотация: Изложены представления о флоре псаммофитов, распространенных в России, а также на некоторых сопредельных территориях. Приведена сравнительная оценка многообразия видов псаммофитов, распространенных в разных регионах России.

Ключевые слова: псаммофит, пески, флора, тукуланы.

Псаммофиты – растения, произрастающие на песчаных грунтах. Они широко представлены на всей территории России и в сопредельных странах, что обусловлено широким распространением песков в качестве поверхностных отложений. Псаммофиты вместе с песчаными массивами образуют специфические эколого-геологические системы, в связи с чем и важно их изучение для целей экологической геологии.

По отношению к особенностям песчаных субстратов выделяют: *облигатные псаммофиты* и *факультативные псаммофиты* [1]. Первые обязательно используют пески в качестве субстрата, вторые могут в качестве субстрата использовать и иные грунты. На подвижных, переважаемых песках, как правило, формируются лишь облигатные псаммофиты. Для эколого-геологических оценок и исследований наибольший интерес представляют именно облигатные псаммофиты.

Среди псаммофитов выделяется ряд групп, различающихся по влагообеспеченности и по отношению к засоленности. По отношению к влагообеспеченности выделяют: 1) *суккуленты* – растения накапливающие воду в вегетативных органах; 2) *склерофиты* – настоящие ксерофиты, называемые иногда эуксерофитами, обладающие способностью резко снижать транспирацию в условиях недостатка воды; 3) *гемиксерофиты* (или полуксерофиты) – растения с сильно развитыми приспособлениями для добычи воды и глубокой корневой системой; 4) *мезофиты* – растения, обитающие с достаточным, но не избыточным (как у *гигрофитов*) количеством воды в грунтах.

По отношению к засоленности субстрата выделяют: 1) *эугаллофиты* – виды, нуждающиеся в избыточном засолении хлоридами и сульфатами; 2) *криногаллофиты* – также нуждающиеся в избыточном засолении, но удаляющие избыток солей через специальные солевыводящие железки; 3) *гликофиты* – растения, обладающие

соленепроницаемостью; 4) *галотолеранты* – виды с широким спектром экологических приспособлений; 5) *галофобы* – виды избегающие избыточного засоления грунтов.

Соотношение облигатных и факультативных псаммофитов широко варьирует в различных регионах России и Северной Евразии в целом (табл.1). Так, например, на территории европейской части России выделяется 842 вида псаммофитов, из них лишь 209 (25%) представляют собой облигатные формы, для территории Казахстана было выявлено 805 псаммофитов, 217 (27 %) из них – облигатные, для Монголии – 542 и 53 (9,8%), соответственно [5]. Многие из них представлены эндемичными видами, как, например, для развееваемых песков окрестностей оз. Ниджели Кобяйского района Якутии: *Festuca karavaevii*, *F. skrjabini* и *Koeleria skrjabinii*.

Таблица 1
Количество видов псаммофитов на территории России

Форма псаммофитов	Европейская часть РФ	Сибирь	Россия в целом
Облигатная	209	75	284
Факультативная	633	769	1402
Всего:	842	844	1686

При сравнении многообразия видов псаммофитов европейской части России и Сибири (без Камчатки и Приморья) бросается в глаза приблизительное равенство общего числа видов псаммофитов на этих территориях. Однако по количеству видов облигатных псаммофитов эти территории резко различаются: в Сибири отмечается значительно меньшее число облигатных форм, что, видимо, связано с менее значительным распространением в Сибири территорий с подвижными песками и специфическими эколого-геологическими и климатическими условиями, обусловленными вечной мерзлотой.

Многообразие облигатных псаммофитов Сибири изучалось Н.А.Дулеповой и др. [5], что позволило им построить плотностную карту видов этой огромной территории (рис.1).

Всего в Сибири выявлено 844 вида сосудистых растений, распространенных в песчаных ландшафтах. Большую часть этой группы составляют факультативные псаммофиты, но наибольший интерес для выявления псаммофитной флоры представляют облигатные псаммофиты – растения, лишь за редким исключением, произрастающие на слабо закрепленных песках. Облигатная часть

псаммофитов Сибири составляет 75 видов и подвидов (8,9 % от общего числа псаммофитных видов).

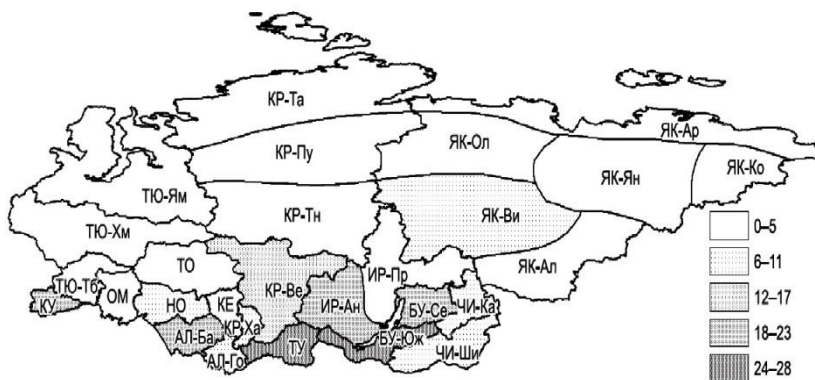


Рис.1. Количество видов (цифры) облигатных псаммофитов в флористических районах (буквенные индексы) Сибири (по Н.А.Дулеповой и др., [5])

Авторы выявили, что Западно-Сибирская группа районов является северо-восточным обедненным вариантом единой псаммофитной флоры Заволжско-Казахстанской подобласти степной области [5]. Алтае-Саянская группа районов проявляет связи с северо-западными районами Монголии и в меньшей мере с регионами Восточного Казахстана. Наибольшим своеобразием характеризуется Байкальская Сибирь, районы которой могут рассматриваться как самостоятельный центр разнообразия псаммофитной флоры Северной Азии.

Распространение и видовое разнообразие псаммофитов зависит от эколого-геологических условий территорий. Так, например, для территории северных степей Западной Сибири выделяется 8 экологических групп облигатных и 26 групп факультативных псаммофитов, зависящих от эколого-геологических условий [1]. Специфическая группа облигатных псаммофитов в Восточной Сибири и Якутии обусловлена наличием здесь тукуланов [6,7,12].

Песчаные массивы, слагающие верхние части геологических разрезов, более распространены в южных регионах России. Это же характерно и для распространения перевеваемых песков [9,10,11]. Поэтому в южных регионах России видовое разнообразие облигатных

псаммофитов выше, чем в северных, как на территории европейской части России, так и в Сибири.

Тем не менее и на севере европейской части России распространены псаммофиты. Здесь в тундровых пустынных ландшафтах (называемых «яреями») развиваются специфические псаммофитоценозы. Согласно Е.Е.Кулюгиной [8], флора песчаных обнажений в трех изученных районах припечорских тундр (бассейн р. Седуйяха, дельта р. Печора, бассейн р. Ортина) насчитывает 61 вид сосудистых растений, относящихся к 43 родам и 23 семействам, 71 вид лишайников, относящихся к 29 родам и 14 семействам и 18 видов мхов, относящихся к 13 родам и 8 семействам. Наибольшее видовое разнообразие отмечено в бассейне р. Ортина, наименьшее - в дельте р. Печора. Флора песчаных обнажений припечорских тундр в равной степени состоит из факультативных и толерантных видов. В целом, облигатные псаммофиты немногочисленны (9 видов) и найдены только в бассейнах рек Седуйяха и Ортина. Облигатные и факультативные виды более стабильны в этих экотопах по сравнению с толерантными.

Псаммофитам центральных регионов европейской части России посвящены работы А.Д.Булохова, А.М.Фининой [2] и др. Авторы установили спектры жизненных форм псаммофитов в формировании луговых и лесных сообществ, в частности сосновых лесов (рис.2).

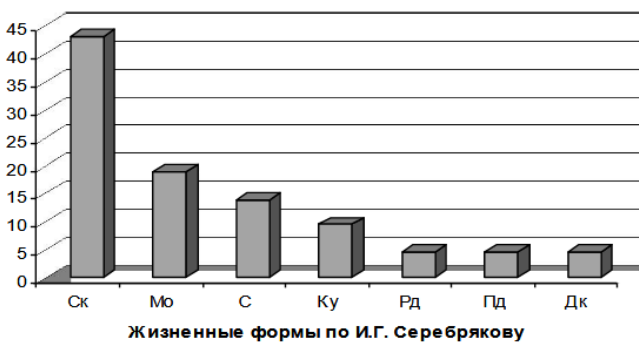


Рис.2. Спектр жизненных форм олиготрофных ксероморфных и суккулентных псаммофитов в юго-западном Нечерноземье [2]: Ск – стержнекорневые; Мо – монокарпические однолетники; С – суккуленты; Ку - кустарнички; Рд – рыхлодерновинные; Пд – плотнодерновинные; Дк - длиннокорневищные

Олиготрофные ксероморфные и суккулентные псаммофиты здесь являются индикаторами сухих и очень бедных минеральным азотом песчаных почв с рН от кислых до слабощелочных. Мезоолиготрофные ксероморфные псаммофиты здесь являются индикаторами суховатых и сухих песчаных почв, также бедных азотом, а факультативные псаммофиты – индикаторами свежих и суховатых песчаных почв.

Характеристика псаммофитов юга европейской части России рассмотрена в работах О.Н.Деминой и др. [4], Х.Т.Гайрабекова и др. [3], В.А.Сагалаева [11], Н.Е.Сабуровой и др. Так в долине среднего Дона (Ростовская обл.) псаммофитная растительность развеваемых песков выделяется в филоценогенетическом отношении в отдельный тип – псаммофитон (*Psammophyton*), характеризуемый изреженным растительным покровом и азональной природой. Здесь в отличие от псаммофитных сообществ степного типа (подтип *Steppae amnophila*), в которых наряду с типчаками важную ценозообразующую роль играют ковыли (*Stipa pennata*, *S. dasypyphylla*, *S. borysthena*), в составе сообществ псаммофитона ковыли отсутствуют, а основную средообразующую функцию выполняют дерновинные и корневищные злаки, полукустарники и кустарники [2].

Для Восточного Предкавказья выделен спектр псаммофитов, различающихся по отношению к засоленности песчаного субстрата (табл.2) [3].

Таблица 2

Спектр псаммофитов Терско-Кумской низменности по отношению к засоленности субстрата (по [3] с доп.)

Показатель	Эугалофиты	Криногалофиты	Гликофиты	Галотолеранты	Галофобы	Всего
Число видов	14	7	74	71	53	219
%	6,39	3,2	33,79	32,42	24,2	100

В работах В.А.Сагалаева [11], Н.Е.Сабуровой и др. охарактеризована своеобразная флора псаммофитов Северного Прикаспия.

Таким образом, в целом флора псаммофитов России весьма разнообразна и многочисленна, она насчитывает около 2 тыс. видов, большая часть из которых (около 80%) представлена факультативными формами.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-05-00944а.

Список литературы:

1. Антипова Е.М. Экоморфологическая структура флоры северных лесостепей Средней Сибири. - Современные проблемы науки и образования. 2007. № 6 (часть 1). С. 21-28
2. Булохов А.Д., Финина А.М. Экологические группы псаммофитов юго-западного Нечерноземья России. – Вестник БГУ, 2015, №1, с. 345-346
3. Гайрабеков Х.Т., Мацаев С.Б., Героева М.В. Экологический анализ псаммофитов Терско-Кумской низменности. – Вестник КрасГАУ, 2012, №4, с. 128-133
4. Дёмина О.Н., Дмитриев П.А., Рогаль Л.Л. Псаммофитные сообщества Песковатского песчаного массива. – Изв. Самарского научн. центра РАН, 2012. Т.14, № 1(4), с. 1004-1007
5. Дулепова Н.А., Королюк А.Ю. Облигатная фракция псаммофитной флоры Сибири. - Растительный мир Азиатской России, 2012, № 2(10), с. 101–107
6. Захарова В.И., Никифорова Е.Н. Флора и растительность окрестностей дефляционного озера Быранатталах (низовье р.Вилой, Центральная Якутия). – Вестник СВФУ, Биол. науки, 2016, №1 (51), с. 5-14
7. Иванов А.Д. Эоловые пески Западного Забайкалья и Прибайкалья. - Улан-Удэ, 1966. 232 с.
8. Кулюгина Е.Е. Флора и растительность песчаных обнажений Припечорских тундр. // Автореф. дисс. ... канд.б.н. – Сыктывкар, 2004, 23 с.
9. Павлов П.Д. Географическое распространение эоловых песков в Центральной Якутии // Эоловые образования Центральной Якутии. – Якутск: ИМЗ СО АН СССР, 1981, с. 18-30.
10. Полюнов Б.Б. Пески Донской области, их почвы и ландшафты // Тр. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева, 1926, вып. 1, с. 3–199
11. Сагалаев В.А. Географический анализ аридной флоры степей и пустынь юго-востока европейской части России. – Изв. ВолгГПУ, 2004. № 4 (09). Сер. Естественные и физико-математические науки. С. 27-43.
12. Скрябин С.З., Павлов П.Д., Скрябина Е.А. Тукуланы – своеобразный ландшафт Центральной Якутии // Охрана природы Якутии. – Иркутск: Вост.-Сиб. Кн. Изд-во, 1971, с. 37-39.

MULTIFORMITY OF PSAMMOPHYTES FLORA ON RUSSIAN TERRITORY

Korolev V.A.

Moscow State University of M.V. Lomonosov, Russia, Moscow, e-mail: va-korolev@bk.ru

Annotation: Ideas about the flora of psammophytes, widespread on Russian territory, presented. The comparative evaluation of specific multiformity psammophytes, which spread on Russia, was given.

Keywords: psammophyte, sand, flora, tukulans

ПЕСЧАНЫЕ МАССИВЫ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ

Сабурова Н.Е., Завалей В.А.

*Казахский национальный исследовательский технический университет им.
К.И.Сатпаева, Алматы, Казахстан, sabur.nuri@mail.ru*

Аннотация: Приводятся сведения об условиях строения песчаных массивов Нарын-пески в пределах Волго-Уральского междуречья. В пределах массива выделены крупные ландшафтные единицы. Приводятся сведения о влиянии растительности на постепенное уплотнение песка, ухудшение аэрации и водно-физических свойств.

Ключевые слова: песчаный массив, Нарын-пески, ландшафтно-индикационная карта, ландшафтные единицы.

Территория исследований граничит с Российской Федерацией и с запада-северо-запада примыкает к комплексу испытательных полигонов России «Капустин Яр», непосредственно на территорию заходит бывший ядерный полигон Азгир.

Эта территория для проведения исследовательских работ, в том числе геологоразведочных и экологических, была долгие годы по режимным соображениям закрыта. Только с закрытием всех ядерных полигонов появляется возможность исследований «белых» пятен для геологического, гидрогеологического и инженерно-геологического изучения территории.

Район комплексных исследований приурочен к Прикаспийской низменности в пределах Волго-Уральского междуречья, в целом представляет низменную полого-наклоненную к югу равнину. Формирование рельефа происходило под влиянием трансгрессий Каспийского моря. Равнина покрыта перевейанными песками барханного типа (Нарын-пески).

Поверхность этой части Волго-Уральского междуречья (как и всей низменности) в общих чертах плоская с ничтожными углами топографических уклонов в долях градусов. Осложняют ее лишь гряды и бугры заросших и незакрепленных эоловых песков, солончаковые впадины, слабоврезанные долинообразные понижения и местами пологосклонные «островные» возвышенности.

Территория находится в зоне пустынь и полупустынь и имеет резко континентальный аридный климат с тенденцией увеличения аридности с послехвалынского времени. Многовековая аридизация климата способствовала постепенному высыханию водных потоков и

озер и активному развитию эоловых процессов, дефляции и перевеванию песчаных отложений.

Основными рельефо - и почвообразующими породами района являются мелко- и тонкозернистые пески, супеси и суглинки верхнеплейстоценового (верхнехвалынского) морского, эолового и меньше аллювиально - озерно - сорового происхождения. Пески и супеси большей частью подверглись эоловой переработке и образуют массивы заросших и оголенных барханных песков. Там, где к поверхности приближены водоупорные суглинистые и глинистые породы, широко распространены солончаки, находящиеся в разной степени засоления (Рис.1).

Зональным типом почв региона являются бурые пустынно-степные почвы, представленные легкими и тяжелыми разновидностями механического состава. Большую часть площади занимают мало сформированные почвы песчаного массива Нарын-песков. В зависимости от стадии закрепления песков здесь можно выделить барханные пески, лишенные растительности без следов почвообразования, пески, слабозакрепленные с пионерно-псаммитовой растительностью и с начальными признаками почвообразования и пески, закрепленные сообществами песчаной и белой полыни со слабо гумусированными почвами.

