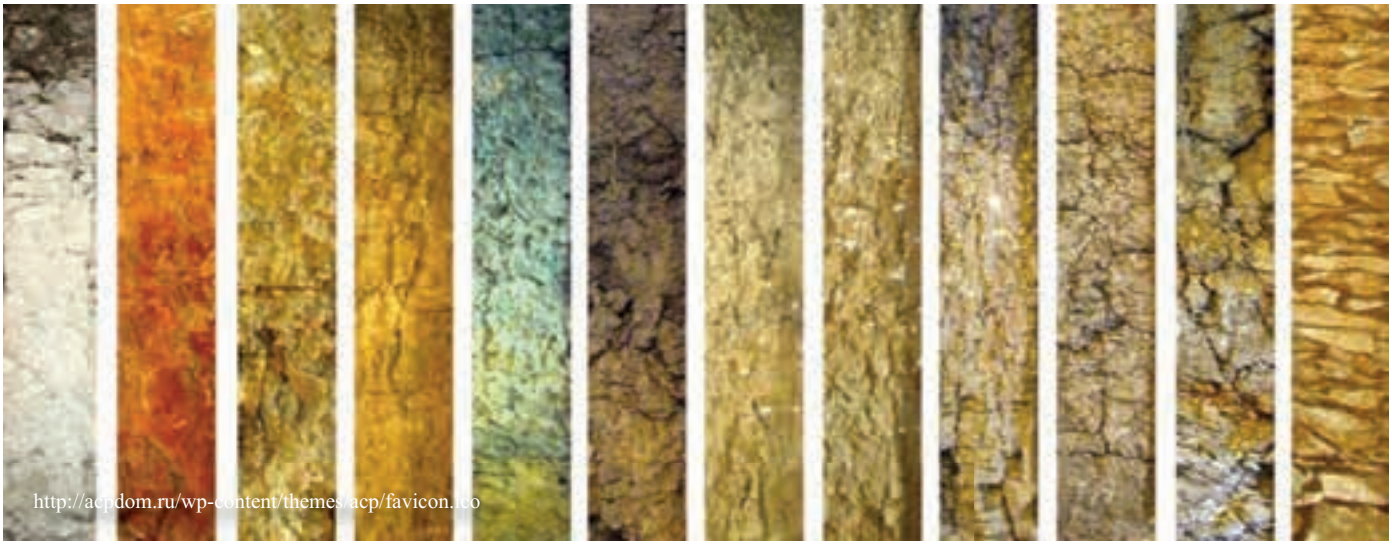
https://doi.org/10.25296/1993-5056-2019-14-1-8-19 УДК 624.131

О ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ АСПЕКТАХ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ИЗУЧЕНИЮ ГРУНТОВ



ТРОФИМОВ В.Т.
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия, trofimov@rector.msu.ru
Адрес: Ленинские горы, д. 1, г. Москва, 119991, Россия

КОРОЛЕВ В.А.*
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия, va-korolev@bk.ru

Оригинальная статья
Поступила в редакцию 29.11.2018 / Принята к публикации 22.02.2019 / Дата публикации 29.03.2019
© ООО «Геомаркетинг», 2019

Аннотация
Рассмотрены фундаментальные методологические и философские аспекты генетического подхода к изучению формирования грунтов, генезиса состава, строения, состояния и свойств, а также роль пространственного положения грунтов в массиве и антропогенного воздействия на грунтовые массивы, в том числе при формировании улучшенных и ухудшенных грунтов.
В генетическом подходе к изучению грунтов, ставшего методологической основой грунтоведения, состав, строение, состояние и свойства грунтов рассматриваются как результат их генезиса и последующих постгенетических преобразований на этапе диагенеза, катагенеза, метаморфизма и гипергенеза. Показано различие понятий «генезис грунтов», «генезис состава грунтов», «генезис строения грунтов», «генезис состояния грунтов» и «генезис свойств грунтов». При характеристике этих понятий необходимо учитывать сингенетические, эпи-сингенетические, син-эпигенетические и эпигенетические особенности грунтов. В соответствии с этим, состав, строение, состояние и свойства грунтов по происхождению могут быть четырех классов: сингенетическими, эпи-сингенетическими, син-эпигенетическими или эпигенетическими. Особо важную роль генетический подход играет при изучении антропогенно-образованных и техногенно-измененных грунтов, а также при построении новых генетических классификаций природных и техногенных грунтов. Генетический подход к изучению грунтов следует из закона Приклонского-Сергеева-Ломтадзе: состав, строение, состояние и свойства грунтов определяются их генезисом, характером постгенетических процессов и современным пространственным (координатным) положением. Этот фундаментальный подход должен лежать и в основе разработки новых общих классификаций грунтов, что особенно актуально сейчас, когда ведутся работы по подготовке нового ГОСТ 25100 «Грунты. Общая классификация».

Ключевые слова:
грунт; генетический подход; генезис грунтов; генезис свойств грунтов; массив грунта; улучшенный грунт; ухудшенный грунт; общая классификация грунтов

Ссылка для цитирования:
Трофимов В.Т., Королев В.А., 2019. О фундаментальных аспектах генетического подхода к изучению грунтов. Инженерная геология, Том XIV, № 1, с. 8–19, https://doi.org/10.25296/1993-5056-2019-14-1-8-19

ABOUT THE FUNDAMENTAL ASPECTS OF THE GENETIC APPROACH TO THE STUDY OF SOILS

VICTOR T. TROFIMOV
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, trofimov@rector.msu.ru
Address: Bld. 1, Leninskie Gory, 119991, Moscow, Russia

VLADIMIR A. KOROLEV*
Lomonosov Moscow State University Moscow, Russia, va-korolev@bk.ru

Original paper
Received 29 November 2018 / Accepted 22 February 2019 / Published 29 March 2019
© "Geomarketing" LLC, 2019

Abstract
The fundamental methodological and philosophical aspects of the genetic approach to the study of soil formation, the genesis of the composition, structure, state and properties, as well as the role of the spatial position of soils in the array and the role of anthropogenic impacts on soil massifs, including the formation of improved and degraded soils, are considered. In the genetic approach to the study of soils, which became the methodological basis of soil science, is that the composition, structure, condition and properties of soils are considered as the result of their genesis and subsequent postgenetic transformations at the stage of diagenesis, catagenesis, metamorphism and hypergenesis. The distinction of concepts of "soil genesis", "genesis of soil composition", "genesis of soil structure", "genesis of soil condition" and "genesis of soil properties" is shown. When characterizing these concepts, it is necessary to take into account the syngenetic, epi-syngenetic, syn-epigenetic and epigenetic features of soils. In accordance with this, the composition, structure, condition, and properties of soils may be of four classes according to their origin: syngenetic, epi-syngenetic, syn-epigenetic, or epigenetic. The genetic approach plays a particularly important role in the study of anthropogenically-formed and man-made altered soils, as well as in the construction of new genetic classifications of natural and man-made soils. The genetic approach to the study of soils follows from the Priklonsky-Sergeev-Lomtadze law: the composition, structure, condition and properties of soils are determined by their genesis, the nature of postgenetic processes and the modern spatial (coordinate) position. This fundamental approach should underlie the development of new general classifications of soils, which is especially important now, when work is underway to prepare the new GOST 25100 "Soils. General classification".

Key words:
soil, genetic approach, soil genesis, the genesis of soil properties, soil massif, improved soil, deteriorated soil, general soil classification

For citation:
Trofimov V.T., Korolev V.A., 2019. About the fundamental aspects of the genetic approach to the study of soils. Engineering Geology World, Vol. XIV, No. 1, pp. 8–19, https://doi.org/10.25296/1993-5056-2019-14-1-8-19

«Твердо помнить должно, что видимые телесные на земле вещи и весь мир не в таком состоянии были с начала от создания, как ныне находим, но великие происходили в нем перемены, что показывает история и древняя география, с нынешнею снесенная, и случающиеся в наши веки перемены земной поверхности».

