

# ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ ФАКТОР В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ, ИСТОРИЯ ЕГО ИЗУЧЕНИЯ И ОТРАЖЕНИЕ В ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВАХ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ЕЕ НАУЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ



**ТРОФИМОВ В.Т.**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия, [trofimov@rector.msu.ru](mailto:trofimov@rector.msu.ru)  
Адрес: Ленинские горы, д. 1, г. Москва, 119991, Россия

Оригинальная статья

Поступила в редакцию 13.02.2019 / Принята к публикации 21.06.2019 / Дата публикации 28.06.2019

© ООО «Геомаркетинг», 2019

## Аннотация

Показано, что пространственный фактор, или координатное положение объекта, — важнейший фактор формирования инженерно-геологических условий и их морфологических особенностей; в истории развития инженерной геологии в СССР и России он изучался в локальном, региональном и глобальном аспектах. На первом этапе (до 1945 г.) он оценивался только как локальный фактор применительно к объектам изысканий. Главное отличие второго этапа (1946–1987 гг.) заключалось в изучении всех регионов СССР, анализе регионального аспекта пространственного фактора. В итоге были уточнены содержание перечня факторов инженерно-геологических условий, представления о факторах их формирования, связь современной тепло- и влагообеспеченности территории и современных инженерно-геологических условий, установлена зональность инженерно-геологических условий ряда крупных регионов СССР. Это трансформировало многие теоретические позиции и структуру инженерной геологии. Третий этап развития данной науки связывается с необходимостью решения теоретико-методических задач применительно к изучению инженерно-геологических условий Земли в целом — глобального аспекта пространственного фактора. Названы опубликованные в этом направлении работы. Реализация этой идеи приведет к перерастанию инженерной геологии в науку, исследующую глобальное многообразие инженерно-геологических объектов. В отражении результатов изучения пространственного фактора в теоретических основах инженерной геологии наиболее важными являются: признание сообществом инженер-геологов инженерно-геологических условий открытой системой, современные морфологические особенности которой определяются не только историей геологического развития, но и современными ее тектоническими режимом, характером тепло- и влагообеспеченности и их соотношением; изменение позиции во взглядах на оценку роли и соотношение региональных и зональных геологических факторов инженерно-геологических условий в формулировках основных законов инженерной геологии и ее научных направлений; установление зональности инженерно-геологических условий как глобального явления; введение понятия «инженерно-геологические структуры», разработка иерархии и схем глобального размещения различных их иерархических уровней. Охарактеризованы все эти позиции.

## Ключевые слова:

инженерно-геологические условия; факторы формирования; пространственный фактор; зональность инженерно-геологических условий; инженерно-геологические зоны; основной закон инженерной геологии; инженерно-геологические формации; инженерно-геологические структуры

## Ссылка для цитирования:

Трофимов В.Т., 2019. Пространственный фактор в инженерной геологии, история его изучения и отражение в теоретических основах инженерной геологии и ее научных направлений. Инженерная геология, Том XIV, № 2, с. 8–22, <https://doi.org/10.25296/1993-5056-2019-14-2-8-22>.

# THE SPATIAL FACTOR IN ENGINEERING GEOLOGY, THE HISTORY OF ITS STUDY AND REFLECTION IN THEORETICAL FOUNDATIONS OF ENGINEERING GEOLOGY AND ITS RESEARCH DIRECTIONS

VICTOR T. TROFIMOV

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

Original paper

Received 13 February 2019 / Accepted 21 June 2019 / Published 28 June 2019

© "Geomarketing" LLC, 2019

## Abstract

It is shown that the spatial factor, or the coordinate position of the object, is the most important factor in the formation of engineering-geological conditions and their morphological features; in the history of engineering geology in the USSR and Russia, it was studied in the local, regional and global aspects. At the first stage (until 1945) it was evaluated only as a local factor in relation to the objects of research. The main difference of the second stage (1946–1987) was in the study of all regions of the USSR, the analysis of the regional aspect of the spatial factor. As a result, the content of the list of factors of engineering-geological conditions, ideas about the factors of their formation and the relationship of modern heat and moisture supply of the territory and modern engineering-geological conditions were refined. The zonality of the engineering-geological conditions of a number of large regions of the USSR was identified. This transformed many theoretical positions and structure of engineering geology. The third stage of development of this science is associated with the need to solve theoretical and methodological problems in relation to the study of engineering-geological conditions of the Earth as a whole — the global aspect of the spatial factor. The works published in this direction are named. The implementation of this idea will lead to the development of engineering geology in science, exploring the global diversity of engineering-geological objects. In reflecting the results of the study of the spatial factor in the theoretical foundations of engineering geology, the most important are: the community recognition of engineering geologists of engineering-geological conditions as an open system, the modern morphological features of which are determined not only by the history of geological development, but also by its modern tectonic regime, the nature of heat and moisture supply and their ratio; changing the position in the views on the assessment of the role and the ratio of regional and zonal geological factors of engineering-geological conditions in the formulation of the basic laws of engineering geology and its scientific directions; the establishment of zoning engineering-geological conditions as a global phenomenon; the introduction of the concept of "engineering-geological structures", the development of a hierarchy and schemes of global location of their various hierarchical levels. All these positions are characterized.

## Key words:

engineering-geological conditions; factors of formation; spatial factor; zoning of engineering-geological conditions; engineering-geological zones; the basic law of engineering geology; engineering-geological formations; engineering-geological structures

## For citation:

Trofimov V.T., 2019. The spatial factor in engineering geology, the history of its study and reflection in theoretical foundations of engineering geology and its research directions. *Engineering Geology World*, Vol. XIV, No. 2, pp. 8–22, <https://doi.org/10.25296/1993-5056-2019-14-2-8-22>.

## Введение

Пространственный фактор, или координатное положение изучаемого объекта, — важнейший по современным представлениям фактор формирования инженерно-геологических условий и их морфологических особенностей. Наряду с генетическим и постгенетическим факторами он фигурирует в основном законе инженерной геологии и основных законах ее научных направлений — грунтоведения, инженерной геодинамики и региональной инженерной геологии.

Это обусловлено тем, что существенное, а в ряде случаев и решающее влияние этого фактора на особенности грунтов и массивов, сложенных ими, инженерно-геологические условия в целом вызвано рядом причин: 1) нестационарной или квазифункциональной изменчивостью показателей состава, состояния и свойств грунтов одного стратиграфо-генетического комплекса или одной геологической формации; 2) различным характером современ-

ной теплообеспеченности и увлажненности территорий и массивов, занимающих неодинаковое координатное положение (особенно широтное и высотное) в пределах континентов Земли; 3) различным структурным (прежде всего *современным* тектоническим) и орографическим положением массива грунтов, что во многом определяет степень расчлененности и дренированности территории и, как следствие этого, различия состояния и свойств грунтов; 4) неодинаковым комплексом современных экзогенных геологических процессов (в первую очередь криогенных, посткриогенных и гипергенных), влияющих на состояние и свойства грунтов; 5) неодинаковым напряженно-деформированным состоянием в разных точках массива и др. Вследствие этого дисперсность, химико-минеральный состав, влажность, фазовое состояние влаги, структурные особенности и, как *результат, свойства грунтов одного и того же возраста и генезиса, но занимающих разное пространственное положение, мо-*

гут оказаться различными, а в ряде случаев — принципиально отличными, как и инженерно-геологические условия в целом. При этом различный уровень теплообеспеченности и увлажненности обуславливает общерегиональное горизонтальное, в частности, широтное в пределах равнинных платформенных и высотное (высотное-поясное) в пределах горно-складчатых областей, изменение состава, состояния и свойств грунтов, а различное неотектоническое и орографическое положение — локальное и региональное (разного порядка), часто очень контрастное изменение тех же параметров [18–20].

В приведенном перечне фигурируют разные аспекты пространственного фактора: локальный (пункты 1, 3, 4, 5), региональный (все пункты), глобальный (пункт 2). Их отражение в теоретических позициях инженерной геологии расширялось в ходе ее развития в историческом и содержательном плане.

### **Изучение локального, регионального и глобального аспектов пространственного фактора на разных этапах развития инженерной геологии**

#### *Первый этап*

Инженерная геология как наука геологического цикла сформировалась в СССР в первой четверти XX века и «пережила» два принципиально различных этапа развития. На первом этапе она имела сугубо прикладной характер. Это наглядно выразилось в названии первой из сформировавшихся научных дисциплин — «дорожное грунтоведение» (М.М. Филатов<sup>1</sup>), впоследствии переросшей в «общее грунтоведение» и «грунтоведение». *Даже в 1937 г. Ф.П. Саваренский определял содержание инженерной геологии как отрасль геологии, трактующую вопросы приложения геологии к инженерному строительному делу*<sup>2</sup>. Им же в полном объеме были сформулированы теоретико-методические положения инженерной геологии в целом, исходя из такого сугубо прикладного понимания ее содержания. Пространственный фактор в то время если и назывался, то только в **локальном аспекте**.