Развитие процесса почвообразования на песках находится в тесной связи с условиями рельефа, характером увлажнения и степенью зарастания их растительностью. Чем резче выражен рельеф песков, тем менее закреплены растительностью положительные формы песков (их гребни). По мере закрепления подвижных песков растительностью, в них образуется гумусовый слой, формируется карбонатный и солевой профиль почв. На территории распространены бугристые и бугристо-ячеистые пески закрепленные и полужакрепленные растительностью, местами с очагами подвижных барханов. На таких барханах растительность отсутствует.

На исследуемой территории выделяются равнины, сложенные отложениями современного, верхне- и нижнехвалынского возраста. Для наиболее молодой части побережья сложенной морскими песками, различия в характере отложений не оказываются. Здесь для эволюции ландшафта и растительности, в частности, является определяющим фактором только длительность континентального существования суши.

Учитывая все эти особенности эволюции ландшафта на исследуемой территории выделяются следующие крупные ландшафтные единицы: пустыни с господством псаммитов, пустыни с господством пелитофитов, пустыни с господством галофитов.

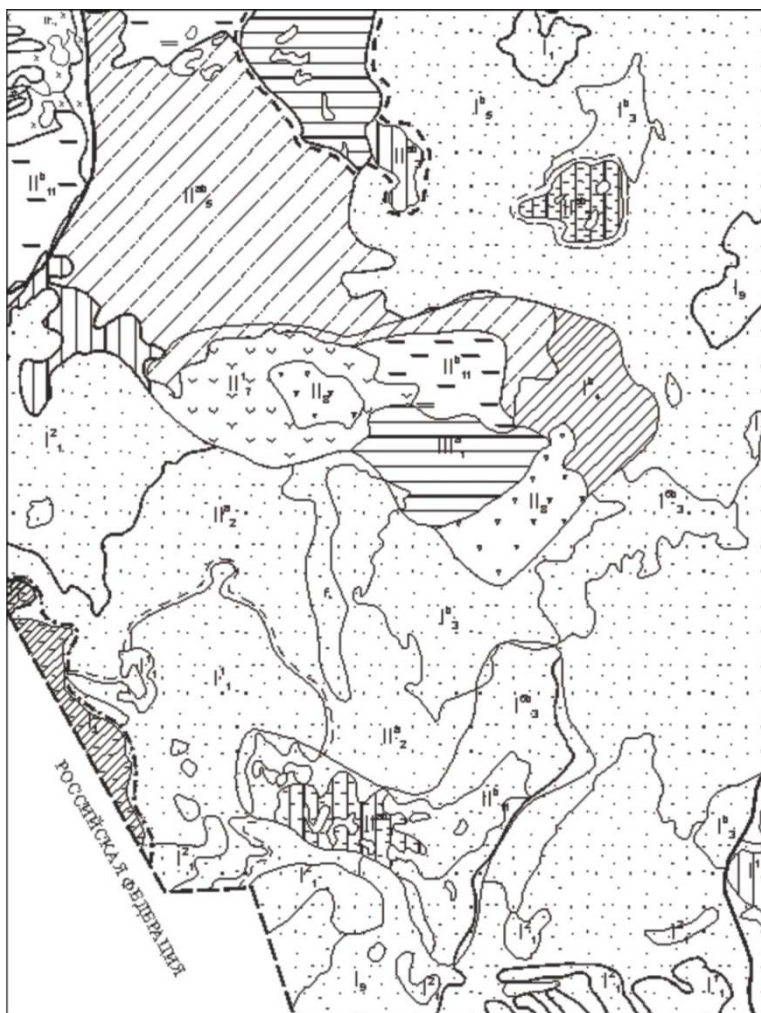


Рис.1. Ландшафтнo-индикационная карта:

1. Пустыни с господством псаммофитов. Огромная территория Нарын-песков занята, в основном, хвалынской морской аккумулятивной равниной, в той или иной степени переработанной эоловыми процессами. И лишь северо-западная часть этой равнины образована отложениями иного генезиса – аллювиально-дельтовыми поскольку общий характер смен растительных сообществ от пионерных группировок псаммофитов до сформировавшихся сообществ на карте даются обобщенно. Процесс зарастания песков представляет собой закономерное чередование стадий, каждая из которых характеризуется преобладанием группировок или сообществ, близких в экологическом

отношении. Основные стадии зарастания песков на данной территории следующие: стадия пионерно-псаммитовых группировок, стадия песчаной полыни или чагыра, стадия белой полыни. Процесс зарастания песков приводит к постепенному уплотнению песка, к ухудшению аэрации, к ухудшению водно-физических свойств. По мере зарастания песков изменяется механический состав песков - от хорошо отсортированных средне-мелкозернистых до тонкозернистых, пылеватых и супесей. Солевой комплекс песчаных грунтов, как правило, очень беден - пески практически не засолены. Засоленные грунты приурочены в пределах Нарын-песков к ашикообразным (Π^a) и сорovým депрессиям (Γ^1 - Γ_8 , Γ_9) засоления в которых определяется, в основном, влиянием неглубоко залегающих засоленных вод.

II. Пустыня с господством пелитофитов. В основном приурочена к морским глинистым отложениям верхне- и нижнехвалынского возраста, а также к древне-дельтовым отложениям. Растительный покров суглинистой равнины представлен вполне сложившимися фитоценозами- биюргунников, серополынных и чернополынных, экологический ряд которых, в основном, отражает особенности засоления грунтов.

III. Пустыни с господством галофитов занимают значительные площади на приморской равнине, сложенной современными и хвалынскими отложениями. Экологические ряды на данной площади отражают длительность континентального развития отложений при крайне слабой дифференциации условий существования. Смены растительных сообществ в пространстве в известной мере обусловлены изменением режима засоления в процессе эволюции солевого комплекса от морского к континентальному (Π_0 - Π_4).

Как видно на ландшафтно-индикационной карте (Рис.1), наибольшим распространением пользуются равнины с индексом 1_5^B . Следующая равнина слабоволнистая с ровными извилистыми такырами. Господствующие здесь белополынные и биюргунники, грунты суглинки (Π_7^1), равнина волнистая с пологими понижениями такырами обрамляющая поднятие В.Азгир, почти точно отражая его купольную часть и захватывая крылья. Основные присущие ей ряды, представлены белополынными с жузгуном и тамариском. (инд. Π_7^2)

Мелкобугристая равнина с эфемерно-белополынными занимает площадь к югу, юго-востоку от поднятия В. Азгир и доходит на юго-западе до границы территории (I_2^6).

Бугристая и грядово-бугристая равнина с господством полынно-псаммофитно-кустарниковых сообществ (чагыр, кандым, тамариск, жузгун) располагается в виде сравнительно небольших по площади участков и в виде двух пятен. Она сложена сверху песчаными грунтами и имеет индекс (I_3^B).

Несколько обособленное положение занимают участки полого-волнистой с редкими дефляционными воронками равнина с господством белополынно-шагыровых сообществ и мелкобугристая равнина с господством белополынных и эфемерово-шагыровых (тамариски, селитрянки). Расположены они в юго-восточном углу и

спускаются полосой от восточной рамки к южной (I₈ и I₉). Грунты - песок мелкозернистый и тонкозернистый в понижениях.

Чередование широтно-ориентированных гряд и межгрядовых ложбин (бэровские бугры) с комплексом сообществ биоргунновых псаммофитно-белопопынных и сарсазановых. Бэровские бугры иногда частично погребенные под песчаные отложения (пески тонкозернистые и суглинки; засоление грунтов от слабого до сильного на грядах и очень сильного в понижениях (II₄^{ав}).

Список литературы:

1. Диаров М.Д. «Экология и нефтегазовый комплекс». Алматы, 2003, с.377-490.
2. Быков Б.А. Растительность полупустыни Северного Прикаспия и ее кормовое значение. Алматы, 1955, изд. АН КазССР, 1955

SANDY MASSIF OF THE NORTHERN CASPIAN

Saburova N.E., Zavaley V.A.

Kazakh national research technical university after Satpayev K.I., Almaty, Kazakhstan.

Annotation: Information is given on the conditions of the structure of sandy massifs of Naryn-sands within the Volga-Ural interfluvium

Within the array are allocated large landscape units. Information is provided on the effect of vegetation on gradual consolidation of sand, deterioration of aeration and water-physical properties

Keywords: sandy massif, Naryn-sands, landscape-indicator map, landscape units.

УДК 55; 504

ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МАССИВОВ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ

Трофимов В.Т., Королев В.А.

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия,
e-mail: trofimov@rector.msu.ru*

Аннотация: В эколого-геологическом отношении песчаная грунтовая толща рассматривается как компонент эколого-геологической системы или биогеоценоза. Рассмотрены характерные эколого-геологические особенности песчаных массивов. Выделены типы песчаных эколого-геологических систем и рассмотрена их структура.

Ключевые слова: песок, песчаный массив, эколого-геологическая система, псаммофилы, псаммофиты, литотоп песчаный, экотоп песчаный, биоценоз песчаный

В эколого-геологическом отношении песчаная грунтовая толща или массив рассматривается как компонент эколого-геологической системы (ЭГС) или биогеоценоза [5,8], в отличие от инженерно-геологического подхода к её анализу [3].

В практическом плане — это определенный объем литосферы с находящейся в ней и на ней биотой, включая человеческий социум, на которые воздействуют природные и техногенные факторы, под влиянием которых развиваются современные геологические процессы в названной системе, влияющие на условия жизни биоты в ее рамках. Эта система исследуется как многокомпонентная, включающая породы, подземные воды, нефть и газы, геохимические и геофизические поля и протекающие современные геологические процессы, влияющая на существование и развитие биоты, в т.ч. и человеческого сообщества. [1,6]. Исходя из этого, можно конкретизировать эколого-геологические системы, формирующиеся на (в) массивах песчаных грунтов – *эколого-геологические системы песчаные (ЭГСП)*, или *биогеоценозы песчаные* [8]. Их структура, а также вводимые нами новые понятия, показаны на рис. 1.

Абиотическая подсистема ЭГС песчаных представлена песчаными литотопом, гидротопом (поверхностными и/или подземными водами песчаного массива), атмотопом (или климатопом - климатическими факторами, обуславливающими термо-влажностный режим песчаного массива и влияющими, в том числе, на условия жизнеобитания биоты), а также эдафотопом песчаным – почвами, развивающимися на песчаных грунтах. Эдафотоп песчаный является переходным компонентом абиотической и биотической подсистем ЭГСП, поскольку почва является «биокостным» (по В.И.Вернадскому) образованием, включающим в себя как живые, так и неживые субкомпоненты.

Литотоп песчаный может быть представлен как природными песчаными массивами различного генезиса (аллювиального, флювиогляциального, озерного, морского и т.п.), так и техногенными (антропогенными) песчаными массивами (намывными, насыпными, техногенно преобразованными и т.п.). Это важнейшая часть ЭГС, ее литогенная основа.

Биоценоз песчаный в общем случае может формироваться за счет нескольких составляющих - псаммомикробиоценоза, псаммофитоценоза, псаммозооценоза и псамоосоциума, а в частном – за счет нескольких или лишь какой-либо одной из вышеуказанных составляющей. Дадим определения введенным новым понятиям [8].

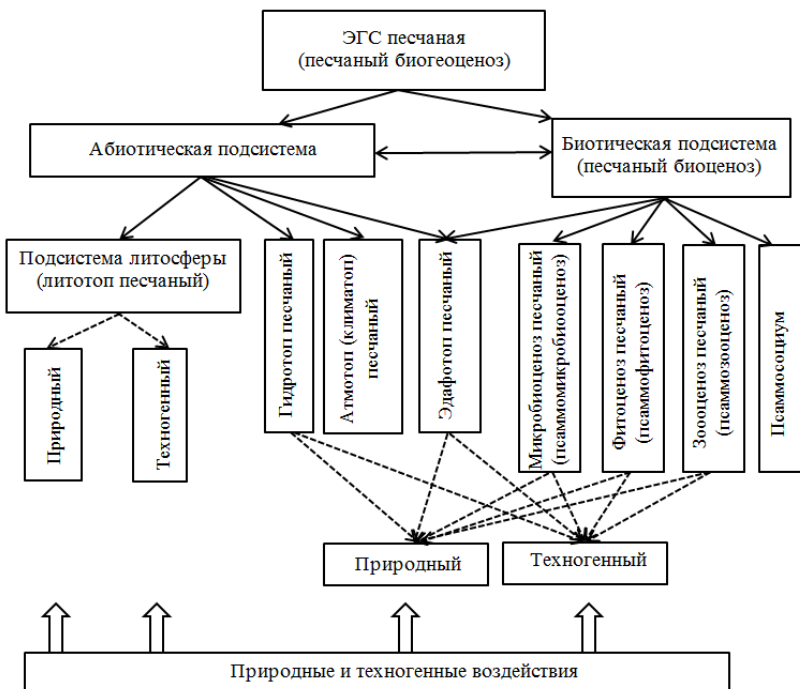


Рис. 1. Структура песчаной эколого-геологической системы

Псаммомикробиоценоз – это естественное или искусственное сообщество микроорганизмов, экологически связанных с песчаным массивом (литотопом песчаным), существующее в пределах одного биотопа и характеризующееся относительной однородностью видового состава, структурой и системой взаимоотношений микроорганизмов друг с другом и внешней средой.

Микроорганизмы в псаммомикробиоценозах могут быть представлены как псаммофитами², так и псамофилами³. Из микроорганизмов прокариотов-псаммофилов в песчаных грунтах могут быть распространены бактерии, археи, цианобактерии (в том числе,

² *Псаммофиты* – растения (включая низшие формы), произрастающие на песках или в песках.

³ *Псаммофилы* – живые организмы (включая микроорганизмы), обитающие в песках.

одноклеточные водоросли), среди эукариотов – низшие водоросли, грибы, а также одноклеточные животные. Диапазон экологических условий, в которых живут и функционируют микроорганизмы в песках, чрезвычайно широк.

Например, в песках пустынь общая численность микроорганизмов-псаммофилов в приповерхностном слое оценена в $6 \cdot 10^8$ кл/г грунта [4]. В образцах намывных песчаных грунтов бухты Даяоуань (Китай) обнаружено $9 \cdot 10^8$ клеток бактерий, около 80 м мицелия актиномицет и 25 м грибов на 1г грунта, общая биомасса составляет 0,3 мг/г. В песчаных грунтах водоносных горизонтов содержится порядка 10^8 клеток бактерий-псаммофитов на 1 г грунта. При этом количество метаболически активных клеток в 10-100 раз меньше и резко сокращается с глубиной в верхних 5 м разреза (примерно в 10 раз), затем до изученной глубины (35 м) изменяется слабо [11].

Псаммофитоценоз - это естественное или искусственное сообщество растений, экологически связанных с песчаным массивом (литотопом песчаным), существующее в пределах одного биотопа и характеризующееся относительной однородностью видового состава, структурой и системой взаимоотношений растений друг с другом и внешней средой.

Растения в псаммофитоценозах могут быть представлены различными псаммофитами – от водорослей и травянистых растений, до кустарников и древесных растений. Для растений-псаммофитов песчаный грунт является вмещающей и питательной средой для корневых систем. Специализация растений-псаммофитов достигла такого совершенства, что, например, некоторые растения-пионеры первого порядка даже отмирают при утере подвижности песков [2].

Пески и песчаные почвы являются субстратом для многих растений-псаммофитов пустынь и полупустынь. Как правило, это виды растений не требовательные к влаге и способные переносить длительную засуху. В средней полосе на песках произрастают иные растения, в основном не требовательные к большому разнообразию питательных веществ, которыми обычно обеднены пески.

Псаммозооценоз - это естественное или искусственное сообщество животных, экологически связанных с песчаным массивом (литотопом песчаным), существующее в пределах одного биотопа и характеризующееся относительной однородностью видового состава, структурой и системой взаимоотношений животных друг с другом и внешней средой. Животные в псаммозооценозах могут быть представлены различными псаммофилами – от всевозможных

беспозвоночных (червеобразных, членистоногих (ракообразных, насекомых и др.), головохордовых – ланцетников и многих др.) до позвоночных - амфибий, рептилий, птиц и млекопитающих. Их видовой состав и количество в ЭГС песчаных обуславливается различными экологическими факторами: питательными ресурсами, тепло- и влагообеспеченностью и др.