М.В. Ломоносов, О слоях земных (ПСС, Том 5, М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1954, с. 574)

Введение

Одной из важнейших методологических задач современного грунтоведения и инженерной геологии в целом является анализ факторов, интенсифицирующих и ускоряющих рост эффективности научных исследований в данных областях. К их числу относятся применяемые в грунтоведении различные методологические средства и теоретические подходы, нацеленные на получение нового научного знания [6]. Среди них важнейшее место занимает генетический подход к изучению грунтов, ставший методологической основой современного грунтоведения.

Между тем и сейчас нередко среди некоторых инженер-геологов бытует мнение о том, что для грунтоведения и инженерных изысканий генетический подход не нужен, что для проектировщика важны характеристики свойств грунта, а не его возраст и генезис. Это глубоко ошибочное мнение. Следует отметить, что генетический подход не является единственным и с его помощью нельзя решить все проблемы грунтоведения. Однако

возможности этого метода очень обширны и далеко не исчерпаны.

Анализу проблем, связанных с применением этого подхода в грунтоведении, с его пока нереализованными эвристическими возможностями и значением для интенсификации познания грунтов и посвящена настоящая статья.

Философский смысл и значение генетического подхода

Генетический подход к изучению грунтов, ставший методологической основой грунтоведения, состоит в том, что состав, строение, состояние и свойства грунтов рассматриваются как результат их генезиса и последующих постгенетических преобразований на этапе диагенеза, катагенеза, метаморфизма и гипергенеза[1]. При этом изучаемый грунт рассматривается на базе исследования его происхождения и последующего изменения под влиянием различных факторов, в том числе и антропогенных.

Фундаментальный смысл генетического подхода к изучению грунтов следует из закона Приклонского-Сергеева-Ломтадзе: состав, строение, состояние и свойства грунтов определяются их генезисом, характером постгенетических процессов и современным пространственным (координатным) положением [6, 18]. По существу, этот подход — подход генетико-исторический и инженерно-геологический.

Следует отметить, что «генетический подход» как метод познания логично вытекает из более общих философских методов теории познания или гносеологии: естественно-исторического анализа, сравнительно-исторического анализа, принципа историзма или эволюционно-исторического подхода к изучению различных объектов и процессов в природе и обществе[2] [8, 12, 19]. Все эти методы объединяет одно простое положение: *познание объекта достигается путем анализа его развития*. Исторический (генетический) метод представляет собой систему мыслительных операций, с помощью которых восстанавливается вся история объекта исследования от его зарождения до современного состояния, исследуются генетические отношения развивающегося объекта, выясняются движущие силы и условия развития объекта [12]. В свою очередь это положение вытекает из концепции диалектического материализма, рассматривающего причинно-следственные связи и развитие различных объектов и процессов в природе и обществе [9].

Генетический подход как фундаментальный метод исследований наиболее плодотворно используется в естественных науках, включая науки о Земле, начиная с XVIII–XIX веков, и подразумевает изучение какого-либо объекта в его развитии, генезисе. Большой вклад он внес в развитие геологических наук, почвоведения и грунтоведения [6, 19].

Так, например, идея «генетического почвоведения» была высказана В.В. Докучаевым еще в 1881 году [3, с. 304]. Суть его новой идеи заключалась в том, что географическая зональность почв входит в теснейшую генетическую связь почв с их происхождением, а следовательно, и с их физико-химическими особенностями. В этой идее В.В. Докучаева с философско-методологических позиций можно выделить следующие фундаментальные аспекты [5]:

а) *аспект идеала* — В.В. Докучаев отвлекается от всего относительного, случайного, он отвлекается от общего многообразия видов почв, условий их залегания и т.д., а оперирует общим идеальным понятием «почва»;

б) *аспект закономерности* («законности» — у В.В. Докучаева) заключается как в происхождении почв, так и в их распределении;

в) *аспект концепции* — обусловлен включением В.В. Докучаевым конкретного, конечного (почвообразовательный процесс) во всеобщее — генетическую связь.

По аналогии с этим М.М. Филатов и затем Е.М. Сергеев выдвинули идею «генетического грунтоведения», суть которой заключается в том, что свойства грунтов зависят от их генезиса и постгенетических преобразований. *Аспект идеала* здесь состоит в отвлечении авторов от всего относительного, случайного, в том числе от морфологического многообразия грунтов; они оперируют идеальным понятием «грунт». Из этой идеи следовало, что свойства грунтов — явление не случайное, а закономерное (т.е. присутствует *аспект закономерности* идеи). И, наконец, *аспект концепции* здесь состоит во включении конкретного, конечного (образования грунтов) во всеобщую генетическую связь [5]. При этом более общая идея может подчинять себе предшествующую или менее общую идею. Так, например, теоретическая идея генетического грунтоведения Е.М. Сергеева (1952)[3] в определенной степени подчиняет или «снимает» идею генетического грунтоведения М.М. Филатова и т.п.

Генетический подход при изучении грунтов является методологической основой грунтоведения, благодаря чему оно относится к наукам геологического цикла. Причем под генетическим подходом следует иметь в виду анализ геологической истории развития территории, сложенной изучаемыми грунтами для того, чтобы можно было понять, что они испытали за период с момента своего формирования до наших дней, какова была их «геологическая жизнь»[1].

В основе генетического изучения горных пород в инженерно-геологических целях лежит подразделение их на три основные общеизвестные группы: магматические, осадочные и метаморфические, которые одновременно отражают их генезис и важнейшие петрографические особенности. Дальнейшее более дробное подразделение горных пород на генетические и петрографические типы дает еще большую информацию об их особенностях, важных при решении различных инженерно-геологических вопросов. Наряду с этими природными группами выделяются и антропогенные (или техногенные) грунты, генезис которых обусловлен хозяйственной деятельностью человека.

Горные породы, сформировавшиеся иногда в одних и тех же условиях и имеющие один и тот же геологический возраст и состав, могут существенно отличаться по своему современному состоянию и свойствам. Это объясняется

[1] Трофимов В.Т. (ред.), 2005. Грунтоведение, 6-е изд., перераб. и доп., Изд-во МГУ, Москва.

[2] Ивашевский Л.И., 1984. Метод в структуре естественно-исторического познания. Дис. … докт. филос. наук, НикГПИ-МГПИ, Москва.

[3] Сергеев Е.М., 1952. Общее грунтоведение. Изд-во Московского ун-та, Москва.

тем, что такие породы претерпели различные постгенетические преобразования[1]. В этой связи генетический подход к изучению грунтов распространяется и на этап их новейшей «жизни», включая современные преобразования.

В грунтоведении генетический или естественно-исторический подход к изучению грунтов подразумевает рассмотрение взаимосвязанной (детерминированной) цепи формирования «состава → строения → состояния → свойств грунта», в которой знак «→» отражает взаимную обусловленность характеристик (особенностей) состава, строения, состояния и свойств грунта. Анализируя эти особенности (показатели, параметры), согласно В.Т. Трофимову[1], необходимо рассматривать по генезису два класса син- и эпигенетических особенностей грунтов, а также два переходных класса: син-эпигенетический и эпи-сингенетический[4], имея в виду их различия, формирующиеся на различных стадиях образования и преобразования породы.