*Главным методическим достижением развития инженерной геологии этого этапа следует признать становление наряду с морфологическим естественно-исторического подхода к изучению грунтов и геологических процессов.* Филатов М.М.<sup>1</sup> 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. По-

следние представляют собой динамические образования, т.е. изменяющиеся во времени образования, свойства которых поддаются искусственному изменению».

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

Наиболее четко идею общего методологического подхода, принятого ранее в грунтоведении, позже, уже в начале второго периода, сформулировал 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» [15, с. 8].

Генетический подход был признан основным и при изучении современных геологических процессов. Главным доказательством этого является содержание учебника Ф.В. Саваренского «Инженерная геология», в котором классификация геологических процессов является генетической, наследующей геологическую классификацию А.П. Павлова.

#### *Второй этап*

Развитие инженерной геологии (1946–1987 гг.) характеризовалось интенсивным проведением как практически ориентированных изысканий под конкретные инженерные сооружения, так и региональных работ и теоретических исследований. В итоге инженерная геология трансформировалась в геологическую науку, включающую три научных направления — грунтоведение, инженерную геодинамику и региональную инженерную геологию. В разработку теоретико-методологических положений грунтоведения в тот период выдающийся вклад внесли И.В. Попов, В.А. Приклонский, Е.М. Сергеев, В.Д. Ломтадзе, А.К. Ларионов, инженерной геодинамики — И.В. Попов, Г.С. Золотарев, В.В. Кюнцель, И.А. Печеркин, В.П. Солоненко, А.И. Шеко. Основы региональной инженерной геологии были сформулированы И.В. Поповым и Н.И. Николаевым. Ведущее значение для развития последнего научного направления, как и всей инженерной геологии того периода в целом, имели труды И.В. Попова [12]. Им же в 1951 г. было дано принципиально новое по содержанию определение инженерной геологии: «*Инженерная геология как наука является отраслью геологии, изучающей динамику верхних горизонтов земной коры в связи с инженерной деятельностью человека*»<sup>3</sup>.

*Главное отличие второго этапа развития инженерной геологии заключалось, с точки зрения автора, в из-*

<sup>1</sup> Филатов М.М., 1936. Основы дорожного грунтоведения. Госстройиздат, Москва-Ленинград.

<sup>2</sup> Саваренский Ф.П., 1937. Инженерная геология. ГОНТИ, Москва-Ленинград.

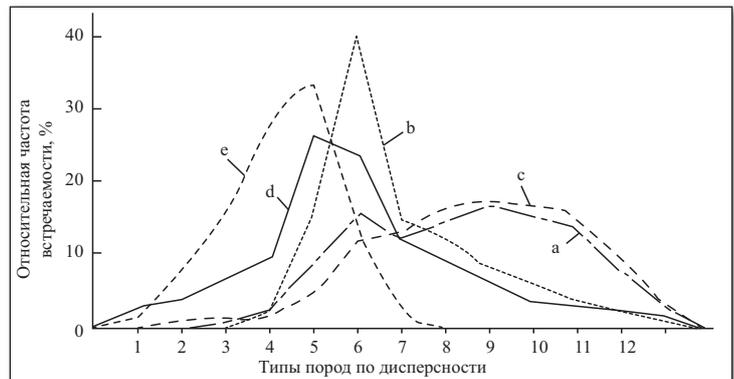
<sup>3</sup> Попов И.В., 1951. Инженерная геология. Госгеолиздат, Москва.

учении наряду с конкретными районами предполагаемого или осуществляемого строительства **всех регионов СССР**. Это были принципиально новые по содержанию исследования, в их ходе анализировался и **региональный аспект пространственного фактора**. Они трансформировали теоретические основы и структуру инженерной геологии в целом, всех ее научных направлений и позволили создать уникальное произведение — восьмитомную монографию «Инженерная геология СССР» [13].

Следует отметить, что в первой половине характеризуемого периода выдающийся вклад в разработку методологических положений грунтоведения внес В.Д. Ломтадзе. В первой части работы «Формирование физико-механических свойств глинистых пород при литификации» (1958 г.) им описаны состав, состояние и свойства глинистых пород различной степени литификации северо-западных районов европейской части СССР, во второй — результаты экспериментальных исследований уплотняемости глинистых пород большими нагрузками (до 700 МПа), а в третьей — общие закономерности формирования свойств глинистых пород. Именно в третьей части В.Д. Ломтадзе рассмотрел особенности направленного изменения состава, строения, состояния и свойств глинистых пород как грунтов от этапа седиментации до этапов эпигенеза и метаморфизма, выделил две стадии формирования свойств глинистых пород (стадия ила и стадия глинистой породы) при их литификации (ил-глинистая порода-уплотненная глина-аргиллит) и создал широко известную логико-графическую «Схему формирования свойств глинистых пород при литификации». В этой и других работах В.Д. Ломтадзе строго разделял понятия «генезис отложений» и «постгенетические изменения» их в ходе литификации. Кроме того, В.Д. Ломтадзе рассматривал и влияние пространственного положения на формирование свойств глинистых пород как грунтов.

Дальнейшее развитие теории формирования состава, строения, состояния и свойств грунтов потребовало совершенствования ее в содержательном и смысловом отношении. Было показано, что формирование названных показателей грунтов определяется генезисом осадков, пород, почв и т.п., характером их постгенетических преобразований в ходе историко-геологического развития и современным пространственным положением грунтов и слагаемой ими толщи [5, 14, 2, 20]. Напомним, что в общенаучном и общегеологическом плане *генезис* — происхождение, возникновение; под термином *постгенетические преобразования* объединяют все изменения, обусловленные эпигенетическими по отношению к первоначальному осадку или породе процессами, развивавшимися в ходе прогрессивного (литификация) или регрессивного (выветривание) литогенеза. Современное пространственное положение описывается координатной позицией грунта и грунтовой толщи.

В течение второго этапа огромным по численности коллективом исследователей были изучены **морфологические особенности грунтов всех классов, групп, подгрупп, типов и видов** [7, 9, 10, 13, 16, 17, 20, 37, 36, 42]. Но главным с рассматриваемой точки зрения является то, что в процессе проведения тематических и региональных работ бы-



