

44. Preprint. On High Energy Neutrino Physics (Reports on GINR seminars, 1957—1960). D-577 Dubna.
45. IX Ann. Intern. Conf. on High Energy Physics. Kiev, 1959.
46. Sakata S. Progr. Theor. Phys., 1946, v. 1, p. 43.
47. Klein O. Nature, 1948, v. 161, p. 897.
48. Wheeler G. A. Amer. Phys. Soc. Meeting. April, 1948.
49. Horowitz N. et al. Phys. Rev., 1948, v. 74, p. 713.
50. Hincks E. P., Pontekorvo B. Phys. Rev., 1950, v. 77, p. 102.
51. Марков М. А. Гипероны и К-мезоны. Физматгиз, 1958; Markov M. A. Hyperonen und K-Mesonen. Veb. Deutscher Verlag der Wissenschaften. Berlin, 1960, S. 292.
52. Lokontan S., Steiberger G. Phys. Rev., 1955, v. 98, p. 240.
53. Faszini T. Phys. Rev. Lett., 1958, v. 1, p. 247.
54. Ландау Л. Д. ЖЭТФ, 1957, т. 32, с. 405.
55. Shapiro I. S., Blokhinsev L. D., Dolinsky E. I. Nucl. Phys., 1957, v. 4, p. 273.
56. Зельдович Я. Б. ЖЭТФ, 1957, т. 33, с. 1531; 1959, т. 36, с. 964.
57. Abov Yu. G., Krupchizky P. A., Oratovsky Yu. A. Phys. Lett., 1963, v. 12, p. 25.
58. Лобашев В. М. Письма в ЖЭТФ, 1965, т. 2, с. 957.
59. Лобашев В. М. Письма в ЖЭТФ, 1983, т. 38, с. 138.
60. Понтекорво Б., Смородинский Я. ЖЭТФ, 1961, т. 41, с. 239.
61. Зельдович Я. Б., Смородинский Я. А. ЖЭТФ, 1961, т. 41, с. 90.
62. Гандельман Г. М., Пипаев В. С. ЖЭТФ, 1959, т. 37, с. 1072.
63. Зельдович Я. Б., Лукьянов Я. А., Смородинский Я. А. УФН, 1954, т. 54, с. 364.
64. Слив Л. ЖЭТФ, 1950, т. 20, с. 1035.
65. Герштейн С. С., Зельдович Я. Б. ЖЭТФ, 1955, т. 29, с. 698.
66. Markov M. A. Phys. Lett., 1964, v. 10, p. 122.
67. Fabri R., Jantzen R. T., Ruffini R. Astrophys., 1982, v. 114, p. 219.
68. Бисноватый-Коган Г. С., Новик И. Д. Астр. жур., 1982, т. 57, с. 899.
69. Боголюбов Н. Н., Струминский Б. В., Тавхелидзе А. Н. Препринт. Дубна, 1968, 25 января 1965. Д—2(4), 1965.

EARLY SOVIET WORKS ON THE WEAK INTERACTIONS

M. A. MARKOV

The author considers in the article the history of the early theoretical and experimental studies on the weak interactions, which took place in the Soviet Union from the appearance of the theory of weak interactions up to the 60-ties.

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ — НАУЧНАЯ ОСНОВА ГЕОТЕХНИКИ

П. Ф. ШВЕЦОВ

Физическая геология — наука, изучающая изменения состава, строения и свойств горных пород, движения их частей и целых массивов. Она исследует процессы энерго- и массообмена литосферы с почвой, атмосферой и водоемами, обусловленные большими, как правило, градиентами физических и геологических полей (давления, температуры, концентрации — плотности твердых частиц и водных растворов, дисперсности и др.). Отличие этой науки от геологической физики (геофизики) сходно с различием между физической химией и химической физикой. Физическая геология возникла раньше геофизики.