Псаммосоциум – это исторически сложившееся или искусственное сообщество людей, жизнь которых, так или иначе, экологически связана с песчаным массивом (литотопом песчаным), наложившим определенный отпечаток на формы их хозяйственной и иной деятельности, культуры и взаимоотношений. В качестве примеров псаммосоциума можно указать многие кочевые племена и народности, живущие в пустынях – бедуины Аравии и Африки, берберы Африки, кочевники Средней Азии, аборигены Австралии и т.п. Значительная часть социума древних цивилизаций Египта, Месопотамии и Китая также была связана с пустынями. По сравнению с другими типами социумов, псаммосоциумы складывались в неблагоприятных экологических условиях. Формирование псаммосоциума в неблагоприятных условиях пустынь проходило под воздействием различных исторических факторов, а в качестве основной причины считается борьба за выживание и вытеснение одних племен другими в менее благоприятные пустынные условия.

С другой стороны, глобальный процесс опустынивания на Земле влиял и влияет на социум, его расселение, уровень хозяйственного развития и т.п. Современное опустынивание южнее Сахары приводит к миграции миллионов людей в южные или северные районы Африки или в Европу, обостряя миграционный кризис. По этой же причине миграция происходит во многих странах Латинской Америки, южной Азии и др.

Основываясь на концепции об экологических функциях литосферы [7] (главная суть которой сводится к оценке влияния «неживого» - литосферы, на «живое» - биоту, включая и социум), эколого-геологический анализ песчаных массивов заключается в оценке влияния этих массивов на биоту, и их характеристику как эколого-геологических систем. При этом, анализируя массивы песчаных грунтов как объекты эколого-геологических исследований, необходимо учитывать их важнейшие эколого-геологические черты. Выделим их особенности.

Специфические эколого-геологические особенности песчаных грунтовых массивов обусловлены следующими факторами: эколого-ресурсными, эколого-геохимическими, эколого-геодинамическими,

эколого-геофизическими и санитарно-эпидемиологическими. Ниже они рассматриваются подробнее.

Эколого-ресурсные особенности песчаных массивов определяют возможность реализации ресурсной экологической функции литосферы, а в данном случае – песчаных массивов. В ЭГС песчаных эта функция выполняется за счет всех подсистем песчаного биогеоценоза (см. рис.1).

За счет **литотона песчаного** формируются: а) ресурсы геологического пространства; б) ресурсы полезных ископаемых; в) вещественно-энергетические ресурсы. При этом ресурсы геологического пространства песчаных ЭГС используются псаммофитами, а также различными микро- и макроорганизмами как среда их обитания (устройство нор, гнезд, убежищ и т.п.). Ресурсы полезных ископаемых, связанные с ЭГС песчаными, обусловлены возможностью использования песков как важнейшего строительного материала, а также некоторыми специфическими типами других полезных ископаемых, формирующихся в песчаных массивах (нефтяные месторождения и т.п.). Вещественно-энергетические ресурсы ЭГС песчаных обусловлены наличием в песках высокой пористости и аэрируемости (в зоне аэрации), способствующей формированию доступных газовых ресурсов, необходимых аэробным псаммофилам и псаммофитам. В то же время необходимо отметить характерную для песков бедность ресурсными элементами минеральной и азотной пищи для биоты.

За счет **гидротона песчаного** формируются ресурсы подземных вод, обусловленные наличием в песках высокой пористости и водопроницаемости. Поэтому при наличии водоупора песчаные толщи содержат горизонты подземных вод, рассматриваемые как ресурсы питьевого и/или технического водоснабжения. Водные ресурсы являются необходимым компонентом для существования биоты. В ЭГС песчаных они обусловлены наличием в пределах капиллярной каймы и ниже ресурсов воды, доступной для растений и иных организмов. Этот ресурс формируется и за счет **атмотона (климатона) песчаного**, поскольку влагообеспеченность песчаных массивов зависит от климатических факторов и в региональном плане подчиняется широтной и вертикальной зональности. От атмотона зависит и теплообеспеченность песчаных ЭГС, влияющая на условия обитания биоты. Освоение и обитаемость песков животными-псаммофилами тесно связана с их тепло- влажностным режимом: животные не выносят температуры воздуха более 54-55°C и тем более температуры поверхности песка свыше 80°C.

За счет *эдафотона песчаного* формируются почвенные ресурсы, рассматриваемые как источник плодородия в сельском хозяйстве. Почвы, формирующиеся на песчаных толщах, обладают специфическими особенностями [2].

И, наконец, за счет *биоценоза песчаного* формируются питательные ресурсы для самих организмов, которые обусловлены наличием различных пищевых цепей между продуцентами и консументами в пределах данной ЭГС песчаной.

Эти и другие эколого-ресурсные факторы, каждый в отдельности и вместе взятые, будучи нередко крайне обостренными, создают противоречия между песчаной средой и живыми организмами. В результате у обитателей песков возникают приспособления, позволяющие преодолевать воздействие среды и жить в ресурсных условиях, казалось бы, исключающих возможность жизни [2].

Эколого-геохимические особенности песчаных массивов определяют возможность реализации геохимической экологической функции литосферы, а в данном случае – песчаных массивов. В ЭГС песчаных эта функция также выполняется за счет всех подсистем песчаного биогеоценоза (см. рис.1).

Так, например, за счет литотопа песчаного реализуется возможность относительно высокой геохимической миграции различных жидких, газообразных и биотических компонентов как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях, обусловленных высокими коэффициентами проницаемости и фильтрации песков и их низкой сорбционной способностью.

При этом в пределах зоны аэрации наблюдается в основном вертикальная миграция компонентов (воды, газов, растворенных компонентов и т.п.). Испарение влаги с песчаной поверхности приводит к кристаллизации водорастворимых солей на фронте испарения, особенно характерной для районов с высоким индексом сухости.

Кроме того, геохимическая экологическая функция ЭГС песчаных обусловлена потенциальным наличием засоленности песков, особенно характерной для песков аридной зоны и обусловленной, в том числе и зонально-климатическими факторами (песчаным климатопом). В этой связи данная функция также определяется потенциальной возможностью формирования в песчаных грунтовых толщах специфических геохимических барьеров в зависимости от типа засоления (хлоридное, сульфатное, бикарбонатное и т.п.), играющих, в том числе, и важную экологическую роль на пути миграции различных компонентов.

Эколого-геодинамические особенности песчаных массивов определяют возможность реализации геодинамической экологической функции литосферы, а в рассматриваемом случае – песчаных массивов, в пределах которых формируются специфические экзогенные геологические процессы, влияющие на экосистемы. В структуре ЭГС песчаных они формируются в основном за счет песчаных литотопа и атмосфера.

В эколого-геодинамическом отношении рассматриваемые особенности обусловлены:

1. Потенциальным развитием на территориях песчаных грунтовых толщ эоловых процессов, влияющих на формирование, состояние и деградацию природных экосистем, а также их биоразнообразия;

2. В региональном плане - подчиненностью районов распространения эоловых процессов климатической зональности;

3. Влиянием эоловых процессов (эолового переноса, движущихся песков и т.п.) на урбанизированные экосистемы и социумы, вплоть до их уничтожения;

4. Отрицательным влиянием эоловых процессов на инфраструктуру урбанизированных экосистем и инженерные сооружения;

5. Положительным влиянием песчаных пляжей на подавление береговой абразии и их использованием для систем береговой инженерной защиты.

Можно привести множество негативных исторических примеров гибели городов и даже целых цивилизаций от наступающей пустыни, когда под слоем песка оказывались дома, дороги, сельхозугодья и т.п. (Древний Египет, Месопотамия, Хара-Хото и др.). Но и в наше время подобные явления не являются исключением. Ярким примером этого является город Кольманскоп в пустыне Намиб (Намибия), который еще сто лет назад процветал и был мировым центром по добыче алмазов, а сейчас превратился в покинутый всеми город-призрак, засыпанный песком.

Эколого-геофизические особенности песчаных массивов определяют возможность реализации геофизической экологической функции литосферы, а в рассматриваемом случае – песчаных массивов, в пределах которых формируются специфические геофизические поля, влияющие на экосистемы. Указанные особенности изучены в наименьшей степени. В эколого-геофизическом отношении они, прежде всего, обусловлены влиянием песчаных грунтовых толщ на формирование природных аномалий геофизических полей (теплового,

электромагнитного и др.) вследствие наличия у песков специфических параметров теплофизических, электрических и др. свойств.

Санитарно-гигиенические особенности песчаных массивов заключаются в наличии в пределах ЭГС песчаных определенных факторов, важных в санитарно-гигиеническом отношении. Для ЭГС песчаных они обусловлены: 1). Потенциальным наличием в песках пляжей, используемых в курортно-рекреационных целях, патогенных микроорганизмов, что особенно актуально при массовом скоплении отдыхающих. 2). Отрицательным влиянием на организмы (включая человека) цианобактерий (сине-зеленых водорослей), содержащихся в значительном количестве в песках морских побережий.

Например, по результатам обследования около 50 калифорнийских песчаных пляжей в песках было обнаружено около 1 тыс. таксонов микроорганизмов [9]. При этом в пляжных песках выявлены фекально-индексные организмы-псаммофиты, являющиеся непатогенными микроорганизмами, используемыми для выявления степени фекального загрязнения. Они, как правило, присутствуют в пляжном песке в гораздо большем количестве, чем патогенные микроорганизмы и легко выделяются, идентифицируются и подсчитываются. Фекально-индексные микроорганизмы, отмеченные на пляжах, включают колиформы (собственно колиформы, термостойкие колиформы и кишечную палочку), кишечные энтерококки, бактериофаги и клостридии [10].

Но наряду с этим было установлено, что ряд обнаруженных в песке родов и видов микроорганизмов, которые могут встретиться в результате контакта человека с песком, являются для него потенциально патогенными. Вследствие этого высказывалась обеспокоенность тем, что пляжный песок может выступать в качестве резервуара или источника развития инфекций [12,13,14].

В ряде морей (Балтийское, Северное и др.) наблюдаются периодические вспышки размножения цианобактерий, фиксируемого в виде «цветения воды». При этом резко увеличивается их количество и в прибрежных песках. Токсичные вещества, содержащиеся в цианобактериях, могут попадать в водоросли и по пищевым цепям в другие морские организмы, а также к человеку, вызывая отравления [10].

Типы природных эколого-геологических систем песчаных могут быть выделены на основе вышерассмотренной структуры ЭГС песчаной (см. рис.1), а их систематика показана в табл.1 [8].

Для каждого из перечисленных литотопов характерен свой гидротоп песчаный (см. табл.). Так для сухопутных литотопов песчаных могут выделяться гидротопы зоны аэрации и гидротопы подземных вод.

Таблица 1

Типы природных эколого-геологических систем песчаных [8]

Тип ЭГСП	Тип литотопа песчаного	Гидротоп песчаный	Атмотоп песчаный	Эдафотоп песчаный	Преобладающий биоценоз песчаный		
Сухопутный	Речных террас	а) подземных вод; б) зоны аэрации	Зональной тепло-влажностности	Развитый	Сухопутный псаммофитоценоз		
	Морских террас			Развитый	То же		
	Флювиогляциальных толщ			Развитый	То же		
	Эоловых толщ пустынь и полупустынь			Низкой влажно- и высокой теплообеспеченности	Отсутствует или слабо развитый	Сухопутный псаммозооценоз	
	Кор выветривания				Зональной тепло-влажностности	Отсутствует или слабо развитый	Сухопутный псаммофитоценоз
	Прибрежных пляжей					Отсутствует	Сухопутный псаммомикробиоценоз
	Вулканогенно-осадочных толщ					Отсутствует или слабо развитый	Сухопутный псаммофитоценоз
Аквальный (подводный)	Донных аллювиальных толщ	Полного водонасыщения	Зональной теплообеспеченности	Отсутствует	Пресноводный псаммомикробиоценоз, псаммофито- и зооценозы		
	Донных озерных толщ				Пресноводный псаммомикробиоценоз, псаммофито- и зооценозы		
	Донных морских толщ				Морской подводный псаммомикробиоценоз, псаммофито- и зооценозы		

Последние могут подразделяться на различные подтипы, исходя из особенностей грунтовых вод, количества водоносных горизонтов, гидрохимического состава и динамики подземных вод.

Кроме того, каждая из вышеперечисленных эколого-геологических систем, обусловленных песчаными грунтовыми толщами, может формироваться в разных условиях тепло- и влагообеспеченности, подчиняющейся климатической зональности. В этой связи они, по крайней мере, должны подразделяться на подтипы песчаных аэотопонов, развитых на территориях: 1) с положительными температурами; 2) с сезонным промерзанием грунтов и 3) с многолетнемёрзлыми песчаными породами.

Эдафотопы песчаные в пределах рассматриваемых типов ЭГС песчаных могут быть в той или иной степени развиты (как, например, на аллювиальных или флювиогляциальных литотопах песчаных), а могут и отсутствовать (как, например, в пустынях).

Что касается биотопов песчаных, то их состав определяется всем комплексом вышеперечисленных факторов и подсистем, составляющих ЭГС. Среди них можно выделить два основных типа: сухопутные и подводные, а среди последних - пресноводные и солоноводные (морские). В пределах ЭГС песчаных могут формироваться и псаммомикробиоценозы, и псаммофитоценозы, и псаммозооценозы; они могут существовать все вместе, а могут присутствовать и по отдельности – всё зависит от особенностей данной ЭГС песчаной.

Наряду с вышеуказанными типами природных ЭГСП могут быть выделены и их соответствующие техногенные аналоги в зависимости от оказываемых на ЭГСП видов антропогенных воздействий и масштабов искусственного преобразования этих систем.

Таким образом, массивы песчаных грунтов представляют собой сложные и специфические объекты для эколого-геологических исследований, в ходе которых необходимо учитывать их важнейшие эколого-геологические особенности. В результате проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

1. Обоснована структура эколого-геологических систем песчаных (биогеоценозов песчаных).

2. Выделены новые понятия, раскрывающие структуру ЭГС песчаных (псаммофитоценоз, псаммозооценоз, псаммосоциум и др.), и даны их определения.

3. Установлены основные особенности ЭГС песчаных, обуславливающие реализацию экологических функций: ресурсной, геохимической, геодинамической, геофизической.

4. Предложена систематизация типов ЭГС песчаных на основе анализа составляющих их абиотической и биотической подсистем.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-05-00944а.

Список литературы:

1. *Базовые понятия инженерной геологии и экологической геологии. 280 основных терминов* / Под ред. В.Т.Трофимова – М., ОАО Геомаркетинг, 2012, 320 с.
2. *Гаель А.Г., Смирнова Л.Ф.* Пески и песчаные почвы. - М.: ГЕОС, 1999, 252 с.
3. *Королёв В. А., Трофимов В. Т.* История инженерно-геологического изучения песков в СССР и Российской Федерации // Инженерная геология. 2017, № 1. С. 4–19
4. *Манучарова Н.А., Власенко А.Н., Менько Е.В.* Специфика хитинолитического микробного комплекса в почвах, инкубируемых при различных температурах // Микробиология. 2011. Т.80, № 2. С. 219–229.
5. *Теория и методология экологической геологии* / Под ред. В.Т.Трофимова. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997, 368 с.
6. *Трофимов В.Т.* Эколого-геологическая система, её типы и положение в структуре экосистемы. // Вестник Моск. ун-та. Серия 4. Геология. 2009, №2. С.48-52
7. *Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г.* Экологическая геология / Учебник. - М.: ЗАО Геоинформмарк, 2002, 415 с.
8. *Трофимов В.Т., Королев В.А.* Массивы песчаных грунтов как объекты эколого-геологических исследований. // Вестник Московского университета. Сер.4. Геология, 2018, №2, с.59-65
9. *Boehm A.B., Yamahara K.M., Sassoubre L.M.* Diversity and Transport of Microorganisms in Intertidal Sands of the California Coast. // Applied and Environmental Microbiology, 2014, vol. 80 (13), pp. 3943-3951
10. *Guidelines for safe recreational water environments. Vol. 1. Coastal and fresh waters.* - World Health Organization. Geneva, 2003. 220 p.
11. *Kolbel-Boelke J., Anders E.-M., Nehrkom A.* Microbial communities in the saturated groundwater environment. II. Diversity of bacterial communities in a Pleistocene sand aquifer and their *in vitro* activities. // Microb. Ecol., 1988, 16: 31.
12. *Mendes B., Urbano P., Alves C., Lapa N., Norais J., Nascimento J., Oliveira J.F.S.* Sanitary quality of sands from beaches of Azores islands. // Water Science and Technology, 1997, 35(11–12): 147–150.
13. *Nestor I, Costin-Lazar L, Sovrea D, Ionescu N.* Detection of enteroviruses in sea water and beach sand. // Zentralblatt für Bakteriologie, Mikrobiologie und Hygiene Abteilung 1, 1984. 178 (5–6): 527–534.
14. *Roses Codinachs M., Isern Vins A.M., Ferrer Escobar M.D., Fernandez Perez F.* Microbiological contamination of the sand from the Barcelona city beaches. // Revista de Sanidad e Higiene Publica, 1988, 62(5–8): 1537–1544.

