

Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова

Геологический факультет



НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

***ЛОМОНОСОВСКИЕ
ЧТЕНИЯ***

СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИИ

***Подсекция
инженерной и экологической геологии***

Руководитель – зав. кафедрой, профессор Трофимов В.Т.

СБОРНИК
ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

Москва
2023

Содержание:

1.	Взаимосвязь литолого-петрографического состава грунтов и видового разнообразия лишайников-эпилитов в эколого-геологических системах	
	В.А. Королев	2
2.	Особенности изменения микростроения образцов глинистых паст при нагревании до 85°С	
	М.С. Чернов, В.Н. Соколов, О.В. Разгулина, А.Б. Ермолинский	4
3.	Структурные особенности массива песков, упрочненного алифатической эпоксидной смолой	
	Е.Н. Самарин, А.П. Пензев, Р.В. Сергеев	7
4.	О некоторых теоретических и методологических вопросах изучения оползней	
	О.В. Зеркаль	9
5.	Флюидогенные деформации морского дна: закономерности распространения и условия образования (на примере Азово-Черноморского бассейна)	
	С. Г. Миронюк, А. Ю. Мирный	12
6.	Особенности эколого-геологических систем массивов торфяных грунтов	
	И.А. Родькина, В.А. Королёв	15
7.	Характеристика абиотических и биотических компонент природных эколого-геологических систем скальных массивов	
	М.А. Харькина, В.А. Королев, В.Т. Трофимов	17

ВЗАИМОСВЯЗЬ ЛИТОЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРУНТОВ И ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЛИШАЙНИКОВ-ЭПИЛИТОВ В ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

В.А.Королев

Важнейшим компонентом эколого-геологических систем (ЭГС), входящим в фитоценоз, являются лишайники-эпилиты, субстратом для которых служат различные грунты их литотопа. Однако многие исследователи приуроченность того или иного вида эпилитов к определенным литолого-петрографическим типам грунтов часто не указывают, ограничиваясь фразами «на камнях», «на скалах» и т.п. В настоящем докладе сделана попытка систематизировать эпилиты по их приуроченности к определенным литолого-петрографическим типам грунтов, характерной для облигатных эпилитов.

Общая схема положения лишайников-эпилитов в структуре ЭГС показана на рис. 1.



Рис. 1. Схема положения лишайников-эпилитов в структуре ЭГС (составил В.А.Королёв)

Лишайники-эпилиты, наряду с микроорганизмами, первыми заселяют обнаженную скальную поверхность грунтов (см. рис.1), образуя различные талломы – накипные, листовые и кустовые. Начальная сукцессия в ЭГС обычно обусловлена накипными лишайниками, которые инициируют биогенное выветривание грунтов. Последующие сукцессии и выветривание приводят к развитию листовых и кустовых эпилитов. Исходя из этого, для групп, подгрупп, типов и видов различных грунтов нами выделяются нижеследующие эпилиты¹.

1. Группа скальных и полускальных грунтов

а. **Подгруппа магматических грунтов** (дуниты, габбро, граниты, базальты, андезиты): 1) накипные петрофиты: *Acarospora sp.*, *Brianaria sp.*, *Caloplaca sp.*, *Candelariella sp.*, *Circinaria sp.*, *Lobothallia sp.*, *Lecanora sp.*, *Lecidea sp.*, *Montanelia sp.*, *Myriolecis sp.*, *Porpidia sp.*, *Rhizocarpon sp.*, *Rinodina sp.*, *Trapelia sp.*, *Umbilicaria sp.*, *Verrucaria sp.*; 2) листовые петрофиты:

¹ Из-за ограниченности объема публикации здесь приводятся только родовые названия эпилитов.

Dermatocarpon sp., *Parmelia sp.*, *Physcia sp.*, *Xanthoparmelia sp.*; 3) кустовые петрофиты: *Pseudephebe sp.*, *Stereocaulon sp.*

b. **Подгруппа вулканогенно-осадочных грунтов** (туфы): 1) накипные петрофиты: *Amygdalaria sp.*, *Chrysothrix sp.*, *Diploschistes sp.*, *Lecanora sp.*, *Ophioparma sp.*, *Placopsis sp.*, *Pleopsidium sp.*, *Protoparmelia sp.*, *Rhizocarpon sp.*; 2) листовые петрофиты: *Arctoparmelia sp.*, *Asahinea sp.*, *Hypogymnia sp.*, *Melanelia sp.*, *Umbilicaria sp.*, *Xanthoparmelia sp.*; 3) кустовые петрофиты: *Cornicularia sp.*, *Pseudephebe sp.*, *Sphaerophorus sp.*, *Stereocaulon sp.*

c. **Подгруппа метаморфических грунтов** (гнейсы, джеспилиты, сланцы): 1) накипные петрофиты: *Acarospora sp.*, *Caloplaca sp.*, *Melanelia sp.*, *Melanelia sp.*, *Rhizocarpon sp.*, *Rinodina sp.*; 2) листовые петрофиты: *Physcia sp.*, *Umbilicaria sp.*, *Xanthoria sp.*