В соответствии с этим ***сингенетической*** *называется такая особенность грунта, которая формируется в ходе превращения осадка в породу (на стадии седиментации и сингенеза или раннего диагенеза) или при застывании магмы и метаморфизме.*

Эпигенетической *называется особенность грунта, формирующаяся в ходе последующего (эпигенетического) изменения породы при прогрессивном или регрессивном петро- и литогенезе.*

Син-эпигенетической *называется такая особенность грунта, которая сформировалась сингенетическим путем, но впоследствии кардинально преобразовалось за счет эпигенетических процессов.*

И, наконец, ***эпи-сингенетической*** *особенностью грунта называется такая, которая сформировалась сингенетическим путем, но впоследствии преобразовалась за счет эпигенетических процессов, которые, однако, не изменили его кардинально.*

В соответствии с этим, состав, строение, состояние и свойства грунтов по происхождению могут быть четырех классов: сингенетическими, эпи-сингенетическими, син-эпигенетическими и эпигенетическими.

Генезис грунтов

В 1937 году М.М. Филатов писал: «Идея об исключительно важном значении генезиса грунтов при их инженерно-геологической оценке — идея, выдвинутая нашими учеными, — дала могучий толчок к зарождению и развитию новых теорий и взглядов в деле познания грунтов… Старая точка зрения на грунт как на механическую систему гранулометрических элементов, связанных или не связанных силами сцепления, — являющуюся постоянной при всех физико-географических условиях и обладающую, следовательно, механическими константами, не зависящими от физико-химических процессов, происходящих и возникающих в грунтах, — в настоящее время отброшена в советском грунтоведении как несостоятельная. Физико-механические константы грунтов, согласно новому направлению, функционально связаны с генезисом грунтов. Последние представляют собой динамические образования, т.е. изменяющиеся во времени образования, свойства которых поддаются искусственному изменению» [20].

Развивая эти идеи, в 1938 году М.М. Филатов писал, что естественно-исторический подход в грунтоведении является «отправным», что было отмечено еще на I-ом конгрессе почвоведов в Вашингтоне (1927 г.) в докладе советских почвоведов. Тогда же особенную важность естественно-исторического метода подчеркнул К. Терцаги, признавший правильность пути, взятого русскими почвоведами в деле изучения грунтов.

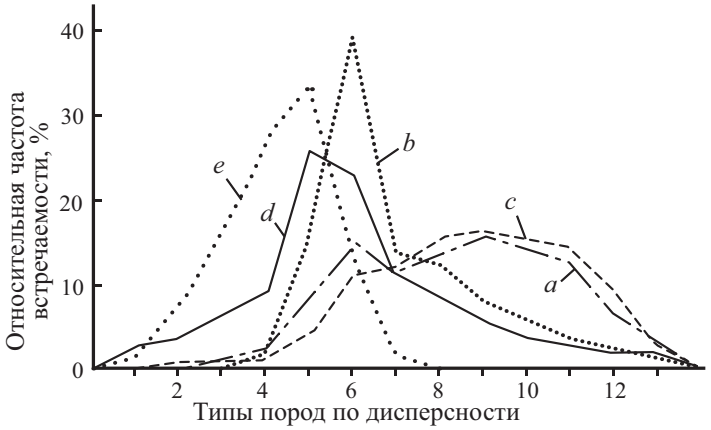


Рис. 1. Полигоны распределения относительных частот встречаемости различных гранулометрических типов пород в разрезах морских (*a*), лагунно-морских (*b*), озерно-аллювиальных *(c)*, аллювиальных (*d)* и флювиогляциальных (*e*) отложений [17]. Типы пород по дисперсности: 1 — гравий; 2 — песок гравелистый; 3 - песок крупный; 4 — песок средней крупности; 5 — песок мелкий; 6 — песок пылеватый; 7 — супесь; 8 — суглинок легкий; 9 — суглинок средний; 10 — суглинок тяжелый; *11* — глина легкая; *12* — глина средняя; *13* — глина тяжелая. Кривые *a, b, c, d, e* построены по данным анализов соответственно 1169, 276, 2107, 2927 и 345 определений

Fig. 1. Polygons of the distribution of relative frequencies of occurrence of various granulometric types of rocks in sections of sea (a), lagoon — sea (b), lake — alluvial (c), alluvial (d) and fluvio-glacial (e) sediments [17]. Types of rocks by dispersion: 1 — gravel; 2 — gravel sand; 3 — coarse sand; 4 — medium sand; 5 — fine sand; 6 — silty sand; 7 — sandy loam; 8 — light loam; 9 — medium loam; 10 — heavy loam; 11 — light clay; 12 — medium clay; 13 — heavy clay. Curves *a, b, c, d, e* have been constructed according to analysis data, respectively, 1169, 276, 2107, 2927 and 345 definitions

Вопросы генезиса грунтов и его учета в грунтоведении детально рассмотрены В.Т. Трофимовым: «*Под «генезисом осадков (отложений, пород и др.) как грунтов» следует понимать, как это принято в общегеологической литературе, способ происхождения осадочных или вулканогенно-осадочных отложений, в первую очередь определяемый способом (механизмом) накопления осадка, или конкретный способ происхождения магматических или метаморфических пород. Такой подход используется при выделении хорошо известных генетических типов указанных классов горных пород*»[1] (с. 51, курсив авторов — В.Т. и В.А.).

Роль генезиса грунтов в формировании их гранулометрического состава в толщах четвертичных отложений контрастно иллюстрируют данные рис. 1.

Между тем вопрос о генезисе различных грунтов отнюдь не так прост и ясен. Относительно генезиса многих грунтов имеется ряд гипотез. Так, например, среди биогенных грунтов, казалось бы, одного «биогенного» генезиса, можно выделить по крайней мере три группы грунтов, различающиеся по способу образования [7]:

[4] Напомним, что в этих словосочетаниях (как это принято в геологической литературе) на втором месте стоит признак, оказавший наиболее существенное влияние.

1) собственно биогенные, или биогенно образованные; 2) постмортально-биогенные; 3) биогенно преобразованные. Собственно биогенные грунты являются сингенетическими, они образованы непосредственно живыми организмами в процессе своей жизнедеятельности (например, строматолиты, коралловые известняки и др.). Постмортально-биогенные грунты являются биогенно-осадочными породами, образованными из отмерших остатков различных организмов — раковин моллюсков, обломков кораллов, растений и т.п. (например, известняки-ракушечники, нуммулитовые и другие известняки, торф, сапропель и т.п.). Они являются эпи-сингенетическими или син-эпигенетическими по происхождению. И, наконец, биогенно-преобразованные грунты являются продуктами биологического выветривания и эпигенетическими по происхождению (например, биогенно-выветрелые породы и почвы). Таким образом, грунты одного «биогенного генезиса» сильно различаются по происхождению.

Не менее сложен вопрос о генезисе антропогенных (техногенных) грунтов. Поскольку они являются продуктом хозяйственной и иной деятельности человека, а человек является живым разумным существом, то, казалось бы, логично антропогенные грунты рассматривать как отдельный тип биогенных грунтов. Однако, учитывая большое разнообразие способов образования и преобразования техногенных грунтов, они все же рассматриваются отдельно как антропогенные, а не биогенные.

Генезис состава грунтов

Под генезисом состава грунта обычно понимается способ происхождения его химико-минерального состава — минералов и химических соединений. Однако в более широком фундаментальном смысле, учитывая, что грунт является многокомпонентной системой, следует *говорить о компонентном составе грунта и, соответственно, — о* ***генезисе компонентного состава грунта,*** *под которым следует понимать способ происхождения в нем твердых, жидких, газообразных компонентов и биотической составляющей.*

В такой трактовке ***генезис состава твердых компонентов*** грунта и *будет представлять собой способ происхождения составляющих его минералов — минерального состава*. Минеральный состав невыветрелых магматических, метаморфических и осадочных хемогенных грунтов является сингенетическим. Например, состав магмы предопределяет формирование минерального состава магматических пород в ряду от кислых до ультраосновных. Также сингенетическим является и состав синкриогенных многолетнемерзлых пород, некоторых типов лессов, илов, слаборазложившихся молодых торфов, сапропелей и др.[1].

