

О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

ABOUT THE PERSPECTIVES OF ENGINEERING GEOLOGY

ТРОФИМОВ В.Т.

Заведующий кафедрой инженерной и экологической геологии геологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, профессор, д.г.-м.н., г. Москва, trofimov@rector.msu.ru

КОРОЛЕВ В.А.

Профессор кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, д.г.-м.н., г. Москва, va-korolev@bk.ru

TROFIMOV V.T.

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, trofimov@rector.msu.ru

KOROLEV V.A.

Professor of the Department of Engineering and Ecological Geology, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University, DSc (Doctor of science in Geology and Mineralogy), Moscow, va-korolev@bk.ru

Ключевые слова:

инженерная геология; геоинженерия; геологическая среда; природно-техническая система; ноосфера; ноолитосфера.

Key words:

engineering geology, geo-engineering, geological engineering, geological terrain, the natural-technical system, the noosphere, noolitosfera.

Аннотация

На основе исторического анализа и современного состояния инженерной геологии рассмотрены возможные пути ее дальнейшего развития и эволюции. Показано, что современные тенденции трансформации инженерной геологии в геоинженерию, особенно популярные на Западе, не имеют под собой оснований.

Введение

Инженерная геология — наука геологического цикла, исследующая состав, состояние, строение и инженерно-геологические особенности верхних горизонтов литосферы и литотехнических систем, их современную динамику, закономерности формирования и пространственно-временного изменения под воздействием современных и прогнозируемых геологических процессов, развивающихся как в ходе естественного развития земной коры, так и под влиянием инженерно-хозяйственной деятельности человека.

Зародившись в XIX в как сугубо прикладное направление геологии, призванное обеспечивать строителей геологическим обоснованием проектирования и строительства сооружений, инженерная геология во второй половине XX века оформилась в самостоятельную науку, обладающую собственным теоретическим базисом, фундаментальными и прикладными исследованиями. Исторический анализ развития инженерной геологии и ее современное состояние позволяют выделить ее некоторые тенденции и характерные особенности развития:

- инженерная геология не стоит на месте и развивается с соблюдением как общих, так и специфических закономерностей эволюции наук;
- возникнув как сугубо прикладная наука в ответ на практические запросы общественного развития, инженерная геология в настоящее время выступает и как прикладная, и как теоретическая (фундаментальная) дисциплина геологического цикла;
- инженерная геология развивается как по пути дифференциации ее научных и прикладных направлений, так и по пути их интеграции;

Abstract

Based on the historical analysis and current state of engineering geology, some possible ways of its further development and evolution have been discussed. It is shown that recent trends in the transformation of engineering geology into geoengineering, especially popular in the west, are unfounded.

- развитие инженерной геологии происходит на основе постоянного расширения ее проблематики и увеличения сложности решаемых задач.

В то же время иногда можно вновь встретить мнения о том, что инженерная геология является сугубо прикладной дисциплиной, что у нее нет будущего, т.к. она по-прежнему в лучшем случае будет лишь «обслуживать» строителей, а в худшем — вообще исчезнет. При этом рассуждения обычно сводятся к тому, что поскольку технологии строительства постоянно совершенствуются и уже сейчас строители могут возводить сооружения практически в любых инженерно-геологических условиях, ранее считавшихся неблагоприятными, то роль инженеров-геологов будет постепенно, но неуклонно снижаться. Следовательно, считают они, перспектив у инженерной геологии нет, а потребность в инженерах-геологах будет все более и более уменьшаться.

С такой позицией категорически нельзя согласиться. Более того, авторы стоят на прямо противоположной позиции. Отсюда возникает закономерный вопрос: каковы же перспективы развития инженерной геологии в будущем? Обсуждению этого вопроса и посвящена настоящая статья.

Эволюция взглядов о будущем инженерной геологии

Не раз пути и прогноз дальнейшего развития инженерной геологии обсуждались на различных научных конференциях и совещаниях [7, 32]. Вопросам дальнейшего развития инженерной геологии уделялось и продолжает уделяться значительное внимание в методологии этой науки, особенно начиная с 1970-х годов. Идеи о дальнейшем развитии инженерной геологии высказывали Г.К. Бондарик [2], И.В. Дудлер [4], Ю.Ф. Захаров [5], Р.С. Зиангиров [6], И.П. Иванов, В.А. Королев [8-11], В.Д. Ломтадзе, В.И. Осипов [12], Е.М. Пашкин [13], М.В. Рац и Б.Г. Слепцов [14], Л.Б. Розовский [15], Е.М. Сергеев [16, 17], В.Т. Трофимов [18-21], А.И. Шеко [23] и многие др. Эти проблемы обсуждались как у нас в стране, так и за рубежом. Можно уверенно сказать, что перспектива развития инженерной геологии стала международной проблемой.