d. **Подгруппа осадочных сцементированных грунтов, тип силикатные** (брекчии, песчаники, алевролиты, аргиллиты): 1) накипные петрофиты: *Acarospora sp.*, *Diploschistes sp.*, *Lecania sp.*, *Lecanora sp.*, *Lecidella sp.*, *Lobothallia sp.*, *Neofuscelia sp.*, *Ochrolechia sp.*, *Pertusaria sp.*, *Phaeophyscia sp.*, *Rhizocarpon sp.*, *Verrucaria sp.*; 2) листовые петрофиты: *Parmelina sp.*, *Physcia sp.*; **тип карбонатные** (известняки, доломиты, мергели, мел): 1) накипные кальцефиты: *Circinaria sp.*, *Lathagrium sp.*, *Placynthium sp.*, *Protoblastenia sp.*, *Rinodina sp.*, *Protoblastenia sp.*; 2) листовые кальцефиты: *Collema sp.*, *Dermatocarpon sp.*, *Phaeophyscia sp.*, *Physcia sp.*, *Physconia sp.*, *Xanthoria sp.*

2. Группа дисперсных несвязных грунтов

a. **Подгруппа осадочных и вулканогенно-осадочных грунтов, тип силикатные** (крупнообломочные), хазмофиты: 1) накипные: *Acarospora sp.*, *Aspicilia sp.*, *Lecanora sp.*, *Lepraria sp.*, *Myriolecis sp.*, *Physcia sp.*, *Protoparmeliopsis sp.*, *Rhizocarpon sp.*; 2) листовые хазмофиты: *Arctoparmelia sp.*, *Melanelia sp.*, *Nephroma sp.*, *Parmelia sp.*, *Umbilicaria sp.*, *Xanthoparmelia sp.*; 3) кустовые: *Cladonia sp.*; **тип карбонатные** (крупнообломочные), хазмофиты: 1) накипные хазмофиты: *Bilimbia sp.*, *Lecidella sp.*, *Scytinium sp.*; 2) кустовые: *Cladonia sp.*; **тип полиминеральные** (пески), псаммофиты: 1) накипные: *Cetraria sp.*, *Diploschistes sp.*, *Flavocetraria sp.*, *Lecidea sp.*, *Placynthiella sp.*, *Stereocaulon sp.*, *Trapeliopsis sp.*; 2) кустовые: *Baeomyces sp.*, *Cladonia sp.*

3. Группа дисперсных связных грунтов

a. **Подгруппа осадочных и вулканогенно-осадочных грунтов, тип полиминеральные** (глинистые): 1) накипные пелитофиты: *Physcia sp.*, *Romalina sp.*; 2) листовые пелитофиты: *Xanthoria sp.*; 3) кустовые пелитофиты: *Cladonia sp.*

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ МИКРОСТРОЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ГЛИНИСТЫХ ПАСТ ПРИ НАГРЕВАНИИ ДО 85 °С

М.С. Чернов, В.Н. Соколов, О.В. Разгулина, А.Б. Ермолинский

МГУ имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, e-mail: chernov@geol.msu.ru

В докладе представлены результаты исследований микростроения образцов модельных глинистых грунтов, полученные при решении двух фундаментальных научных задач, в которых принимает участие авторский коллектив в последние годы. Первая задача относится к установлению закономерностей формирования и изменения состава, строения и свойств массивов гидротермальных глинистых грунтов, развитых в районах современного вулканизма на полуострове Камчатка. Формирование и преобразование массивов таких грунтов происходит под действием термальных растворов, температура которых может достигать 100 °С и более. Вторая задача связана с описанием возможных изменений состава, строения и свойств образцов модельных глинистых грунтов, которые планируется использовать в качестве глинистых барьеров при подземном захоронении жидких радиоактивных отходов. В процессе эксплуатации такие глинистые барьеры должны находиться в водонасыщенном состоянии и могут подвергаться нагреву до 60-80 °С и более. Описание особенностей изменения микростроения при нагревании до 85 °С водонасыщенных образцов модельных глинистых грунтов и является целью данного доклада.

Анализ опубликованных результатов исследований об изменении свойств водонасыщенных глинистых грунтов при нагревании показал, что современное состояние исследований не позволяет установить общие закономерности их изменения. Так многие исследования показывают тенденцию к снижению прочности при недренированных испытаниях на одноосное и трехосное сжатие. Однако, по результатам некоторых исследований, можно увидеть, что повышение температуры привело к увеличению прочности при испытаниях на одноосное и трехосное сжатие, либо не оказало существенного влияния.

Исследования по уплотнению водонасыщенных глинистых грунтов при различных температурах от 10 до 90 °С показали, что нагрев образцов приводит к росту деформируемости образцов [1], а также более существенному ориентированию структурных элементов при уплотнении [2].

Влияние температуры на физико-механические свойства образцов с высокой влажностью в значительной степени зависит от изменения состояния воды в дисперсном грунте. От состояния воды зависит и характер взаимодействия между частицами и агрегатами грунта. При нагревании водонасыщенных глинистых грунтов от 10-20 до 80-90 °С происходят изменения

свойств адсорбционной воды и общей толщины гидратных пленок (адсорбционной и осмотической воды), формирующихся на поверхности глинистых минералов, снижается вязкость воды, и соответственно, все это приводит к изменению характера и сил взаимодействия между частицами.