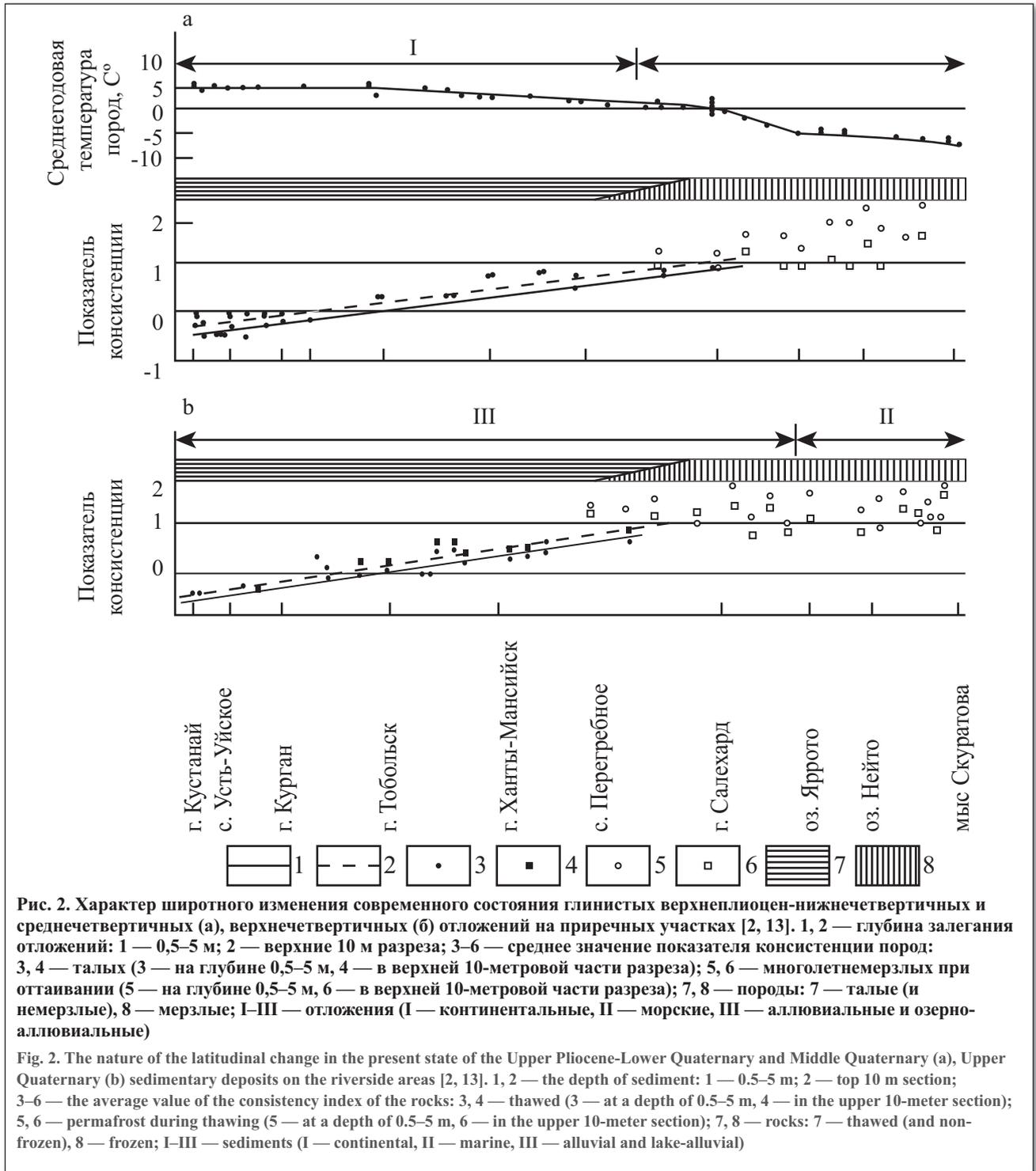
**Рис. 1. Полигоны распределения относительных частот встречаемости различных гранулометрических типов пород в разрезах морских (а), лагуно-морских (б), озерно-аллювиальных (с), аллювиальных (д) и флювиогляциальных (е) отложений (по В.Т. Трофимову [20]). Типы пород по дисперсности: 1 — гравий; 2 — песок 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 а, б, с, д, е построены по данным анализов соответственно 1169, 276, 2107, 2927 и 345 образцов**

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 (by V.T. Trofimov [20]). 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 samples

ли получены морфологические доказательства зависимости состава, строения, состояния и свойств грунтов от их генезиса, постгенетических изменений, характера теплообеспеченности и увлажненности территорий и их соотношения между собой. Именно эти данные позволили на высоком уровне охарактеризовать инженерно-геологические условия всех регионов в восьмитомной монографии «Инженерная геология СССР» [13], удостоенной Ленинской премии в 1982 г. (лауреаты — Е.М. Сергеев, И.С. Комаров, И.В. Попов и М.В. Чуринов).

Особенно рельефными в этом плане были результаты изучения грунтовых толщ Западно-Сибирской плиты. Закономерности пространственного изменения особенностей грунтов ее южных районов охарактеризованы Г.К. Бондариком с коллегами [1]; грунтов аллювиальных и озерно-аллювиальных толщ долин рек Надым, Пур и Таз — Н.А. Филькиным<sup>4</sup>; морских, лагуно-морских и аллювиальных толщ Ямала и Гыдана — В.Т. Трофимовым с коллегами [34, 37]; Западно-Сибирской плиты в целом [5, 20, 36, 42]. Приведены лишь два рисунка из работы [20]. Содержание первого из них (рис. 1) доказывает региональное различие гранулометрического состава грунтов разрезов различных генетических типов, а второго (рис. 2) — закономерное изменение состояния глинистых грунтов разного возраста с юга на север как следствие различной тепло- и влагообеспеченности их массивов в этом направлении.

<sup>4</sup> Филькин Н.А., 1973. Сравнительная инженерно-геологическая характеристика аллювиальных и озерно-аллювиальных отложений долин крупных рек центральной части севера Западно-Сибирской плиты. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва.



В ходе работ второго этапа был получен огромный объем морфологических данных не только о локальном развитии всех современных геологических процессов, но главное — о региональных закономерностях развития их комплексов на территории и отдельных крупных регионов, и всей территории СССР [6, 13, 20, 35 и др.]. В этих документах отражена приуроченность названных комплексов не только к различным типам геолого-тектонических структур, но и территориям с различной тепло- и влагообеспеченностью и их соотношением между собой. Одним из первых еще в конце сороковых годов про-

шлого века последнюю позицию реализовал Н.И. Николаев (рис. 3). Позже В.Т. Трофимовым [20, 35] опубликована схема развития комплексов современных геологических процессов, свойственных различным инженерно-геологическим зонам Западно-Сибирской плиты (рис. 4).

Первая схематическая Карта геологических явлений и районов<sup>5</sup> возможного их распространения на территории Европейской части СССР масштаба 1:10 000 000 была составлена Н.И. Николаевым и И.В. Поповым в 1949 г. [11]. Позже аналогичные карты были составлены на многие районы. Наибольшими по характеризуемой

<sup>5</sup> Обратим внимание на чрезвычайно корректное название карты: на карте как статическом произведении можно отображать явления — следствия развития современных геологических процессов или районы развития таких процессов, но не сами процессы, являющиеся системами динамическими.

Процессы	Гумидная тропическая область	Горная область	Аридная область	Гумидная умеренная область	Нивальная область
Выветривание механическое химическое	—			—	
Гравитационный		—	—		—
Гляциальный	—		—	—	
Эрозионный			—		—
Делювиальный	—				—
Солифлюкционный			—	—	
Абразионный	—	—	—	—	—
Коррозионный	—	—	—	—	—
Суффозионный	—	—	—	—	—
Эоловый	—	—		—	
Антропогенный			—		—

Рис. 3. Схема распределения современных геологических процессов по климатическим областям [11]

Fig. 3. The scheme of distribution of modern geological processes in climatic areas [11]

площади были Карта распространения оползней на территории европейской части СССР и Кавказа масштаба 1:2 500 000 под редакцией В.В. Кюнцеля, Карта районов распространения современных геологических процессов Западно-Сибирской плиты масштаба 1:1 000 000 под редакцией В.Т. Трофимова и Карта современных геологических процессов территории России масштаба 1:2 500 000 под редакцией А.И. Шеко [44].

В результате региональных работ были развиты исходные положения **региональной инженерной геологии** — третьего научного направления инженерной геологии, которые были сформулированы И.В. Поповым в 1961 г. в виде целостной концепции [11]. Главными результатами этого процесса были четыре позиции: 1) уточнение содержательного перечня факторов (компонентов) инженерно-геологических условий; 2) развитие представлений о факторах формирования инженерно-геологических условий; 3) развитие представлений о роли новейшего тектонического этапа и современной тектоники в формировании современных инженерно-геологических условий; 4) анализ связи современной тепло- и влагообеспеченности территории с современными инженерно-геологическими условиями.

В перечне факторов инженерно-геологических условий «а) строение земной коры и слагающие ее породы;

б) строение поверхности земной коры; в) подземные воды; г) современные геологические процессы», по И.В. Попову [11, с. 8], был сначала изменен фактор в) на «мерзлотно-гидрогеологические условия», который позже был подразделен на «гидрогеологические условия» и «мерзлотные условия». Наименование «зональные» факторы инженерно-геологических условий было уточнено и заменено на «зональные геологические», поскольку они зональные по характеру пространственного изменения и геологические по содержанию, что имеет принципиальное значение [20].

Содержание перечня факторов формирования инженерно-геологических условий также было уточнено. К категории «региональных геологических» была отнесена не только совокупность геологических процессов, реализованных в ходе истории геологического развития территории, но и современное тектоническое развитие территории. К категории «зональных» отнесены: 1) теплообеспеченность территории, 2) увлажненность территории, 3) соотношение теплообеспеченности и увлажненности территории, особую категорию составили техногенные факторы.

Роль новейшего этапа и современной тектоники в формировании инженерно-геологических условий была охарактеризована Г.А. Голодковской<sup>6</sup>, С.Б. Ершовой<sup>7</sup> и

<sup>6</sup> Голодковская Г.А., 1968. Региональное инженерно-геологическое изучение территории на основе геолого-структурного анализа (на примере отдельных регионов Восточной Сибири). Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва.

<sup>7</sup> Ершова С.Б., 1971. Опыт применения поэтапного анализа новейших движений для целей инженерно-геологического районирования равнинных территорий. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва.