1. Возникновение физической геологии

Одним из истоков физической геологии был малоизвестный сейчас доклад акад. Г. П. Гельмерсена собранию Петербургской Академии наук (1864) «Физические и геологические условия Петербурга», ставший первым шагом на пути применения принципов и методов физики в исследованиях современных геологических процессов [2, с. 139—149]. Изучались они в новой столице России, расположенной при устье большой и необычной по режиму р. Невы, чтобы ответить на запросы практики. С доклада Г. П. Гельмерсена и следует начинать летопись геологии городов, получившей блестящее развитие лишь в середине XX в.

Вторым шагом на пути укрепления связи геологии с физикой можно считать издание в Англии (1882) учебного пособия «Физическая геология» У. Грина [28]. Третий, решающий шаг в развитии этой отрасли геологии сделал ученик Гельмерсена профессор Петербургского горного и путейского институтов И. В. Мушкетов. «Тяготение к вопросам физической геологии» возникло у Мушкетова, по мнению известного геолога и гидрогеолога С. Н. Никитина, во время многолетних (1873—1880) исследований Туркестана [14, с. 645—653]. Известно, что горы Средней Азии характеризуются изменчивым и подвижным почвенно-грунтовым комплексом в связи с огромными суточными теплообменами и большими амплитудами колебаний температуры почвы.

После окончания полевых работ в Туркестане Мушкетов в течение 10 лет занимался решением основных физико-геологических вопросов. В 1891 г. опубликовано составленное им оригинальное учебное пособие «Физическая геология» [11]. Это была фундаментальная научная монография, не уступающая по теоретическому значению «Основам геологии» Ч. Лайеля (1830—1833). Логика развития геологии и сильно возросшие в конце XIX в. практические запросы к ней со стороны транспортного строительства требовали перехода от описательной стадии этой науки к объяснительной и предсказательной.

«Создание необходимости изучения современных геологических процессов в связи с историей Земли породило особый, более объяснительный, чем описательный отдел геологии (подчеркнуто мною. — П. Ш.), который вследствие своего недавнего возникновения не только определяется, но и называется различно: геогенной (Лаппаран), динамической

геологией (Креднер), общей геологией (Неймайр) и физической геологией (Грин). Из всех этих названий несомненное преимущество имеет последнее...

Название физическая геология вполне целесообразно для науки, имеющей основным принципом приложение физических сил к геологическим процессам» [11, с. 6].

«Физическая геология, — рассуждал далее Мушкетов, — вполне уместная наряду с динамической геологией, являясь вместе с тем в некоторых отношениях и шире последней. Хотя понятия общая геология и физическая геология близки по значению, все же следует учитывать, что в понятие общей геологии нередко включается стратиграфия. Физическая геология, изучая современные геологические процессы, с одной стороны, стремится выяснить прошедшие изменения Земли, а с другой — пытается определить будущие изменения» [11, с. 6].

Как видим, И. В. Мушкетов в конце XIX в. выдвинул идею физико-геологического прогноза или, точнее, прогнозирования физико-геологических явлений. В новом издании «Физической геологии» он положительно оценил перспективы только что возникшей экспериментальной геологии: «осторожное и целесообразное применение» физико-геологических опытов «ведет к более полному выяснению геологических процессов, а потому мы пользовались ими при изложении различных частей нашего курса» [12, с. 4]. В программу геолого-технических изысканий трассы Кругбайкальской железной дороги Мушкетов включил устройство нескольких «пробных выемок».

Изучение, объяснение, прогнозирование физико-геологических явлений, для чего применялось моделирование их в натуре, — вот то новое, что внес Мушкетов в так называемую общую и динамическую геологию XIX в. Задачи и методы созданной им физической геологии заинтересовали инженеров-строителей, для которых изменчивый и подвижный почвенно-грунтовый комплекс (ПГК) следовало изучать как основание, среду и материал сооружений. Особый интерес к началам физической геологии, формировавшимся в лекциях Мушкетова студентам-путейцам, проявил директор Института путей сообщения М. Н. Герсеванов, автор «Лекций о морских сооружениях» (1861). В этих лекциях содержалось первое теоретическое освещение взаимодействия сооружений с водой и грунтами. Герсеванов стимулировал перевод с немецкого языка монографии К. Вагнера «Приложение геологии к инженерному делу» [1]. Она была издана Институтом путей сообщения с большим предисловием переводчика и редактора И. В. Мушкетова. В 1894 г. инженеры-путейцы пригласили автора «Физической геологии» к участию в геологических изысканиях трассы тоннеля для железнодорожного пути через Главный Кавказский хребет.