ECOLOGICAL-GEOLOGICAL PECULIARITIES OF SAND MASSIVES

Trofimov V.T., Korolev V.A.

Geological Faculty of Moscow State University, Moscow, Russia, e-mail:

trofimov@rector.msu.ru

Annotation: The ecological and geological respect dirt sand stratum is considered as a component of ecological and geological systems or biogeocenoses. The characteristic ecological-geological features of sand massifs are considered. Types and structure of sandy ecological-geological systems are distinguished.

Keywords: sand, sand massif, ecological-geological system, psammophiles, psammophytes, sand lithotope, sandy ecotope, sandy biocenosis

УДК 624.13:502; 504.064

ЭКОЛОГО-ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАССИВОВ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ

Харькина М.А.

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия,
e-mail:kharkina@mail.ru*

Аннотация: представлена характеристика экологических последствий проявления катастрофических, опасных, неблагоприятных и благоприятных геологических процессов массивов песчаных грунтов.

Ключевые слова: пыльные бури, дефляция, опустынивание, выветривание, экологические последствия, растения, население.

1. Массивы песчаных грунтов характеризуются определенным набором экзогенных геологических процессов (ЭГП), пространственная привязка которых на территории России осуществлена на карте [3]. В легенде к карте характерные парагенетические комплексы ЭГП для массивов песчаных грунтов выделены на основе тектонических и геоморфологических структур с учетом природных условий (табл. 1). Природные условия учитывают геокриологические и гидрогеологические характеристики песчаных массивов: избыточное и достаточное увлажнение (а), недостаточное увлажнение (б), распространение сплошной многолетней мерзлоты (в), распространение островной мерзлоты (г). Карта [3] обобщает большой объем информации об ЭГП в массивах песчаных грунтов, позволяет выделить процессы с наибольшей интенсивностью в составе парагенетических комплексов. Однако она не предоставляет никакой информации об экологических последствиях проявления ЭГП, как этого требует экологическая геодинамика.

С эколого-геодинамических позиций по экологическим последствиям геологические (эндогенные и экзогенные) и другие природные процессы подразделяются на четыре группы: катастрофических, опасных, неблагоприятных и благоприятных процессов [6]. *Катастрофические* процессы угрожают жизни,

характеризуются высокой скоростью протекания и неопределенностью момента возникновения. В массивах песчаных грунтов к их числу относят пыльные бури, землетрясения, сели, «быстрые» оползни. *Опасные* процессы тоже угрожают жизни, но их действие растянуто во времени, а иногда сопоставимо с человеческой жизнью.

Таблица 1

Парагенетические комплексы ЭГП в массивах песчаных грунтов на территории России (по материалам [3])

Регионы	Области	Парагенетические комплексы ЭГП в различных природных условиях
Горно-складчатые	Высокогорные	а) дефляция, осыпи, суффозия; в) пучение криогенное многолетнее, криогенное растрескивание, дефляция; г) пучение криогенное сезонное, осыпи, дефляция
	Среднегорные, низкогорные	а) осыпи, дефляция, овражная эрозия, суффозия; в) термоэрозия, наледи, пучение криогенное многолетнее, криогенное растрескивание, дефляция; г) термоэрозия, пучение криогенное сезонное, осыпи, дефляция
Платформенные	Межгорные котловины и предгорные равнины	а) дефляция, овражная эрозия, сели, заболачивание; в) дермоэрозия, наледи, криогенное растрескивание, термокарст, пучение криогенное многолетнее, заболачивание; г) термоэрозия, термокарст, дефляция, заболачивание
	Плоскогорные плато	а) овражная эрозия, осыпи, дефляция; б) осыпи, дефляция; в) термоэрозия, криогенное растрескивание, наледи, пучение криогенное многолетнее, дефляция; г) термоэрозия, пучение криогенное сезонное, дефляция
	Возвышенные равнины	а) заболачивание, овражная эрозия, суффозия, осыпи; б) дефляция, осыпи, суффозия, засоление; в) термоэрозия, термокарст, криогенное растрескивание, криогенное пучение многолетнее, наледи

Низменные равнины	а) Заболачивание, дефляция, суффозия; б) Дефляция, засоление, суффозия, термокарст, наледи, криогенное пучение сезонное, криогенное пучение многолетнее
Крупные речные долины	а) Заболачивание, дефляция, овражная эрозия, оползни; б) Дефляция, оползни, заболачивание; в) Криогенное растрескивание, наледи, термоэрозия, криогенное пучение сезонное

Примечание: типы природных условий (а, б, в, г) описаны в тексте.

Они оказывают непосредственное воздействие (механическое, химическое и др.) на абиотическую составляющую экосистемы и только опосредованно, через ее изменение или разрушение, на флору, живые организмы и человека. В массивах песчаных грунтов к их числу относят дефляцию, опустынивание и эрозию. *Неблагоприятные процессы* снижают комфортность существования биоты и проживания человека, воздействуют на социум опосредованно через нарушение ландшафтов и разрушение сооружений. Эти процессы длительного действия, с продолжительным периодом подготовки, с отдаленными и опосредованными экологическими последствиями как для человека, так и всего живого. В массивах песчаных грунтов к их числу относят все криогенные процессы и заболачивание. *Благоприятные процессы* повышают комфортность проживания социума, определяя качество ресурса геологического пространства, а также способствуют почвообразовательным процессам, определяющим плодородие.

2. Характерным **катастрофическим** процессом для массивов песчаных грунтов являются *пыльные бури*. Пыльные бури представляют собой перенос умеренным и сильным ветром большого количества пыли и песка, сопровождающееся значительным ухудшением видимости. Для образования пыльных бурь необходим ветер, скорость которого не меньше 10 м/с, сравнительно рыхлый слой песчаных грунтов. Особо опасными считают пыльные бури продолжительностью 6 и более часов при скорости ветра 15 м/с и более. В 1972 г. в Волгоградской области отмечалась пыльная буря, продолжавшаяся с 30 апреля по 4 мая (75 ч.). Скорость ветра, особенно в восточных областях достигала 20-28 м/с, а порывов – до 30-35 м/с. Видимость ухудшилась до 500 м, а местами до 50 м [4].

Экологические последствия воздействия пыльных бурь сводятся: к засыпанию выхода из помещений в результате образования

наносов песка высотой до 2 м, к засыпанию песком селений, одиноких путников, животных или караванов в пустыне, к различным заболеваниям в результате удущья, к разносу опасных паразитов, которые могут являться причиной тяжелых заболеваний.

В России пыльные бури наносят колоссальный материальный ущерб сельскому хозяйству. За последние 30-40 лет мощность гумусового плодородного слоя российских черноземов уменьшилась на 10-15 см. При этом уменьшилось и содержание гумуса на треть. Такое снижение естественного плодородия почв соответствует недобору зерна в среднем по 10 ц с гектара [1].

3. Яркими представителями **опасных** процессов для массивов песчаных грунтов являются дефляция и опустынивание. *Дефляция* происходит, за счет захвата и переноса песчаных частиц. Частицы перемещаются по земной поверхности скачками. Сначала в движение вовлекаются свободные лежащие на поверхности частицы-агрегаты. Сильно ударяясь о землю, они постепенно распадаются на все более мелкие частицы, их составляющие, пока не превратятся в пыль, которая поднимается ветром в атмосферу и переносится на большие, измеряемые сотнями и тысячами километров, расстояния. В результате этого процесса песчаные массивы теряют существенную часть своего профиля. В Карачаево-Черкессии на отдельных участках только в 1969-1970 гг. дефляцией был снесен слой песчаной почвы до 70 см, а в среднем мощность почвенного профиля сократилась на 26 см [5]. В отдельных районах Северного Кавказа средние многолетние потери песчаных почв достигают 100-150 т в год с гектара.

Опустыниванием называется деградация земель в засушливых регионах в результате действия различных факторов, включая изменение климата и деятельность человека. Причины опустынивания подразделяются на природные и антропогенные. Наиболее важными природными факторами аридизации являются: засушливость климата, малый поверхностный сток, поверхностное или неглубокое засоление почв, разреженная растительность с низкой биологической продуктивностью. Среди техногенных причин опустынивания следует назвать нерациональную хозяйственную деятельность человека. И.С. Зонн [2] проанализировал зависимость эколого-геодинамического состояния территории Калмыкии от формы хозяйствования: в дореволюционный период при отгонно-кочевом животноводстве сохранялось устойчивое развитие и воспроизводство пастбищ. Сезонная смена пастбищ (зимние пастбища располагались в Калмыкии, а летом они не использовались, отдыхали и набирали силу), особая порода мясошерстных курдючных овец с плоскими копытами позволяли

сохранить пастбища. Замена кочевого на оседлый образ жизни населения привела к замене курдючных овец на тонкорунные с резким увеличением численности.

Экологические последствия опустынивания связаны с заменой природных экосистем массивами перевеваемых песков и солончаков, с упрощенными пастбищными фитоценозами. Происходит ограничение видового разнообразия, разрушение структуры фитоценозов, которое сопровождается снижением биологической активности и уменьшением устойчивости экосистем. Известно, что процесс опустынивания Аральского региона повлек за собой увеличение заболеваемости населения. Регион имеет самые высокие показатели детской смертности.

4. Типичными представителями **неблагоприятных** процессов для массивов песчаных грунтов является набор геокриологических процессов, включая термоэрозию, пучение, термокарст, суффозию, криогенное растрескивание, наледи, курумы и др. Как правило, эти процессы снижают комфортность проживания в связи с неравномерными осадками и снижением сроков службы зданий. Так, в связи с криогенными явлениями срок службы зданий в Воркуте составляет всего 10-30 лет. Некоторые криогенные процессы создают благоприятные условия для хозяйственной деятельности: наледи являются источниками пресной воды, курумы располагают запасами строительного камня, спущенные термокарстовые озера используются под сенокосы. Однако позитивные последствия проявления геокриологических процессов встречаются редко.

5. Представителями **благоприятных** процессов для массивов песчаных грунтов является выветривание и аккумуляция в дельтах крупных рек. Под *выветриванием* понимается процесс изменения и разрушения минералов и горных пород поверхностных горизонтов земной коры под действием физических, химических и органических агентов. С экологических позиций выветривание подготавливает материал для формирования почв. Формирование почв начинается в поверхностных слоях горных пород. На рыхлых осадочных породах уже через 100 лет формируются почвы, заметно дифференцированные на горизонты. Уровень почвенного плодородия коррелируется с составом почвообразующей породы. Известно, что при выветривании песков формируются почвы с низким уровнем плодородия.

Аккумуляция – накопление на поверхности суши или дне водного бассейна минеральных веществ и органических остатков. Аккумуляция приводит к увеличению ресурса геологического пространства за счет увеличения площади суши. Наносами крупных рек

сложены дельты и целые аллювиальные равнины. Аккумуляция наносов в дельтах создает особые природные условия для существования биоты. Нередко там создают заповедники. Например, в дельте Волги в 1919 г. создан Астраханский биосферный заповедник, где сохраняются и исследуются аazonальные дельтовые природные комплексы с доминированием водной растительности.

Список литературы:

1. *Алексеевко В.А., Алексеевко Л.П.* Биосфера и жизнедеятельность. М.: Логос. 2002. 212 с.
2. *Зонн И.С.* Республика Калмыкия – Хальмг Тангч – Европейский регион экологической напряженности / Биота и природная среда Калмыкии. Москва-Элиста, 1995. С. 6-18.
3. Карта экзогенных геологических процессов России масштаба 1:2500 000 / Под ред. А.И. Шеко. М., 2000.
4. Кобышева Н.В. Климат России. СПб: Гидрометеиздат, 2001. 655 с.
5. Природные опасности России. Т. 3: Экзогенные геологические процессы / Под ред. В.М. Кутепова, А.И. Шеко. М.: КРУК, 2002. 348 с.
6. *Трофимов В.Т., Харьковина М.А., Григорьева И.Ю.* Экологическая геодинамика. М.: КДУ, 2008. 473 с.

ECOLOGICAL-GEODYNAMIC CHARACTERISTICS OF SANDY SOIL MASSIFS

Kharkina M.A.

Lomonosov Moscow State University, Russia, e-mail:kharkina@mail.ru

Annotation: the characteristic of ecological consequences of development of catastrophic, dangerous, unfavorable and favorable geological processes of sandy soil massifs is presented.

Keywords: dust storms, wind erosion, desertisation, weathering, ecological consequences, plants, population

Секция 6. ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕЛИОРАЦИЯ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ

УДК 624.138.24

БИОСИЛИКАТИЗАЦИЯ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ

Королев В.А.¹, Сычев А.А.²

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,
e-mail: va-korolev@bk.ru¹; vihron2@yandex.ru²

Аннотация: рассмотрен и описан новый метод силикатизации – биосиликатизация, основанный на использовании уробактерий *Sporosarcina pasteurii*, выполняющих роль генератора «отвердителя» для жидкого стекла. Оценено влияние биосиликатизации песка на его деформационные и прочностные свойства.

Ключевые слова: биосиликатизация, уробактерии, *Sporosarcina pasteurii*, закрепление грунтов, песчаные грунты.

Биосиликатизация – новый метод силикатизации дисперсных грунтов с использованием силиката натрия ($\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{SiO}_2$) и раствора, содержащего уробактерии – палочку Пастера (*Sporosarcina pasteurii*), выполняющих роль поставщика аммиака и углекислого газа, выступающих в качестве «отвердителя». Питательным веществом для уробактерий служит мочеви́на (карбамида).

Бактерии *Sporosarcina pasteurii* (рис.1) содержатся практически во всех дисперсных грунтах, но обычно их содержание в них весьма мало.

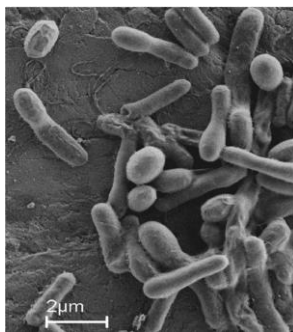


Рис. 1. Палочка Пастера (*Sporosarcina pasteurii*) в грунте [4]

Если же создать для них определенную питательную среду (добавить достаточное количество мочевины), то они начнут её перерабатывать, выделяя углекислый газ и аммиак, согласно реакциям:



Образующийся гидроксид аммония повышает щелочность порового раствора, поэтому активность жизнедеятельности бактерий можно легко оценить по замерам pH – чем pH больше, тем выше активность метаболизма [1].

Возможность переработки мочевины данной бактерией объясняется наличием в ней фермента – уреазы. Именно он катализирует расщепление мочевины [1]. *Sporosarcina pasteurii* гидролизует около 85% мочевины, находящейся в растворе, но также продуцирует гораздо меньше аммиака, чем чистая уреазы. Этот результат можно объяснить частичным поглощением аммиака бактериями в качестве источника азота для их роста [5]. Микроорганизмы, проявляющие уреазную активность, обнаружены в микробных комплексах многих грунтов, в том числе, плевунных песках, которые чаще всего и являются объектом закрепления [3].

Для исследований по биосиликатизации был выбран обычный кварцевый среднезернистый аллювиальный песок из долины реки Москвы. Он состоял на 90-95% из кварца, на 3-5% из полевых шпатов и 2-5% микроклина. Коэффициент неоднородности данного песка равен 2,8 по Хазену, а коэффициент отсортированности 5,8 по Фадееву [2]. Физические свойства песка представлены в табл.1.

Таблица 1

Физические свойства песка

Показатель	Сложение	
	Рыхлое	Плотное
Плотность тв. частиц, г/см ³	2,65	
Плотность скелета, г/см ³	1,53	1,79
Пористость, %	42	33
Коэф. пористости, д.ед.	0,72	0,49
Полная влагоёмкость, %	27	18

Используя раствор уробактерий с первоначальной концентрацией карбамида в нем 11 г/л, нами были приготовлены 10 растворов с концентрациями карбамида C_k равными 1, 2, 5, 11, 17, 24,

31, 36, 42, 48 г/л. Пробы помещались в пластмассовые стаканчики и закрывались герметично крышкой для предотвращения испарения, и оставались в температурных условиях лаборатории при 24°C.

В приготовленных образцах измерялись их рН в течении 312 часов. На основе этого отбирались образцы с наиболее высокими показателями рН (9,12-9,19) – это образцы с концентрациями $C_k = 5, 11, 24, 36$ и 42 г/л карбамида, и смешивались с жидким стеклом, так чтобы плотность получившегося закрепляющего раствора была равна 1,13 г/см³. Закрепляющий раствор смешивался с песком, и смесь укладывалась в стаканчики в плотном сложении. Также, в качестве контрольных были приготовлены образцы с закрепляющим раствором из воды и жидкого стекла, т.е. без бактерий ($C_k = 0$). Стаканчики с закрепленным грунтом ставили в эксикатор с водой д. Затем образцы подвергались испытаниям на одноосное сжатие для определения их физико-механических свойств: деформационных и прочностных.

