

## АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИЗУЧЕНИЯ ГРУНТОВ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ

**В.Т. Трофимов, профессор, заведующий кафедрой инженерной и экологической геологии геологического факультета**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
тел.: 8 (495) 939-50-04, 932-89-64; e-mail: trofimov@rector.msu.ru*

Рецензент: Серебряков А.О.

Сформулированы традиционные и новые задачи инженерной геологии и экологической геологии. Показано, что цель изучения грунтов этими науками неодинакова.

Traditional and new tasks of engineering geology and ecological geology have been formulated. It was shown that the goal of rock and soil investigation by those two sciences is not the same.

*Ключевые слова:* инженерная геология, экологическая геология, грунты, задачи изучения грунтов.

*Key words:* engineering geology, ecological geology, rocks and soils, tasks of rock and soil investigation.

Изучение грунтов – вечно актуальная сфера деятельности человека. И количество научных проблем и практических задач изучения грунтов возрастало в прошлом и возрастает сейчас, на современном этапе развития цивилизации. И если ранее грунты изучались инженерами-геологами для обоснования инженерно-хозяйственной, прежде всего инженерно-строительной деятельности, то в последней четверти прошлого века они стали исследоваться в эколого-геологическом направлении для обоснования решения экологических проблем. И цели изучения грунтов, точнее массивов грунтов, разные – в первом случае это информационное обеспечение деятельности по созданию и устойчивому функционированию литотехнических систем, во втором – функционированию эколого-геологических систем, экосистем в целом.

### *Многообразие грунтов и типовые задачи их изучения*

Под грунтами в инженерной геологии понимаются любые горные породы, почвы, осадки и антропогенные геологические образования, рассматриваемые как многокомпонентные динамичные системы, исследуемые в связи с планируемой, осуществляемой или осуществленной инженерно-хозяйственной деятельностью человека. В общем случае грунт – это минеральная, минерально-органическая, или органоминеральная многокомпонентная, многофазовая система, которая включает твердую, жидкую и газообразную компоненты (как костную, так и живую) и изучается в инженерно-геологическом отношении [5]. Из этого следует, что «грунт» – специальный инженерно-геологический термин (именно он дал название первому научному направлению инженерной геологии – грунтоведению). Понятие «грунт» шире понятия «горная порода».

Грунты – явление многообразное. Они имеют разный генезис и возраст, занимают разное пространственное положение и отличаются вследствие этого неодинаковыми составом, строением, состоянием и свойствами.

Многообразие грунтов – явление закономерное. В доказательство назовем лишь три группы грунтов, резко различающиеся по всем характеристикам: скальные, дисперсные и мерзлые. Если же учесть, что в исследованиях и построениях учитываются такие показатели, как состав грунтов, их строение, современное состояние (талое-мерзлое, твердое-пластичное-текучее и др.) и свойства, то число реальных сочетаний этих показателей может быть огромным, существенно большим по сравнению со многими другими геологическими науками, поскольку в грунтоведении используется большее количество показателей. И специалисты многое знают в этом многообразии характеристик грунтов, но далеко не все. *И еще долгие годы исследователи будут получать новые результаты, причем не только в новых, но и старых областях, где, казалось бы, давно все изучено. Это обусловлено как появлением нового научного оборудования, так и новыми теоретическими взглядами, потребностями практики, а также любопытством и интуицией будущих поколений исследователей.*

Весь комплекс задач, рассматриваемых при изучении грунтов, четко разделяется на *три типа* задач: 1) морфологические; 2) ретроспективные; 3) прогнозные.

*Морфологические задачи* – это задачи, связанные с изучением современного состава, состояния, строения и свойств анализируемых грунтов. Решение задач этого типа позволяет ответить на вопрос: что это такое и какие качества присущи грунтам? Это по существу – «проблема диагноза»; время диагноза фиксированное, а сами задачи рассматриваются как статические, при решении которых не фиксируются изменения свойств элементов исследуемой инженерно-геологом системы и отношений между ними.