Как отмечал В.Т. Трофимов, минеральный состав «подавляющей части осадочных пород, включая эпикриогенные многолетнемерзлые породы, в результате процессов литификации выветрелых разностей магматических и метаморфических пород чаще всего является эпи-сингенетическим или син-эпигенетическим. И, видимо, лишь в корах выветривания мы имеем дело с эпигенетическим (по отношению к составу «материнской» породы) по генезису составом грунтов»[1] (с. 53).

Аналогичным образом обстоит и вопрос о ***генезисе состава жидкого и газообразного компонентов*** грунта и генезисе состава его ***биотической составляющей***. Все они могут относиться к какому-либо одному из четырех классов по способам их происхождения, указанным выше. При этом вопрос о генезисе состава биотической составляющей грунта, по сути, сводится к анализу происхождения его видового состава макро- и микроорганизмов. В этом случае можно также говорить об *аллохтонной* или *автохтонной*[5] микро- и макрофауне или флоре грунта. Автохтонная флора и фауна грунта всегда сингенетична по генезису, а аллохтонная — эпигенетична или син-эпигенетична. В частности, антропогенные (техногенные) биологические загрязнения грунтов приводят к формированию в них аллохтонной флоры и фауны.

Генезис строения грунтов

Под генезисом строения грунта обычно понимают способ происхождения его строения, характеризуемого совокупностью его структурных и текстурных признаков. Напомним, что среди структурных признаков рассматривается гранулометрический состав грунта, морфологические особенности структурных элементов (зерен, обломков и т.п.), тип и характер структурных связей, структура грунта и др., а среди текстурных — особенности пространственного расположения структурных элементов грунта. *Строение грунта также предполагает, строго говоря, характеристику взаимного соотношения твердых, жидких и газообразных компонентов в грунте, а также его биотической составляющей.*

Генезис строения грунта наглядно может быть представлен в виде графических моделей разных типов. Одной из первых графических моделей, описывающих формирование гранулометрического состава тридисперсных грунтов, является широко известный треугольник Фере.

Известны также модели формирования микроструктуры дисперсных грунтов (глобулярная, типа «карточного домика» и др.) [14]. Однако все эти модели в основном отражают формирование «скелетной» структуры грунта, образованной твердыми компонентами (частицами, зернами, обломками, микроагрегатами и т.п.), но не отражают взаимоотношение иных компонентов и составляющих строения грунта — жидких, газообразных и биотических.

Стоит также отметить, что отмеченные модели строения грунтов являются в основном морфологическими и лишь некоторые из них раскрывают способ (генезис) формирования той или иной структуры и время ее формирования. Между тем, формирование строения грунта так же, как и его состава (рассмотренное выше), может осуществляться во времени син- или эпигенетически или относиться к двум промежуточным типам.

Генезис состояния грунтов

Под генезисом состояния грунта следует понимать способ происхождения его состояния, важного для инженерно-геологических целей: влажностного (определяющего консистенцию и физико-механические свойства грунта), термического (немерзлое (талое) или мерзлое состояние), напряженного состояния, а также естественного или нарушенного состояния.

[5] Аллохтонный (от греч. Allochtone) — привнесенный из другого места; автохтонный (от греч. autochtones) — возникший на месте.

Трофимов В.Т., Королев В.А., 2019

Естественное состояние грунта в данный момент является следствием влияния на него различных физических, химических и биотических воздействий и процессов: инфильтрации и испарения воды, полей температуры и напряжений, геохимических потоков различных веществ, влияния биоты и т.п. Состояние грунта отражает комплекс воздействий на него, в том числе различных физических полей: меняется воздействие — меняется состояние (рис. 2). Поэтому изучение генезиса состояния грунта сводится к задаче восстановления истории воздействий на грунт и их инженерно-геологических последствий.

Состояние грунта, например, влажностное, оцениваемое различными показателями влажности, наиболее динамично из прочих особенностей грунтов — оно непостоянно во времени и способно быстро меняться при изменении внешних условий, в которых находится грунт. Чаще всего влажностное состояние грунта является эпигенетическим. По этой причине анализ его генезиса часто представляет собой весьма сложную задачу. Для набухающих грунтов, кроме того, важно установить в каком состоянии находится грунт — в состоянии набухания или нет.

Также непростую задачу представляет анализ генезиса напряженного состояния грунта, существующего на данный момент, который предполагает восстановление истории формирования и изменения поля его напряжения в массиве за определенный период времени. Это особенно актуально для так называемых переуплотненных или разуплотненных грунтов, напряженное состояние которых (а также их плотность) в данный момент не соответствует таковому, существовавшему в предшествующие временные эпохи. Их напряженное состояние является эпигенетическим. Кроме того, в соответствии с этим выделяют и нормально уплотненные грунты, плотность-пористость которых соответствует напряжениям сжатия, определяемым компрессионной кривой. Их напряженное состояние можно считать сингенетическим.

Для скальных грунтов анализ генезиса их напряженного состояния может изучаться с помощью метода акустической эмиссии.

Наряду с этим, например, мерзлое состояние грунта может быть довольно статичным и сохраняться неизменным десятки и сотни тысяч лет. Анализ его генезиса в этом случае, по сути, сводится к анализу генезиса мерзлоты, которая может относиться ко всем четырем категориям — от сингенетической до эпигенетической.

Генезис свойств грунтов

Как отмечал Е.М. Сергеев «… нельзя изучать только свойства грунтов, не познав их качество. Так как качество грунта (его состав, структура и текстура) создается в процессе генезиса породы и дальнейшей ее геологической «жизни», то можно основной тезис советского грунтоведения сформулировать так: свойства грунтов зависят от их генезиса, —понимая под генезисом не только процесс осадконакопления и превращения осадка в породу, но и совокупность всех дальнейших воздействий (эпигенетических, метаморфических, гипергенетических и др.) на эту породу. Поэтому советское грунтоведение часто называют генетическим грунтоведением»[3].

Одно из первых теоретических положений *о стадийности формирования свойств пород* в процессах их петрогенеза (литогенеза[6]) было сформулировано в 1940-1950-е годы В.А. Приклонским [15] совместно с его коллегами — И.М. Горьковой и Н.А. Окниной.

Затем фундаментальные аспекты формирования свойств грунтов рассмотрел В.Д. Ломтадзе [10, 11]. Он проанализировал особенности направленного изменения состава, строения, состояния и свойств глинистых пород как грунтов от этапа седиментации до этапов эпигенеза и метаморфизма, создав широко известную логико-графическую «Схему формирования свойств глинистых пород при литификации». В.Д. Ломтадзе одним из первых разделил понятия «генезис отложений» и «постгенетические изменения» их в ходе литификации.

При изучении субаквальных глинистых отложений Бакинского архипелага И.Г. Коробановой [4] и Г.Г. Ильинской было выделено пять зон литификации глинистых пород, для каждой из которых был характерен свой диапазон изменения инженерно-геологических характеристик грунтов. И.М. Горькова [2] выделила четыре группы глинистых пород по степени их литификации при прогрессивном литогенезе на основе изучения их прочности. М. Матула [22] обосновал закономерности формирования свойств горных пород (включая скальные грунты) на главных стадиях регрессивного и прогрессивного петрогенеза.

В.И. Осипов [13] рассмотрел литогенез и формирование свойств грунтов, опираясь на особенности преобразования структуры в ходе этого процесса для глинистых и карбонатных грунтов. Эти же вопросы были рассмотрены В.Н. Соколовым, Е.Г. Коникoвым, Э.И. Ткачуком, И.А. Буселом, Д.Ю. Здобиным, Т.И. Кожухарь и многими другими [6].