В результате твердения биосиликатизированные образцы уже через сутки становились прочными, тогда как образец без раствора уробактерий (при $C_k = 0$) вообще не закреплялся. По полученным графикам зависимостей относительной вертикальной деформации от напряжения сжатия выяснилось, что разрушение всех биосиликатизированных образцов хрупко-пластичное. Их модуль общей деформации (рис. 2) растет при увеличении концентрации карбамида (C_k).

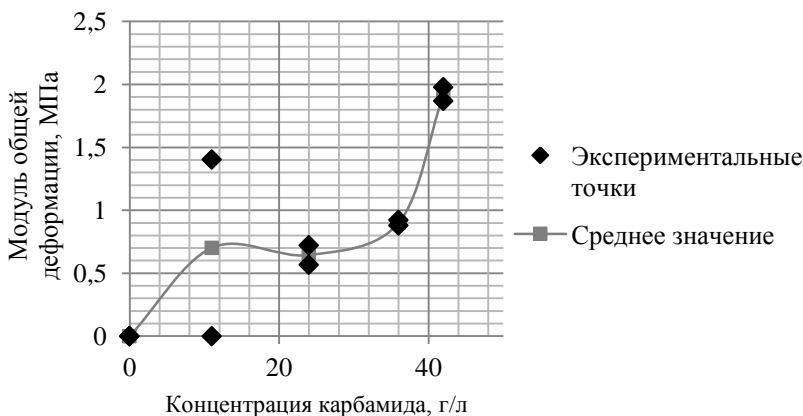


Рис. 2. Зависимость модуля общей деформации закрепленного песка от концентрации карбамида в растворе (C_k)

Аналогичная зависимость установлена и для прочности биосиликатизированных образцов. Максимальное временное сопротивление одноосному сжатию отмечено для образцов с концентрацией карбамида $C_k=42$ г/л (рис.3)

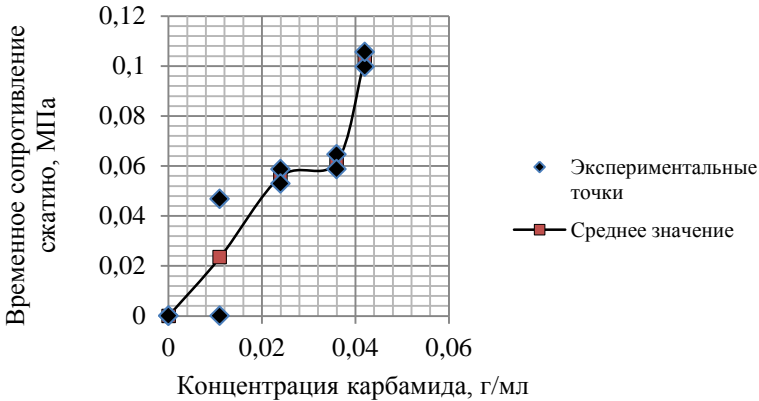


Рис. 3. Зависимость временного сопротивления сжатию закрепленного песка от концентрации карбамида в растворе (C_k)

Таким образом, рассмотренный способ биосиликатизации песка показал, что он может найти применение в современной технической мелиорации для закрепления грунтов. Продукты метаболизма уробактерий *Sporosarcina pasteurii* выполняют роль отвердителя при биосиликатизации.

Список литературы:

1. Гиззатова Г.Л., Шупаева Т.А. Уреаза – ключевой фермент биодеградации мочевины. – Межд. исследовательский журнал 2016, №3 (45), часть 3, март. С. 88-90.
2. Грунтоведение / Под ред. В.Т.Трофимова, – М.: Изд-во МГУ, 2005. - 1024 с.
3. Курманбаев А.А., Нагметова Г.Ж. и др., Выделение уреолитических бактерий, перспективных для микробиологического осаждения – Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, Москва, 2017. - 53-57 с.
4. Alchetron, 2018. [Электронный ресурс] <https://alchetron.com/Sporosarcina-pasteurii>
5. Macherone A., Ranganathan N., Patel B. Bacillus Pasteurii: A Small Microbe with Huge Potential – New York: Journal of the American Society of Nephrology, 13 Sept 2002.

BIOSILICIZATION OF SAND SOILS

Korolev V.A.¹, Sychev A.A.²

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, e-mail: va-korolev@bk.ru¹;
vihron2@yandex.ru²*

Annotation: A new method of silicization is described as biosilicization, based on the use of urobacteria *Sporosarcina pasteurii*, which act as a generator of "hardener" for liquid glass. The influence of sand biosilicization on its deformation and strength properties is estimated.

Keywords: biosilicization, urobacteria, *Sporosarcina pasteurii*, strengthening of soils, sandy soils.

УДК 624.138.24

ВЛИЯНИЕ ХИМИКО-МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ УКРЕПЛЕНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Ларионова Н.А.

*Московский государственный университет, Москва, Россия,
e-mail: nin.larionowa@yandex.ru*

Аннотация. В работе рассмотрена возможность использования химических методов для укрепления насыпных песчаных грунтов, обеспечивающих повышение их прочности и ликвидацию деформаций сооружений. Подчеркнуто влияние органических веществ и карбонатов на эффективность использования химических методов для укрепления насыпных грунтов. Органические вещества, присутствующие в грунтах, негативно влияют на качество их укрепления. Они способствуют ограничению процесса взаимодействия активных компонентов грунтов с вяжущими и формированию прочных связей с формирующимися гелями. Замедленный процесс твердения грунтов сопровождается снижением их прочности.

Ключевые слова: метод силикатизации и смолизации, укрепление песчаных грунтов, ликвидация деформации сооружений, прочность.

В различных видах строительства часто возникает необходимость улучшения свойств песчаных грунтов – повышения их прочности и несущей способности, снижения сжимаемости и фильтрационной способности. Для решения этих задач разработаны и широко применяются физико-химические методы технической мелиорации. Выбор метода, область и эффективность его применения базируется на учете состава и состояния грунтов, инженерно-геологических и гидрогеологических условий строительства. При определении оптимального способа химического укрепления грунтов

проводится технико-экономический анализ с учетом конструктивных особенностей сооружений и условий их эксплуатации.

При выборе способа искусственного укрепления песчаных грунтов необходимо учитывать их химико-минеральный состав и свойства, которые играют решающую роль не только в процессе химического укрепления, но зачастую ограничивают или исключают возможность его использования при решении конкретных задач. Так, например, для грунтов с низкой фильтрационной способностью ограничивается применение метода инъекционной цементации и двухрастворной силикатизации. Существуют определенные ограничения по использованию метода смолизации для укрепления песчаных грунтов. Он рекомендован для грунтов, содержащих глинистых частиц <2,0%, карбонатов <3,0% и органических веществ не более 2,0%. Для повышения эффективности укрепления грунтов предусматривается их предварительная обработка растворами кислот (HCl или H₂C₂O₄).

Для устранения неравномерных осадок и предотвращения деформаций сооружений, построенных на насыпных грунтах, возникает необходимость использования химических методов для их укрепления. В частности такие проблемы возникают при реставрации архитектурных памятников, возведенных на насыпных грунтах, отличающихся неоднородным составом и содержащих большое количество включений, в том числе неразложившихся органических веществ и карбонатов. Процесс осадки грунтов оснований часто сопровождается образованием многочисленных пустот под подошвой фундамента.

Для усиления основания архитектурного памятника (Москва) закреплялись насыпные грунты культурного слоя. Насыпная толща грунта представлена неоднородной смесью песка с включением строительного мусора, извести, речного ила и древесной щепы различной степени разложения. Присутствие строительного мусора и извести определяет карбонатно-кальциевый характер насыпного грунта. Влажность грунта составляла 9-14%, пористость – 38-41%, коэффициент фильтрации в массиве изменялся от 0,1 до 3,0 м/сут. Содержание органических веществ достигало 15-30%. Осадки фундамента вызваны неравномерным уплотнением грунта в результате разложения органических веществ. Для ликвидации осадок фундаментов использовались методы химического закрепления насыпного грунта: метод однорастворной силикатизации с отвердителем H₂SiF₆; смолизации на основе резорцин-формальдегидной

смолы РФ-12 с отвердителем формальдегидом и хром-лигнинный раствор на основе ССБ с отвердителем $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (табл. 1).

Таблица 1

Изменение прочности насыпного грунта, укрепленного различными инъекционными растворами [4]

Наименование грунта	Состав инъекционного раствора	$\sigma_{сж.}$, МПа
Грунт насыпной с содержанием органических веществ менее 15%	Одноразовая силикатизация с H_2SiF_6	1,83-0,76
	Смолизация с РФ-12 и формальдегидом	1,98-0,89
Грунт насыпной с содержанием органических веществ до 30%	Одноразовая силикатизация с H_2SiF_6	0,77-0,48
	Смолизация с РФ-12 и формальдегидом	1,04-0,46
	ССБ с $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	0,71-0,52

Инъекции растворов в грунт проводились через стенки подкопа под защитой прижимной плиты. Полученные результаты показали, что использованные растворы способствуют повышению прочности грунтов и ликвидации деформации сооружения. Гумусовые перегнойные вещества, содержащиеся в грунте, оказывают негативное влияние на его упрочнение. Их воздействие возрастает по мере увеличения кислотности, что связано с изменением количественного и качественного соотношения состава органических кислот. Возможно, это вызывает определенные изменения в составе инъекционных растворов, что способствует снижению прочности грунта.

Наличие значительного количества органических веществ в песчаных грунтах, залегающих под фундаментами памятника архитектуры на территории Московского кремля, определило возможность применения метода одноразовой силикатизации с H_2SiF_6 для их укрепления. Грунты отличались неоднородным составом и низкой проницаемостью. Под фундаментами стен из укрепленного грунта создана плита мощностью от 2,0 до 7,0 м. Общий объем укрепления составил около 13000 м³. Прочность укрепленных грунтов достигала 0,8-1,0 МПа, при этом устранены неравномерные осадки фундаментов, не превышающие 1,0 мм в год [2].

Отмечено негативное влияние органических веществ на эффективность укрепления насыпных песчаных грунтов методом газовой силикатизации. Насыпные грунты, отобранные в основании

архитектурного памятника, отличались повышенным содержанием карбонатов (15,6-27,8%) и органических веществ (4,37-15,38%). Их коэффициент фильтрации в нарушенном сложении составлял 0,2-1,5 м/сут. Грунты в лабораторных условиях закреплены силикатом натрия плотностью 1,27 г/см³ и СО₂. Прочность образцов изменялась в пределах 0,80-1,00 МПа (табл. 2).

Таблица 2

Значения прочности грунтов (МПа),
укрепленных методом газовой силикатизацией [1]

K _ф , м/сут.	CaCO ₃ , %	C _{орг.} , %	Среда хранения образцов			
			воздушно-влажная		водная	
			7 сут.	14 сут.	7 сут.	14 сут.
0,85	18,00	15,38	1,00	0,90	0,80	0,75
0,53	15,60	15,14	1,00	0,60	0,75	0,80
0,21	27,80	11,38	1,10	1,10	1,00	0,95
1,48	25,20	4,37	0,80	0,80	0,60	0,75
0,53	27,10	10,03	1,00	1,00	0,85	0,85

Прямой зависимости показателей прочности укрепленных грунтов от количества органических веществ не выявлено. Определенную положительную роль в процессе укрепления грунтов играют карбонаты, которые несколько нивелируют негативное влияние органики, и прочность образцов с увеличением их содержания достигает 1,0-1,10 МПа. Это обусловлено частичной растворимостью карбонатов в присутствии СО₂ с образованием Са(НСО₃)₂, который вступает в реакцию с кремневокислым гелем с формированием дополнительного количества известково-кремнеземистых соединений, упрочняющих грунт. Но гумусовые пленки на частицах грунта, в том числе и на карбонатах, тормозят развитие этого процесса.

Исследованиями установлено, что присутствие даже незначительного количества органических веществ в составе пленок на поверхности песчаных частиц оказывает влияние на процесс укрепления грунтов методом газовой силикатизации. Низкая прочность укрепленных песков с органическими пленками обусловлена частичным их растворением и переходом органического вещества в состав кремневокислого геля. Тонкие гумусовые пленки экранируют частицы песка и препятствуют закреплению геля на поверхности песчаных зерен [1].

Практикой строительства установлено, что наиболее рациональный способ химического закрепления определяют в

зависимости от фильтрационной способности грунтов, количества содержащихся в них карбонатов и органических веществ, в том числе различной степени их разложения. При коэффициентах фильтрации от 20 до 80 м/сут с незначительным содержанием органических веществ рекомендуется двухрастворный способ силикатизации [3].

Насыпные грунты с коэффициентом фильтрации 2-20 м/сут., с содержанием неразложившихся органических веществ до 30% закрепляют однорастворным способом силикатизации с применением H_2SiF_6 . В процессе их взаимодействия в грунте выделяется NaF, являющимся эффективным антисептиком, предотвращающим микробиологическое разложение органических остатков. Предварительная обработка грунта раствором H_2SiF_6 обеспечивает повышение прочности до 1,0 МПа.

Насыпные грунты с коэффициентом фильтрации от 0,1 до 2,0 м/сут., содержащие органические вещества и карбонаты, могут закрепляться растворами карбамидной смолы с предварительной их обработкой 2-4%-ным раствором $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$. Присутствующий в растворе смолы формальдегид, является хорошим антисептиком, способным предотвратить гумификацию неразложившейся органической части в грунте [3].

Список литературы:

1. *Воронкевич С.Д., Евдокимова Л.А.* Газовая силикатизация песчаных пород. – М.: Издательство Московского университета, 1974. – 150 с.
2. *Ржаницын Б.А.* Химическое закрепление грунтов в строительстве. – М.: Стройиздат, 1986. – 264 с.
3. *Соколович В.Е.* Химическое закрепление грунтов. – М.: Стройиздат, 1980. – 119 с.
4. *Соколович В.Е., Ибрагимов М.Н., Курденков Л.И. и др.* Химическое закрепление насыпных грунтов, содержащих органические вещества//Материалы VIII Всесоюзного совещания “Закрепление и уплотнение грунтов в строительстве”. – Киев.: Издательство “Будівельник”, 1974. – 215-218 с.

INFLUENCE OF THE CHEMICAL-MINERAL COMPOSITION OF SAND PRIMES ON THE EFFECTIVENESS OF THEIR STRENGTHENING BY PHYSICO-CHEMICAL METHODS

Larionova N.A.

Moscow State University, Moscow, Russia, e-mail: nin.larionowa@yandex.ru

Annotation. The paper considers the possibility of using chemical methods to strengthen loose sandy soils, which ensure their strength and deformations of structures. The influence of organic substances and carbonates on the efficiency of the use of chemical methods for strengthening bulk soils is emphasized. The organic substances present in the soils have a negative effect on

the quality of their strengthening. They contribute to limiting the process of interaction of active components of soils with binders and the formation of strong bonds with the forming gels. The slow process of hardening of soils is accompanied by a decrease in their strength.

Key words: method of silicification and resinization, strengthening of sandy soils; elimination of deformation of structures, strength.

УДК 624.138.24

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ

Ларionova Н.А.

*Московский государственный университет, Москва, Россия,
e-mail: nin.larionowa@yandex.ru*

Аннотация. В работе представлены составы инъекционных растворов для укрепления песчаных грунтов на основе лигносульфонатов и их технологические показатели. Приведен механизм перевода раствора ССБ в водонерастворимое состояние с использованием комплексных отвердителей. Отмечено влияние особенностей состава инъекционных растворов и песчаных грунтов на эффективность их укрепления.

Ключевые слова: лигносульфонат, гелеобразование, вязкость, прочность укрепленных песчаных грунтов, водонепроницаемость.

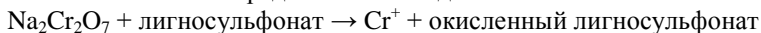
Учитывая большие объемы образующихся промышленных отходов, у нас в стране и за рубежом уделялось большое внимание разработкам по их утилизации. Многие специалисты рассматривают их в качестве вторичного минерального сырья. Особенности состава некоторых промышленных отходов определяют возможность их использования в производстве строительных материалов.