Как известно, особенностью глинистых грунтов является то, что структурные элементы в них, обычно имеют микронный и субмикронный размер, и сложены частицами глинистых минералов, что и определяет многие их свойства. Наиболее информативным методом исследования микростроения глинистых образцов является растровая (или сканирующая) электронная микроскопия (РЭМ).

С помощью РЭМ возможно изучать мельчайшие детали строения глинистых образований – особенности микрорельефа поверхности; размер и форму глинистых частиц, их микроагрегатов и характер структурных связей между ними; размер и форму пор; степень ориентации структурных элементов. Для получения количественной информации о микростроении глинистых образований авторами было разработано ПО «СТИМАН». С его помощью можно проводить количественный анализ микростроения материала, по серии разномасштабных изображений. В результате могут быть получены данные о размере, форме и ориентации структурных элементов, построены кривые распределение структурных элементов по размеру, форме, площадям и т.д., а также оценен ряд других характеристик [3].

Объектом исследования были мономинеральные пасты, приготовленные из порошка бентонитовой глины и каолинита при влажности близкой к верхнему пределу пластичности. Микростроение образцов паст изучалось при температурах 20 °С и 85 °С. Для этого на основе метода вакуумной морозной сушки была разработана специальная методика фиксации микростроения образцов водонасыщенных глинистых грунтов различной консистенции, нагретых до температуры 85 °С, для дальнейших исследований с помощью РЭМ. Применение данной методики позволило впервые получить изображения и количественные микроморфологические показатели микростроения водонасыщенных глинистых грунтов, нагретых до 85 °С.

Результаты количественного анализа микростроения мономинеральных глинистых паст при разных температурах показали, что происходит перераспределение количества и вклада пор различных категорий (по эквивалентному диаметру) в общую пористость образцов. Так установлен некоторый рост пор менее 0,1 мкм в бентонитовой пасте, что может быть обусловлено некоторой усадкой ультрамикроагрегатов из частиц смектита за счет выхода части молекул воды из межслоевого пространства. Также изменяется количество и вклад в общую пористость пор с эквивалентными диаметрами 0,1-1 и 1-10 мкм при повышении температуры, что можно объяснить изменением строения микроагрегатов вследствие разрушения пленок

адсорбционной воды на поверхности глинистых частиц и ростом энергии теплового движения, что может вызывать изменение энергии связи, и изменение морфологии и типов контактов между структурными элементами.

Представленный в докладе методический подход количественного анализа изменения микростроения водонасыщенных образцов глинистых грунтов при нагревании (до 85 °С) позволит более детально проводить анализ результатов исследований и установить общие закономерности изменения прочностных и деформационных свойств глинистых грунтов при различных температурах, в том числе и полученных с помощью нового комплекса испытательного оборудования для анизотропного трехосного сжатия при температурах от -20 до +80 °С.

При подготовке материалов к докладу было использовано оборудование, приобретенное в рамках реализации Программы развития Московского университета (РЭМ LEO 1450VP, Германия; Температурный анизотропный трехосный прибор (стабилометр), Россия).

Список литературы:

1. *Mitchell J.K., Soga K.* Fundamentals of Soil Behavior. - 3rd ed., 2005. – 558 p.
2. *Королёв В.А., Коломенский Е.Н., Соколов В.Н.* Влияние температуры на изменение микростроения водонасыщенных глин при их уплотнении //Инженерная геология, журнал АН СССР, 1979, №2, 77–86.
3. *Соколов В.Н., Юрковец Д.И., Разгулина О.В.* Исследование микроструктуры грунтов с помощью компьютерного анализа РЭМ-изображений // Геозкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2008. № 4. С. 377-382.

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МАССИВА ПЕСКОВ, УПРОЧНЕННОГО АЛИФАТИЧЕСКОЙ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛОЙ

Е.Н. Самарин, А.П. Пензев, Р.В. Сергеев

Инъекционная химическая обработка песчаных грунтов является общепризнанным способом улучшения их несущей способности. Однако, возникают определенные трудности при использовании любых инъекционных растворов в грунтах с содержанием пылеватых частиц более 20 % (при условии, что при инъекции не возникает гидроразрыва в массиве грунта). В принципе растворы с вязкостью менее 2 сП, например, на основе акриламидных или акрилатных материалов, без проблем инъецируются в массивы песчаных грунтов с проницаемостью не менее 1-2 м/сут. Указанные растворы, к сожалению, характеризуются некоторой токсичностью, поэтому в качестве альтернативы в последнее время активно начали применяться суспензионные растворы коллоидного кремнезема, которые успешно твердеют в условиях аридного климата. Для использования суспензий коллоидного кремнезема в климатических условиях центральной России нами предложен оригинальный состав инъекционного раствора, в котором в качестве отвердителя выступает сопряженная пара «алифатическая эпоксидная смола – раствор полиэтилен-полиамида (ПЭПА)», способствующая разогреву до 40⁰ С (состав защищен патентом RU 2785603 С1, дата регистрации 09.12.2022). В настоящей работе приводятся некоторые результаты натуральных экспериментов по закреплению массива песчаных грунтов разработанным авторами инъекционного раствора.