### Типы и виды инженерно-геологических зон (по В.Т. Трофимову [21]) Types of engineering-geological zones (according to V.T. Trofimov [21])

Инженерно-геологические зоны						
Тип	практически сплошного распространения многолетнемерзлых пород		совместного распространения многолетнемерзлых и талых пород		распространения талых (и немерзлых) пород	
Вид	практически сплошного распространения многолетнемерзлых пород	распространения ледников и многолетнемерзлых пород	массивно-островного и островного распространения многолетнемерзлых пород	редко островного распространения многолетнемерзлых пород	распространения сильноувлажненных пород	распространения слабо и умеренноувлажненных пород

Примечание. В зоне практически сплошного распространения многолетнемерзлые породы занимают более 95% территории, в зоне массивно-островного и островного распространения — от 30 до 95%, в зоне редко островного распространения — менее 30%

гиональной инженерной геологии» [11]. И в силу этого, видимо, мало кто из инженер-геологов обращал внимание на то, что описанию и оценке зональных геологических факторов инженерно-геологических условий в этой работе было посвящено лишь около 11 страниц (на десяти из которых рассматривалась зональность грунтовых вод), а региональным факторам было отведено 163 страницы. Иначе говоря, роль зональных геологических факторов была, по существу, не раскрыта в необходимом объеме.

*Вторая причина* связана, скорее всего, с тем, что региональное инженерно-геологическое изучение крупных территорий (Восточно-Европейской платформы, Западно-Сибирской плиты, Сибирской платформы и др.), в пределах которых зональные геологические факторы выражены контрастно, проводилось поэтапно; поэтому обобщающая картина «проявилась» не мгновенно, а лишь через некоторое время. *Сыграло свою роль и то, что в разных частях названных структур работали разные исследователи и коллективы, а необходимо было инженерно-геологическое знание особенностей хотя бы одной из названных структур в целом.*

*Третья причина*, с точки зрения автора, заключалась в том, что инженер-геологи при проведении региональных работ, как правило, использовали так называемую «готовую геологическую основу». На ней были отражены многие геологические факторы инженерно-геологических условий (геологическое строение, структурные особенности, характеристика рельефа и др.). После пополнения этих материалов сведениями об особенностях распространенных на изучаемой территории грунтов и современных геологических процессов составлялись отчетные документы, включая обзорные инженерно-геологические карты СССР, на которых зональные геологические факторы инженерно-геологических условий фактически не отображались. В силу этого многие карты, называвшиеся «инженерно-геологическими» или «инженерно-геологических условий», представляли собой инженерно-геологическую интерпретацию ранее составленных геологических карт.

*Четвертая причина* тривиальна: новые подходы принимаются не сразу. Необходимо время — время «привыкания». Это четко проявилось и в региональной инженерной геологии, и в инженерной геологии в целом (в частности, в определении содержания общей классификации грунтов, в которую даже в ГОСТ 25100-82 «Грунты. Клас-

сификация» мерзлые грунты как класс не включались; это было реализовано лишь в ГОСТ 25100-95 «Грунты. Классификация» и учебнике «Грунтоведение» лишь в 2005 г.<sup>8</sup>).

#### Третий этап

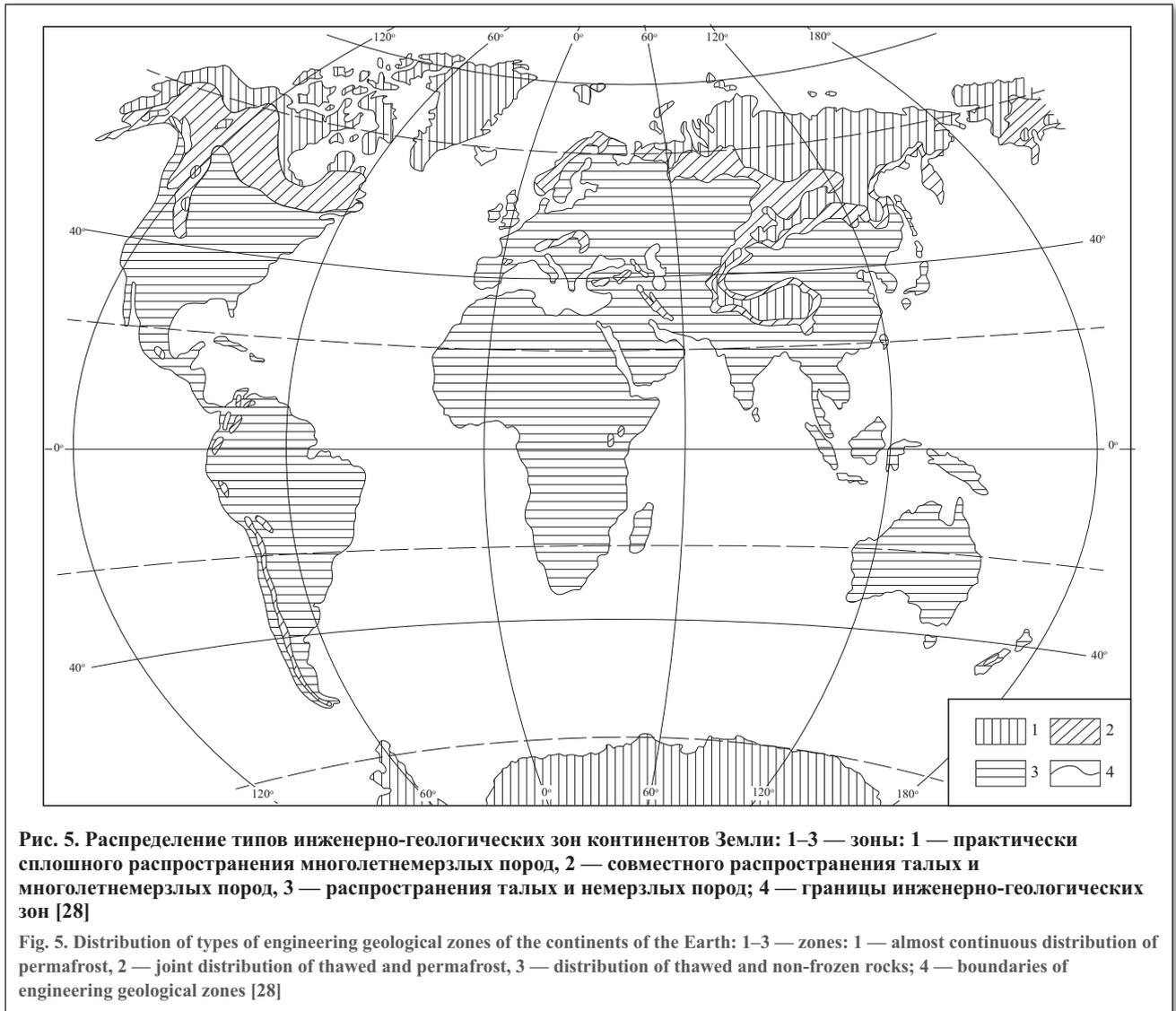
Этот этап развития инженерной геологии как науки связывается автором [27, 29] с необходимостью решения содержательных теоретико-методических задач *применительно к изучению инженерно-геологических условий Земли в целом, глобального аспекта пространственного фактора инженерно-геологических условий*. Необходимость этого была понята в ходе исследований второго этапа (в работах Е.М. Сергеева [4, 46], В.Т. Трофимова [22], А.И. Шеко [6], С.Б. Ершовой [3, 4], Л.А. Ярг [45] и др.). Особенно остро этот вопрос встал с заменой в геологии геосинклиальной парадигмы новой парадигмой — тектоники плит.

Как геологическая наука инженерная геология должна пройти в своем развитии путь, который многие науки (тектоника, геодинамика, региональная геология, стратиграфия, палеонтология, петрология, литология и др.) уже прошли. А этот путь обязательно включает три последовательных этапа: (1) — изучение конкретных объектов и обобщение данных в пределах единой геологической структуры; (2) — обобщение данных по территории конкретной страны или континента; (3) — обобщение данных по территории Земли в целом и возвращение к интерпретации геологических данных по отдельным континентам, регионам и странам.

На третьем этапе инженер-геологи, продолжая исследовать локальные и региональные объекты, **должны изучить полное глобальное многообразие всех объектов науки — грунтов, современных природных и антропогенных геологических процессов и инженерно-геологических структур. Это позволит сделать новый, фундаментальный шаг в развитии инженерной геологии как науки.**

Только такой путь приведет к выявлению всего возможного многообразия типов инженерно-геологических обстановок, даст целостную картину пространственного и временного изменения параметров инженерно-геологических условий Земли. На практике это позволит при составлении документов, в частности

<sup>8</sup> Трофимов В.Т. (ред.), 2005. Грунтоведение. 6-е изд. Изд-во МГУ, Москва.



карт отдельных территорий, не пропускать больше общих, а нередко и более важных особенностей их строения и развития.