К числу таких отходов относятся технические лигнины, образующиеся в целлюлозно-бумажной промышленности. Выход лигнина в виде сульфитных щелоков составляет 30-38% от исходного сырья. При биохимической обработке древесины лигнин сульфидируется и переходит в варочный раствор в виде солей лигносульфоновых кислот – лигносульфонатов. Они представляют собой природное высокомолекулярное вещество со сложной структурой. При соответствующей их обработке получают продукт под названием сульфитно-спиртовая барда (ССБ). Ее широко используют в качестве добавок при производстве строительных материалов (растворы, бетоны) для улучшения их свойств. Однако процент ее использования незначителен.

В ряде организаций исследовалась возможность использования ССБ в качестве вяжущего для укрепления грунтов. Определялись

показатели свойств исходных лигносульфонатов и факторов, влияющих на их изменения. Установлено, что вязкость ССБ зависит от: концентрации сухих веществ; температуры; вида и валентности катионов, входящих в ее состав.

Концентрат ССБ для стабилизации грунтов может применяться только при переводе его в водонерастворимое состояние. Отверждение лигносульфонатов происходит с использованием сильных окислителей, чаще всего в присутствии $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. При этом образуется гель – твердое водонерастворимое вещество, способное удерживать большое количество воды. Химическая реакция бардяного концентрата и бихромата натрия основана на способности иона хрома образовывать с органическими соединениями прочные внутрикомплексные соединения. Бихромат натрия окисляет лигнин с образованием иона хрома. Реакция окисления может быть представлена в виде:

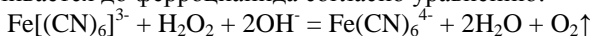


В присутствии окислителя в результате протекающих химических процессов повышается вязкость раствора, в дальнейшем достигается предел текучести, и раствор переходит в гель. При укреплении грунтов растворами ССБ с использованием отвердителя $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в результате окисления ион хрома не полностью вступает в реакцию взаимодействия с раствором сульфитно-спиртовой барды. Не прореагировавшая часть шестивалентного хрома выделяется из системы, способствуя загрязнению поверхностных и подземных вод. Вынос выщелачиваемого хрома может достигать 15% в зависимости от количества отвердителя, введенного в раствор ССБ, и состава грунта. Наибольшее его количество выщелачивается из чистого геля. За первые сутки вынос хрома составляет 11%, а за 7 суток выдерживания в воде – 1,66%. В меньшем количестве Cr^{6+} выщелачивается в воду из закрепленного карбонатного песка. За первые сутки вынос хрома не превышает 5,3%, а за 5 суток количество хрома, поступающего в контактирующий раствор, снижается до 0,36% [2, 3].

Для повышения степени полимеризации геля и его прочности, более полного связывания хрома, отверждение ССБ проводилось раствором $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ($\gamma=1,207 \text{ г/см}^3$) в сочетании с раствором FeCl_3 ($\gamma=1,085-1,13 \text{ г/см}^3$). Установлено, что время гелеобразования раствора зависит от концентрации ССБ, компонентов комплексного отвердителя и их объемного соотношения. Увеличение концентрации ССБ и FeCl_3 , а также количества добавляемого комплексного отвердителя способствует уменьшению времени гелеобразования от 90 до 15 минут. При этом вязкость растворов изменяется во времени. Интенсивность ее увеличения зависит от концентрации ССБ и хлорного железа при одних

и тех же объемных соотношениях реагирующих веществ (ССБ, $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и FeCl_3 как 75:25:6) [3].

Учитывая, что полную нейтрализацию хрома путем использования комплексного отвердителя не удалось осуществить, на кафедре инженерной и экологической геологии МГУ разработан состав инъекционного раствора, не выделяющий побочных и токсичных веществ. Для отверждения лигносульфонатов (ССБ) использовалась смесь красной кровяной соли $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ и перекиси водорода (H_2O_2). Феррицианид калия под влиянием перекиси водорода восстанавливается до ферроцианида согласно уравнению:



При взаимодействии перекиси водорода с ССБ происходит окисление лигносульфонатов. В присутствии H_2O_2 реагент $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (ККС) восстанавливается до калия железистосинеродистого, что исключает поступление токсичных продуктов в окружающую среду. Водный раствор КБЖ с добавкой красной кровяной соли сохраняется длительное время без изменений свойств. И только при введении перекиси водорода происходит отверждение смеси и переход в гелеобразное состояние. Время гелеобразования смеси зависит от количества добавок $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ и H_2O_2 [1, 3]. Оптимальный состав инъекционного раствора состоял из смеси компонентов: раствор ССБ плотностью $1,135 \text{ г/см}^3$ – 100 мл + $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ – 2,0 г и H_2O_2 – 4,0 мл. Вязкость раствора составляла 4-5 спз, и во времени отмечалось сравнительно небольшое ее увеличение.

Лабораторными и полевыми исследованиями установлено, что эффективность укрепления хром- и ферролигнинными растворами, при прочих равных условиях, определяется: концентрацией основного вяжущего (ССБ); составом и свойствами песчаных грунтов, в частности, их дисперсностью и влажностью. С повышением концентрации раствора ССБ прочность укрепленных грунтов возрастает. Она повышается с увеличением сроков твердения. К 28 суткам ее показатели в 2,5-3,0 раза выше, по сравнению с суточными образцами.

Наименьшими показателями прочности отличались грунты, укрепленные гелеобразующими растворами на основе ССБ низкой концентрации ($\gamma=1,10 \text{ г/см}^3$). Эта зависимость отмечалась и при инъекционном укреплении аллювиального бескарбонатного песка в полевых условиях (обр. 3), для которого прочность на ранних сроках твердения не превышала 0,2-0,4 МПа. Присутствующие в массиве песка ожелезненные прослои отличались достаточно высокой прочностью – 1,2-1,7 МПа.

На примере мелкозернистого карбонатного песка (6,5% CaCO₃) (обр. 1) подчеркивается влияние концентрации вяжущего (ССБ) на эффективность его укрепления. При обработке песка растворами на основе ССБ плотностью 1,10 г/см³ на ранних сроках твердения (1 сутки) прочность не превышает 0,4-0,5 МПа (табл.1).

Таблица 1

Изменение прочности песчаных грунтов,
укрепленных лигнин-содержащими растворами

Концентрация сульфитно-спиртовой барды	Характеристика песчаного грунта	$\sigma_{сж}$, МПа
ССБ ($\gamma=1,10$ г/см ³)*	1. Песок мелкий; $K_{\phi}=1,7$ м/сут.	0,4-0,5
ССБ ($\gamma=1,135$ г/см ³)*	2. Песок мелкий; $K_{\phi}=5-6$ м/сут.	0,8-1,5
ССБ ($\gamma=1,10$ г/см ³)**	1. Песок мелкий; $K_{\phi}=1,7$ м/сут.	0,4-0,5
ССБ ($\gamma=1,135$ г/см ³)**	1. Песок мелкий; $K_{\phi}=1,7$ м/сут.	5,0-6,0
ССБ ($\gamma=1,10$ г/см ³)**	3. Песок мелкий; $K_{\phi}=4-5$ м/сут.	0,2-0,4
ССБ ($\gamma=1,135$ г/см ³)**	4. Песок средний; $K_{\phi}=17$ м/сут.	2,0-4,0

Примечание: * – хромлигниновый раствор; ** – ферролигниновый раствор; номера соответствуют образцам исследованных песков

Присутствующие карбонаты (обр. 1) не только не осложняют процесс твердения укрепленных грунтов, а улучшают их адсорбционную способность к раствору лигносульфонатов.

При использовании инъекционных растворов с повышенной концентрацией ССБ ($\gamma=1,135$ г/см³) прочность укрепленных песков увеличивается, достигая 1,5-6,0 МПа, в зависимости от их состава. При укреплении среднезернистого люберецкого песка (обр. 4) через сутки после закрепления в полевых условиях прочность составляла 2,0-4,0 МПа.

Установлено, что присутствие органических веществ не препятствует использованию данных растворов для укрепления грунтов. Наличие карбонатов и ожелезненность грунтов способствуют повышению эффективности их укрепления, прочность при этом увеличивается в 1,5-2 раза. Грунты, укрепленные гелеобразующими растворами на основе ССБ, отличаются водонепроницаемостью. При градиентах напора 20-25 укрепленный песок практически водонепроницаем. При увеличении градиента напора до 100 и более коэффициент фильтрации несколько возрастает. Люберецкий песок с

коэффициентом фильтрации 17 м/сут., укрепленный раствором ССБ ($\gamma=1,135 \text{ г/см}^3$) с комплексным отвердителем, не фильтрует при градиенте напора равным 100, а при градиенте равным 200 его коэффициент фильтрации достигает $3,7 \cdot 10^{-3} \text{ м/сут}$ [1].

Таким образом, установлено что лигносульфонаты (ССБ) с отвердителями могут использоваться для укрепления грунтов. Эффективность и качество укрепления зависят от активного взаимодействия инъекционных растворов с грунтами; их дисперсности и влажности; концентрации основного вяжущего (ССБ); количества и концентрации компонентов, входящих в состав комплексного отвердителя. Разработанные составы инъекционных растворов могут быть отнесены к тампонажным, которые при укреплении песчаных грунтов повышают их прочность и обеспечивают водонепроницаемость.

Список литературы:

1. *Воронкевич С.Д., Евдокимова Л.А., Ларионова Н.А.* Новый тампонажный раствор на основе лигносульфоната кальция (ССБ)//Материалы IX Всесоюзного научно-технического совещания “Закрепление и уплотнение грунтов в строительстве”. – М.: Стройиздат, 1978. – 82-85 с.
2. *Ларионова Н.А.* Разработка способов снижения количества выщелачиваемого хрома при укреплении грунтов хромлигниновым раствором//Материалы Всероссийской научно-практической конференции “Современные проблемы гидрогеологии и геоэкологии Урала и сопредельных территорий”. – Екатеринбург.: УГГУ, 2011. – 11-14 с.
3. *Ларионова Н.А.* Использование промышленных отходов в качестве вторичного минерального сырья для получения строительных материалов с заданными свойствами. – М.: ГеоИнфо, 2017. – 500 с.

USE OF LIGNOSULFONATES FOR STRENGTHENING SANDING SOILS

Larionova N.A.

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

e-mail: nin.larionowa@yandex.ru

Annotation. In the present work, the compositions of injection solutions for strengthening sandy soils based on lignosulfonates and their technological parameters are presented. The mechanism of transferring the solution of the PRB to a water-insoluble state using complex hardeners is given. The influence of the composition of injection solutions and sandy soils on the effectiveness of their strengthening was noted.

Key words: lignosulfonate, gelling, viscosity, strength of fortified sandy soils, water resistance.

УКРЕПЛЕНИЕ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ МЕТОДОМ СМОЛИЗАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Ларионова Н.А.

Московский государственный университет, Москва, Россия,

e-mail: nin.larionowa@yandex.ru

Аннотация. В работе отмечена эффективность использования метода смолизации для укрепления песчаных грунтов в строительных целях. Он нашел широкое применение для устранения или предупреждения деформаций зданий и сооружений, в том числе в сложных инженерно-геологических условиях. Подчеркнуто влияние состава и состояния грунтов на качество их укрепления методом смолизации. Укрепленные грунты отличаются высокой прочностью и устойчивостью к воздействию агрессивных сред.

Ключевые слова: метод смолизации, укрепление песчаных грунтов; предупреждение деформации зданий, агрессивные среды

Для различных видов строительства возникает необходимость улучшения свойств песчаных грунтов. Для этих целей разработаны и широко применяются физико-химические методы укрепления грунтов. Необходимость и целесообразность их привлечения обусловлены разнообразными, сложными и нередко неблагоприятными инженерно-геологическими условиями строительства и эксплуатации ответственных сооружений. Для инъекционного укрепления грунтов основными критериями выбора рационального способа являются их состав и свойства, а также конструктивные требования, предъявляемые к закрепленным грунтам. Среди известных способов искусственного улучшения свойств грунтов в различных видах строительства активно использовался метод смолизации.

В отечественной практике наибольшее применение среди других видов синтетических смол нашли мочевиноформальдегидные (карбамидные) смолы в сочетании с кислыми отвердителями. Метод применим для песчаных грунтов с K_{ϕ} от 0,5 до 50 м/сут. Он пригоден для укрепления песков с содержанием глинистых частиц от 1,0 до 3,0% и карбонатов до 3,0%.

Сущность метода состоит в нагнетании в грунт под давлением смеси растворов смолы и отвердителя (HCl , $H_2C_2O_4$, NH_4Cl). Этот метод нашел применение в фундаментостроении, в метростроении, при проходке шахт и тоннелей. Способ смолизации широко использовался для усиления оснований зданий и сооружений с целью устранения или

предупреждения проявляющихся деформаций на достаточно ответственных объектах (табл. 1).

Таблица 1
Некоторые примеры укрепления песчаных грунтов методом смолизации

Объект	K_{ϕ} , м/сут	V , м ³	$\sigma_{сж}$, МПа
Усиление основания зданий и предотвращение деформации			
Консерватория (г. Москва) [4]	0,4-18,0	5500	9,0
Театр им. С.М. Кирова (С.-Петербург) [4]	Водонас. 0,5-1,5	700	1,8-2,9
Новолипецкий металлургический завод [1]	Водонас. 1,0-6,0	1000	2,6-4,0
В метростроении			
Создание свода из закрепленного грунта для безосадочной проходки выработки [2]	9,5-12,0	2000	1,2-1,5
Станции “Беговая”, “Улица 1905 года” (г. Москва) [2]	3,5-9,5	2000	2,2-3,5
В шахтном строительстве			
Шахта “Быстрианская” (Ростовская обл.) [3]	Водонас. 2,5-3,0	400	2,0

Деформации зданий и сооружений проявлялись в результате снижения несущей способности грунтов оснований, при их реконструкции или надстройке, увеличения дополнительной нагрузки при установке на предприятиях тяжелого оборудования. Достаточно часто укреплению подвергались водонасыщенные пески. В таких случаях возникают определенные технологические сложности ведения инъекционных работ. Кроме того, повышенная влажность грунтов способствует разбавлению инъекционного раствора и, соответственно, снижению прочности закрепления.

В метростроении этот метод широко использовался для укрепления грунтов в основаниях зданий и сооружений, расположенных вблизи строительства трассы метрополитена в целях защиты от неравномерных осадок; при проходке котлованов для сооружения вестибюлей, подземных переходов, отдельных участков тоннелей при строительстве метро открытым и закрытым способами; защиты

подземных коммуникаций от дополнительных осадок; при устройстве анкеров, раскрепляющих боковые стенки котлованов под тоннели, сооружаемые открытым способом [2].

Известны примеры применения метода смолизации при создании над щитом свода из закрепленного грунта для безосадочной проходки выработки. При проходке коллектора р. Неглинки грунт закреплялся из забоя с веерным расположением инъекторов в верхней части выработки. Мощность свода составляла 0,5 м, а прочность укрепленного грунта – 1,2-1,5 МПа. Это обеспечило устойчивость грунта кровли при разработке и креплении забоя шандорами [2].

Лабораторными исследованиями и практикой строительства установлено, что грунты, укрепленные методом смолизации, отличаются высокими прочностными показателями (5,0-7,0 МПа), при этом существенно снижается их водопроницаемость. Качество закрепления зависит от концентрации, вида и количества отвердителя и в значительной степени от состава, свойств и состояния песчаных грунтов. С увеличением концентрации карбамидной смолы увеличивается прочность укрепленных грунтов, но возрастает вязкость раствора, в связи с чем, уменьшается радиус его распространения.

Прочность укрепленного грунта возрастает с увеличением концентрации и количества отвердителя в инъекционном растворе. Но при этом уменьшается время гелеобразования раствора, что вызывает определенные технологические сложности при его инъекции, особенно для грунтов с низкой фильтрационной способностью. Наиболее высокая прочность достигается при использовании 10%-ной соляной кислоты. Однако в целях безопасности производства работ обычно применяют 5% концентрацию HCl.

Эффективность смолизации в значительной степени определяется составом и свойствами песчаных грунтов, а также характером взаимодействия смолы с их твердой фазой. Увеличение дисперсности грунтов способствует усилению адгезионных связей в системе “песок–смола”, так как при этом увеличивается не только общая поверхность, но и число контактов в единице объема. Таким образом, мелкозернистые пески имеют большее количество активных центров по сравнению с крупнозернистыми разностями. Дисперсность грунтов определяет их водопроницаемость. С ее увеличением уменьшается коэффициент фильтрации песчаного грунта, радиус закрепления и расход раствора на инъекцию.