Исследования выполнены на Мещерском полигоне МГУ им. М.В. Ломоносова. Опытная площадка расположена на поверхности II надпойменной террасы р. Клязьма, сложенной аллювиальными песками. По классификации Е.М. Сергеева песок мелко-среднезернистый, по ГОСТ 25100-2020 – песок средний, плотность в естественном сложении в 1,70 – 1,84 г/см³, пористость 41 – 44% (средняя плотность сложения), коэффициент фильтрации составляет 8-11 м/сут.

Инъекционная обработка песчаного массива проведена методом пропитки через одиночный иньектор с длиной рабочей части 0,5 м (перфорирована отверстиями по 5 мм – по 3 отверстия на сечении через 10 см), на глубине 1,2 - 1,6 м. Расход рабочего раствора с вязкостью не более 1,2 сП и временем гелеобразования не более 90 мин. составил 20 - 25 л/мин (при общем объеме 200 л), при давлении нагнетания в 1,2 - 1,3 атм. Эффективный радиус закрепления мелко-сред- незернистых песков равнялся 65 - 75 см, объем закрепленного грунта составил 0,5 м³. Объем порового пространства закрепленного песка при указанной пористости не превышает 220 л, следовательно, весь проинъецированный раствор распространен вокруг иньектора и непредвиденных утечек его в массив не наблюдается.

О НЕКОТОРЫХ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ВОПРОСАХ ИЗУЧЕНИЯ ОПОЛЗНЕЙ

О.В. Зеркаль

Оценка, анализ закономерностей распространения, формирования оползней является одной из важнейших задач в инженерной геодинамике. Вместе с тем, любые научные исследования начинаются с определения объекта изучения, его вычленения в природной (геологической) среде. При изучении оползней выбор объекта для изучения предопределен независимым от нас фактом существования объекта, образовавшегося в результате как бы "естественного" вычленения – выделения, обособления оползневого тела при смещении грунтов с формированием оконтуривающих его границ. В дальнейшем, необходимо, по возможности, всесторонне познать, изучить образовавшийся оползень. Вместе с тем, если для существующих, образовавшихся оползней, характеризующихся во многих случаях четко очерченными "естественными" границами, имеющими строение и форму, эти принципы могут быть успешно использованы, то для решения задач прогнозирования, оценки оползневой опасности, когда оползней еще нет, они не образовались, не существуют (они гипотетические, по сути – «идеальные», объекты), описанный подход является неприменимым. При этом, также возникает общетеоретическая проблема, связанная с тем, что инженерная геология, как и геология в целом, относятся к естественным наукам, т.е. объекты изучаемые этими науками безусловно являются «материальными». Таким образом, использование вышеописанных теоретических принципов не позволяет вычленить часть природной (геологической) среды для изучения, обосновано отделить ее от других и разъяснить смысл и порядок действий при познании объекта - оползнеопасного участка, в пределах которого в будущем, возможно, реализуются, а возможно – нет, склоновые деформации, и определить методы его изучения.

Фактическим следствием возникшего парадокса явилось отсутствие теоретической обоснованности исследований по прогнозированию развития оползневых процессов, что стало одним из оснований в рамках работ по развитию теории инженерной геологии как науки геологического цикла отнесения этого направления исследований к нерешенным инженерно-геологическим проблемам [1].

Для решения возникшей проблемы следует рассмотреть вопрос о том, что представляет собой оползень. Очевидно, что «*оползень-как-геологическое тело*» представляет собой результат (существующий или потенциально возможный) непосредственного развития деформаций склона, включая как процесс подготовки их, так и процесс собственно смещения грунтов («*оползень-как-процесс*»). Именно так следует трактовать объект изучения в рамках

оползневедения на стадии, когда объектом исследования выступает потенциально оползнеопасный склоновый массив грунтов, вычлняемый в составе геологической среды при прогнозировании оползневых процессов [2]. Таким образом, объектом изучения на стадии прогнозирования развития оползней следует принимать, рассматривать *«оползнеопасный склоновый массив грунтов»*, существующий в составе природной (геологической) среды.

При этом важным вопросом является то, как следует подходить к пониманию того, что из себя будут представлять в будущем (относительно момента их прогнозирования) *«оползни-как-геологические тела»* по мере своего образования при смещении (*«оползни-как-процесс»*). Развитие деформации склона, смещение горных пород, под действием силы тяжести, возникают «не вдруг». Этапу смещения оползня предшествует этап (как правило, длительный, развивающийся в геологическом времени) подготовки склонового массива к развитию деформаций. Об этом свидетельствуют результаты многочисленных ранее выполненных исследований. Иными словами, подготовка смещения склона (в пределах потенциально оползнеопасного участка), как и собственно смещение (*«оползень-как-процесс»*), сопровождающееся образованием *«оползня-как-геологического тела»*, также представляет собой часть процесса развития оползневых деформаций. Вследствие этого, изучение оползней следует начинать исследованиями состояния склонового массива грунтов, формирующегося длительное геологическое время задолго до собственно смещений, т.е. с научно-методической точки зрения «начало/старт изучения» склоновых деформаций не должен совпадать с моментом образования оползня, а должен включать в себя исследование предшествующих состояний массива грунтов, образующего склон, в т.ч. охватывать изучение, рассмотрение истории его естественного развития. Иными словами, **следует принять представление об «оползне» как естественно-историческом геологическом объекте.** При этом, понятие «историчности» оползней, ранее предложенное в работах Ф.П. Саваренского (1935), В.Н. Славянова (1951), Е.П. Емельяновой (1953), увязывавших «историчность» оползней исключительно с фазой смещения, стадийностью развития склоновых деформаций, должно быть расширено и включать всю геологическую историю развития склонового массива грунтов.