*Ретроспективные задачи*, т.е. обращенные в прошлое, связаны с изучением (точнее, восстановлением) истории формирования объекта исследования и его качеств. Их решение позволяет ответить на вопрос: почему грунт именно такой? Каким путем он сформировался?

*Прогнозные задачи*, т.е. связанные с изучением поведения (динамики) грунтов под воздействие различных причин в будущем. Решение задач этого типа позволяет ответить на вопрос: как будет вести себя грунт (массив грунтов) в будущем при тех или иных воздействиях? В инженерной геологии приходится решать задачи пространственного, временного и пространственно-временного прогноза изменения природных или, чаще, природно-технических литосистем под влиянием причин естественных (природных), техногенных или естественных и техногенных, действующих совместно.

#### ***Актуальные задачи изучения грунтов в инженерной геологии***

*Инженерная геология – наука геологического цикла, исследующая инженерно-геологические условия верхних горизонтов земной коры (литосферы), 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 факторов и в связи с инженерно-хозяйственной, прежде всего инженерно-строительной, деятельностью человечества [9].* Здесь отражены все три типа задач, решаемых инженерной геологией (морфологический – инженерно-геологические условия верхней части земной коры, ретро-

спективный – закономерности формирования инженерно-геологических условий, прогнозный – пространственно-временное изменение инженерно-геологических условий под влиянием геологических процессов).

Многообразие традиционных теоретико-методических задач изучения грунтов сведено мной в учебнике «Грунтоведение» [5] к следующим позициям:

а) дальнейшему изучению состава, строения, состояния и свойств глобального многообразия грунтов и слагаемых ими толщ (массивов, инженерно-геологических структур) верхних горизонтов земной коры, закономерностей их формирования, современной и прогнозируемой динамики их развития под влиянием эволюции природы и в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека;

б) развитию целенаправленных исследований по восстановлению истории формирования и созданию логико-графических моделей формирования свойств грунтов различных классов (скальных, дисперсных, мерзлых) различных генетических типов (магматических, метаморфических, осадочно-вулканогенных и особенно осадочных – морских, аллювиальных, ледниковых и др.);

в) созданию на основе накопленных данных завершенных частных и общей теорий формирования состава, строения, состояния и свойств грунтов (первые – частные теории – должны описывать формирование названных особенностей грунтов строго определенных генетически, литологических и других типов, а общая теория должна отражать главные черты формирования всего глобального многообразия грунтов);

г) разработке теорий принципиально новых методов и методик изучения состава, строения, состояния и свойств грунтов, в первую очередь полевых, позволяющих оценивать эти параметры непосредственно в толще грунтов;

д) совершенствованию теории и методов оценки устойчивости массивов грунтов к природным и техногенным воздействиям с точки зрения обеспечения устойчивого функционирования инженерных сооружений и их комплексов;

е) разработке теории и методики оценки измененности массивов грунтов под влиянием инженерно-хозяйственной деятельности человека и ее инженерно-геологического значения;

ж) разработке новых методов и геологически обоснованных методик (технологий) управления состоянием и свойствами массивов грунтов с целью сохранения ими устойчивости в ходе природной эволюции и взаимодействия с инженерными сооружениями;

з) совершенствованию принципов поиска и методики изучения оптимальных по инженерно-геологическим, в том числе и грунтовым, условиям участков и массивов грунтов для размещения экологически небезопасных объектов и захоронения промышленных отходов;

и) усовершенствованию теории и методики инженерно-геологического обоснования схем инженерной защиты территорий и сооружений от природных и антропогенных геологических процессов для обеспечения нормального функционирования инженерных объектов и комплексов на основе более полного учета особенностей грунтов.