Приведенные факты внимания инженеров-строителей к трудам Мушкетова объясняют осуществление второго издания сильно обогатившейся «Физической геологии» на средства Института путей сообщения. Геолого-технические изыскания были прочно связаны с новой обширной областью геологических знаний. С 1899 г. геолого-технические изыскания трасс с участием физико-геологической школы Петербургского горного института становятся обязательным этапом проектирования железных дорог. Особенно развиваются они на востоке России в полосах Забайкалья и Приамурья со сложными физико-геологическими условиями. В изысканиях трассы Кругбайкальской железной дороги по программе И. В. Мушкетова (1899) принял участие и автор программы, осмотревший несколько участков и составивший заключение при выборе ее варианта. Авторы отчетов об этих изысканиях, включавших натурные эксперименты, рассматривали горные породы как основание, среду и материал сооружений и называли их грунтами [3]. Когда в 1903 г. I съезд деятелей практической геологии критически оценил результаты,

научный уровень и эффективность геотехнических работ на трассах и площадках новостроек, И. В. Мушкетова уже не было в живых, но его идеи и методы развивали его ученики (К. И. Богданович, Н. Дитмар и др.).

2. Возникновение геотехники

Свидетельством того, что геотехника в России существовала уже в начале XX в., являются следующие труды геологов: «Геолого-технические изыскания при постройке Рязанско-Казанской ж. д.» [5]; «Из практики геолого-технических изысканий при постройке Тифлис—Карсской и 2-ой Екатерининской ж. д.» [7]; «Геолого-технический отчет по исследованию северной части проектируемой Перевальной ж. д.» [8]. Некоторые сибирские геологи называли такие изыскания трасс «техничко-геологическими» [8, 9].

Таким образом, геотехника появилась и развивалась в России в связи с практическим применением методов и теоретических положений физической геологии к исследованиям процессов в почвенно-грунтовом комплексе — основании, среде и материале сооружений. Кроме природных (естественных) процессов в ПГК необходимо было изучать и техногенные — порожденные техникой и технологией.

После смерти И. В. Мушкетова основы физической геологии развивались слабо, что объясняется главным образом: 1. Представляются преждевременными попытки глубоко и широко связать общую геологию с физикой вообще, а не только с ее наиболее зрелой и знакомой геологам частью — механикой.

2. Отсутствие геолога, сравнимого с Мушкетовым как по широте и глубине физико-геологических знаний, так и по его тесным связям со строителями (главным образом проектировщиками железных дорог). (Известно, что И. М. Губкин поставил И. В. Мушкетова рядом с отцом русской геологии А. П. Карпинским.)

3. Сильное влияние представителей научной школы, стремившейся развивать динамическую геологию Креднера и общую геологию Неймайра. Геологи этой школы (в основном московские) сторонились идей физической геологии. В этом легко убедиться, перечитав первые, написанные на русском языке, курсы общей геологии, гидрогеологии и инженерной геологии. В результате создалось представление, что физическая геология исчезла, рассредоточилась по другим смежным наукам о Земле; она как будто не имела внутренней логики и практических запросов — двух главных стимулов развития любой науки. Идеи физической геологии И. В. Мушкетова последовательно и плодотворно развивались в СССР лишь геологом широкого профиля проф. Г. П. Горшковым [4].

Геотехника в 20-е годы быстро развивалась в Западной Европе [32] и в США [31] как техническая и инженерная геология. П. Н. Панюков [17] отмечает сходство «Инженерной геологии» Райза и Уотсона [31] с «Технической геологией» Штинни [32]. В той и другой содержатся элементарные геологические знания, необходимые инженерам-строителям, занимающимся изысканием трасс и площадок для проектируемых сооружений. В СССР появились и быстро совершенствовались наиболее нужные проектировщикам дорожных, гидротехнических и других сооружений разделы геотехники — грунтоведение и механика грунтов. До начала 1930-х годов они развивались в СССР независимо друг от друга, несли следы одностороннего подхода к сложному объекту — изменчивому и подвижному ПГК. Этому способствовал односторонне быстрый рост механики грунтов под влиянием трудов создателя ее К. Терцаги [26], а также советских специалистов в этой области.