Если в общенаучном и общегеологическом плане под термином «генезис» понимают происхождение, возникновение какого-либо геологического объекта или свойства, то под термином постгенетические преобразования понимают различные изменения, обусловленные эпигенетическими по отношению к первоначальному осадку или породе процессами, развивающимися в ходе прогрессивного (литификация) или регрессивного (выветривание) литогенеза.

Согласно В.Т. Трофимову, «под «генезисом свойств (состава, состояния) грунтов» необходимо понимать происхождение этих свойств (состава, состояния). Таких свойств много, и каждое из них может формироваться поразному, разными путями, под влиянием разных природных и техногенных факторов. Поэтому конкретизируя, отметим, что под генезисом свойства грунта следует понимать способ (механизм) формирования данного его свойства»[1] (с. 51). Таким образом, *понятие «генезис свойств грунтов» — сугубо инженерно-геологическое, это собственный инженерно-геологический термин*.

Очевидно, что генезис какого-либо свойства грунта по своему происхождению также может быть сингенетическим (когда свойство сформировалось одновременно с образованием грунта при сингенезе), эпигенетическим (когда данное свойство грунт приобрел уже после своего образования, при эпигенезе), или относиться к промежуточным классам: эпи-сингенетическому и син-эпигенетическому.

[6] Под *литогенезом* принято понимать совокупность геологических процессов, определяющих современный состав, строение, состояние и свойства осадочных горных пород. При этом выделяется ряд стадий литогенеза: седиментогенез, диагенез, катагенез, метагенез и гипергенез.

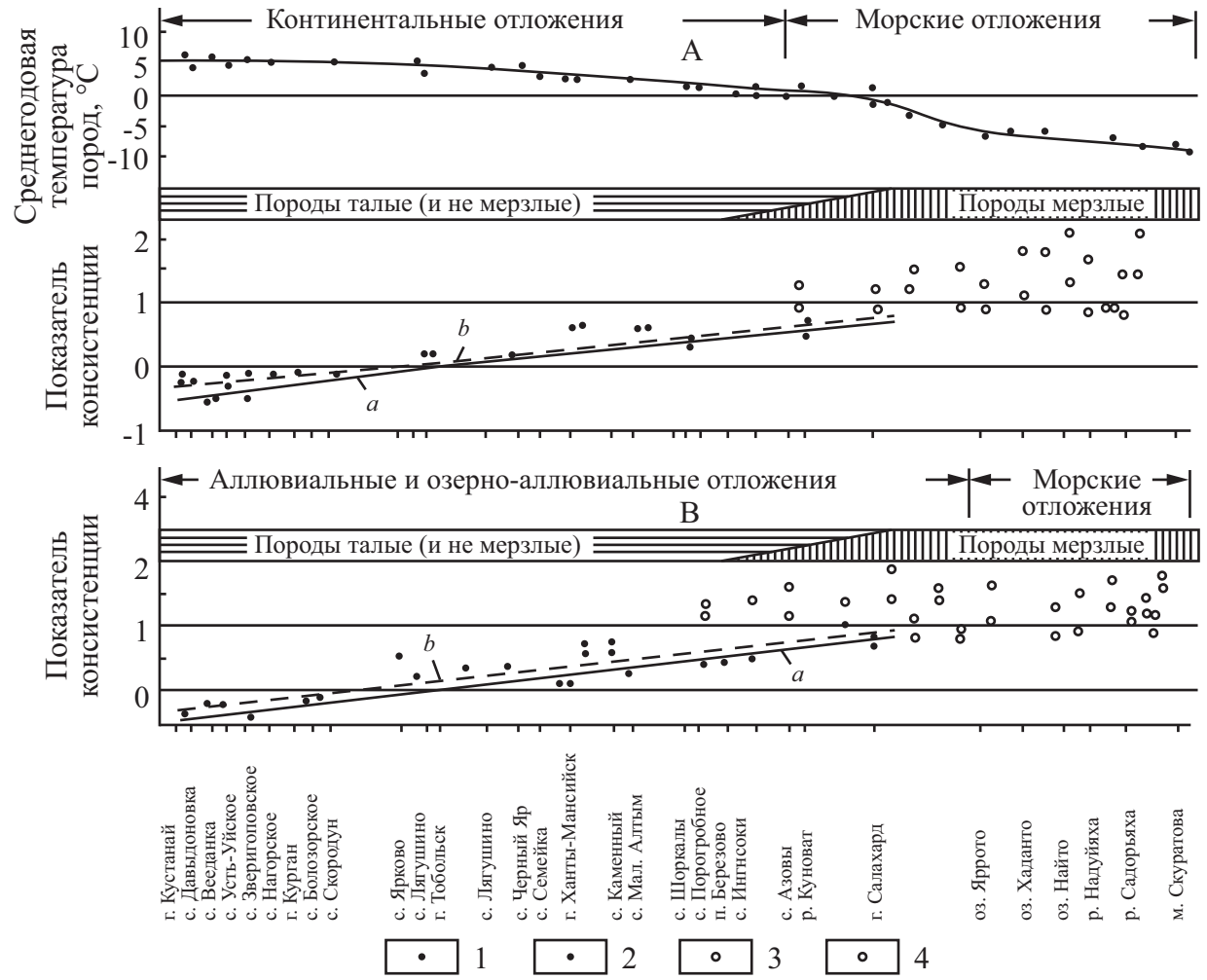


Рис. 2. Характер широтного изменения современного состояния глинистых верхнеплиоцен-нижнечетвертичных и среднечетвертичных (А) и позднечетвертичных (В) отложений на приречных участках на глубину 0,5–5 м *(a)* и в верхней 10-метрвой части толщи *(b)* в пределах Западно-Сибирской плиты [17]: *1* — среднее значение показателя консистенции талых пород в данном разрезе в интервале глубин 0,5–5 м; *2* — то же в верхней 10-метровой зоне; *3* — среднее значение показателя консистенции, которую приобретут многолетнемерзлые породы при оттаивании в данном разрезе в интервале глубин 0,5–5 м; *4* — то же в верхней 10-метровой части толщи

Fig. 2. The nature of the latitudinal change in the present state of the Upper Pliocene—Lower Quaternary and Middle Quaternary (A) and Late Quaternary (B) clay deposits in the riverside areas to a depth of 0.5–5 m (*a*) and in the upper 10-meter part of the sequence (*b*) within the West Siberian plates [17]: 1 — the average value of the index of the consistency of thawed rocks in this section in the depth interval of 0.5–5 m; 2 — the same in the upper 10-meter zone; 3 — the average value of the consistency index, which permafrost rocks will acquire when thawing in this section in the depth interval of 0.5–5 m; 4 — the same in the upper 10-meter section

Большое значение в изучении генезиса свойств грунтов отводится созданию тех или иных моделей, характеризующих формирование данного свойства грунта. По способу отражения это могут быть *вербальные, математические, физические* и *графические* модели [6]. Первые из них — самые распространенные, хотя в целом подобных моделей, описывающих формирование того или иного свойства грунта, не так уж и много. Вторые модели — также немногочисленны в грунтоведении, их преимуществом является математическая четкость выражения данного свойства на основе функциональных законов. Физическая модель формирования какого-либо свойства грунта основывается на физических закономерностях и представляет собой результат лабораторного или полевого моделирования на образце или массиве грунта формирования анализируемого свойства. Широкое обсуждение проблем генезиса и моделей формирования свойств грунтов состоялось на Международной научной конференции «Генезис и модели формирования свойств грунтов» [1] в мае 1998 г. на геологическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова.