Понимание, трактовка «оползня» как естественно-исторического геологического тела снимает теоретическую проблему вычлнения материального объекта при изучении потенциально оползнеопасного участка, в пределах которого склоновых деформаций (как собственно «объекта изучения и прогнозирования») в момент проведения исследований еще не существует. В этом случае, в качестве реально существующего объекта для изучения в геологической среде может быть принят вычлняемый (с целью изучения) массив грунтов, формирующего склон, в пределах которого происходит подготовка к возможным смещениям в результате воздействия различных факторов (в геологическом времени).

Таким образом, теоретической основой методологии изучения оползней в рамках инженерной геодинамики следует принять следующие представления:

1. Оползни необходимо рассматривать как естественно-исторические геологические объекты, подготовка к смещению которых происходит в геологическом времени, в то время как собственно смещение может протекать в физическом времени, в результате которого формируются новые геологические объекты, развитие которых продолжается и после завершения смещений.

2. Для установления особенностей распределения современных оползневых процессов изучения, выявления закономерностей (существующих и прогнозируемых) в развитии оползней (как процессов) необходимо прослеживание геологического прошлого того или иного участка геологической среды во всей временной целостности (как естественно-исторического объекта), при которой фаза собственно склоновые деформации обусловлена всей историей развития территории. Иными словами, изучение оползней, по существу, требует решения двуединой задачи - одновременного исследования как современной динамики геологической среды, так и анализа непрерывно длительно развивающегося геологического объекта.

3. Именно рассмотрение диахронных состояний изучаемого объекта (массива грунтов, формирующего склон, как части геологической среды) является отличительной чертой предлагаемого методического подхода, основанного на понимании природы оползней как естественно-исторических объектов, в то время как ранее используемый сравнительно-геологический метод опирается исключительно на различные виды сравнения одновременно существующих (монокронно) геологических объектов.

Литература

1. *Королев В.А., Трофимов В.Т.* Инженерная геология: история, методология и номологические основы. М.: ИД КДУ, 2016.
2. *Зеркаль О.В.* Особенности оползней как объектов изучения//Фундаментальные и прикладные вопросы инженерной геодинамики / Сергеевские чтения, Вып. 24: Матер. годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (Казань, 30-31.03.2023 г.). М.: Изд-во «Геоинфо», 2023. С. 13-17.

ФЛЮИДОГЕННЫЕ ДЕФОРМАЦИИ МОРСКОГО ДНА:
ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ
(НА ПРИМЕРЕ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО БАССЕЙНА)

С. Г. Миронюк, А. Ю. Мирный

Среди различных геологических опасностей морского дна особое место занимают атектонические нарушения в верхней части осадочного чехла, вызванные восходящими напорными потоками флюидов. Детально изученные в Черном море, они получили название «флюидогенные деформации» [1]. В их группе довольно широко распространены в морях, преимущественно с повышенными мощностью четвертичных осадков и раздробленностью земной коры, т. н. газовые «домы» (gas domes). Морфологически «дом» – это куполообразный бугор (холм) высотой от 0,5 до 15 м и шириной, большей частью, 100-600 м [3]. Описание этих форм донного микрорельефа и соображения относительно их природы приведены в работе [4]. В Черном море дома преимущественно распространены в пределах дистальных частей конусов выноса пра-Дона и пра-Кубани, подножья континентального склона (Восточно-Черноморская впадина), пра-Дуная (Западно-Черноморская впадина). Зафиксирована повышенная плотность домов в области распространения оползневых отложений. Они достигают высоты 3-4 м, имея в среднем диаметр 120-140 м.