При этом на уровне научных идей высказывались разные точки зрения и предположения, приводимые ниже. В какой-то степени эти идеи можно рассматривать и как научные гипотезы. Все они объединяются в рамках одной пока открытой проблемы — прогноза развития инженерной геологии как науки. Приведем эти идеи.

Идея о трансформации инженерной геологии в науку о ноосфере. Впервые идея о том, что в будущем инженерная геология превратится в науку о ноосфере, была высказана академиком Е.М. Сергеевым в 1971 г. [16].

Он писал: *«Инженерная геология должна быть наукой о ноосфере. Это значит, что первоочередной задачей инженерной геологии является изучение динамики земной коры под влиянием деятельности человека. Понимать это следует широко»* [16]. При

этом представления о ноосфере Е.М. Сергеева, видимо, совпадали с представлениями В.И. Вернадского.

Аналогичную идею высказывал и Л.Б. Розовский [15]. Обстоятельный анализ этой идеи провел В.А. Королев [9]. Он подчеркнул, что ноосфера (как сфера разумной человеческой деятельности) не может служить объектом изучения одних лишь геологических наук, а тем более одной инженерной геологии и поэтому говорить о том, что инженерная геология станет наукой о ноосфере совершенно неверно. На этом основании он предложил иную гипотезу — о трансформации инженерной геологии в науку о ноолитосфере, рассматриваемую ниже (пункт 3).

Идея о трансформации инженерной геологии в науку о геологической среде. Впервые эта идея также была высказана академиком Е.М. Сергеевым в 1979 г. [17].

По мнению В.И. Осипова [12], этим было заявлено, что одним из важнейших научных направлений в инженерной геологии является охрана геологической среды. В этой связи, например, кафедра грунтоведения и инженерной геологии, возглавляемая в то время Е.М. Сергеевым, была переименована в кафедру инженерной геологии и охраны геологической среды.

Е.М. Сергеев считал, что «геологическая среда» — это не только область взаимодействия человека и верхних горизонтов литосферы (реализованная в прошлом, актуальная или потенциальная), которая рассматривается обычно в рамках литотехнической системы (взаимодействия геологических и технических подсистем), но и влияющая друг на друга, т.е. определяющая дальнейшее существование или эволюцию данной литотехнической системы в целом.

За более чем 30 лет, прошедшие с момента основания Е.М. Сергеевым этой категории, изменились многие представления о ней и в инженерной геологии, и в экологической геологии. Геологическая среда меняется, эволюционирует со временем. Эта эволюция и количественная (постепенный рост объема геологической среды в связи с ростом масштабов техногенных воздействий на литосферу), и качественная (изменение состояния геологической среды). Качественная эволюция геологической среды осуществляется в единстве и борьбе двух противоположностей: с одной стороны, происходит ухудшение качества геологической среды за счет истощения запасов полезных ископаемых, загрязнения грунтов и подземных вод, развития неблагоприятных инженерно-геологических процессов и т.п.; с другой стороны, улучшение ее качества и состояния за счет целенаправленного регулирования и управления свойствами массивов горных пород, управления инженерно-геологическими процессами, создания систем инженерной защиты, мониторинга, очистки грунтов и подземных вод от загрязнений и т.п. Закономерности этой качественной эволюции во многом пока не познаны.

Поэтому, по мнению авторов, в категорию «геологическая среда» необходимо вкладывать не только «экологический смысл» как среды обитания (частичного) и жизнедеятельности (в т.ч. хозяйственной и

иной) человека, но также и «ноосферный смысл» как разумно организованной среды обитания (частичной, наряду с иными геосферами Земли) и жизнедеятельности человека [20, 21].

Исходя из этого авторы дали такое определение понятия *геологическая среда* — *область верхних горизонтов литосферы, находящаяся в прошлом, настоящем или будущем под воздействием инженерно-хозяйственной деятельности человека, эволюционирующая во времени, являющаяся компонентом природно-технических экосистем и возможным элементом геолоогенеза* [20].