Влияние минерального состава песков на прочность закрепления определяется различием в адсорбционной и энергетической способности минералов. Полярные молекулы смолы по-разному

взаимодействуют с минеральной поверхностью, что проявляется в изменении смачивания смолой различных минералов и ее адсорбции на минеральных порошках. Наибольшим сродством к молекулам смолы обладает кальцит. Карбонаты лучше адсорбируют молекулы смолы. Но, с другой стороны они активно взаимодействуют с кислыми отвердителями. В присутствии HCl в качестве отвердителя карбонаты реагируют с кислотой с выделением CO₂, создавая противодавление. В результате их взаимодействия снижается концентрация кислоты, тем самым, замедляется процесс поликонденсации и полимеризации инъекционных растворов. Поэтому при использовании карбамидных смол для упрочнения карбонатных грунтов рекомендуется их предварительная обработка соляной или щавелевой кислотой. Пески, содержащие 3-4% глинистых частиц, также обрабатывают 5% HCl или 3-5% H₂C₂O₄ в объеме инъекционного раствора. При предварительной обработке карбонатных грунтов H₂C₂O₄ на поверхности карбонатов образуется пленка в виде CaC₂O₄, предохраняющая их от дальнейшего разрушения. Наряду с этим, предварительная обработка грунтов растворами HCl или H₂C₂O₄ создает кислую среду в массиве, что способствует улучшению процесса полимеризации смолы. В песках с сильно развитой аутигенной пленкой их влияние на физико-химические процессы взаимодействия будут определяться составом поверхностной пленки.

Укрепленные грунты методом смолизации отличаются устойчивостью к воздействию агрессивных сред. Испытания на долговечность укрепленных карбамидной смолой песков, проведенные в течение 6 лет, позволили отметить, что в растворах с pH в пределах 3-13 образцы отличались устойчивостью и не корродировали. Если учесть, что pH природных вод находится в пределах 6-8, можно считать закрепленный грунт практически долговечным. Грунт, закрепленный карбамидной смолой, морозостоек. Снижение прочности образцов после 15 циклов замораживания-оттаивания находилось в допустимых пределах.

Метод смолизации нашел применение в шахтном строительстве. Главный и вспомогательный наклонные стволы разведочно-эксплуатационной шахты “Быстрианская №1-2” проходится с помощью щитового комплекса ЩН-1х с креплением тюбинговой крепью по закрепленным обводненным пескам методом смолизации. Для повышения качества работ проведено опережающее химическое закрепление грунтов из забоя по трассе наклонного вспомогательного, а затем и главного ствола. При их проходке применялась карбамидная смола марки КФЖ-М с отвердителем – 10% H₂C₂O₄. Для качественного

укрепления мелко- и среднезернистых глауконитовых песков проведена их предварительная обработка 10% $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$. Мощность оболочки из закрепленного грунта вокруг наклонного ствола составляла 1,0 м, а его прочность достигала 2,0 МПа [3].

Таким образом, метод смолизации активно использовался в различных видах строительства, обеспечивая песчаным грунтам высокую прочность, водостойкость, морозостойкость и устойчивость к воздействию агрессивных сред. Он эффективен при стабилизации неравномерных осадок аварийных зданий и сооружений, особенно в условиях плотной городской застройки. Наряду с этим его применение существенно снижает сроки строительства.

Список литературы:

1. Блескина Н.А., Федоров Б.С. Глубинное закрепление грунтов синтетическими смолами. – М.: Стройиздат, 1980. – 148 с.
2. Дорман Я.А. Специальные способы работ при строительстве метрополитенов. – М.: Транспорт, 1981. – 303 с.
3. Зуев С.С., Маковецкий О.А. Закрепление неустойчивых грунтов методом смолизации главного и вспомогательного стволов при строительстве угольной шахты в Ростовской области// “Маркшейдерия и Недропользование” – <http://geomar.ru>.
4. Ржаницын Б.А. Химическое закрепление грунтов в строительстве. – М.: Стройиздат, 1986. – 264 с.

STRENGTHENING SANDING SOILS METHOD OF CONSOLIDATION IN CONSTRUCTION

Larionova N.A.

Moscow State University, Moscow, Russia, e-mail: nin.larionowa@yandex.ru

Annotation. The effectiveness of the use of the method of resinization for strengthening sandy soils for construction purposes was noted in the work. It has found wide application for eliminating or preventing deformations of buildings and structures, including in complex engineering-geological conditions. The effect of the composition and condition of soils on the quality of their consolidation by the method of resinization is stressed. Strengthened soils are highly resistant and resistant to aggressive environments.

Key words: method of resinization, strengthening of sandy soils; prevention of deformation of buildings, aggressive environments.

ЗАКРЕПЛЕНИЕ ПЕСЧАНЫХ МАССИВОВ БИТУМАМИ И БИТУМНЫМИ ЭМУЛЬСИЯМИ

Родькина И.А.¹, Самарин Е.Н.²

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, России, e-mail: ¹irina-rodkina2007@yandex.ru; ²samarinen@mail.ru

Аннотация: В статье рассматриваются различные способы и методы закрепления песчаных грунтов битумами и битумными эмульсиями. Приведено краткое описание битумов и эмульсий на их основе и причины распада эмульсии. Рассмотрены методики применения как холодной, так и горячей битумизации.

Ключевые слова: битумы, битумные эмульсии, гидрофобизация, дорожное строительство, песчаные грунты.

С давних времен для изменения свойств грунтов, с целью повышения их прочности и уменьшения коэффициента фильтрации используются битумы и битумные эмульсии. Одно из наиболее древних упоминаний об инъекции битума принадлежит Иосифу Флавию и относится к строительству Вавилонской башни. В конце 19-ого столетия битум с успехом использовался для восстановительных работ на дамбах и устранения водопритокков в тоннелях в Швейцарии и Франции. Есть упоминания, что в Голландии, Бельгии, Франции и Германии в начале 20-ого века битум в виде расплава инъецировался между крепью и горной породой в глубоких шахтах. Несколько позднее битумизация была осуществлена в Северной Америке – при сооружении дамбы Lower Baker в окрестностях Сизтла [10]. Именно в это время были получены первые патенты на инъекционное оборудование, позволяющее нагнетать расплавы при поддержании постоянного прогрева скважины, хотя сам метод горячей битумизации был запатентован несколько позже [9]. В Советском Союзе горячая битумизация начала использоваться на постоянной основе в 50-60-е годы XX столетия преимущественно в шахтном строительстве. Основные принципы и методологические особенности инъекционного использования расплавов битума были разработаны Шрейбером Б.П. [4].

Песчаные грунты представляют собой достаточно сложный объект мелиорации. При выборе способа закрепления песчаного массива необходимо учитывать огромное количество различных факторов: состав, зернистость, форма зерен, строение песчаных толщ (слоистость, плотность сложения), структурные связи между частицами (в частности цементационные связи), поверхностные пленки (по

составу, по прочности связи, по качеству пленки), наличие и состав примесей, и многое другое [3].

По происхождению битумы делятся на природные и искусственные. Природные битумы встречаются в чистом виде или содержатся в асфальтовых горных породах. В зависимости от того, из какого сырья получают искусственные битумы, они делятся на нефтяные и сланцевые. По химическому составу битумы представляют собой смесь различных углеводородов и их неметаллических производных – кислородных, сернистых и азотистых. От состава битума зависят и его физико-механические свойства. Чем больше масел в битуме, тем меньше его вязкость. Растяжимость битумов повышается с увеличением содержания в них смол. Парафинистые битумы более чувствительны к изменениям температуры, наличие парафина увеличивает гидрофобность битума[3].

Эмульсиями называются коллоидно-дисперсные системы, в которых одна жидкость в виде мельчайших капелек размером от 1 до 10 мкм диспергирована в другой жидкости, не смешиваясь с ней. Такими несмешивающимися жидкостями в подавляющем числе случаев являются битум и вода. В эмульсиях содержание битума составляет 50-65 %. Вещество, находящееся в раздробленном состоянии называется дисперсной фазой, а жидкость, в которой взвешены капли дисперсной фазы – дисперсионной средой. Так как устойчивость эмульсии зависит от величины поверхностного натяжения на границе дисперсной фазы и дисперсионной среды, то для получения устойчивых битумных эмульсий вводят эмульгаторы, понижающие поверхностное натяжение. В качестве эмульгаторов применяют поверхностно-активные, катионогенные и анионогенные водорастворимые вещества. Эмульсии с анионоактивными эмульгаторами называют щелочными, с катионоактивными – кислыми. В качестве анионогенных эмульгаторов применяют мыла: щелочные соли жирных нефтяных, сульфонафтенных, смоляных и других органических кислот, сульфитно-спиртовую барду и др. В качестве кислых эмульгаторов применяют катионогенные мыла, которые по своей природе являются производными четвертичнозамещенного аммония и солями аминов [1, 12, 3].

В зависимости от свойств эмульгатора и содержания битума можно приготовить эмульсии двух типов: прямые (эмульсии битума в воде) и обратные (эмульсии воды в битуме). Распад эмульсии при взаимодействии с минеральным материалом грунта происходит вследствие нарушения равновесия коллоидной системы. При этом

выделяется вода и капельки битума сливаются, образуя сплошную пленку [1,3, 7].

В качестве возможных причин распада битумной эмульсии Аскалонов В.В.[1] называет:

- изменение температуры при нагревании или охлаждении;
- изменение концентрации эмульсии: при разбавлении водой происходит понижение концентрации эмульгатора, а при потере воды – уменьшается прослойка дисперсионной среды между частицами битума;
- изменение концентрации эмульгатора вследствие адсорбции на минеральных компонентах;
- изменение поверхностного натяжения в системе путем введения коагулянтов;
- разложение эмульгатора путем введения септических веществ, культуры бактерий и т.д.

В качестве коагулянта битумной эмульсии могут служить:

- сильные электролиты, например, CaCl_2 , CaSO_4 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ [1,13];
- амины с высокой молекулярной массой;
- гидролизующиеся эфиры - формиат- или этилацетат и т.д. [1,13];
- тонкодисперсные минеральные вещества [13];
- гидроксиды алюминия, железа или олова [13];
- органические вещества, такие как гуминовые кислоты, желатин, латекс [13].

Количество коагулянта незначительно и составляет доли процента от общего объема эмульсии. Растворы электролитов вызывают мгновенную коагуляцию эмульсии, а в случае использования сложных эфиров жирных кислот распад битумной эмульсии происходит постепенно, что позволяет использовать однорастворную технологию [1, 7]. С.Сaron [8], а также Н.Сommer & R.L.Griffin [11] использовали в качестве коагулянта жидкое стекло и водорастворимые органические смолы, которые увеличивают жесткость закрепленного грунта, так что образцы, обработанные эмульсией, способны выдерживать гидростатическое давление до 100 Па.

Укрепление песчаных массивов введением битумом имеет целью гидрофобизацию грунтов и является одним из способов технического изменения физико-механических свойств грунтов для инженерного их использования (пример строительство Каховской и Минчеганской ГЭС).

Битумные материалы обладают способностью склеивать грунтовые частицы и при известной вязкости делают грунты практически водонепроницаемыми.

Вязущий эффект в обработанных подобными материалами грунтах является во-первых следствием тех поверхностных явлений, которые происходят на границе участвующих в системе фаз (грунтовая частица-мицелла и вяжущее), во-вторых он обуславливается образованием между грунтовыми частицами и их агрегатами тонких пленок из вяжущего вещества. Последние обладают свойствами клея, работающего по принципу тонких прослоек, сжатых жесткими поверхностями [5].

Введения битума в грунт может быть осуществлено при нагреве грунта и битума свыше 100° (горячий способ), причем вода в смеси отсутствует, и взаимодействие грунта и вяжущего происходит без воды [2].

Наибольшее распространение получил холодный способ введения в грунт битума – без подогрева составляющих, или с нагревом лишь битума, однако не выше $80-90^{\circ}$. При этом способе взаимодействие грунта и битума происходит в присутствии воды [2].

Прочность грунта при укреплении грунта и битума повышается за счет повышения внутреннего сцепления, а стабилизация прочности обеспечивается повышением водостойчивости его путем гидрофобизации. Обязательным условием для формирования прочной и водостойчивой структуры битумогрунта является его уплотнение при соответствующей влажности [2].

А.Н. Адамович выделил пределы применимости инъекционного закрепления для полускальных и скальных грунтов в зависимости от их удельного водопоглощения, так для грунтов с удельным водопоглощением от 0,01 до 0,5 л/мин рекомендуется использовать тампонирующее битумными эмульсиями, для грунтов с удельным водопоглощением от 0,5 до 100 л/мин применяется горячая битуминизация [3].

Укрепление грунтов для целей дорожного строительства имеет целью повысить внутреннее сопротивление сдвигу, обеспечивающее их достаточную прочность, и ограничить изменение прочности в годовом сезоне под действием погодно-климатических факторов лишь узкими пределами (построено огромное количество легких дорог на юге бывшего СССР). Обеспечение достаточной прочности, т.е. обеспечение сохранения показателей механических свойств, тесно связано с обеспечением водостойчивости, под которой следует понимать сопротивление грунта более или менее существенному изменению

влажности и в особенности водонасыщению. Поскольку изменение содержания воды как наиболее подвижной фазы в грунте в наибольшей степени изменяет механическую прочность грунта, то основные мероприятия по обеспечению достаточной и более или менее постоянной прочности грунта направляются на его водоустойчивость. Одним из таких свойств является повышение гидрофобных свойств грунта введением битума[2].

Следует отметить, что закрепление несвязанных песчаных грунтов в их естественном состоянии битумом не эффективно, поскольку оно не создает связанного прочного материала. Для укрепления этих грунтов применение указанного вяжущего возможно при внесении в них значительного количества гранулометрических добавок [6].

Таким образом, можно выделить два направления взаимодействия битумов и битумных эмульсий с песчаными массивами: это нагнетание битума внутрь массива с целью гидрофобизации и розлив по поверхности массива для дорожного строительства. Первое направление активно применялось при гидротехническом строительстве (основание платин, дамб и т.д.), второе направление применялось при строительстве автомобильных дорог и дорожных оснований в центральной, а в основном в южной части нашей страны. Совокупность этих направлений рекомендовалось применять при строительстве полигонов ТБО (ложе и борта чаши полигона), что зафиксировано в нормативных документах.

Список литературы:

1. *Аскалонов В.В.* Классификация способов закрепления грунтов. //«Труды совещания по теоретическим основам технической мелиорации грунтов». М., МГУ. 1961. С.41-44.
2. *Бируля А.К.* Теоретические основы укрепления грунтов битумами и дегтями //«Труды совещания по теоретическим основам технической мелиорации грунтов». М., МГУ. 1961. С.62-69.
3. *Воронкевич С.Д.* Основы технической мелиорации грунтов. М., «Научный мир». 2005, 504 С.
4. *Шрейбер Б.П.* Битумизация в подземном строительстве. М. «Недра». 1964. 180 С.
5. *Филатов М.М.* Стабилизация дорожных грунтов прогревом, солями, битуминозными, дегтевыми и другими материалами. //«Стабилизация грунтов». П/р. М.А.Меликяна. М. Изд-ние ГУШОСДОРА. 1938. С. 5-33.
6. *Ястребова Л.Н.* Опытнo-теоретические исследования применения битумов для укрепления грунтов //«Труды совещания по теоретическим основам технической мелиорации грунтов». М., МГУ. 1961. С.250-258.
7. *Bell F.G.* Engineering Treatment of Soils. Durban. E & FN Spon. 1993. 299 P.
8. *Caron C.* Procédé de rupture des emulsions bitumineuses ou analogues et applications, notamment en injection pour étancher ou consolider des sols perméables ou autres masses poreuses. //F.P. 1,051,782. February 23, 1952

9. *Christians G.W.* Apparatus for sealing crevices in rock formations or the like. //U.S.P. 1,820347. August 25, 1931.
10. *Naudts A., Hooy S.* Hot bitumen Grouting: The antidote for catastrophic inflows. //“Grouting and Ground Treatment”. Edited by L.F.Johnsen, D.A.Bruce, M.J.Byle. Proceeding of the Third International Conference. ASCE. GSP № 120. 2003. V.2. P.1293-1304.
11. *Sommer H.J., Griffin R.L.* Asphalt Emulsions. //U.S.P. 2,706,688. April 19, 1955
12. *Tallard G.R., Caron C.* Chemical Grouts for Soils. Volume 1. Available Materials. /Report No. FHWA-RD-77-5. 1977. 233 P.
13. *Van Hulst J.* Process for Solidifying Earth. //U.S.P. 2,075,244. March 30, 1937.

THE FIXATION OF SAND MASSIF WITH BITUMENS AND BITUMEN EMULSIONS

Rodkina I.A.¹, Samarin E.N.²

Moscow state University, Moscow, Russia, e-mail: ¹irina-rodkina2007@yandex.ru;
²samarinen@mail.ru

Abstract: the article deals with various methods and techniques for fixing sandy soils with bitumen and bitumen emulsions. Brief description of bitumens and emulsions based on them and the reasons for the collapse of the emulsion. The techniques of applying both cold and hot bituminaria.