В настоящее время большинство исследователей считает, что «домы» образуются при интенсивном, фокусированном внедрении «холодных» флюидов (аналог инъективных дислокаций) по субвертикальным зонам повышенной проницаемости в осадочные слои верхней части геологического разреза сложенного, как правило, слабоконсолидированными осадками. Вероятно, обязательным условием для деформирования слоев и образования куполовидной складки является наличие в толще слабых придонных грунтов относительного флюидоупора под которым происходит постепенный рост давления газа. Дома занимают различное положение в осадочной толще – могут находиться в виде тел, не выходящих на поверхность, или прорывать всю толщу осадков, включая флюидоупор, вплоть до образования куполообразных форм рельефа на донной поверхности. В случае прорыва газа к донной поверхности и выброса отложений, слагающих бугор в водную толщу, возможно образование воронок (покмарков), соразмерных домам (куполам газового вспучивания). Допускается, что в ряде мест в силу повышенной прочности придонных флюидоупоров, и прогрессирующему росту порового давления, разрушение куполообразных форм рельефа происходит внезапно (взрывной тип разгрузки флюидов). При определенных термодинамических условиях и при высоких концентрациях метана в составе восходящих флюидов на поверхности морского дна могут возникать

газогидратные бугры, а в арктических шельфовых морях - ледогрунтовые бугры (возможно, благодаря дроссельному эффекту – охлаждению отложений за счет расширения газа). Домы, наряду с газогидратными, ледогрунтовыми буграми и др., отнесены к деформационной подгруппе новой генетической группы рельефа [2].

Участки морского дна со следами флюидопроявлений в виде отрицательных и положительных форм поверхности дна (покмарки, дома) следует относить к геологически опасным территориям. Степень опасности по последствиям воздействия на подводную инфраструктуру в случае образования куполовидной складки в месте расположения сооружения, что может вызвать изменение его напряженно-деформированного состояния и устойчивости, экспертно оценивается как «средняя».

Первым шагом к количественному прогнозу устойчивости морского дна и возможного последующего образования на их месте покмарков является определение избыточного (критического) давления, необходимого для создания купола. Решение указанной задачи осуществлено на примере дома мощностью 4 м и диаметром 425 м (рисунок) сложенного илом и глиной текучими с $I_L > 0,5$.

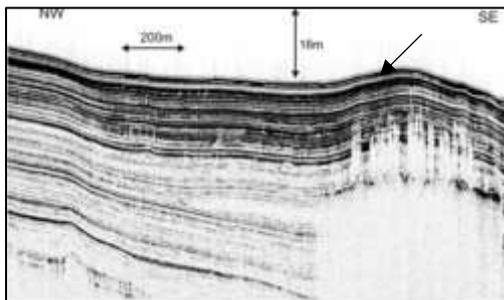


Рис. Купол газового вспучивания (Западно-Черноморская впадина, подножье континентального склона, глубина моря 1950 м).

Весьма вероятно, что куполовидному изгибу придонных осадков предшествовало формирование в толще донных отложений незначительно выгнутой вверх складки. Для упрощения расчета рассмотрим ее в виде цилиндра с условным диаметром d и высотой h . Требуется определить: давление равновесия P , при превышении которого начнется резкий изгиб складки и формирование купола; скорость роста купола V . Для расчета этих параметров были приняты следующие исходные данные (таблица).

Условием равновесия купола является равенство давлений на его кровлю и давления газа внутри купола с учетом выталкивающей силы воды. Давление на кровле купола определяется как сумма давления от грунта и от толщи воды. Для купола, условный диаметр которого в 3 и более раз превосходит мощность грунта над кровлей купола (рассматриваемый случай) прочностью грунта на сдвиг можно пренебречь. Решая уравнение равновесия, получим $P = 19,4$ МПа. Превышение полученного давления P приведет к резкому изгибу складки и формированию

купола газового вспучивания.

Таблица

Исходные данные

Удельный вес воды	γ_w	9,81	кН/м ³
Взвешенный вес грунта	γ_{sb}	9,00	кН/м ³
Глубина моря	h_w	1950,00	м
Мощность грунта над куполом	h_g	15,00	м
Высота купола	h	4,00	м
Условный диаметр купола	d	425,00	м
Сопротивление недренированному сдвигу	c_u	50,00	кПа
Динамическая вязкость грунта	η	1,00E+03	Па·с

Скорость роста V можно определить по аналогии с задачей Стокса, предполагая, что скорость роста невелика и постоянна, и может рассматриваться как вязкое течение грунта. При нарушении равновесия сил начнется быстрый рост, которому будет препятствовать сила вязкого трения Стокса. Условием продолжения роста будет новое уравнение равновесия, в котором будет присутствовать сила Стокса. Если принять размер купола и давление газа в нем постоянным, то можно определить скорость роста:

$$V = \frac{\gamma_w \cdot h + P - \gamma_{sb} \cdot h_g - \gamma_w (h_g + h_w) - \frac{4c_u}{d}}{\eta \cdot \frac{12}{d}}$$

Решая это уравнение, получим $V \approx 0,01$ сут. До тех пор, пока $P < P_{crit}$, скорость роста равна нулю. По мере увеличения давления скорость будет возрастать.

Список литературы

1. Мейснер Л. Б., Туголесов Д. А. Флюидогенные деформации в осадочном выполнении Черноморской впадины // Разведка и охрана недр. №7. 1997. С. 18-21.
2. Миронюк С.Г. Флюидогенные образования: обоснование выделения новой генетической группы рельефа морского дна. VIII Щукинские чтения: рельеф и природопользование, Материалы Всероссийской конференции с международным участием, Москва, 2020. С. 37-43.
3. Barry M. A., Boudreau B. P., Johnson B. D. Gas domes in soft cohesive sediments //Geology. 2012. Т. 40. №. 4. С. 379-382.
4. Hovland, M., Judd, A.G. Seabed pockmarks and seepages-impact on geology, biology and the marine environment. Graham and Trotman. London. 1988. 293 pp.