Основываясь на такой широкой трактовке понятия «геологическая среда», можно полагать, что трансформация инженерной геологии в науку о геологической среде (в вышеприведенном смысле) очень близка к нижеизложенным идеям (пункты 3 и 4).

Идея о трансформации инженерной геологии в геологию ноолитосферы. Инженерная геология может изучать лишь геологическую составляющую ноосферы (или геологическую среду в понимании Е.М. Сергеева), а точнее — *ноолитосферу* как ее геологическую подсистему, геологическую основу. Но в этом случае инженерная геология будет трансформироваться в *ноосферную геологию* (по В.Е. Хаину [22]) или *геологию ноолитосферы* (по В.А. Королеву [9]).

По мнению В.А. Королева [9], «разработка учения о геологии ноосферы — ноолитосфере будет являться главной теоретической фундаментальной проблемой «инженерной» геологии в XXI веке». При этом ее решение должно быть найдено путем синтеза теоретических подходов разных геологических наук и прежде всего экологической геологии, а также тех, которые в настоящее время наиболее близко стоят к экологической геологии: инженерной геологии, гидрогеологии, геохимии и геофизики. Это не означает, однако, что инженерная геология исчезнет как самостоятельная наука.

Идея трансформации инженерной геологии в науку о природно-технических системах. М.В. Рац и Б.Г. Слепцов [14], рассматривая в 1996 г. будущее инженерной геологии, считали, что основной ее проблемой является изучение «деятельностно-при-

родных систем» (аналог «природно-технических систем, ПТС»), построение их онтологии и обоснование структуры. При этом они считали, что «будущее инженерной геологии — в руках нашего профессионального сообщества. Если мы, — писали они, — пересмотрим основания, предмет занятий, средства своей научной работы и самоопределимся в намеченных выше (достаточно широких) рамках, то инженерная геология имеет шанс оказаться одной из передовых наук будущего. В своем же современном виде она обречена оказаться одной из ряда вспомогательных дисциплин, перспективы которых будут определяться извне — теми сообществами, которые сумеют вовремя сориентироваться в новой реальности и захватить в ней интеллектуальное лидерство» [14].

По мнению многих ученых инженеров-геологов (Г.К. Бондарик, В.Т. Трофимов, М.В. Рац, Б.Г. Слепцов и др.) *будущее инженерной геологии* связано с более углубленным изучением ПТС (построение теории ПТС: их онтологии, структуры, прогнозирования и т.п.).

Однако, по сути, инженерная геология уже сейчас является наукой о природно-технических системах (ПТС) [1]. Таким образом, здесь, в этой идее речь идет скорее о новых акцентах и задачах инженерной геологии — более углубленном изучении опасных геологических и инженерно-геологических процессов в пределах ПТС с целью их прогноза и обеспечения устойчивого развития. Углубление роли инженерной геологии как науки о ПТС для обеспечения устойчивого развития цивилизации — актуальная задача современности, перерастающая в глобальную проблему. Важная роль инженерной геологии в решении этой проблемы несомненна, и с этим действительно может быть связано дальнейшее развитие и эволюция инженерной геологии.

Основными факторами развития инженерной геологии как науки в мире (и в России в том числе) являются: 1) запросы в решении новых практических задач (энергетика, строительство, транспорт, добыча полезных ископаемых и т.п.), как правило, требующих решения новых фундаментальных проблем, разработка и реализация мегапроектов; 2) участие инженеров-геологов в решении глобальных проблем современности; 3) рост потребности в кадрах — инженерах-геологах. Рассмотрим эти факторы.

Динамика инфраструктурных проектов

Развитие цивилизации тесно связано с крупными инфраструктурными проектами, строительством, энергетикой, транспортом и т.п. Согласно статистическим данным отраслевая структура сделок проектного финансирования в мире определяется запросами наиболее развивающихся отраслей, среди которых в первую очередь выделяются (по убыванию): энергетика (32%), нефтегазовая промышленность (25%), транспорт (20%), добыча полезных ископаемых (7%). Доля финансирования прочих видов промышленности, нефтехимии, ЖКХ и т.п. составляет менее 6–4% каждая. При этом без тех или иных видов строительства не обходится почти ни одна от-



Рис. 1. Рост количества квартир, построенных в РФ за 2000–2014 гг. (тыс. шт.)

расль, а геологическое обоснование строительных объектов и составляет основную практическую задачу инженерной геологии.