3. Появление инженерной геологии

Первую попытку объединения грунтоведческого (литолого-петрографического), механического и отчасти геодинамического направлений в изучении ПГК сделал в 1929 г. создатель начал механики грунтов Терцаги [26]. Его книга, переведенная на русский язык и дважды изданная в СССР (1932 и 1934), получила положительную оценку акад. В. А. Обручева [15] и проф. Ф. П. Саваренского [20]. «Инженерная геология» Терцаги трактует не только и не столько вопросы приложения общей геологии к инженерному делу, как «Техническая геология» Штини [32] и соответствующие главы «Полевой геологии» В. А. Обручева [15]. Книга Терцаги, отмечал Саваренский в 1937 г., «посвящена разбору некоторых геологических условий и главных свойств горных пород с точки зрения их технической оценки и количественного выражения; в этом отношении она является первой и единственной книгой в этом роде. К сожалению, геологические данные при оценке условий сооружения получают у авторов не всегда достаточное освещение, хотя Терцаги и отмечает всю важность изучения геологического строения для правильной оценки инженерно-геологических условий возведения сооружений» [20, с. 9]. В дополнение к этой оценке трудов Терцаги со стороны создателя первого советского учебника по инженерной геологии Саваренского скажем, что и начала так называемой строительной механики грунтов создавались на физико-геологической основе, что отразилось в заглавии книги на немецком языке [33]. Изменение заглавий переводимых научных трудов под влиянием односторонних взглядов редакторов переводов на излагаемый предмет — не редкое явление. Об одном из них, имеющих принципиальное значение, придется еще говорить, а сейчас несколько слов о понимании Ф. П. Саваренским содержания и задач инженерной геологии.

Содержание этой науки он определяет весьма кратко — буквально названием монографии К. Вагнера «Приложение геологии к инженерному делу» [1]. В составленной Ф. П. Саваренским учебной программе «цикл инженерной геологии распадается на три части: 1) грунтоведение, 2) механику грунтов и 3) инженерную геологию. Предлагаемая книга включает третью часть цикла — инженерную геологию» [20, с. 9]. Таким образом, инженерная геология не включает на основе каких-либо общих идей и перспектив развития ни грунтоведение, ни механику грунтов, ни геодинамику, хотя задача этой науки требует такого объединения. «Задача инженерной геологии — изучить геологические процессы и физико-технические свойства горных пород, определяющие условия возведения сооружений и направление инженерно-геологических мероприятий по обеспечению устойчивости естественных земляных масс» [20, с. 6]. Но можно ли изучать физико-технические свойства горных пород и геологические процессы, не применяя методов механики грунтов? Внимательно перечитывая сейчас первый советский учебник «Инженерная геология», основы которого автор изучал в 1933 г., слушая лекции проф. Ф. П. Саваренского, приходишь к выводу: он представляет курс лекций по двум разным предметам. В первой (общей) части учебника излагаются в основном дополненные данными новых наблюдений закономерности, изложенные во втором томе «Физической геологии» И. В. Мушкетова [13]. Вот названия некоторых глав: «Физико-геологические явления, связанные с деятельностью поверхностных вод»; «Физико-геологические явления, связанные с деятельностью подземных и поверхностных вод на склонах»; «Физико-геологические явления, связанные с деятельностью подземных вод» и «Физико-геологические явления, связанные с разными другими факторами» (деятельностью ветра, промерзанием почв и др.).