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ МАССИВОВ ТОРФЯНЫХ ГРУНТОВ

И.А. Родькина, В.А. Королёв

Эколого-геологические системы (ЭГС) массивов торфяных грунтов являются широко распространёнными [1]. Однако их особенности и систематика изучены недостаточно [3]. В докладе анализируются систематика и характерные особенности ЭГС массивов торфяных грунтов, их абиотических и биотических компонентов [4]. По особенностям литотопа выделяют низинные или эвтрофные торфяные массивы, массивы переходного или мезотрофного типа и верховые или олиготрофного типа. Рассмотрены ЭГС эвтрофного торфяного массива на примере торфяного массива «Берказан Камыш» (Башкирия), особенности ЭГС мезотрофного торфяного массива на примере торфяного месторождения Кутюшское (Горный Алтай) и особенности ЭГС олиготрофного торфяного массива на примере Самотлорского нефтяного месторождения (ХМАО) [2].

На основе предыдущих исследований [1,3,4] и выявленных особенностей различных ЭГС массивов торфяных грунтов может быть предложена их систематика (табл. 1). Основополагающим в приведенной классификации является выделение трех типов ЭГС по особенностям их литотопов.

В пределах каждого литотопа развивается характерный только для этого типа литотопа эдафотоп, представленный теми или иными болотно-торфяными почвами. Так, например, на олиготрофном торфе могут развиваться почвы болотно-торфяно-глеевые или же болотно-верхово-торфяные, и никакие другие. В зависимости от литотопа и обусловленного им эдафотопа формируется характерный микробоценоз (аэробный для верховых торфов и анаэробный для низинных). В экологических условиях, формируемых системой «литотоп-эдафотоп-микробоценоз», может существовать только определенный фитоценоз и, как следствие, - зооценоз. Соответственно все это характеризует тот или иной тип ЭГС массивов торфяных грунтов, представленных в табл. 1.

Таблица 1

Систематика эколого-геологических систем массивов торфяных грунтов

Особенности абиотических компонентов:	Особенности эдафотопа и биотических компонентов:				Тип ЭГС
	литотопа	эдафотопа	микробоценоза	фитоценоза	
1.Наличие в массиве верхового торфа 2. Повышенная кислотность	1.Развитие кислых маломощных болотно-верховых	1.Наличие анаэробных сообществ гумификаторов-олиготрофов 2.Пониженные	1.Сосново-сфагновые гигрофитные верховые сообщества	1. Бедное видовое разнообразие животных-гигрофилов	ЭГС олиготрофных

(pH=2,6-3,6) 3.Высокая пористость и влагоёмкость 4.Низкая зольность и теплопроводность	торфяных почв.	содержание и биоразнообразие микробов 3.Пониженная ферментативная активность 4.Снижение содержания микробов с глубиной	2.Бедный видовой состав растительных сообществ	2.Наличие зооценозов верховых болот	торфяных массивов
1.Наличие в массиве переходного торфа 2. Незначительная кислотность (pH=3,0-5,0) 3.Высокая пористость и влагоёмкость 4.Средняя зольность и теплопроводность	1. Развитие слабокислых маломощных переходных торфяных почв.	1.Наличие смешанных аэробно-анаэробных сообществ гумификаторов-мезотрофов 2. Среднее содержание и биоразнообразие микробов 3. Средняя ферментативная активность 4.Снижение содержания микробов с глубиной	1.Древесные осоково-моховые переходные сообщества 2. Обедненный видовой состав растительных сообществ	1. Обедненное видовое разнообразие животных 2.Наличие зооценозов переходных болот	ЭГС мезотрофных торфяных массивов
1. Наличие в массиве низинного торфа 2. Пониженная или нейтральная кислотность (pH=4,0-7,0) 3.Высокая пористость и влагоёмкость 4.Высокая зольность и теплопроводность	1. Развитие слабокислых или нейтральных маломощных низинных торфяных и торфяно-глеевых почв.	1.Наличие анаэробных сообществ гумификаторов-эвтрофов 2. Повышенное содержание и биоразнообразие микробов 3. Повышенная ферментативная активность 4.Снижение содержания микробов с глубиной	1.Березово-ольхово-осоковые низинные гелофитные сообщества 2. Богатый видовой состав растительных сообществ	1. Более богатое видовое разнообразие животных 2.Наличие зооценозов низинных болот	ЭГС эвтрофных торфяных массивов

Список литературы

1. *Королёв В.А.* Экологическая геокибернетика: теория управления эколого-геологическими системами. М.: ООО Сам Полиграфист, 2020. 440 с.
2. *Королёв В.С., Григорьева И.Ю., Королёв В.А.* Сравнительный анализ эколого-геологических систем участка Саянского месторождения (Западная Сибирь) // VII Международная научно-практическая конференция Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы 20-23 сентября Севастополь. Воронеж, Истоки, 2021. С. 353-358.
3. *Королёв В. А., Трофимов В. Т.* К построению общей классификации континентальных эколого-геологических систем // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2022. № 1. С. 54-61.
4. *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.