В заключение этого раздела следует подчеркнуть, что итоги работ по изучению глобальных особенностей пространственного распределения инженерно-геологических условий или их компонентов уже опубликованы в конце прошлого–начале нынешнего веков, в том числе и в виде монографий. Ярл Л.А. исследовала закономерности развития процесса выветривания [45], А.И. Шеко с коллегами изучили оползневые и селевые процессы [6], В.Т. Трофимов с коллегами — лессовый покров Земли и его свойства [40] и зональность инженерно-геологических условий континентов Земли [31]. Трофимов В.Т., Аверкина Т.И. и Спиридонов Д.А. выделили и охарактеризовали инженерно-геологические структуры Земли [33]. К этой же категории относится и монография «Engineering Geology of Earth» («Инженерная геология Земли») [46], составленная международным коллективом авторов и вышедшая в свет в 1989 г. под редакцией Е.М. Сергеева, У. Дирмана и В.С. Шибаквой.

Принципиально новой по содержанию явилась книга «Зональность инженерно-геологических условий континентов Земли» [28]. В ней описаны не только закономерности зонального изменения инженерно-геологических условий крупного горно-складчатого региона (Большого

Кавказа и прилегающих территорий) и крупного платформенного региона Западно-Сибирской плиты, но и основные теоретические положения учения о зональности инженерно-геологических условий континентов Земли. Среди последних — инженерно-геологические условия как открытая система; зональность инженерно-геологических условий — исходные позиции и причины; закон зональности инженерно-геологических условий континентов Земли; понятие «инженерно-геологическая зона»; типы и виды инженерно-геологических зон; связь типов и видов инженерно-геологических зон с характером экзогенной тепло- и влагообеспеченности; пространственное распределение инженерно-геологических зон континентов Земли; модель распределения инженерно-геологических зон на идеальном континенте; соотношение инженерно-геологических и географических зон.

*Главный вывод рассмотренной работы — зональность инженерно-геологических условий континентов явление глобальное.* Оно должно учитываться как при общетеоретических построениях, так и при проведении инженерно-геологических изысканий. Особенно остро вопрос об учете зональности стоит при изучении крупных регионов Земли, в частности, при их инженерно-геологическом картировании и районировании. В соответствии с этим выводом далее будут рассмотрены теоретико-методологические следствия, «вытекающие» из уче-

ния о зональности инженерно-геологических условий континентов Земли.

Столь же оригинальна по содержанию монография В.Т. Трофимова, Т.И. Аверкиной и Д.А. Спиридонова «Инженерно-геологические структуры Земли» [33]. В ней рассмотрены классификация инженерно-геологических структур Земли, их логическое и фактическое множество; парагенетические ряды инженерно-геологических структур (континентальных преимущественно субаэральных; континентальных преимущественно субаквальных; переходных преимущественно субаквальных; океанических преимущественно субаквальных); закономерности пространственного распределения инженерно-геологических супер- и мегаструктур Земли, макро- и мезоструктур на территории всех континентов и Мирового океана.

В развитие этих теоретических позиций в 2015 г. как третий том монографии «Инженерная геология России» под редакцией В.Т. Трофимова и Т.И. Аверкиной опубликована монография «Инженерно-геологические структуры России» [30]. В ней охарактеризованы инженерно-геологические условия всех выделенных мега-, макро- и мезоструктур. Объем монографии — 82,5 печатных листа.

В заключение этого подраздела следует отметить, что идея о дальнейшем (третьем) этапе развития теоретического базиса инженерной геологии на основе изучения инженерно-геологических условий Земли в целом выдвинута В.Т. Трофимовым [27, 29]. Ее разработка обоснована необходимостью решения целого ряда задач, стоящих перед всеми научными направлениями инженерной геологии. **Реализация этой идеи приведет, по мнению автора, к преобразованию (перерастанию) инженерной геологии в науку, исследующую глобальное многообразие инженерно-геологических объектов, закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под воздействием природных и антропогенных современных и прогнозируемых геологических процессов в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человечества.**

### **Отражение результатов изучения пространственного фактора в теоретических основах инженерной геологии и ее научных направлений**

Какой же путь прошла инженерная геология, включая региональную инженерную геологию, в последней четверти прошлого века? Было сделано много нового, и эти достижения в наиболее полном объеме суммированы в книге В.А. Королева и В.Т. Трофимова «Инженерная геология: история, методология и номологические основы» [7]. Наиболее важными, с точки зрения рассматриваемого в статье вопроса — роли пространственного фактора, были следующие позиции:

- 1) признание сообществом инженер-геологов инженерно-геологических условий **открытой системой**, современные морфологические особенности которой определяются не только историей геологического развития, но и современными ее тектоническим режимом, характером тепло- и влагообеспеченности и соотношением последних между собой;
- 2) формулировка **нового содержания определения инженерной геологии** и ее научных направлений с учетом типов решаемых ими задач — морфологи-

ческих, ретроспективных, прогнозных — и влияющих на инженерно-геологические условия факторов [23, 24];

- 3) изменение позиций во взглядах **на оценку роли и соотношение региональных и зональных геологических факторов инженерно-геологических условий и факторов их формирования** при теоретических разработках, в частности, при формулировках основных законов инженерной геологии и ее научных направлений, в которых стал фигурировать и пространственный фактор [26];
- 4) установление **зональности инженерно-геологических условий** и доказательство ее как глобального явления [22, 28];
- 5) **введение в понятийную систему инженерной геологии понятия «инженерно-геологические структуры»**, разработка иерархии и схем глобального размещения инженерно-геологических структур различных иерархических уровней [31–33].

Становление этих положений, описание новых глобальных закономерностей в пространственном распределении инженерно-геологических условий повлекли за собой как неизбежное следствие необходимость их учета при решении теоретических вопросов и практических задач. *Главное из них — появление целого ряда работ, в которых действительно было реализовано одно из главных положений инженерной геологии — современные инженерно-геологические условия любой инженерно-геологической структуры как открытой природной системы сформированы совместным воздействием региональных и зональных факторов их формирования, и при их анализе следует оценивать роль обеих этих групп факторов.* В доказательство этого отметим следующие позиции.

Рассмотрим определение инженерной геологии, в котором учитываются указанные в позиции 2) моменты: *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 естественного развития земной коры под влиянием всей совокупности природных факторов, а также антропогенных факторов в связи с инженерно-хозяйственной, прежде всего, инженерно-строительной деятельностью человечества* [23].

В этой формулировке: 1) определяются объекты (верхние горизонты земной коры, их инженерно-геологические условия, геологические процессы, их изменяющие), предмет как система знаний об объекте и цель (в связи с инженерно-хозяйственной, прежде всего, инженерно-строительной деятельностью человечества); 2) отражены все три типа задач, решаемых инженерной геологией (морфологические — инженерно-геологические условия верхней части земной коры, ретроспективные — закономерности формирования инженерно-геологических условий, прогнозные — пространственно-временное изменение инженерно-геологических условий под влиянием геологических процессов); 3) определение не исключает какой-либо тип систем, исследуемых инженерной геологией, поскольку словосочетание «в связи с инженерно-хозяйственной, прежде всего, инженерно-строительной

деятельностью человечества» подразумевает планируемую (потенциальную), осуществляемую и осуществленную (активную и пассивную) деятельность человека. Следует добавить, что словосочетание «под влиянием всей совокупности природных факторов» включает и фактор пространственный.

Рассмотрим и формулировки основных законов инженерной геологии и ее научных направлений с учетом пространственного фактора. *Основной закон инженерной геологии* была сформулирован В.Т. Трофимовым [26] так: *современные инженерно-геологические особенности любого объекта верхних горизонтов литосферы и их изменение определяются историей его (объекта) геологического развития, современными структурно-тектоническим положением и климатическими условиями, а на освоенных территориях и характером техногенных воздействий*. Однако более общей, с авторской точки зрения, является такая формулировка этого закона: **инженерно-геологические особенности любого объекта верхних горизонтов литосферы и их изменение определяются историей его геологического развития, современным пространственным (координатным) положением, контролирующим тектонический режим и климатические условия, а на освоенных территориях — и характером техногенных воздействий**.

*Основной закон грунтоведения* с использованием термина «грунт» сформулирован так: **состав, строение, состояние и свойства грунтов определяются их генезисом, характером постгенетических процессов и современным пространственным (координатным) положением** [26]. В данном случае пространственное положение включает глубину залегания грунта, а также характер техногенного воздействия.