Объемы строительства в мире в целом увеличиваются год от года, хотя в разных странах, включая РФ, эта тенденция имеет свои особенности. Так, например, по данным Росстата, в 2014 году в РФ было введено в эксплуатацию 1 118 000 квартир, общая площадь которых составила около 83,6 млн кв. м. По сравнению с 2013 годом рост составил 14,9%. Более 37% всех построенных нежилых зданий относятся к категории офисной и торговой недвижимости. Производственные здания и сооружения вместе с объектами сельского хозяйства составляют 26,9% от общего количества. Здания и сооружения, относящиеся к социальной категории, — 15,1% и около 21% прочая недвижимость.

За последние годы в стране сохраняется общая тенденция роста количества и площади построенных жилых квартир (рис. 1 и 2). Эта тенденция почти не изменилась, несмотря на кризисный период 2014–2015 гг. и экономические санкции. Увеличивается и количество построенных нежилых зданий, включая сооружения промышленного производства (рис. 3).

Однако в краткосрочной перспективе динамика строительства в РФ некоторыми специалистами оценивается отчасти негативно, что связано с кризисом и другими проблемами. По их оценкам строительный рынок РФ может ожидать спад в 15–20%, что связано в первую очередь с подорожанием строительных материалов в связи с введенными санкциями, а также снижением покупательской активности. Кроме этого, среди факторов, сдерживающих рост строительства, руководители строительных организаций отмечают высокий уровень налогов. Этот фактор называют 39% опрошенных. Эти негативные тенденции вызвали спад объемов инженерных изысканий в РФ в период 2014–2016 гг. почти на половину.

Однако жилые и нежилые сооружения составляют лишь часть от возводимых инфраструктурных объектов, для строительства которых требуются знания инженеров-геологов. Значительное их количество требуется на предприятиях горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности, объектах энергетической промышленности, предприятиях водоснабжения, в военно-промышленном комплексе и т.д. Большие потребности в инженерах-геологах связаны и с расширением объемов и масштабов строительства прочих инженерных сооружений, в том числе линейных, прежде всего автомобильных и железных дорог, а также газо- и нефтепроводов.

О перспективах автодорожного строительства в РФ свидетельствуют данные, приведенные на рис. 4, характеризующем отставание России в этой области от ряда некоторых стран. По протяженности железных дорог Россия занимает второе место в мире (87,2 тыс. км), но почти в 2,5 раза уступает США. Для России с ее огромными территориями увеличение дорожной сети является насущной необходимостью и показывает перспективы роста. Примером в этой области для нас может являться Китай, который за короткий срок разработал и внедрил государственную программу автодорожного строительства, поз-

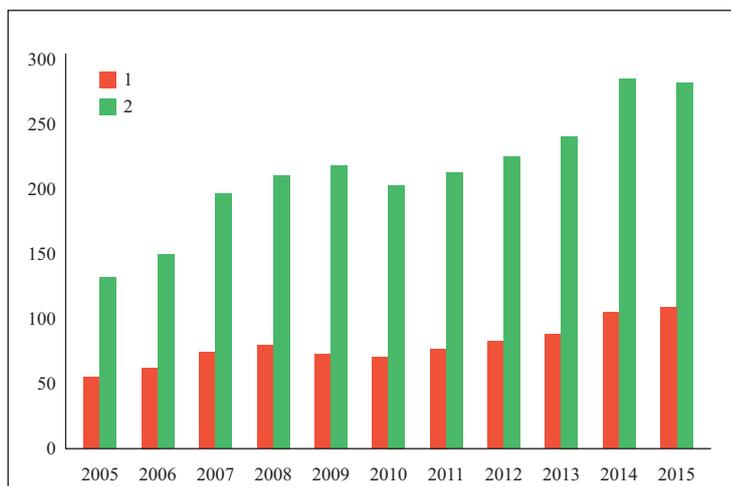


Рис. 2. Динамика жилищного строительства в РФ за последние десять лет: 1 — ввод новых площадей (млн кв. м); 2 — ввод новых жилых зданий (тыс. шт.)

волившую ему из отстающих выйти в число мировых лидеров.

Важным фактором развития инженерной геологии в мире является реализация **мегапроектов**: строительство мегагородов (Китай), мегатоннелей (под Ла-Маншем, Босфором, островами Японии, Альпами и др.), искусственных мегаостровов (Нидерланды, Дубай, Япония, Китай и др.), мегамагистралей, мегамостов (Китай, Япония, США), мегаканалов (Египет, Центральная Америка и др.). Все эти реализованные или планируемые мегапроекты создавались и будут создаваться с участием инженеров-геологов.