Key words: bitumen, bitumen emulsions, hydrophobization, road construction, sandy soils.

УДК 624.138.24

ЗАКРЕПЛЕНИЕ МАССИВОВ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ СУСПЕНЗИОННЫМИ РАСТВОРАМИ

Самарин Н.Н.¹, Родькина И.А.², Кравченко Н.С.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, России, e-mail: ¹samarinen@mail.ru; ²irina-rodkina2007@yandex.ru

Аннотация: В статье рассматриваются различные методы инъекционного закрепления песчаных грунтов суспензионными растворами. Определены пределы использования цементных, глино-цементных и глино-силикатных растворов для инъекционного доуплотнения песчаных грунтов. Показаны перспективы применения ультрадисперсных цементов и коллоидного кремнезема для инъекционной обработки мелких песков.

Ключевые слова: портландцемент, цементные суспензии, водоцементное отношение, ультрадисперсные цементы, суспензии коллоидного кремнезема, песчаные грунты.

Инъекционное закрепление (тампонирование) песчаных грунтов суспензионными растворами (цемента, битума глины) имеет в практике довольно ограниченное применение. Прежде всего это обусловлено невысокой инъекционной проницаемостью таких растворов, вследствие чего они наиболее эффективны для грунтов с

эффективным размером капилляров более 150 мкм и Кф от 50 до 100 м/сут. Инъекция указанных суспензий, если и возможна для грунтов с несколько меньшей проницаемостью, однако она малоэффективна вследствие быстрого отфильтровывания более крупных частиц инъецируемых суспензий вблизи инъекционной скважины [Аскалонов, 1961]. Тем не менее при гидротехническом строительстве или гражданском подземном строительстве весьма часто приходится улучшать качество массивов, сложенных аллювиальными раздельно зернистыми грунтами различной дисперсности.

Для расширения пределов применимости таких растворов традиционно использовался вибродомол, который позволяет получить фракции вяжущего около 5-50 мкм. Было показано, что при сухом вибродомоле ординарного портландцемента в течение 1 часа содержание фракции менее 10 мкм увеличивается до 85 %. Цементные суспензии с В/Ц 1-2, приготовленные на молотых цементах, можно эффективно применять (радиус закрепления составляет 180 см) для среднезернистых песков с коэффициентом фильтрации 70-90 м/сут. Прочность зацементированного песка на 28-е сутки достигала 50-76 кг/см², а коэффициент фильтрации снизился в 80-1800 раз [2].

Применение вибродомола цемента значительно улучшает физико-химические свойства рабочих инъекционных растворов: повышается их плотность, пластичность и нерасслаиваемость [3].

Исследования, проведенные Б.Ф.Рельтовым и А.Н.Адамовичем во ВНИИГ им. Б.Е.Веденева, позволили выявить эффективные границы применения суспензионных растворов для инъекционной обработки песчаных грунтов. Так, для закрепления крупнозернистых песков с коэффициентом фильтрации более 100 м/сутки возможно применение глино-цементных растворов на ординарных портландцементах без дополнительного их измельчения. При коэффициентах фильтрации песков от 50 до 100 м/сутки рекомендуется измельчение цемента в вибромельницах до удельной поверхности 6000-8000 см²/г и применение обычных глин. Процентное содержание материалов в рабочем растворе может изменяться от 50:50 до 25:75 (цемент : глина – в расчете на сухой вес) в зависимости от свойств закрепляемого грунта. Для среднезернистых песков с Кф от 30 до 50 м/сутки требуется сухое измельчение цемента в вибромельницах до удельной поверхности 8000-10000 см²/г и применение «жирных» глин. В всех случаях важным критерием, характеризующим возможность осуществления инъекции, является безразмерный показатель [6]:

$$n = \frac{D_{17}}{D_{85}} \geq 8 \div 10,$$

где D_{17} – размер частиц грунта, определяющих содержание фракции в количестве 17 % по весу; D_{85} – размер частиц инъецируемого материала, содержание которых составляет 85 % по весу. Необходимо отметить, что в отечественной практике в последнее время наиболее часто используется критерий $n = \frac{D_{15}}{D_{85}} > 11 \div 24$ [9], а в зарубежной – критерий Кинга-Буша $n = \frac{D_{10}}{D_{95}} > 8 \div 10$ [10] или критерий Ф.Мора – диаметр частиц клинкера должен быть в 5,46 раз меньше частиц песка.

Для уплотнения среднезернистых песков целесообразно применение глино-силикатных растворов состава: на 100 кг глины добавляется от 0,5 до 1,0 л жидкого натрового стекла (38^0 Боме) и до 100 л воды, а также глино-фосфатных и глино-цементно-фосфатных растворов, с ортофосфатом и пиррофосфатом натрия в качестве пептизаторов [6]. Чрезвычайно перспективными оказались глино-силикатные рецептуры, предложенные Е.В.Степановой (1964) и В.Ф.Деминым (1964) с алюминатом натрия в качестве отвердителя для песков с коэффициентом фильтрации 10-50 м/сутки [7].

Цементно-глинистые суспензионные растворы с $B/T = 1,5-2/2-3$ были успешно применены в практике Ленметростроя для повышения водонепроницаемости песчаных грунтов с коэффициентом фильтрации до 150 м/сутки вокруг подземной станции «Автово» и эскалаторного туннеля станции «Площадь Ильича» [1].

Весьма перспективным прежде всего в экономическом аспекте является частичная замена тампонажных цементов на доменные шлаки, хвосты обогащения железных руд КМА и другие промышленные отходы при условии их 5-10 минутного сухого вибродомола. Опыты показали, что в случае при $B/C = 0,35$ даже 70 % замена клинкера на указанные материалы приводит к уменьшению прочности цементного камня с 22,0-24,0 МПа до 16,0-18,0 МПа в двухнедельном возрасте [5].

Глинистые суспензии представляли интерес прежде всего в связи с кольматацией песков при строительстве ирригационных сетей и каналов различного назначения. Многочисленными исследованиями, проводившимися во ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева (Б.Ф.Рельтов) и МГУ им.М.В.Ломоносова (М.М.Филатов, Г.А.Куприна, Е.М.Сергеев) было установлено, что эффективность такой обработки песчаных грунтов зависит как от состава и свойств глинистых суспензий, так и от состава и свойств кольматируемых песков [6].

Полномасштабные полевые опыты были выполнены Р.С.Зиангировым по трассе канала Иртыш – Караганда. Исследования проводились на грубо-, средне- и мелкозернистых кварцевых песках с небольшим содержанием полевых шпатов. Кольматирующий раствор 0,5-2,5 % концентрации готовился из аральской и чиликтинской глин гидрослюдистого состава с примесью монтмориллонита и органического вещества соответственно. Наибольший эффект – насыщение на глубину от 20-30 до 60 см отмечен для грубо- и среднезернистого песка. Водопроницаемость закольматированного грубозернистого песка снижается до 0,03-8,3 м/сутки при расходе глины 20-80 кг/м², среднезернистых песков – до 0,03-1,2 м/сутки при расходе глины 8-70 кг/м² мелкозернистых песков – до 0,03-1,6 м/сутки, а суффозионная устойчивость всех песков обнаруживалась на уровне гидравлических градиентов 10-15 [7].

С введением в практику ультрадисперсных цементам возможности инъекционной обработки песков цементными суспензиями значительно увеличились. Так, в отечественной строительной индустрии наиболее широко известен «Микродур» («Dyckerhoff AG», Германия) с удельной поверхностью 12000-22000 см²/г, который выпускается в четырех модификациях: «X» – D₉₅ < 6,0 мкм, «U» – D₉₅ < 9,5 мкм, «F» – D₉₅ < 16,0 мкм и «S» - стабилизированный диспергантами. Такие цементы рекомендовано использовать для инъекционного доуплотнения песков с коэффициентами фильтрации от 1 до 10 м/сутки. Рекомендуемые В/Ц – 3-5, радиус закрепления – от 0,3 до 0,7 м, а прочность заинъекцированного песка на раздавливание – от 1,5 до 23 МПа в зависимости от значения В/Ц и проницаемости песков [9].

С конца 90-х годов прошлого столетия в качестве инъекционного материала начал использоваться коллоидный кремнезем. Этот материал представляет собой суспензию наночастиц кремнезема - размер частиц SiO₂ не превышает 40 нм, преимущественно составляя 10-20 нм – в слабощелочном растворе, стабилизированную ПАВ. Валовое содержание SiO₂ может составлять 15-57 %. Наиболее часто используется для снижения разжижаемости песков при динамическом воздействии, а также для уменьшения водопроницаемости массивов средне- и мелкозернистых песчаных грунтов.

Для инъекционного закрепления песков различной дисперсности – от крупнозернистого до пылеватого – нами был использован коллоидный кремнеземом марки MEYCO MP 320, концентрация SiO₂ - 40±1%, рН – 9,5-9,8, плотность (при 20°С) – 1,3

г/см³, вязкость (при 20°C) - ~10 сП, поверхностное натяжение – 0,030 Н/м. В качестве отвердителя применялся 10 % раствор хлорида натрия, который смешивался с коллоидным кремнеземом непосредственно перед инъекцией. Концентрация солевой добавки определялась экспериментально и составила 18 % от объема суспензии кремнезема. Инъекция производилась в трубки диаметром 2 см и длиной 30 см, где были сформованы образцы песка при плотности скелета 1,50-1,55 г/см³. Давление инъекции составило 1,5-2 атм. В результате твердения в поровом пространстве песка кремнегеля остаточная пористость для мелкозернистых и пылеватых песков не превышает 6-8 %, а прочность сразу после схватывания составляет 1,30-3,42 кг/см², увеличиваясь до 4,8-8,5 кг/см² через 30 суток старения в воздушно-влажной среде. Для крупно- и среднезернистых песков эффект инъекционной обработки коллоидным кремнеземом существенно меньше [8].

Таким образом, суспензионные растворы неорганических вяжущих используются в настоящее время, позволяет охватить широкий спектр песчаных грунтов: от грубозернистых до пылеватых, - и эффективно управлять их водопроницаемостью и прочностными свойствами.

Список литературы:

1. *Адамович А.И., Паранян Л.И., Белоликов В.Н.* Применение цементно-глинистых растворов с пластифицирующими добавками для противодиффузионной защиты в туннелях Ленметростроя. / Материалы совещания по закреплению и уплотнению грунтов. Под ред. Г.М.Петренко. Киев: Акад. стр-ва и арх-ры. 1962. С. 158-160.
2. *Арабаджян И.Р.* Закрепление песчаных водонасыщенных грунтов цементными растворами с применением вибробомбы и активации цемента. / Труды совещания по теоретическим основам технической мелиорации грунтов. Под ред. Е.М.Сергеева. М.: МГУ. 1961. С.167-171.
3. *Арабаджян И.Р.* Исследование свойств инъекционных растворов на вибродомолотых цементах, применяемых для закрепления песчаных грунтов. / Материалы совещания по закреплению и уплотнению грунтов. Под ред. Г.М.Петренко. Киев: Акад. стр-ва и арх-ры. 1962. С.164-169.
4. *Аскалонов В.В.* Классификация способов закрепления грунтов. / Труды совещания по теоретическим основам технической мелиорации грунтов. Под ред. Е.М.Сергеева. М.: МГУ. 1961. С.41-44.
5. *Грасс И.П., Ракин П.В.* Укрепление грунтов заменителями тампонажных цементов из местных стройматериалов и отходов производства. / Материалы совещания по закреплению и уплотнению грунтов. Под ред. Г.М.Петренко. Киев: Акад. стр-ва и арх-ры. 1962. С. 192-194.
6. *Рельтов Б.Ф., Адамович А.И.* Основные итоги и перспективы исследований и практического применения различных способов укрепления и уплотнения грунтов в гидротехническом строительстве. / Материалы совещания по закреплению и уплотнению грунтов. Под ред. Г.М.Петренко. Киев: Акад. стр-ва и арх-ры. 1962. С. 12-27.

7. Рельтов Б.Ф., Адамович А.Н. Вопросы теории и практики возведения противofильтрационных завес и экранов гидротехнических сооружений. / Материалы совещания по закреплению и уплотнению грунтов. Под ред. И.М.Буачидзе. Тбилиси: Грузинский политехнический институт. 1964. С. 355-367.
8. Самарин Е.Н., Попова А.М., Чернов М.С. Закрепление песчаных грунтов растворами коллоидного кремнезема. // Геотехника. 2015. № 5. С. 32-39.
9. СТО 17466563-001-2011 Рекомендации по инъекционному закреплению грунтов с применением особо тонкодисперсного минерального вяжущего (ОТДВ) «Микродур». М.: НИИОСП. 2011. 37 с.
10. Техническая мелиорация пород. Под ред. С.Д.Воронкевича. М.: МГУ. 1981. 342 с.

SAND ARRAYS GROUTING BY SUSPENSION SOLUTIONS

Samarin E.N.¹, Rodkina I.A.²

*Moscow State University, Moscow, Russia, e-mail: ¹samarinen@mail.ru,
²irina-rodkina2007@yandex.ru*

Annotation: The paper deal with various methods of sand grouting by suspension solutions. The limits of the use of cement, clay-cement and clay-silicate suspensions for injection of sandy soils were determined. The prospects of application of ultra-fine cement and colloidal silica for injecting processing fine sands.

Keywords: portland cement, cement suspensions, water-cement ratio, ultrafine cement, colloidal silica suspensions, sandy soils

Авторский указатель

- Аверин И.В. - 136
Аверкина Т.И. – 67,71,76
Александров С.А. - 213
Андреева Т.В. – 80,85
Антонова И.А. - 213
Артамонова Н.Б. – 10
Бабенко В.А. - 151
Балькова С.Д. – 47,53,90
Барькина О.С. - 129
Башкина В.П. - 123
Бершов А.В. - 26
Блудушкина Л.Б. – 15,31
Васильчук Ю.К. – 15
Галай Б.Б. - 156
Галай Б.Ф. - 156
Галай О.Б. - 156
Галанин А.А. – 95
Галезник О.И. – 160
Галкин А.Н. – 160, 164
Гвоздева И.П. – 129
Григорьева И.Ю. - 218
Гуман О.М. - 213
Гурова А.А. - 168
Дмитриев В.В. – 20
Дургалян М.Г. – 26
Завалей В.А. – 192,229
Зеркаль О.В. – 129,136
Исаев В.С. - 168
Исаков В.А. - 151
Като Ю. – 47
Климова И.В. – 95
Кондюрина Т.А. - 140
Королев В.А. –
9,31,37,58,223,233,251
Кравченко Н.С. - 275
Красилова Н.С. - 117
Кузнецов Р.А. – 90
Ларионова Н.А. –
255,260,265
Ларкина М.А. – 37
Макаров А.Б. – 213
Макаров С.А. - 112
Миронюк С.Г. - 101
Николаева С.К. – 26,187
Никонова И.В. – 145
Новосельцев А.В. – 173
Огородникова Е.Н. – 177
Ольховатенко В.Е. - 182
Павлова М.Р. – 95
Павловский А.И. - 164
Петров Н.Ф. – 145
Проворова Е.С. - 187
Родькина И.А. – 42,270,275
Романюха О.В. - 151
Рощина Т.К. - 140
Рубцова М.Н. – 108
Рященко Т.Г. – 112
Сабурова Н.Е. – 192,229
Самарин Е.Н. –
42,47,129,136,270,275
Скавинская Н.Ю. – 197
Станис Е.В. – 197
Сычѳв А.А. - 251
Трофимов В.Т. –
9,63,76,117,233
Усупаев Ш.Э. - 201
Фуникова В.В. – 151
Харькина М.А. - 245
Худаярова А.Б. – 47,53,90
Чернов М.С. - 90

Чжан Шэнжун – 58
Шапошников Г.И. - 95

Шешенин С.В. – 10
Шмелёва С.С. - 20

Научное издание

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ И ЭКОЛОГО-
ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЕСКОВ И
ПЕСЧАНЫХ МАССИВОВ**

Труды Международной научной конференции (27-28 сентября
2018 г., МГУ, Москва, Россия) / Под редакцией В.Т.Трофиморва
и В.А.Королева

Оригинал-макет, компьютерная верстка и оформление: Королев В.А.

Подписано в печать: 7.06.2018 г.
Формат 62x94 1/16. Бумага офсет №1, 80 г/м
Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 15. Тираж 300 экз.
Заказ № 76699

Отпечатано в типографии «OneBook.ru» ООО «СамПолиграфист»
109316, г.Москва, Волгоградский проспект,
Д.42, корп.5, «Технополис Москва»
www.onebook.ru