*Основной закон инженерной геодинамики* должен иметь более общий характер, а его формулировка может быть такой: *морфология, механизм и масштаб современных природных и антропогенных геологических (инженерно-геологических) процессов определяются инженерно-геологическими особенностями верхних горизонтов литосферы и ее взаимодействием с внешними средами, включая техногенное воздействие* [26].

Предложена и другая формулировка этого закона, включающая, как и основные законы инженерной геологии и грунтоведения, словосочетание «пространственное (координатное) положение»: **морфология, механизм и масштаб современных природных и антропогенных геологических (инженерно-геологических) процессов определяются инженерно-геологическими особенностями верхних горизонтов литосферы, их современным пространственным (координатным) положением, контролирующим тектонический режим и климатические условия, а на освоенных территориях — и характером техногенных воздействий** [26].

Формулировка *основного закона региональной инженерной геологии* — следующая: **современные особенности инженерно-геологических структур Земли определяются историей их геологического развития, современным пространственным положением, контролирующим тектонический режим и характер тепло-**

**и влагообеспеченности, а на освоенных территориях — и характером техногенных воздействий** [26].

Необходимо отметить, что основные законы инженерной геологии, грунтоведения, региональной инженерной геологии относятся, по классификации И.П. Шарапова [44], к классу законов типа Т–П, связывающих особенности геологического тела и процессы, его создавшие и преобразующие. Основной закон инженерной геодинамики относится к классу П<sub>1</sub>–П<sub>2</sub>, который описывает связь двух (или двух групп) процессов.

**Более подробно необходимо остановиться на влиянии разработки теоретических положений зональности инженерно-геологических условий континентов Земли на развитие теоретических положений региональной инженерной геологии.** Можно выделить пять позиций.

*Позиция 1. Установление зональности инженерно-геологических условий континентов Земли потребовало принципиального развития теоретических оснований региональной инженерной геологии*, сформированных на этапе ее становления И.В. Поповым. Главные направления выполненной в этом плане работы — новые аспекты (а может быть, и «центры тяжести») исследования истории формирования инженерно-геологических условий, их пространственного распределения, создания новых моделей инженерно-геологических условий и моделей их эволюции в эпоху техногенеза, исследование инженерно-геологических условий на уровне отдельных континентов и Земли в целом [32].

*Позиция 2. Установление зональности инженерно-геологических условий потребовало поиска принципиально новых путей обособления иерархического ряда определенных объемов литосферы, обладающих определенными инженерно-геологическими особенностями, обусловленными взаимодействием региональных геологических и зональных геологических факторов*. Аверкиной Т.И.<sup>9</sup> было введено понятие «инженерно-геологическая структура», совместно с коллегами предложена их иерархия и классификация с учетом глобальных особенностей распределения [31, 33].

*Под инженерно-геологическими структурами было предложено понимать закономерно организованные объемы, части геологического пространства, сформированные под действием определенных региональных и зональных факторов и однородные по каким-либо инженерно-геологическим параметрам*. В развитие этого положения были сформулированы признаки обособления инженерно-геологических супер-, мега-, макро- и мезоструктур, поставлен вопрос об их парагенетических рядах и предложена классификация применительно к объему всей Земли [33].

*Позиция 3. Разработка проблемы зональности инженерно-геологических условий континентов Земли стимулировала постановку вопроса об инженерно-геологических формациях* [25]. Было показано, что *инженерно-геологическая формация — полипородное многокомпонентное геологическое тело, включающее взаимодействующие твердую, жидкую и газообразную составляющие, объединяющие парагенетически связанные геологические тела меньшего объема и сформировавшиеся в определенных тектонических и климатических обстановках, претер-*

<sup>9</sup> Аверкина Т.И., 1994. Инженерно-геологическое районирование Северной Евразии на основе сопряженного учета региональных и зональных геологических факторов. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва.

пешее впоследствии в ходе геологической истории воздействие одних и тех же геологических процессов и находящихся в настоящее время в однотипном и регионально выдержанном состоянии, обусловленном фазовым состоянием и количеством жидкого компонента в нем.

Соотношение объемов геологической формации и инженерно-геологической формации может быть различным. В крайней ситуации они могут совпадать — когда породы, слагающие геологическую формацию, находятся в одинаковом состоянии (например, породы терригенной формации верхнеплиоцен-четвертичного или палеогенового возраста находятся в многолетнемерзлом состоянии). Однако в большинстве случаев объем геологической формации больше, поскольку разные ее части могут находиться в настоящее время в разном состоянии (например, часть в многолетнемерзлом, а другая часть — в немерзлом) и, исходя из предложенного подхода, должны быть обособлены в разные инженерно-геологические формации.

Разработка классификации инженерно-геологических формаций — дело сложное, особенно в условиях смены парадигмы в геологии, когда ранее созданное учение о геологических формациях требует научного переосмысления.

*Позиция 4.* Наличие зональности инженерно-геологических условий континентов Земли *потребовало существенных корректив теоретических и методических основ инженерно-геологического районирования* — одного из основных методов систематизации данных о пространственных закономерностях изменения условий [21, 32]. Были обоснованы два пути учета этих закономерностей. Первый из них — *использование системы однорядного (последовательного) генетико-морфологического инженерно-геологического районирования*, в которой «общепринятый» ряд таксономических единиц дополнен инженерно-геологическими зоной и подзоной, что позволило учесть зональное изменение инженерно-геологических условий<sup>10</sup>. *Второй путь — использование двурядной (перекрестной) системы районирования, при использовании которой региональные геологические факторы рассматриваются по одной оси классификационной таблицы-матрицы, а зональные геологические — по другой ее оси.* Производные единицы, представляющие как бы клетки разного объема (порядка), являются таксонами инженерно-геологического райониро-

вания, особенности которых обусловлены взаимодействием двух названных групп факторов.

Обе эти системы инженерно-геологического районирования используются в практической работе. Первая имеет ряд преимуществ при проведении регионального инженерно-геологического районирования одного, хотя и очень крупного по площади региона. Вторая имеет несомненные преимущества при районировании нескольких регионов, в том числе типологического районирования.

*Позиция 5.* Установление зональности как одной из форм пространственного изменения инженерно-геологических условий *потребовало разработки новых картографических приемов составления карт инженерно-геологических условий* (и синтетических, и аналитических по содержанию, в первую очередь карт обзорных и мелкомасштабных) и карт инженерно-геологического районирования. Эта задача была успешно решена и позволила создать принципиально новые инженерно-геологические карты отдельных регионов страны, континентов Земли. В полной мере эта позиция отражена на составленных по заданию Федерального агентства «Роснедра» Современной карты инженерно-геологических условий территории Российской Федерации масштаба 1:2 500 000 и карты инженерно-геологического районирования [8].

В заключение следует отметить, что новые теоретические позиции в этом направлении и результаты их реализации опубликованы во многих работах сотрудников кафедры инженерной и экологической геологии МГУ имени М.В. Ломоносова. Из них можно назвать следующие: «Инженерно-геологические структуры Земли» (Трофимов В.Т., Аверкина Т.И., Спиридонов Д.А., 2001 г. [33]); «Зональность инженерно-геологических условий континентов Земли» (Трофимов В.Т., 2002 г. [28]); «Теоретические основы региональной инженерной геологии» (Трофимов В.Т., Аверкина Т.И., 2007 г. [32]); «Инженерно-геологические карты» (Трофимов В.Т., Красилова Н.С., 2007, 2008<sup>11</sup> гг.), коллективные монографии «Опорные инженерно-геологические разрезы лессовых пород Северной Евразии», 2008 г. [38] и «Инженерная геология России» в трех томах, 2011–2015 гг. [40, 41, 30].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондарик Г.К., Горальчук М.И., Сироткин В.Г., 1976. Закономерности пространственной изменчивости лессовых пород. Недра, Москва.
2. Груздов А.В. (ред.), 1988. Карта грунтовых толщ СССР. Масштаб 1:7 500 000. ПНИИИС, Москва.
3. Ершова С.Б., 1979. Основные положения инженерно-геологической типизации поверхности земного шара. Инженерная геология, № 3, с. 31–42.
4. Ершова С.Б., Сергеев Е.М., 1983. Особенности инженерно-геологического районирования Земли. В кн. Вопросы инженерной геологии и грунтоведения. Вып. 5. Изд-во МГУ, Москва, с. 289–303.
5. Карта грунтовых толщ Западно-Сибирской плиты. Масштаб 1:1 500 000, 1972. Картографо-геодезическое предприятие ГУЦР, Москва.
6. Козловский Е.А. (ред.), 1984. Оползни и сели. Том 1, 2. Центр международных проектов ГКНТ, Москва.

<sup>10</sup> Трофимов В.Т., 1976. Инженерно-геологическое районирование крупных территорий на основе анализа закономерностей пространственной изменчивости инженерно-геологических условий (на примере Западно-Сибирской плиты). Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва.