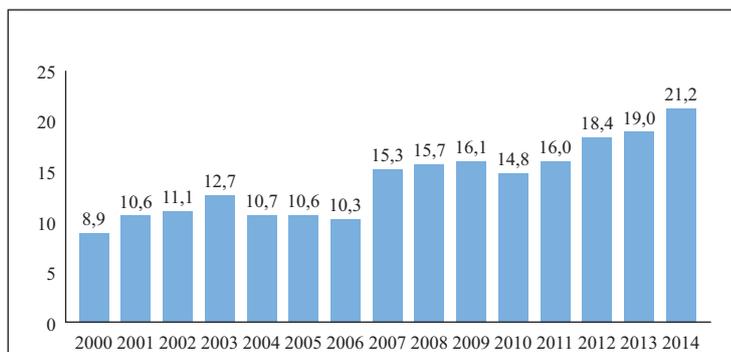


Рис. 3. Рост количества построенных нежилых зданий в РФ за 2000–2014 гг. (тыс. шт.)

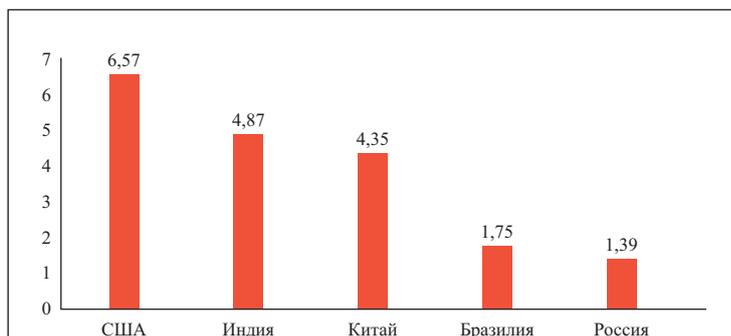


Рис. 4. Протяженность автомобильных дорог (в млн км) в России и некоторых странах мира

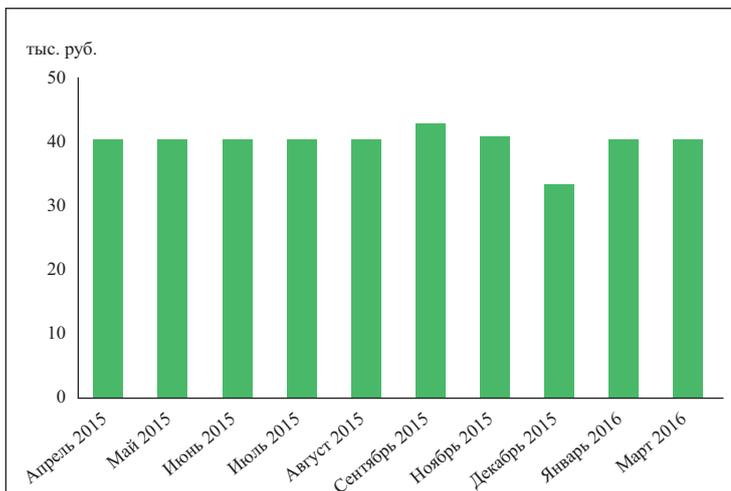


Рис. 5. Средний уровень зарплаты инженеров-геологов за 2015–2016 гг. в РФ

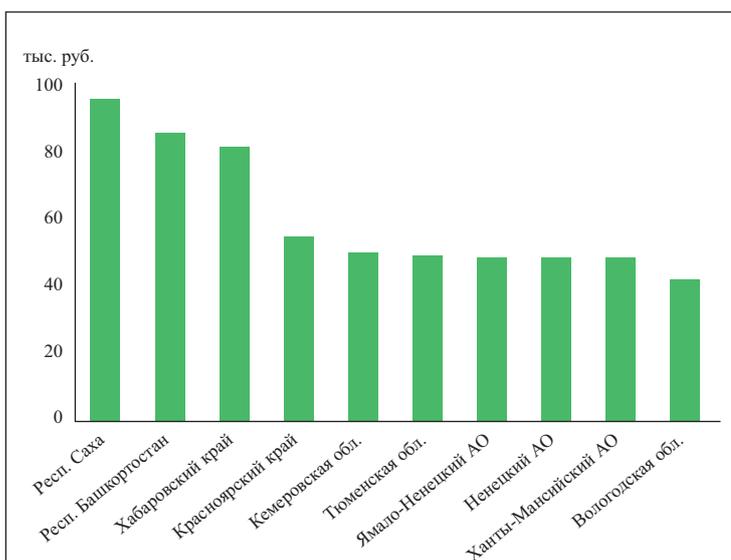


Рис. 6. Рейтинг регионов России по среднему уровню зарплаты инженеров-геологов в 2016 г.