Эти задачи традиционные. Но за последние годы кардинально изменилась общетеоретическая парадигма геологии, существенно изменилась технология, высотность, глубинность и другие параметры строительства. И естественно встал вопрос – как же все это повлияло на становление новых задач по изучению грунтов в инженерной геологии?

В.Т. Трофимов и Т.И. Аверкина [8] показали, что *перед инженерной геологией в целом и грунтоведением как ее научным направлением в связи с современной геологической парадигмой – тектоникой плит – сформировались новые задачи, решение которых в значительной мере предопределяет дальнейшее развитие теоретического базиса инженерной геологии как науки.* Инженеры-геологи пришли (как много лет назад в этой позиции оказались геологи, в первую очередь тектонисты) к необходимости изучения глобального многообразия инженерно-геологических объектов. При этом каждое научное направление инженерной геологии призвано решать свои новые теоретические проблемы.

В *грунтоведении* в связи с выделением новых и различных геодинамических обстановок образования многих магматических (гранитов, базальтов и др.), вулканогенно-осадочных пород и толщ (офиолитов, аккреционных призм, турбидитов и пр.) необходимо исследовать закономерности формирования и изменчивости их инженерно-геологических особенностей в зависимости от генезиса. В частности, необходимо изучить сходство и различие инженерно-геологических особенностей плагиогранитов осей спрединга, щелочных гранитоидов океанических островов, гранитоидов энсиматических островных дуг, гранитоидов рифтовых зон, горячих точек и внутриплитных и др. То же относится к изучению инженерно-геологической специфики базальтов, сформировавшихся в различных геодинамических условиях: на коллозионных границах, в пределах зон спрединга, островных дуг разных типов, глубоководных желобов, во внутриплитных обстановках. Совершенно не изучены инженерно-геологические особенности толщ аккреционных призм, которые образуются при пододвигании осадков субдуцирующей плиты под континентальную окраину или островную дугу. Клинья осадочного материала подпирают и приподнимают аккреционный комплекс, создавая сложную изоклинально-чешуйчатую структуру. В разрезе чередуются отложения чехла океанической плиты (преимущественно пелагические илы) и осадки глубоководного желоба (главным образом турбидиты). Иногда среди осадочного материала встречаются линзы офиолитов – фрагменты океанической литосферы, срезанные надвигающейся плитой.

Интересным объектом как грунты представляются офиолитовые комплексы – парагенезис гипербазитов, габбро, базальтов и радиоляритов. В старой концепции их формирование ошибочно связывалось с началом геосинклинального магматизма. Когда были получены первые достоверные данные о составе океанической коры, стало очевидным, что офиолиты – это ее древние фрагменты. Иногда они достигают огромных размеров: протяженность – несколько десятков километров, мощность – до 10–12 км. Такие покровы – результат обдукции или срыва и надвига океанических пластин на континент, а формирование офиолитовых швов связано со своеобразным диапировым внедрением или выдавливанием океанической коры.

*Новые актуальные теоретические и практические задачи изучения грунтов возникают при появлении новых подходов и данных о казалось бы давно и хорошо изученных толщах.* Приведу лишь один пример.

Просадочность циклически построенных толщ лессовых пород и ее изменение по вертикали и латерали изучены достаточно хорошо. Это же свойство погребенных почв, наоборот, оказалось очень слабо освещенным в литературе. Долгое время под влиянием публикации А.В. Минервина и Е.М. Сергеева [2] в научной литературе преобладали воззрения, что грунты, слагаю-

щие погребенные почвы, являются непросадочными. Однако целенаправленное изучение этого свойства погребенных почв, осуществленное при изучении опорных инженерно-геологических разрезов лессовых пород севера Евразии, показало, что эта позиция требует коренного пересмотра. Полученные данные заставили по-новому оценивать просадочные свойства грунтов погребенных почв – венчающего элемента лессовых циклитов толщ лессовых пород: *в разрезе погребенных почв присутствуют как непросадочные, так и просадочные разности, причем они преобладают в южных районах территории СНГ.* Установление такой позиции при оценке просадочности грунтов горизонтов погребенных почв влечет необходимость решения ряда новых задач:

а) ревизионное изучение накопленных данных о просадочных свойствах толщ лессовых пород с детальной оценкой просадочности грунтов погребенных почв; установление взаимосвязи их просадочности-непросадочности с особенностями состава, строения, состояния и свойств, с одной стороны, и глубиной залегания – с другой;

б) изучение связи между просадочностью грунтов погребенных почв с их генетическими типами, характера изменения просадочности по разрезу почв разных типов, соотношения просадочности грунтов погребенных почв с просадочностью подстилающих и перекрывающих почвы лессовых пород;

в) изучение региональных особенностей проявления просадочности грунтов погребенных почв мощных циклитно построенных толщ лессовых пород;

г) уточнение нормативно-методических документов по опробованию разрезов просадочных грунтов, исходя из позиции, что погребенные почвы часто могут быть представлены просадочными грунтами [6, 7].

*Новые актуальные теоретические и практические задачи изучения грунтов возникают и в связи с прямыми потребностями практики.* Два примера в подтверждение этого тезиса.

Первый пример. Развитие в последние годы в России высотного строительства, при котором давление достигает  $10 \text{ кг/см}^2$  и выше, потребовало и новых подходов в инженерно-геологических изысканиях. Это обусловило внесение корректив в идеологию работ, глубинность бурения и опробования разреза и необходимости использования нового лабораторного оборудования по изучению деформационных, прочностных и реологических свойств грунтов. Сейчас эти задачи осознаны, но, как показал на Четвертой всероссийской конференции изыскателей (2008 г.) М.Ю. Абелев, не реализованы полностью, особенно в плане проведения работ на новом лабораторном оборудовании.

Второй пример. Во второй половине XX в. в связи с освоением северных районов СССР была поставлена задача проведения инженерно-геологических изысканий в этих районах – районах развития многолетнемерзлых грунтов. Изыскателям пришлось осваивать мерзловедение и общее, и инженерное, опыт более раннего точечного освоения Севера. В итоге были решены многие теоретические и практические вопросы инженерно-геологического изучения многолетнемерзлых грунтов, а методика проведения изысканий была отражена в Строительных нормах и правилах и в Своде правил [3, 4].

#### *Актуальные вопросы изучения грунтов в экологической геологии*

Экологическая геология – новое направление в геологии, изучающее верхние горизонты литосферы (включая подземные воды, нефть и газы) как одну из основных абиотических компонент экосистем высокого уровня организации (от биогеоценоза до экосферы). В более привычных геологу терминах ее содержание определяется так: *экологическая геология – новое направ-*

ление геологических наук, изучающее экологические функции литосферы, закономерности и формирования и пространственно-временного изменения под влиянием природных и техногенных причин в связи с жизнью и деятельностью биоты и прежде всего – человека [10].

С позиций экологической геологии экологические функции литосферы в планетарном плане в общем виде следует определить как роль и значение литосферы в жизнеобеспечении и эволюции биоты. Конкретизируя, дадим следующее определение этого понятия: *под экологическими функциями литосферы понимается все многообразие функций, определяющих и отражающих роль и значение литосферы, включая подземные воды, нефть, газы, геохимические и геофизические поля и протекающие в ней геологические процессы, в жизнеобеспечении биоты и, главным образом, человеческого сообщества.* Основное с экологических позиций «предназначение» литосферы – ресурсное и энергетическое жизнеобеспечение биоты – реализуется через ресурсную, геодинамическую, геофизическую и геохимическую функции.

Объектом экологической геологии является *эколого-геологическая система*, представляющая собой определенный (в принципе любой по размерам) объем литосферы с функционирующей непосредственно в нем или на его поверхности биотой, включая человека и социум. Она исследуется как многокомпонентная система. При этом при эколого-геологических работах исследуются те же три типа задач, что и в инженерной геологии, но с иной целью.