Среди последних — графических моделей — выделяются *логико-графические* (знаковые) модели формирования свойств грунта. На рис. 3 отрезком 1–1′ показано уплотнение воздушно-сухого пылеватого эолового осадка элементарного слоя под собственным весом, отрезком 1′–*2* — его уплотнение при высыхании после невысокого увлажнения атмосферными осадками и связанной с этим усадкой (отрезок 3–4). При накоплении осадков следующего слоя полное промачивание (до степени влажности 0,8–1,0) ранее дегитратированного осадка кривая уплотнения этих насыщенных водой образований придет в точку 4 (см. рис. 3, *а*). Если увлажнение пород неполное, то точка 4 будет лежать выше кривой 1–8; если же повторное увлажнение было слабым, то графическая модель примет такой вид: из точки 3 идет участок 3–4–5, аналогичный отрезку 1–2–3, но теоретически наклон отрезка

3–4 несколько меньший, чем у 1–2 (см. рис. 3, *b*); дальше кривая имеет обычный вид, отображающий уплотнение подсохшей пылеватой породы. При последующей дегитратации наблюдается небольшая по величине усадка (отрезок 4–5). Перекрытие таких пород вышележащими образованиями при исключении промачивания первых обусловит формирование просадочности, проявляющейся при природной нагрузке, превышающей значение P_n.

Согласно В.Т. Трофимову, «логико-графические модели формирования свойств грунтов представляют собой графическую модель, отображающую главные, логически важные закономерности формирования данного свойства грунта»[1] (с. 56). Такие модели создавались В.Д. Ломтадзе [10, 11], И.М. Горьковой [2], И.Г. Коробановой [4] для описания формирования физико-механических свойств глинистых пород при литификации, Н.Я. Денисовым для описания формирования просадочности у лессовых пород, В.Т. Трофимовым и Д.С. Спиридоновым для описания формирования инженерно-геологических условий, а также генезиса просадочности лессовых грунтов [16, 18] и др.

Логико-графическими моделями формирования свойств грунтов следует считать и треугольные диаграммы для подбора оптимальных смесей, используемые в технической мелиорации грунтов.

К этому же классу логико-графических моделей относятся модели формирования различных свойств грунтов на основе треугольных фазовых диаграмм, впервые предложенных А. Кезди [21] для описания формирования плотности дисперсных грунтов, а затем разработанных В.А. Королевым[7] для описания формирования физических (плотности-пористости), физико-химических (консистенции, набухаемости, усадочности и др.) и физико-механических (компрессионной сжимаемости, просадочности, прочности на сдвиг) свойств дисперсных грунтов, Т.В. Андреевой для описания недоуплотненности (просадочности) лессовых грунтов, Чжан Шэнжуном[8] и В.А. Королевым для описания формирования заданных свойств (физических и физико-механических) песчаных и песчано-дресвяных грунтов (рис. 4).

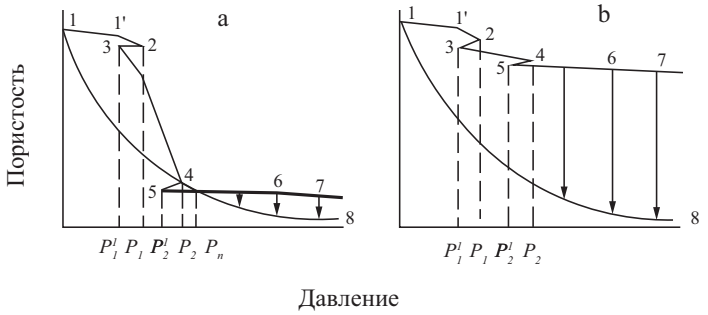


Рис. 3. Логико-графические модели уплотнения и формирования сингенетической просадочности эоловых лессов и легких лессовидных суглинков при разных режимах двукратного увлажнения (a — повторное полное промачивание; b — повторное слабое увлажнение) и последующей дегидратации осадка — молодой породы элементарного слоя [16]: 1–8 — кривая уплотнения пылеватого полностью водонасыщенного грунта; 1–1′–2–3–4–5–6–7 — кривая уплотнения того же грунта при разных режимах увлажнения, последующей дегитратации и росте нагрузки (давления) от собственного веса толщи (пояснения хода кривой в тексте); P_1, P_2 — нагрузка (давление) от веса водонасыщенного грунта; P_1', P_2' — нагрузка от веса дегитратированного грунта; стрелками показана величина зоны потенциальной просадочности

Fig. 3. Logical-graphical models of compaction and formation of syngenetic subsidence of eolian loess and light loess loam with different modes of double moistening (a — repeated full wetting; b — repeated weak moisture) and subsequent dehydration of sediment - recent elementary layer [16]: 1–8 — curve of compaction of dusty, fully water-saturated soil; 1–1′–2–3–4–5–6–7 — the compaction curve of the same soil with different moisture modes, subsequent dehydration and increase in load (pressure) from own weight of the sequence (explanation of the curve in the text); P_1, P_2 — load (pressure) of the weight of water-saturated soil; P_1', P_2' — load from the weight of degraded soil; the arrows indicate the size of the potential subsidence zone

Роль пространственного положения в массиве

Известно, что наряду с генезисом и возрастом важнейшим фактором, обусловливающим современные особенности грунтов, является их современное пространственное (координатное) положение, значение и роль которого для разных типов грунтов были проанализированы В.Т. Трофимовым[1].

Современное пространственное положение описывается координатной позицией грунта и его грунтовой толщи[1].

Этот фактор обусловлен рядом причин[1]:

1) нестационарной или квазифункциональной изменчивостью показателей состава и свойств грунтов одного стратиграфо-генетического комплекса или одной геологической формации;
2) различной современной тепло- и влагообеспеченностью территорий, занимающих разное широтное (см. рис. 2) и высотное положение;
3) различным геоструктурным и орографическим положением массива;
4) неодинаковым комплексом современных ЭГП (особенно криогенных и гипергенных);
5) различным напряженно-деформированным состоянием в разных точках массива.

Роль антропогенных воздействий на грунтовые массивы

Наряду с природными грунтами генетический подход весьма важен и при изучении отложений, испытывающих или испытавших антропогенные (техногенные) воздействия. По сути, антропогенные воздействия на грунт относятся к постгенетическим преобразованиям, происходящим «на фоне» естественного литогенеза. Основная проблема в этом случае связана с выяснением природы антропогенных воздействий (физических, химических, биотических), которые испытал грунт, поскольку спектр этих воздействий весьма широк, а многие из них не встречаются в природных условиях, и установить их наличие не так-то просто.

Антропогенные (техногенные) воздействия на природные грунты по генезису всегда являются эпигенетическими, а на техногенные грунты — могут быть как сингенетическими, так и эпигенетическими, а также относиться к двум промежуточным типам. Так, например, если в качестве воздействия рассматривать химическое или био-

[7] Королев В.А., 1990. Термодинамика дисперсных немерзлых грунтов. Автореф. дис. … докт. геол.-мин. наук, МГУ, Москва.

[8] Чжан Шэнжун, 2018. Обоснование создания грунтов с заданными свойствами. Автореф. дис. … канд. геол.-мин. наук. МГУ, Москва.