Среди российских мегапроектов можно отметить ряд объектов Единой газотранспортной системы РФ («Северный поток-2», Красноярская ГТС, «Сила Сибири»), Сахалинская ГТС и др.), строительство БАМ-2, мегамоста через Керченский пролив, проекты мегамагистралей «Лондон — Москва — Иркутск — Аляска — Нью-Йорк» (с созданием мегатоннеля через Берингов пролив) и «Москва — Пекин» и др.

Участие инженеров-геологов в решении глобальных проблем

Не менее важным фактором развития инженерной геологии в мире и в РФ в том числе является участие инженеров-геологов в решении различных глобальных проблем современности [11]. Среди них выделяются следующие проблемы: 1) обеспечение человечества ресурсами (геологического пространства, энергетическими, полезных ископаемых и т.п.); 2) предотвращение глобального загрязнения окружающей среды; 3) создание глобальной системы мониторинга Земли. По сути, все эти проблемы в целом тесно взаимосвязаны и объединяются в глобаль-

ную проблему управления окружающей средой или биосферой Земли.

Все вышеуказанные глобальные проблемы не могут быть разработаны специалистами в рамках лишь какой-либо одной науки, они требуют комплексного подхода и участия коллективов ученых, работающих во многих научных областях. Однако место инженеров-геологов в их разработке вполне очевидно и необходимо.

Перечисленные проблемы и вышерассмотренные мегапроекты привлекают молодежь, выбирающую для себя специальность инженера-геолога. Возможность раскрыть себя, собственный талант в решении проблем, волнующих все человечество, проявить себя на уникальных инженерно-хозяйственных объектах и мегапроектах имеет для молодых специалистов важное значение и стимулирует развитие инженерной геологии.

Динамика потребности в инженерах-геологах

На развитие любой науки большую роль оказывает востребованность в ее кадрах. В этом смысле инженерная геология не является исключением: перспективы ее развития во многом определяются и будут определяться потребностями в инженерах-геологах. Основными «потребителями» инженеров-геологов являются вышерассмотренные отрасли и инфраструктурные проекты.

Неснижающаяся потребность в инженерах-геологах мотивирует молодежь к получению этой специальности. Современный инженер-геолог в зависимости от оканчиваемого им вуза имеет уровень (диплом) бакалавра, специалиста или магистра. В ближайшем будущем, возможно, останутся лишь два уровня подготовки инженеров-геологов: бакалавр и магистр. Согласно исследованию рынка труда, проведенному еще в докризисный период 2012 г. исследовательским центром Superjob.ru, в настоящее время типичным соискателем должности инженера-геолога является молодой мужчина с высшим образованием. Женщин среди претендентов на эту позицию — 39%. Кандидаты в возрасте до 29 лет составляют 68% специалистов. Высшее образование имеют 92% инженеров-геологов. Однако необходимо отметить, что, несмотря на востребованность в кадрах инженеров-геологов, количество выпускаемых в РФ специалистов в последние годы не увеличивается и остается стабильным.

Наибольшая потребность (открытые и незаполненные вакансии) в инженерах-геологах по регионам РФ в 2016 году была (по убыванию) в Московской и Ленинградской областях, Краснодарском крае, Свердловской и Нижегородской областях, Республике Татарстан, Самарской, Ростовской и Новосибирской областях.

Требования, предъявляемые к современным инженерам-геологам, все более возрастают, и это также способствует развитию инженерной геологии, заставляет повышать качество подготовки молодых специалистов. Типичные функции и компетенции современного инженера-геолога, которые требует работодатель, следующие (по данным Superjob.ru):

организация и контроль инженерно-геологических изысканий; составление программы инженерно-геологических изысканий; выполнение полевых инженерно-геологических изысканий; технический надзор за проводимыми изысканиями; камеральная обработка полевых материалов и лабораторных данных; составление инженерно-геологических разрезов, профилей, колонок, паспортов искусственных сооружений; выпуск отчетных материалов по геологии; защита материалов изысканий в органах экспертизы. Кроме того, работодатель часто требует от инженера-геолога знания законов и нормативных правовых актов в области инженерных изысканий и охраны окружающей среды, навыков работы с буровой техникой и установками статического зондирования, возможностью работы с различными прикладными программами (MS Office, AutoCAD, Credo, ArcGis, Mapinfo и многие др.). Также предлагается готовность соискателей инженеров-геологов к многочисленным разъездам и командировкам.