<sup>11</sup> Трофимов В.Т., Красилова Н.С., 2008. Инженерно-геологические карты. КДУ, Москва.

7. Королев В.А., Трофимов В.Т., 2016. Инженерная геология: история, методология и номологические основы. КДУ, Москва.
8. Круподеров В.С., Трофимов В.Т., Чекрыгина С.Н., 2008. Научно-методические подходы и принципы составления современной инженерно-геологической карты России масштаба 1:2 500 000. Разведка и охрана недр, № 6, с. 24–26.
9. Ларионов А.К., Приклонский В.А., Ананьев В.П., 1959. Лессовые породы и их строительные свойства. Гостеолитиздат, Москва.
10. Лессовые породы СССР, 1966. Наука, Москва.
11. Попов И.В., 1961. Инженерная геология СССР. Ч. 1. Общие основы региональной инженерной геологии. Изд-во МГУ, Москва.
12. Попов И.В., 1961–74. Инженерная геология СССР. Ч. 1, 1961; Ч. 2, 1965; Ч. 3, 1969; Ч. 4, 1971; Ч. 5, 1974. Изд-во МГУ, Москва.
13. Сергеев Е.М. (ред.), 1976–1978. Инженерная геология СССР. Том 1–8. Изд-во МГУ, Москва.
14. Сергеев Е.М. (ред.), 1980. Карта грунтовых толщ Нечерноземной зоны РСФСР. Масштаб 1:1 500 000. ГУГК, Москва.
15. Сергеев Е.М., 1968. Методологические основы грунтоведения. В сб. Вопросы инженерной геологии и грунтоведения. Изд-во МГУ, Москва, с. 5–16.
16. Сергеев Е.М., Быкова В.С., Комиссарова Н.Н. (ред.), 1986. Лессовые породы СССР. Том II. Региональные особенности. Недр, Москва.
17. Сергеев Е.М., Ларионов А.К., Комиссарова Н.Н. (ред.), 1986. Лессовые породы СССР. Том I. Инженерно-геологические особенности и проблемы рационального использования. Недр, Москва.
18. Трофимов В.Т., 1971. Основные закономерности широтного зонального изменения инженерно-геологических условий Западно-Сибирской плиты. Природные условия Западной Сибири, Вып. 1. Изд-во МГУ, Москва, с. 157–170.
19. Трофимов В.Т., 1974. К введению понятия «инженерно-геологическая зона». Вестник Московского университета. Серия 4. Геология, № 1, с. 49–56.
20. Трофимов В.Т., 1977. Закономерности пространственной изменчивости инженерно-геологических условий Западно-Сибирской плиты. Изд-во МГУ, Москва.
21. Трофимов В.Т., 1979. О путях учета закономерностей пространственной изменчивости инженерно-геологических условий при районировании крупных территорий. Инженерная геология, № 1, с. 38–46.
22. Трофимов В.Т., 1983. Зональность инженерно-геологических условий континентов Земли. Вестник Московского университета. Серия 4. Геология, № 6, с. 3–11.
23. Трофимов В.Т., 1996. Содержание, структура и современные задачи инженерной геологии. Статья I. Вестник Московского университета. Серия 4. Геология, № 6, с. 3–16.
24. Трофимов В.Т., 1997. Содержание, структура и задачи инженерной геологии. Статья II. Вестник Московского университета. Серия 4. Геология, № 2, с. 9–12.
25. Трофимов В.Т., 1997. Инженерно-геологические формации — содержание, признаки выделения. Геоэкология, № 6, с. 74–82.
26. Трофимов В.Т., 1999. Основные законы инженерной геологии и ее научных направлений. Теоретические проблемы инженерной геологии, Труды Международной научной конференции, Москва, 1999, с. 30–34.
27. Трофимов В.Т., 2001. Новый этап развития инженерной геологии. Новые идеи в науках о Земле, Тезисы докладов Международной конференции, Москва, 2001, с. 90.
28. Трофимов В.Т., 2002. Зональность инженерно-геологических условий континентов Земли. Изд-во МГУ, Москва.
29. Трофимов В.Т., 2010. Современное состояние и новые теоретические задачи инженерной геологии как науки. Инженерная геология, № 4, с. 6–17.
30. Трофимов В.Т., Аверкина Т.И. (ред.), 2015. Инженерная геология России. Том 3. Инженерно-геологические структуры России. КДУ, Москва.
31. Трофимов В.Т., Аверкина Т.И., 1996. Инженерно-геологические структуры: иерархия, типы, парагенетические ряды. Вестник Московского университета. Серия 4. Геология, № 4, с. 15–26.
32. Трофимов В.Т., Аверкина Т.И., 2007. Теоретические основы региональной инженерной геологии. ГЕОС, Москва.
33. Трофимов В.Т., Аверкина Т.И., Спиридонов Д.А., 2001. Инженерно-геологические структуры Земли. Изд-во МГУ, Москва.
34. Трофимов В.Т., Баду Ю.Б., Васильчук Ю.К., 1986. Инженерно-геологические условия Гыданского полуострова, под ред. В.Т. Трофимова. Изд-во МГУ, Москва.
35. Трофимов В.Т., Баду Ю.Б., Васильчук Ю.К., Кудряшов В.Г., Фирсов Н.Г., Гусев А.Б., 1986. Экзогеодинамика Западно-Сибирской плиты (пространственно-временные закономерности). Изд-во МГУ, Москва.
36. Трофимов В.Т., Баду Ю.Б., Дубиков Г.И., 1980. Криогенное строение и льдистость многолетнемерзлых пород Западно-Сибирской плиты. Изд-во МГУ, Москва.
37. Трофимов В.Т., Баду Ю.Б., Кудряшов В.Г., Фирсов Н.Г., 1975. Полуостров Ямал (инженерно-геологический очерк), под ред. В.Т. Трофимова. Изд-во МГУ, Москва.
38. Трофимов В.Т., Балькова С.Д., Андреева Т.В., Ершова А.В., Шаевич Я.Е., 2008. Опорные инженерно-геологические разрезы лессовых пород Северной Евразии, под ред. В.Т. Трофимова. КДУ, Москва.

39. Трофимов В.Т., Балыкова С.Д., Болиховская Н.С., Андреева Т.В., Алексеев Б.А., Болиховский В.Ф., Додонов А.Е., Ермаков Ю.Г., Ершова А.В., Кадыров Э.В., Ковалева Т.А., Кондратьева Т.И., Любимцева Е.Ю., Минервин А.В., Миронюк С.Г., 2001. Лессовый покров Земли и его свойства, под ред. В.Т. Трофимова. Изд-во МГУ, Москва.
40. Трофимов В.Т., Вознесенский Е.А., Королев В.А. (ред.), 2011. Инженерная геология России. Том 1. Грунты России. КДУ, Москва.
41. Трофимов В.Т., Калинин Э.В. (ред.), 2013. Инженерная геология России. Том 2. Инженерная геодинамика территории России. КДУ, Москва.
42. Трофимов В.Т., Фирсов Н.Г., Кашперюк П.И., Кудряшов В.Г., 1988. Грунтовые толщи Западно-Сибирской плиты. Изд-во МГУ, Москва.
43. Шарапов И.П., 1989. Метагеология. Наука, Москва.
44. Шеко А.И., Круподеров В.С., Максимов М.М. (ред.), 2001. Карта экзогенных геологических процессов России. Масштаб 1:2 500 000. ВСЕГИНГЕО, Москва.
45. Ярл Л.А., 1987. Инженерно-геологическое изучение процесса выветривания. Недра, Москва.
46. Dearman W.R., Sergeev E.M., Shibakova V.S. (eds.), 1989. Engineering Geology of the Earth. Nauka, Moscow.