ХАРАКТЕРИСТИКА АБИОТИЧЕСКИХ И БИОТИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТ ПРИРОДНЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ СКАЛЬНЫХ МАССИВОВ

М.А. Харькина, В.А. Королев, В.Т. Трофимов

1. В докладе обсуждается: 1) понятие об эколого-геологической системе (ЭГС) массивов скальных грунтов; 2) особенности абиотических компонент ЭГС массивов скальных грунтов; 3) особенности биотических компонент ЭГС массивов скальных грунтов. При этом необходимо было решить следующие задачи: разработать систематику ЭГС массивов скальных грунтов; выявить особенности компонентов ЭГС массивов скальных грунтов; изучить взаимодействия между абиотическими и биотическими компонентами в ЭГС массивов скальных грунтов; выявить особенности основных типов ЭГС массивов скальных грунтов. В основе работы лежат представления В.Т.Трофимова о компонентах и типах ЭГС в структуре экосистем [1].

2. К отличительным характеристикам *литотопов* массивов скальных грунтов, влияющим на ЭГС, относится низкая пористость и трещинная пустотность, особенно для грунтов неветрелых массивов, что снижает ресурс геологического пространства для обитания особенно микроорганизмов. Важной особенностью литотопов ЭГС скальных массивов является то, что в результате денудации на поверхности скальных массивов формируются коры выветривания, а на склонах и подножии скальных массивов почти всегда присутствуют склоновые отложения в виде коллювия и делювия. Именно на этих участках формируются почвы и соответствующие им локальные фитоценозы. В массивах карбонатных грунтов широко развит карст, как его открытые, так и закрытые формы. Закрытые формы карста – карстовые пещеры представляют собой уникальные подземные ЭГС, характерными чертами которых являются отсутствие света, незначительные колебания температуры, высокая влажность, низкое содержание питательных веществ.

3. Отличительные характеристики *эдафотопов* ЭГС массивов скальных грунтов состоят в том, что почвы, формирующиеся на скальных массивах: обладают небольшим разнообразием генетических типов; у них менее четко выражены генетические горизонты; они характеризуются небольшой мощностью; у них намного меньшая биомасса почвенных организмов; для них характерно не сплошное, а спорадическое распространение и приуроченность к корам выветривания. На скальных массивах эдафотопы либо отсутствуют совсем, либо слабо развиты. Так, например, в Крыму на массивах карбонатных грунтов на участках самых высоких элементов мезорельефа формируются короткопрофильные и маломощные виды черноземов, гумусированная часть профиля которых не превышает 25 см. Им нередко сопутствуют примитивные и неполноразвитые почвы. Своеобразие материнских пород

придает развивающимся на них почвах специфические черты, прежде всего скелетность, гравелистость, щебнистость, каменистость и т.д.

4. Общими **особенностями микробоценоза** ЭГС массивов скальных грунтов являются: относительно небольшое видовое разнообразие микроорганизмов; невысокая плотность популяций, за исключением ЭГС массивов пористых, трещиноватых и выветрелых грунтов, а также подземных карстовых пещер; малая биомасса микроорганизмов в единице объема грунта; возможность проникновения микроорганизмов на меньшую глубину массива по сравнению с массивами дисперсных грунтов. Причем удаление от дневной поверхности приводит к снижению видового богатства микромицетов. Антропогенная нагрузка приводит к возрастанию количества микроорганизмов в грунте в десятки раз и увеличению видового богатства микромицетов.

5. Основными особенностями **фитоценоза** ЭГС массивов скальных грунтов являются: небольшое видовое разнообразие растений; проникновение корней на малую глубину; незначительная биомасса растений; неспособность растений препятствовать развитию ЭПП и другие. На массивах скальных грунтов разного минерального состава формируются фитоценозы, адаптированные к соответствующему субстрату (например, на карбонатных скальных грунтах образуются фитоценозы с преобладанием кальцефитов). В целом, для фитоценозов характерно наличие растений-петрофитов и эпилитов (собственно литофитов). Растения-эпилиты в основном представлены низшими формами – лишайниками (*Lichenes*), мхами (*Bryophita*) и водорослями (*Algae*). Что касается корневой системы высших растений (например, бедреница скального (*Pimpinella tragium*), произрастающего на меловом субстрате на склонах крутизной до 45-50° с развитой эрозией), то отмечается оголение корня, что существенно снижает срок жизни растения.

6. Характерными особенностями **зооценозов** ЭГС массивов скальных грунтов является: относительно небольшое разнообразие животных по сравнению с массивами дисперсных грунтов; отсутствие подземных роющих животных, меньшая биомасса животных; неспособность влиять на развитие ЭПП; проявление литофагии в биоминеральном комплексе скальных массивов.

Таким образом, природные ЭГС, формирующиеся на массивах скальных грунтов, представляют собой сложные образования, характеризующиеся индивидуальными особенностями.

Список литературы

1. Трофимов В.Т. Эколого-геологическая система, её типы и положение в структуре экосистемы // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2009. № 2. С. 48–52.