Во второй (специальной) части дается углубленное изложение геотехники и технической геологии, сформировавшихся к концу 1920-х годов. Главы этой части называются так: «Приложение инженерной геологии к промышленному и городскому строительству», «Приложение геологии к гидротехническому строительству», «Приложение геологии к железнодорожному строительству», «Приложение геологии к туннельному и горному делу». Таким образом, эта специальная часть развивается по направлениям приложения геологии к практическим запросам, без обогащения внутреннего содержания геолого-технической дисциплины. Одно лишь механическое объединение начал физической геологии и геотехники первой четверти XX в., сделанное без глубокого анализа и обобщения идей и методов быстро развившихся новых разделов геотехники (грунтоведения и механики грунтов), не привело и не могло привести к созданию новой науки, заполняющей стык между общей геологией и техникой освоения литосферного пространства как основания, среды и материала сооружений. Не хватало физической основы — механики грунтов, которая, как и грунтоведение, обогатила не только геотехнику, но и физическую геологию.

Отношение к геотехнике и механике грунтов в разных курсах инженерной геологии различно. Профессор Дрезденского института путей сообщения Кейль (ГДР) в своем обширнейшем труде (1132 с.) по инженерной геологии и геотехнике [29] останавливается на характеристике и определении содержания и методов лишь геотехники. Последняя, по его мнению, включает кое-что из инженерной геологии, грунтоведения, общей геологии и механики горных пород. Главной составной частью геотехники Кейль считает, ссылаясь на авторитет А. Казагранде (1953), механику грунтов. По Кейлю, геотехника как техническая наука имеет исключительное практическое значение в строительстве и горном деле, а также в рациональном использовании и охране литосферного пространства. Теоретические основы геотехники создаются в основном экспериментальным методом. Инженерная геология уподобляется, видимо, физической геологии. Выдающийся специалист по инженерной геологии И. В. Попов полагал, что по Кейлю геотехника — это «применение конкретных (частных) выводов инженерной геологии, создающих возможность выполнения всех технических работ в области, пограничной между инженерным сооружением и землей как грунтом и грунто-материалом» [18, с. 23].

Такой вывод не согласуется с содержанием инженерной геологии, кратко охарактеризованным самим И. В. Поповым: «Инженерная геология разделяется на три основных раздела: *грунтоведение; инженерная динамическая геология, или собственно инженерная геология; региональная инженерная геология* [18, с. 18—19]. Механика грунтов не может быть отнесена к инженерной геологии: она «является ветвью физики, в частности механики, а инженерная геология — отраслью геологических наук, что, конечно, не препятствует широкому и важному применению механики грунтов при инженерно-геологическом анализе природных и вызванных строительством геологических процессов и связанных с этим явлений» [18, с. 20].

Заметим, что слово динамика в научном языке обозначает прежде всего раздел механики, в котором изучаются движения механических систем под действием сил. А то, что механика — обширная и наиболее развитая при помощи математики область физики, известно и многим геологам. Хотя почвенно-грунтовый комплекс представляется геологу прежде всего литолого-петрографической и физико-химической (геохимической) системой, он не перестает быть исключительно подвижной геомеханической системой, интересующей не только специалистов по естественным основаниям сооружений. Их, как и инженеров-геологов широкого профиля, интересуют прежде всего формы и результаты меха-

нического взаимодействия сооружений с почвенно-грунтовым комплексом, механические движения последнего. Пример сочетания грунтоведческого и геомеханического методов в изучении ПГК как основания дорог дали в 1934 г. грунтоведы-дорожники Н. Н. Иванов и В. В. Охотин [6].

4. О современном положении инженерной геологии

Изоляция инженерной геологии от физики и игнорирование ею достижений физической геологии не привели, как известно, ни к чему хорошему. Противопоставление генетического грунтоведения механике грунтов в решении сложных геотехнических задач нанесло большой вред инженерной геологии. Она оказалась между геотехникой и физической геологией, не сумев связать их так, как начали это делать И. В. Мушкетов и его ученики.