По данным агентства Superjob.ru, уровень зарплаты инженера-геолога зависит от его компетенции, уровня диплома, опыта работы и компании-работодателя, а также от региона РФ. В настоящее время он меняется от 25–35 тыс. руб. для начинающих (без опыта работы) до 60–90 тыс. руб. и выше для специалистов со значительным опытом работы (без премиальных, полевых и т.п.). Средний уровень зарплаты инженеров-геологов за 2015–2016 гг. в РФ, по данным агентства TRUD, представлен на рис. 5, а рейтинг регионов РФ по уровню зарплаты — на рис. 6.

Таким образом, приведенный анализ показывает, что развитие цивилизации по-прежнему будет тесно связано с всемерным расширением инженерно-хозяйственной, прежде всего инженерно-строительной, деятельности человека, и это во многом будет определять востребованность в кадрах инженеров-геологов.

Идея трансформации инженерной геологии в геoinженерию

Эта идея преобладает среди многих современных зарубежных западных специалистов, в том числе и инженеров-геологов [24–34]. Она заключается в том, что в ближайшем будущем инженерная геология будет все более заниматься вопросами обеспечения безопасности населения и защиты от проявлений опасных геологических и других стихийных природных процессов. Для решения этих вопросов она все теснее будет взаимодействовать с другими науками о Земле — географией, гидрологией, геоэкологией, климатологией и др., а также с техническими науками. Именно в рамках этого взаимодействия на Западе и развивается *геоинженерия* (geological engineering).

Российская инженерная геология развивается не в изоляции от остального мира, вклад отечественной инженерной геологии в мировую науку значителен, а по многим разделам является опережающим и определяющим. Важной областью международного сотрудничества российских и зарубежных инженеров-геологов является Международная ассоциация по инженерной геологии и окружающей среде (IAEG).

Идея трансформации инженерной геологии в геoinженерию перекликается с идеями трансформации инженерной геологии в геотехнику или геоэкологию. Эти взгляды существуют и среди российских ученых, некоторые из которых считают, что инженерная геология будет все более тесно взаимодействовать с геоэкологией и постепенно превращаться в нее. Взаимодействие инженерной геологии и геотехники, инженерной геологии и геоэкологии не раз обсуждалось в печати [3, 18].

Современное международное сообщество инженеров-геологов весьма интересуется будущим и перспективы развития инженерной геологии. В этой связи вопросы ее будущего не раз обсуждались на различных международных форумах, в том числе на заседаниях американской Ассоциации инженеров-геологов (АИГ) в Рино (Невада, США) (2002), Вэйле (Колорадо, США) (2003) и Дирборне (штат Мичиган, США) (2004). В последние годы за рубежом было много споров о том, что представляет собой инженерная геология и как она будет развиваться в будущем [24, 27, 34]. На 10-м конгрессе Международной ассоциации по инженерной геологии и окружающей среде (IAEG) этой теме была посвящена специальная сессия «Будущее инженерной геологии». На ней, в частности, было отмечено, что:

- инженерная геология в настоящее время определяется как профессия со статусом и признанной ролью в рамках более широкой сферы — *геоинженерии*;
- необходимо большее участие инженеров-геологов в проектах, связанных с изменением окружающей среды и оценкой опасных геологических процессов;
- необходимо укрепление и расширение связи инженеров-геологов с обществом в целом, большее информирование о том, что могут решать инженеры-геологи, и о тех достижениях, которые они производят.

Что касается трансформации инженерной геологии в более общую науку — геoinженерию, то эта точка зрения все более превалирует на Западе.

Геoinженерию ряд зарубежных ученых рассматривает как *междисциплинарную область наук, в которой принципы наук о Земле используются для решения инженерных и экологических проблем*. Поэтому она должна соединять геологию, гражданское строительство и другие научные сферы (например, горнодобывающие науки, географию, лесное хозяйство, климатологию и т.п.), чтобы обеспечить универсальный набор навыков, применимых к широкому спектру современных проблем. Во многих западных вузах уже готовят специалистов по геoinженерии [33].