Основные научные задачи экологической геологии, впервые сформулированные В.Т. Трофимовым и Д.Г. Зилингом [10], сведены мной в новой редакции к следующим:

- изучение экологических свойств и функций литосферы, закономерностей их формирования и динамики развития под влиянием природных и техногенных процессов;
- разработка теории и методов оценки устойчивости грунтов приповерхностной части литосферы к природным и техногенным воздействиям с точки зрения изменения ее экологических свойств и функций;
- разработка теории и методов эколого-геологического обоснования управления состоянием и свойствами массивов грунтов приповерхностной части литосферы с целью сохранения или улучшения их экологических свойств и функций;
- разработка теории, методов и геологически обоснованных рецептур утилизации экологически опасных промышленных отходов и выбор оптимальных (по геологическим условиям) участков массивов грунтов для их захоронения с целью наименьшего ухудшения экологических свойств массивов грунтов;
- разработка теории и методики эколого-геологического обоснования инженерной защиты территорий, объектов и сооружений от природных и антропогенных геологических процессов, снижающих ее экологические свойства и функции.

Прикладные задачи в укрупненном виде и типологическом плане могут быть сформулированы так:

- эколого-геологическое обоснование рационального использования ресурсов литосферы для нормального функционирования экосистем;
- установление влияния природного и техногенного загрязнения грунтов приповерхностной части литосферы на биоту;
- геологическое обоснование разработки и принятия решений по управлению биотопом или экосистемами в целом.

При эколого-геологических исследованиях, исходя из этих позиций, обособляются три круга задач, при которых изучение грунтов является обязательным: а) изучение массива грунтов как материальной основы эколого-геологической системы и экосистем в целом; б) изучение состава, строения, состояния и свойств грунтов, определяющих все экологические свойства и экологические функции любого массива; в) изучение антропогенной загрязненности и оценки ее влияния на биоту; г) изучение массивов загрязненных грунтов с целью обоснования технологии их очистки от загрязнения. При решении этих задач необходимо учитывать не только особенности массива грунтов, но и их влияние на биоту. В доказательство этого рассмотрим подход к типизации массивов загрязненных грунтов в связи с оценкой возможности их очистки.

В.А. Королев [1], разрабатывая этот вопрос, показал, что типизация массивов загрязненных грунтов должна давать наиболее удобную форму их систематизации «не с точки зрения их устойчивости или среды для инженерных сооружений, а с точки зрения учета по крайней мере двух факторов: 1) опасности для экосистем и 2) практической возможности очистки массивов от загрязнителей.

Первый фактор – опасность для экосистем (и прежде всего для человека), может быть учтен при оценке токсичности загрязнителей в массиве, их количества, концентрации, активности и мобильности токсичных компонентов и т.п. [1, с. 162]. Учитывается тип загрязнителей: неорганический, органический, биотический, смешанный.

Для оценки второй позиции были учтены современное тектоническое положение массива (платформенный; орогенный и рифтогенный), их тепло- и влагообеспеченность, обуславливающих современное состояние грунтов (многолетнемерзлые; талые сильно- и среднеувлажненные), а также класс грунтов (дисперсные; скальные выветрелые; скальные).

В итоге в классификации, построенной в виде таблицы-решетки выделено 48 типов массивов грунтов. Эти построения необходимо, как подчеркнул их автор, уточнять для каждого конкретного изучаемого массива, учитывая местоположение загрязнителя (поверхностное, подпочвенное, глубинное и др.), уровень загрязнения и характер токсичности, расположение загрязненных грунтов по отношению к подземным водам.

Изучение грунтов с инженерно-геологических и эколого-геологических позиций было и будет **многоплановым всегда** и в теоретическом, и в практическом отношении. Без этого невозможно обеспечить устойчивое функционирование ни литотехнических, ни эколого-геологических систем (да и экосистем в целом). Без знания особенностей грунтов невозможно геологически грамотно обосновать управляющие действия, если в них возникает потребность.