Об ограниченности механики грунтов как главной теоретической основы геотехники первым заговорил именно создатель начал строгой науки о сложных почвенно-грунтовых системах [34]. За 20 лет глубоких исследований Терцаги убедился, что точные решения задач механики грунтов «получаются лишь тогда, когда пласты земной коры практически однородны и непрерывны в горизонтальном направлении». В природе таких однородных сплошных сред мало, что не исключает плодотворное применение методов механики грунтов для получения приближенных решений задач, стоящих перед геотехникой. О рациональности и практической эффективности применения механики грунтов к решению большого ряда геотехнических задач писал в 1961 г. Н. Н. Маслов [10]. По его мнению, инженерная геология входит в геотехнику, как и механика грунтов. Он считал, что оценки деформируемости и устойчивости почвенно-грунтовых комплексов (массивов) могут быть лишь приближенными даже в том случае, когда механика грунтов от изучения физических свойств образцов в лаборатории переходит к изучению слоев и толщ в натуре. Проблему физико-геологического изучения блоков и толщ (массивов) горных пород как оснований, среды сооружений и производства горных и других работ поставил и начал успешно решать П. Н. Паниюков [17].

В целом же инженерная геология развивалась традиционно, как часть геотехники в понимании Н. Н. Маслова [10, с. 5]; углублялся лишь один раздел физической геологии — геодинамика. Региональная инженерная геология не успела, да и вряд ли могла компенсировать отставание в развитии других разделов физической геологии.

Узость содержания инженерной геологии и совпадение ее задач с задачами геотехники не могли не заметить крупные специалисты широкого геологического и геофизического профиля. Академик А. В. Сидоренко констатировал, что понятие «инженерная геология» трактуется весьма узко — как составление инженерно-геологических обоснований для строительства сооружений, изучение оползней, селей, обвалов, карстов и т. п. [23, с. 54].

Сейчас нельзя говорить об инженерной геологии только как об отрасли геологии, отмечал акад. М. А. Садовский в письме участникам межведомственного совещания по инженерной геологии (3—8 июня 1968 г.). «Слишком отличным от геологического стал метод этой науки, неизмеримо быстрее геологии впитывающей и использующей физико-математические и физико-химические основы. Процесс преобразования инженерной геологии в отрасль физики, пусть геологической, но именно физики, несомненно будет развиваться ускоренно, параллельно росту технической деятельности человека. Я не случайно говорю о физике, а не о механике, к которой уже привыкли в инженерной геологии. Дело в том, что основной метод механики — метод моделей — может оказать-

ся малоэффективным применительно к столь сложным физико-химическим системам, какими являются грунты» [21, с. 13]. Далее Садовский отметил, что в практике приходится иметь дело не со свойствами малых образцов горной породы, а с крупными и все возрастающими массивами, свойства которых в целом не определяются, а лишь зависят от известных нам свойств, определенных петрографами или литологами. Об этом же, как отмечалось выше, подробно писал П. Н. Панюков [17].

М. А. Садовский поставил очень заманчивую, но пока еще далекую цель — превратить инженерную геологию в геологическую физику, т. е. геофизику. Более близкой и широкой, а потому и вполне достижимой, представляется цель: превратить инженерную геологию в физическую или физико-техническую геологию. На достижения ее опиралась и будет еще больше опираться геотехника (практика геолого-технических изысканий). Вопросу тесной взаимосвязи и взаимному обогащению физической геологии и геотехники была посвящена всего одна статья, выводы которой вполне созвучны письму М. А. Садовского.

В 1970 г. произошло событие, свидетельствующее о том, насколько глубокими и перспективными были физико-геологические идеи И. В. Мушкетова и А. Холмса [27] в так называемой общей геологии. В США было издано «Введение в физическую геологию» — краткое изложение современных представлений о строении Земли и процессах, влияющих на ее формирование [35]¹. По мнению авторов, полноценная интерпретация данных, полученных в процессе полевых геологических наблюдений, может быть дана геологом лишь в том случае, если в его образе мышления будут присутствовать элементы, свойственные мышлению физиков и химиков. Этого невозможно достичь без ознакомления с основными принципами современной термодинамики и их простыми, но предельно общими аналитическими выражениями. Поэтому во «Введение в физическую геологию» включены вопросы термодинамики (глава 5) и деформации горных пород или геомеханики (глава 8). В главе 8 на современном теоретическом уровне рассмотрены механические свойства, различные формы поведения горных пород под действием разных сил (нормального давления, сдвигающего усилия и др.), а также дается физическая и геологическая интерпретация деформаций слоев, толщ и массивов.