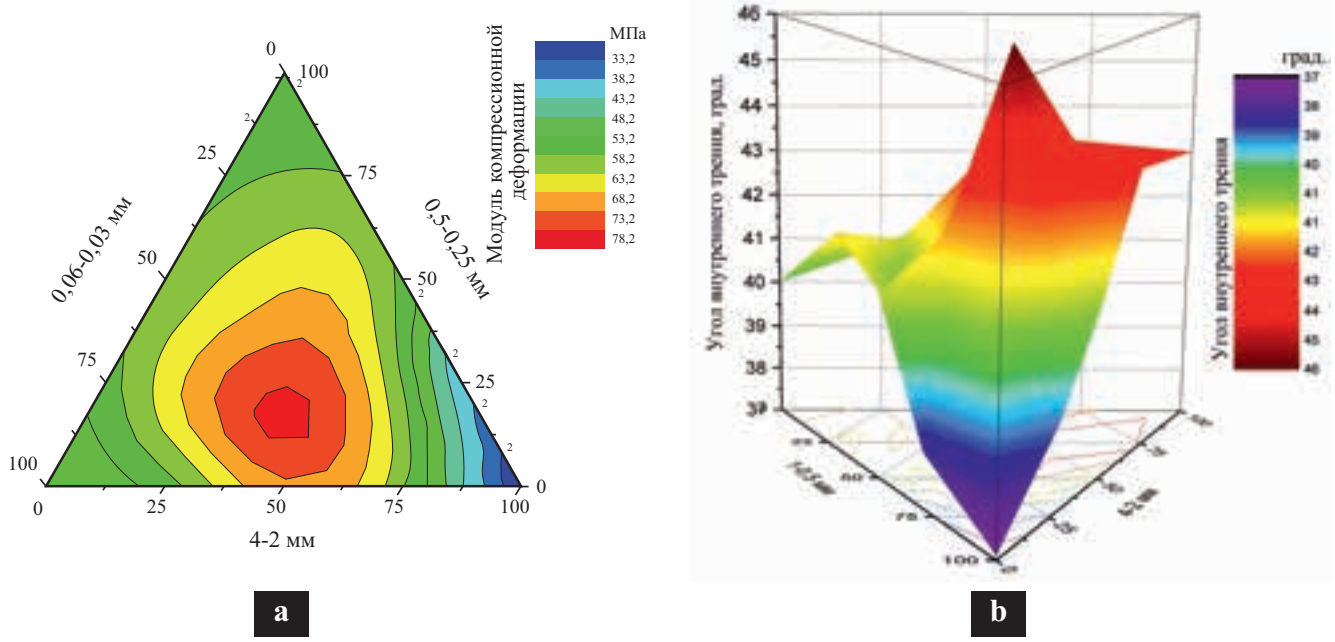


Рис. 4. Треугольная диаграмма изменения величин модуля компрессионной деформации ($E_{ок}$) песчано-дресвяных смесей из фракций (4–2, 0,5–0,25 и 0,06–0,03 мм) в интервале нагрузок 0,4–0,8 МПа (а) и трехмерная диаграмма изменения величин угла внутреннего трения песчано-дресвяных смесей, состоящих из трех фракций (4–2, 2–1 и 1–0,5 мм) (b)[8]

Fig. 4. Triangular diagram of changes in the values of the modulus of compression deformation (E_{co}) of sand-wood mixtures from fractions (4–2, 0.5–0.25 and 0.06–0.03 mm) in the load range 0.4–0.8 MPa (a) and a three-dimensional diagram of changes in the values of the angle of internal friction of sand-wood mixtures consisting of three fractions (4–2, 2–1 and 1–0.5 mm) (b)[8]

логическое загрязнение природного грунта, то оно будет эпигенетическим. Если же техногенный грунт уже представляет собой очаг химического или биологического загрязнения (например, свалочный грунт), то такое загрязнение будет сингенетическим. Но учитывая, что в процессе эволюции свалочного грунта (например, на полигонах твердых бытовых отходов (ТБО) состав и количество токсичных компонентов в нем меняется во времени, его загрязнение может быть син-эпигенетическим.

С инженерно-геологической точки зрения важно также различать *улучшенные* и *ухудшенные* грунты (рис. 5). К первым, как правило, относят техногенно измененные грунты, антропогенное влияние на которых привело к целенаправленному улучшению их показателей прочности и деформируемости, ко вторым — наоборот. Улучшенные грунты формируются с использованием различных методов технической мелиорации, когда необходимо повысить несущую способность грунтов, их прочность, снизить водопроницаемость и т.п.

Ухудшенные грунты формируются не целенаправленно, а попутно в ходе какой-либо хозяйственной или иной деятельности человека. В результате этого грунты могут потерять необходимый запас прочности и деформируемости, могут перейти в состояние набухания, разуплотниться и т.п. Следует добавить, что к ухудшенным грунтам, несомненно, надо относить и загрязненные грунты, влияющие на эколого-геологические условия территорий.

Наряду с техногенно измененными многие и антропогенно образованные грунты (например, свалочные грунты, культурные слои и т.п.) относятся к ухудшенным.

Генетические классификации грунтов

На базе генетического подхода строятся все современные инженерно-геологические общие классификации грунтов, принцип построения которых состоит в том, что в пределах классов грунтов, обособляемых по типу и прочности структурных связей, выделяются генетические и петрографические типы грунтов, состав, строение и свойства которых обусловлены способом их происхождения. Таковы широко известные общие классификации грунтов Е.М. Сергеева (1971, 1983), Г.К. Бондарика (1981), В.Д. Ломтадзе (1984), В.Т. Трофимова (2005) и др., обзор которых был дан В.Т. Трофимовым[1].

Между тем при разработке общих классификаций грунтов для целей инженерных изысканий, включенных в соответствующие ГОСТы (ГОСТ 25100) и своды правил (СП), нередко звучали требования отказаться от генетического подхода. При этом аргументация сводилась к тому, что проектировщикам не важен генезис грунта, а важны лишь его характеристики, необходимые для проектирования, которые им выдают изыскатели. К тому же, продолжали сторонники этой точки зрения, определить генетический тип грунтов не так-то просто, это могут делать лишь высококвалифицированные специалисты, привлечение которых будет удорожать изыскания и т.п. Иными словами, сторонники этой точки зрения вновь «падают в объятия» геотехники, отрицающей генетический или естественно-исторический подход к изучению грунтов. Это, безусловно, шаг назад.

Так, например, в действующем ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация» генетические типы указаны нелогично. По сравнению с предыдущей классификацией в ГОСТ 25100-95 «Грунты. Классификация» в ней вообще пропали самые распространенные генетические типы грунтов, за исключением элювиальных грунтов, формирующих коры выветривания. Вопрос о генетических типах грунтов в общей классификации грун-

Трофимов В.Т., Королев В.А., 2019

Рис. 5. Подразделение улучшенных и ухудшенных грунтов

Fig. 5. Division of improved and degraded soils

тов вновь возникает в настоящее время, когда готовится новая редакция ГОСТ 25100.

Заключение

Проведенный анализ фундаментальных аспектов генетического подхода к изучению грунтов позволяет сделать следующие выводы:

1. Генетический подход к изучению грунтов остается ведущим теоретическим методом их исследования в инженерно-геологических целях. Этот подход, по существу, инженерно-геологический и генетико-исторический.
2. Следует различать понятия «генезис грунтов», «генезис состава грунтов», «генезис строения грунтов», «генезис состояния грунтов» и «генезис свойств грунтов».
3. При характеристике этих понятий необходимо учитывать сингенетические, эпи-сингенетические, синэпигенетические и эпигенетические особенности грунтов.
4. Особо важную роль генетический подход играет при изучении техногенно-измененных грунтов, а также при построении генетических классификаций природных и техногенных грунтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трофимов В.Т., Королев В.А. (ред.), 1998. Генезис и модели формирования свойств грунтов. Труды Международной научной конференции, Москва, 1998.
2. Горькова И.М., 1969. Теоретические основы оценки осадочных пород в инженерно-геологических целях. Наука, Москва.
3. Докучаев В.В., 1950. О законности известного географического распределения наземно-растительных почв на территории Европейской России. Том 2. Изд-во АН СССР, Москва.
4. Коробанова И.Г., 1970. Формирование инженерно-геологических свойств терригенной формации. Наука, Москва.
5. Королев В.А., 2018. Идеи инженерной и экологической геологии и их реализация. В сб. статей под ред. В.Т. Трофимова и В.А. Королева, Инженерная и экологическая геология в МГУ: выдвинутые научные идеи, их развитие и реализация. ООО «Сампринт», Москва, с. 38–57.
6. Королев В.А., Трофимов В.Т., 2016. Инженерная геология: история, методология и номологические основы. КДУ, Москва.
7. Королев В.С., Григорьева И.Ю., Королев В.А., 2018. Новый подход к систематизации биогенных грунтов. Инженерные изыскания в строительстве, Материалы второй Общероссийской научно-практической конференции молодых специалистов, Москва, 2018, с. 209–217.
8. Круть И.В., 1973. Исследование оснований теоретической геологии. Недра, Москва.
9. Куражковская Е.А., 1970. Диалектическая концепция развития в геологии (философский аспект). Изд-во МГУ, Москва.
10. Ломтадзе В.Д., 1956. Стадии формирования свойств глинистых пород при их литификации. Доклады АН СССР, Том 102, № 4, с. 819–822.
11. Ломтадзе В.Д., 1956. О формировании свойств глинистых пород. Записки Ленинградского горного института, Том 32, Вып. 2, с. 41–87.
12. Назаров И.В., 1982. Методология геологического исследования. Наука, Новосибирск.
13. Осипов В.И., 1984. Литогенез и формирование свойств грунтов. Доклады 27-го Международного геологического конгресса. Инженерная геология. Секция 17, Том 17, Москва, 1984, с. 45–51.
14. Осипов В.И., Соколов В.Н., 2013. Глины и их свойства. ГЕОС, Москва.
15. Приклонский В.А., 1949. Сравнительная характеристика интенсивности физико-механического диагенеза некоторых глинистых пород СССР. Труды Лаборатории гидрогеологических проблем АН СССР, Том 3, с. 322–342.
16. Трофимов В.Т., 1990. Модели формирования просадочности лессовых пород. Вестник Московского университета. Серия 4. Геология, № 2, с. 3–19.
17. Трофимов В.Т., 1997. Содержание, структура и задачи инженерной геологии. Статья II. Вестник Московского университета. Серия 4. Геология, № 2, с. 3–12.
18. Трофимов В.Т., 1999. Генезис просадочности лессовых пород. Изд-во МГУ, Москва.
19. Трофимов В.Т., 2003. Теоретические аспекты грунтоведения. Изд-во МГУ, Москва.
20. Филатов М.М. 1937. Грунтоведение к 20-й годовщине Великой Октябрьской социалистической революции. Почвоведение, № 9, с. 1348–1369.
21. Kezdi A., 1974–1990. Handbuch der Bodenmechanik. Vol. 1. Soil physics, 1974; Vol. 2. Soil testing, 1980; Vol. 3. Soil mechanics of earthworks, 1979; Vol. 4. Application of soil mechanics in practice, 1990. Elsevier Scientific, Amsterdam.
22. Matula M., 1969. Regional engineering geology of Czechoslovak Carpathians. Publishing House of the Slovak Academy of Science, Bratislava.

REFERENCES

1. Trofimov V.T., Korolev V.A. (eds.), 1998. Genesis and formation models of soil properties. Proceedings of the International Scientific Conference, Moscow, 1998. (in Russian)
2. Gor'kova I.M., 1969. Theoretical bases for the assessment of sedimentary rocks for engineering-geological purposes. Nauka, Moscow. (in Russian)
3. Dokuchaev V.V., 1950. On the legality of the well-known geographical distribution of land-plant soils in European Russia. Vol. 2. Publishing house of the USSR Academy of Sciences, Moscow. (in Russian)
4. Korobanova I.G., 1970. Formation of engineering-geological properties of the terrigenous formation. Nauka, Moscow. (in Russian)
5. Korolev V.A., 2018. Ideas of engineering and environmental geology and their implementation. In collection of papers V.T. Trofimov and V.A. Korolev (eds.), Engineering and environmental geology at Moscow State University: advanced scientific ideas, their development and implementation. “Samprint” LLC, Moscow, pp. 38–57. (in Russian)
6. Korolev V.A., Trofimov V.T., 2016. Engineering geology: history, methodology and nomological foundations. KDU, Moscow. (in Russian)
7. Korolev V.S., Grigorieva I.Yu., Korolev V.A., 2018. A new approach to systematization of biogenic soils. Engineering surveys for construction, Materials of the Second All-Russian Scientific-Practical Conference of Young Specialists, Moscow, 2018, pp. 209–217. (in Russian)

8. Krut' I.V., 1973. Investigation of the foundations of theoretical geology. Nedra, Moscow. (in Russian)
9. Kurazhkovskaya E.A., 1970. The dialectical concept of development in geology (philosophical aspect). Publishing house of Moscow State University, Moscow. (in Russian)
10. Lomtadze V.D., 1955. Stages of formation of the properties of clay rocks during their lithification. Reports of the USSR Academy of Sciences, Vol. 102, No 4, pp. 819–822. (in Russian)
11. Lomtadze V.D., 1956. On the formation of the clay rock properties. Notes of the Leningrad Mining Institute, Vol. 32, No. 2, pp. 41–87. (in Russian)
12. Nazarov I.V., 1982. Methodology of geological research. Nauka, Novosibirsk. (in Russian)
13. Osipov V.I., 1984. Lithogenesis and formation of soil properties. Reports of the 27th International Geological Congress. Engineering Geology. Section 17, Vol. 17, Moscow, 1984, pp. 45–51. (in Russian)
14. Osipov V.I., Sokolov V.N., 2013. Clays and their properties. GEOS, Moscow. (in Russian)
15. Priklonsky V.A., 1949. Comparative characteristic of the intensity of the physicomechanical diagenesis of some clay rocks of the USSR. Proceedings of the Laboratory of Hydrogeological Problems of USSR Academy of Sciences, Vol. 3, pp. 322–342. (in Russian)
16. Trofimov V.T., 1990. Models of formation of loess rock subsidence. Bulletin of Moscow University. Series 4. Geology, No. 2, pp. 3–19. (in Russian)
17. Trofimov V.T., 1997. Content, structure and tasks of engineering geology. Article II. Bulletin of Moscow University. Series 4. Geology, No. 2, pp. 3–12. (in Russian)
18. Trofimov V.T., 1999. Genesis of loess rock subsidence. Publishing house of Moscow State University, Moscow. (in Russian)
19. Trofimov V.T., 2003. Theoretical aspects of soil science. Publishing house of Moscow State University, Moscow. (in Russian)
20. Filatov M.M., 1937. Soil science on the 20th anniversary of the Great October Socialist Revolution. Eurasian Soil Science, No. 9, pp. 1348–1369. (in Russian)
21. Kezdi A., 1974–1990. Handbuch der Bodenmechanik. Vol. 1. Soil physics, 1974; Vol. 2. Soil testing, 1980; Vol. 3. Soil mechanics of earthworks, 1979; Vol. 4. Application of soil mechanics in practice, 1990. Elsevier Scientific, Amsterdam.
22. Matula M., 1969. Regional engineering geology of Czechoslovak Carpathians. Publishing House of the Slovak Academy of Science, Bratislava.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

ТРОФИМОВ ВИКТОР ТИТОВИЧ
Заведующий кафедрой инженерной и экологической геологии геологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, д.г.-м.н., профессор, г. Москва, Россия

КОРОЛЕВ ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ
Профессор кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, д.г.-м.н., г. Москва, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

VICTOR T. TROFIMOV
Head of the Department of Engineering and Ecological Geology, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University, DSc (Doctor of Science in Geology and Mineralogy), professor, Moscow, Russia

VLADIMIR A. KOROLEV
Professor of the Department of Engineering and Ecological Geology, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University, DSc (Doctor of Science in Geology and Mineralogy), Moscow, Russia

ЭЛЕКТРОННАЯ ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛЫ

«ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ»,
«ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ»,
«ГЕОТЕХНИКА» И «ГЕОРИСК»

www.geomark.ru