#### **Библиографический список**

1. *Королев В. А.* Очистка грунтов от загрязнений / В. А. Королев. – М. : МАИК «Наука-Интерпериодика», 2001. – 365 с.
2. *Минервин А. В.* Новые данные к решению проблемы лесса / А. В. Минервин, Е. М. Сергеев // Известия АН СССР. – 1964. – № 5. – С. 53–64.
3. *Свод правил по инженерным изысканиям для строительства* / СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть IV. Правила производства работ в районах распространения многолетнемерзлых грунтов // Госстрой России. – М. : ПНИИИС Госстроя России, 1999. – 60 с.

4. *Строительные нормы и правила Российской Федерации*. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. – М. : Минстрой России, 1997. – 44 с.
5. *Трофимов В. Т.* Грунтоведение / В. Т. Трофимов, В. А. Королев, Е. А. Вознесенский, Г. А. Голодковская, Ю. К. Васильчук, Р. С. Зиангиров ; под ред. В. Т. Трофимова. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МГУ, 2005. – 1024 с.
6. *Трофимов В. Т.* Новые данные о просадочности погребенных почв массивов лессовых пород / В. Т. Трофимов // РАН. – 2003. – Т. 392, № 1. – С. 111–114.
7. *Трофимов В. Т.* Опорные инженерно-геологические разрезы лессовых пород Северной Евразии / В. Т. Трофимов, С. Д. Балыкова, Т. В. Андреева, А. В. Ершова, Я. Е. Шаевич; под ред. проф. В. Т. Трофимова. – М. : КДУ, 2008. – 608 с.
8. *Трофимов В. Т.* Современная парадигма геологии и теоретические задачи инженерной геологии / В. Т. Трофимов, Т. И. Аверкина // Геоэкология. – 2000. – № 2. – С. 174–184.
9. *Трофимов В. Т.* Содержание, структура и современные задачи инженерной геологии. Статья 1 / В. Т. Трофимов // Вестник Московского университета. – 1996. – № 6. – С. 3–16.
10. *Трофимов В. Т.* Экологическая геология / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг. – М. : ЗАО «Геоинформмарк», 2002. – 415 с.

## ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕРГЕЛЕЙ КАРБОНАТНОГО ФЛИША ПРИ ВЫВЕТРИВАНИИ

**Т.В. Любимова, доцент**

*Кубанский государственный университет, г. Краснодар,  
тел.: 8(861)21-99-634; e-mail: TV-Luy@yandex.ru*

**А.В. Овчинников, аспирант**

*Кубанский государственный университет, г. Краснодар,  
тел.: 8(861)21-99-634; e-mail: first-fish@yandex.ru*

Рецензент: Бочкарев А.В.

Исследованы физико-механические свойства пород флишевой формации Черноморского побережья Северо-Запада Кавказа.

Physical and mechanical properties of flysch formations of the Black Sea shore of North-West Caucasus have been studied.

*Ключевые слова:* выветривание, физико-механические свойства, Черноморское побережье.

*Key words:* weathering, physical and mechanical properties, the Black Sea shore.

Важность изучения процесса выветривания определяется тем, что он является первичным по отношению к другим экзогенным процессам. Строительство инженерных сооружений требует знания состава, строения и свойств пород зоны гипергенеза, т.е. активной части коры выветривания, находящейся в контакте с инженерными сооружениями. К настоящему времени накоплен опыт изучения кор выветривания магматических и метаморфических пород в связи с поиском и разработкой месторождений полезных ископаемых. Зоны трещиноватости активно изучаются при проведении инженерных изысканий с целью строительства гидротехнических и подземных сооружений. Вместе с тем вопросы изучения зоны гипергенеза в районах разви-