Перевод американского «Введения в физическую геологию» издан у нас на русском языке под другим заглавием — «Введение в общую геологию» (1974). Это вызывает недоумение, так как учебные пособия по общей геологии не содержат глав, излагающих содержание, методы применения таких разделов физики, как механика и термодинамика.

Пренебрежение общими принципами физики, которые применимы к любой почвенно-грунтовой или, в более широком плане, литосферной системе, привело многих геологов (включая тех, которые называют себя специалистами по динамической геологии) к недооценке научного и практического значения физической геологии. Отсюда недостаток внимания к энергетике современных геологических процессов, недооценка солнечной энергии при объяснении механического разрушения горных пород, интенсивного выветривания их вообще. Вместо энергии выступают, как правило, сила, работу физического выветривания объясняют не существованием тепловой машины Солнце — ПГК — атмосфера, а особенностями климата, действием мороза и подобными факторами; с ними физически невозможно связать ни один из экзогенных геологических процессов. Лишь современная физическая геология, которую имел в виду М. А. Садовский [21], может вскрыть существо таких сложных явлений, как физическое выветривание, криогенное пучение, растрескивание про-

¹ Соавтор и редактор этого труда проф. Ж. Ферхуген окончил Брюссельскую горную школу и университет в Льеже по специальности инженерная геология.

мерзающих пород и генерация тепла толщами глин в стадии катагенеза. Отметим, что применение физико-геологических методов в мерзлотоведении — учета источников и стоков тепла и влаги в ПГК и более глубоких ярусах литосферы — позволило за 50 лет превратить эту описательную отрасль геолого-географических знаний в объяснительную и предсказательную науку. Примеров плодотворного применения принципов и методов термофизики и механики сплошной среды в геокриологии много. Широким и плодотворным применением физических принципов и методов вообще и термодинамики необратимых процессов — в частности, отличаются труды гидрогеологов С. И. Смирнова [24, 25] и Н. А. Огильви [16].

Сделаем некоторые выводы, вытекающие из беглого обзора идей, задач и путей развития физической геологии, геотехники и инженерной геологии.

1. Начала физической геологии, заложенные 100 лет назад [11, 30], послужили научной основой не только метода актуализма в общей геологии, генетического и сравнительно-литологического метода в петрографии осадочных пород, но и геотехники, возникшей в России на рубеже XIX и XX вв. под влиянием запросов практики изысканий трасс и площадок для многочисленных транспортных и промышленных сооружений. Особенно большой толчок развитию геотехники дал I съезд деятелей практической геологии (1903).

2. После 20-летнего застоя в развитии физической геологии (1903—1922) возникшая из нее геотехника стала создавать свои научные основы — генетическое грунтоведение и механику грунтов.

3. Инженерная геология появилась для заполнения пробела в геотехнике, возникшего, с одной стороны, вследствие пренебрежения тем, что давала тогда физическая геология, и как реакция на претензию механики грунтов стать главной и даже единственной основой геотехники — с другой.