## REFERENCES

1. Bondarik G.K., Goralchuk M.I., Sirotkin V.G., 1976. Patterns of spatial variability of loess rocks. Nedra, Moscow. (in Russian)
2. Gruzlov A.V. (ed.), 1988. Map of soil stratum of the USSR. Scale 1:7 500 000. Geological Research Institute for Construction (PNIIS), Moscow. (in Russian)
3. Ershova S.B., 1979. The main provisions of the engineering-geological typification of the surface of the globe. Inzhenernaya geologiya, No. 3, pp. 31–42. (in Russian)
4. Ershova S.B., Sergeev E.M., 1983. Features of engineering-geological zoning of the Earth. In Questions of engineering geology and soil science. Issue 5. Publishing house of the Moscow State University, Moscow, pp. 289–303. (in Russian)
5. Map of soil stratum of the West Siberian Plate. Scale 1:1 500 000, 1972. Cartographic and geodesic enterprise of the Geological Management of the Central Regions, Moscow. (in Russian)
6. Kozlovsky E.A. (ed.), 1984. Landslides and mudflows. Vol. 1, 2. Center for International Projects of the USSR State Committee on Science and Technology, Moscow. (in Russian)
7. Korolev V.A., Trofimov V.T., 2016. Engineering geology: history, methodology and nomological foundations. KDU, Moscow. (in Russian)
8. Krupoderov V.S., Trofimov V.T., Chekrygina S.N., 2008. Scientific methodological approaches and principles for drawing up a modern engineering-geological map of Russia at a scale of 1:2 500 000. Prospect and protection of mineral resources, No. 6, pp. 24–26. (in Russian)
9. Larionov A.K., Priklonsky V.A., Ananyev V.P., 1959. Loessian rocks and their construction properties. Gosgeolizdat, Moscow. (in Russian)
10. Loess breeds of the USSR, 1966. Nauka, Moscow. (in Russian)
11. Popov I.V., 1961. Engineering Geology of the USSR. Part 1. General foundations of regional engineering geology. Publishing house of the Moscow State University, Moscow. (in Russian)
12. Popov I.V., 1961–1974. Engineering geology of the USSR. Part 1, 1961; Part 2, 1965; Part 3, 1969; Part 4, 1971; Part 5, 1974. Publishing house of the Moscow State University, Moscow. (in Russian)
13. Sergeev E.M. (ed.), 1976–1978. Engineering geology of the USSR. Vol. 1–8. Publishing house of the Moscow State University, Moscow. (in Russian)
14. Sergeev E.M. (ed.), 1980. Map of the soil strata of the Nonchernozem zone of the Russian Soviet Federal Socialist Republic. Scale 1: 1 500 000. State Administration of Geodesy and Cartography, Moscow. (in Russian)
15. Sergeev E.M., 1968. Methodological foundations of soil science. In collection of papers, Questions of engineering geology and soil science. Publishing house of the Moscow State University, Moscow, pp. 5–16. (in Russian)
16. Sergeev E.M., Bykova V.S., Komissarova N.N. (eds.), 1986. Loess breeds of the USSR. Vol. II. Regional features. Nedra, Moscow. (in Russian)
17. Sergeev E.M., Larionov A.K., Komissarova N.N. (eds.), 1986. Loess breeds of the USSR. Vol. I. Engineering-geological features and problems of rational use. Nedra, Moscow. (in Russian)
18. Trofimov V.T., 1971. The main laws of latitudinal zonal changes in the engineering-geological conditions of the West Siberian Plate. Natural conditions of Western Siberia, No. 1. Publishing house of the Moscow State University, Moscow, pp. 157–170. (in Russian)
19. Trofimov V.T., 1974. On the introduction of the concept of “engineering-geological zone”. Vestnik Moskovskogo universiteta. Series 4. Geology, No. 1, pp. 49–56. (in Russian)
20. Trofimov V.T., 1977. Patterns of spatial variability of engineering-geological conditions of the West Siberian Plate. Publishing house of the Moscow State University, Moscow. (in Russian)
21. Trofimov V.T., 1979. On the ways of taking into account the laws of spatial variability of engineering-geological conditions in the zoning of large territories. Inzhenernaya geologiya, No. 1, pp. 38–46. (in Russian)

22. Trofimov V.T., 1983. Zonality of engineering-geological conditions of the continents of the Earth. Vestnik Moskovskogo universiteta. Series 4. Geology, No. 6, pp. 3–11. (in Russian)
23. Trofimov V.T., 1996. Content, structure and current tasks of engineering geology. Article I. Vestnik Moskovskogo universiteta. Series 4. Geology, No. 6, pp. 3–16. (in Russian)
24. Trofimov V.T., 1997. Content, structure, and tasks of engineering geology. Article II. Vestnik Moskovskogo universiteta. Series 4. Geology, No. 2, pp. 9–12. (in Russian)
25. Trofimov V.T., 1997. Engineering-geological formations — content, signs of separation. Geoecology, No. 6, pp. 74–82. (in Russian)
26. Trofimov V.T., 1999. Basic laws of engineering geology and its scientific fields. Theoretical Problems of the Engineering Geology, Proceedings of the International Scientific Conference, Moscow, 1999, pp. 30–34. (in Russian)
27. Trofimov V.T., 2001. A new stage in the development of engineering geology. New ideas in Earth sciences, Abstracts of the International Conference, Moscow, 2001, p. 90. (in Russian)
28. Trofimov V.T., 2002. Zonality of engineering-geological conditions of the continents of the Earth. Publishing house of the Moscow State University, Moscow. (in Russian)
29. Trofimov V.T., 2010. The current state and new theoretical problems of engineering geology as a science. Inzhenernaya geologiya, No. 4, pp. 6–17. (in Russian)
30. Trofimov V.T., Averkina T.I., (eds.), 2015. Engineering Geology of Russia. Vol. 3. Engineering-geological structures of Russia. KDU, Moscow. (in Russian)
31. Trofimov V.T., Averkina T.I., 1996. Engineering-geological structures: hierarchy, types, paragenetic series. Vestnik Moskovskogo universiteta. Series 4. Geology, No. 4, pp. 15–26. (in Russian)
32. Trofimov V.T., Averkina T.I., 2007. Theoretical foundations of regional engineering geology. GEOS, Moscow. (in Russian)
33. Trofimov V.T., Averkina T.I., Spiridonov D.A., 2001. Engineering-geological structures of the Earth. Publishing house of the Moscow State University, Moscow. (in Russian)
34. Trofimov V.T., Badu Yu.B., Vasilchuk Yu.K., 1986. Engineering-geological conditions of the Gydan Peninsula, in V.T. Trofimov (ed.). Publishing house of the Moscow State University, Moscow. (in Russian)
35. Trofimov V.T., Badu Yu.B., Vasilchuk Yu.K., Kudryashov V.G., Firsov N.G., Gusev A.B., 1986. Exogeodynamics of the West Siberian Plate (space-time patterns). Publishing house of the Moscow State University, Moscow. (in Russian)
36. Trofimov V.T., Badu Yu.B., Dubikov G.I., 1980. Cryogenic structure and ice content of permafrost rocks of the West Siberian Plate. Publishing house of the Moscow State University, Moscow. (in Russian)
37. Trofimov V.T., Badu Yu.B., Kudryashov V.G., Firsov N.G., 1975. Yamal Peninsula (engineering-geological essay), in V.T. Trofimov (ed.). Publishing house of the Moscow State University, Moscow. (in Russian)
38. Trofimov V.T., Balykova S.D., Andreeva T.V., Ershova A.V., Shaevich Ya.E., 2008. Reference engineering-geological sections of loess rocks of Northern Eurasia, in V.T. Trofimov (ed.). KDU, Moscow. (in Russian)
39. Trofimov V.T., Balykova S.D., Bolikhovskaya N.S., Andreeva T.V., Alekseev B.A., Bolikhovsky V.F., Dodonov A.E., Ermakov Yu.G., Ershova A.V., Kadyrov E.V., Kovaleva T.A., Kondratieva T.I., Lyubimtseva E.Yu., Minervin A.V., Mironyuk S.G., 2001. Loess cover of the Earth and its properties, in V.T. Trofimov (ed.). Publishing house of the Moscow State University, Moscow. (in Russian)
40. Trofimov V.T., Voznesensky E.A., Korolev V.A. (eds.), 2011. Engineering Geology of Russia. Vol. 1. Soils of Russia. KDU, Moscow. (in Russian)
41. Trofimov V.T., Kalinin E.V. (eds.), 2013. Engineering Geology of Russia. Vol. 2. Engineering geodynamics of the territory of Russia. KDU, Moscow. (in Russian)
42. Trofimov V.T., Firsov N.G., Kashperiyuk P.I., Kudryashov V.G., 1988. Soil stratum of the West Siberian Plate. Publishing house of the Moscow State University, Moscow. (in Russian)
43. Sharapov I.P., 1989. Metageology. Science, Moscow. (in Russian)
44. Sheko A.I., Krupoderov V.S., Maksimov M.M. (eds.), 2001. Map of exogenous geological processes in Russia. Scale 1:2 500 000. All-Russian Research Institute of Hydrogeology and Engineering Geology, Moscow. (in Russian)
45. Yarg L.A., 1987. Engineering-geological study of the process of weathering. Nedra, Moscow. (in Russian)
46. Dearman W.R., Sergeev E.M., Shibakova V.S. (eds.), 1989. Engineering Geology of the Earth. Nauka, Moscow.

**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*

**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*