Литература

1. Вагнер К. Приложение геологии к инженерному делу.— Сб. Ин-та путей сообщения, № 11. СПб., 1887 (Пер. с нем. Мушкетова И. В.).
2. Гельмерсен Г. П. Физические и геологические условия Петербурга.— Зап. Петербург. АН, 1865, т. VI, кн. 2.
3. Геологические исследования вдоль линии Кругобайкальской жел. дор. СПб.: Изд. Мин. путей сообщения, 1904.
4. Горшков Г. П., Якушова А. Ф. Общая геология. М.: МГУ, 1962.
5. Дитмар Н. Геолого-технические изыскания при постройке Рязанско-Казанской ж. д.— Тр. I съезда деятелей практ. геол. 1903 г. СПб., 1908.
6. Иванов Н. Н., Охотин В. В. Дорожное почвоведение и механика грунтов. М.— Л.: Гострансиздат, 1934.
7. Каракаш Н. Из практики геолого-технических изысканий при постройке Тифлис-Карсской и 2-ой Екатерининской ж. д.— Тр. I съезда деятелей практ. геол. 1903 г. СПб., 1908.
8. Львов А. Техничко-геологическое описание линии I и II уч-ка от ст. Байкал до ст. Култук. Иркутск: Изд-во МПС, 1904.
9. Львов А. Техничко-геологическое описание линии западной части Амурской ж. д. Иркутск: Изд-во МПС, 1911.
10. Маслов Н. Н. Основы механики грунтов и инженерной геологии. М.: Автотрансиздат, 1961.
11. Мушкетов И. В. Физическая геология. СПб., 1891.
12. Мушкетов И. В. Физическая геология. 2-е изд., т. 1. СПб., 1899.
13. Мушкетов И. В. Физическая геология. 2-е изд., т. 2. СПб.: Изд. Ин-та путей сообщения, 1903.
14. Никитин С. Н. О значении И. В. Мушкетова в географической науке.— Изв. Русск. геогр. о-ва, 1902, т. 38, вып. VI.
15. Обручев В. А. Полевая геология. Т. 2. М.— Л.: ОНТИ НКТП, 1932.
16. Огильви Н. А. Физические и геологические поля в гидрогеологии. М.: Наука, 1974.
17. Панюков П. Н. Инженерная геология. 2-е изд. М.: Недра, 1978.
18. Попов И. В. Инженерная геология. М.: МГУ, 1959.
19. Ренгартен В. Геолого-технический отчет по исследованию северной части проектируемой Перевальной ж. д. СПб.: Упр. по сооружеж. ж. д. МПС, 1914.

20. *Саваренский Ф. П.* Инженерная геология. М.—Л.: ОНТИ, 1937.
21. *Садовский М. А.* Письмо участникам межведомственного совещания по инженерной геологии.— В кн.: Проблемы инженерной геологии. М.: МГУ, 1970.
22. *Сергеев Е. М.* Инженерная геология. М.: МГУ, 1978.
23. *Сидоренко А. В.* Человек, техника, Земля. М.: Недра, 1967.
24. *Смирнов С. И.* Введение в изучение геохимической истории подземных вод седиментационных бассейнов. М.: Недра, 1974.
25. *Смирнов С. И.* Региональная динамика подземных вод седиментационных бассейнов. М.: Недра, 1979.
26. *Терцаги К.* Инженерная геология/Пер. с нем. под ред. проф. Н. В. Бобкова. Л.—М.: Горгеолнефтеиздат, 1934.
27. *Холмс А.* Основы физической геологии/Пер. с англ. под ред. проф. Г. П. Горшкова. М.: Изд-во иностр. лит., 1949.
28. *Green W.* The physical geology. 1882.
29. *Keil K.* Ingenieurgeologie und Geotechnik. Halle: VEB, 1954.
30. *Redlich K., Terzaghi K., Kampe R.* Ingenieurgeologie. Ween — Berlin, 1929.
31. *Ries H., Watson T.* Engineering geology. N. Y., 1925.
32. *Stiny J.* Technishe Geologie. Stuttgart, 1922.
33. *Terzaghi K.* Erdbanmechanik auf bodensphysikaliseher Grunlage. Leipzig-Wien, 1925.
34. *Terzaghi K., Peck R.* Soil mechanics in Engineering Practice. N. Y., 1948.
35. *Verhoogen J., Turner F. et al.* The Earth. An introduction to physical geology. N. Y., 1970.

THE PHYSICAL GEOLOGY — AS THE SCIENTIFIC BASE OF THE GEOTECHNOLOGY

P. F. SHVETSOV

The physical geology which is the scientific base of the geotechnology has appeared in Russia on the border of the XIXth and the XXth centuries under the influence of practical demands, including mapping of the routes and grounds for transport's and industrial constructions. Geotechnology has come to the formation of its own scientific foundations such as genetic ground science and mechanics of grounds.