Тем не менее единого и определенного мнения международного сообщества по вопросу перспектив развития инженерной геологии на указанном конгрессе МАИГ достигнуто не было. Одни авторы считали, что инженерная геология должна переориентироваться на вопросы рационального использования окружающей среды, другие считали, что будущее за международной кооперацией инженеров-геологов, стимулирующей развитие инженерной геологии.

Согласно Дж.Р. Китону [28] в инженерной геологии ближайшего будущего будут доминировать цифровой сбор данных, их обработка, использование и отображение. Перед инженерами-геологами будет стоять задача количественной оценки изменчивости и неопределенности развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. Именно эти исследования будут приобретать все большее значение для обеспечения устойчивого развития. Новые возможности инженерно-геологических исследований дают впечатляющие результаты разработки и использования новых инструментальных средств — лазерного сканирования, наземной фотограмметрии и др. Наземные полевые инженерно-геологические исследования все больше будут оснащаться системами спутникового позиционирования (GPS, Глонасс) и беспроводной передачи инженерно-геологических данных. Традиционные инженерно-геологические карты все более будут заменяться на трехмерные интерактивные инженерно-геологические модели и геоинформационные системы (ГИС).

Прикладные аспекты инженерной геологии и ее востребованность строительными и др. компаниями также согласно [27] будут все более возрастать, т.к. именно инженерно-геологическая информация позволяет существенно снизить строительные издержки и обеспечить надежность сооружений и др. реализуемых хозяйственных проектов. По этой причине будет возрастать и востребованность в высококвалифицированных кадрах инженеров-геологов, в связи с чем их подготовка в вузах также будет расширяться.

По этому направлению в США и во многих странах Западной Европы уже ведется подготовка специалистов — геоинженеров [33]. Они обладают навыками (компетенциями) традиционных специалистов инженеров-геологов, но расширенными за счет изучения дополнительных географических и экологических дисциплин. Среди наших отечественных специальностей к геоинженерии ближе всего стоят выпускники вузов, подготовленных по специальностям «геоэкология» и «экологическая геология». Однако с учетом расширяющихся задач, связанных с необходимостью управления окружающей средой и устранения кризисных ситуаций, очевидно, назрела необходимость пересмотра программ подготовки геоэкологов, которые в настоящее время нацелены в основном на оценку состояния среды, а не на управление ею.

Областью деятельности геоинженеров, по мнению западных специалистов, является применение геологических знаний для выбора площадки проектирования, строительства, эксплуатации и технического обслуживания гражданских и промышленных инженерных сооружений различного назначения, что традиционно было в компетенции инженеров-геологов. Однако они правы в том, что это одна из быстро растущих областей знаний, развивающихся на стыке технических и естественных дисциплин (прежде всего экологии, геологии, климатологии и др.) и отражающих развивающийся интерес общества к вопросам управления окружающей сре-

дой, управления рисками, а также создания более безопасного мира. Уже сейчас перед геоинженерией выдвигаются задачи управления погодой и климатом, управления опасными геологическими и метеорологическими процессами и т.п. При этом необходимо отдавать себе отчет в том, что многие из этих процессов еще не познаны, и пока не ясно, к чему могут привести локальные, а тем более глобальные вмешательства человека в Природу. Вопрос в геоинженерии стоит примерно так же, как и в генной инженерии: можно ли вмешиваться в геном человека (и других организмов) и каковы будут последствия этого? Можно ли вмешиваться в климатические условия Земли и каковы будут последствия этого?

Таким образом, если исходить из направленности подготовки геоинженеров (в западном понимании), то перспектива дальнейшего развития инженерной геологии предполагает ее трансформацию в геоинженерию, а специалистов инженеров-геологов — в геоинженеров.

Эта позиция, с нашей точки зрения, принципиально не верна: геоэколог или специалист по экологической геологии не сможет заменить специалиста инженера-геолога, т.к. эти специалисты готовятся хотя и по близким, но различным научным направлениям. Другими словами, инженерная геология не будет трансформирована в геоэкологию или экологическую геологию в силу различий их объектов, предметов и задач исследований [19]. Исходя из этого, на наш взгляд, идея трансформации инженерной геологии в геоинженерию также не имеет под собой серьезных оснований.

Заключение

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы по перспективам развития инженерной геологии.

Инженерная геология будет оставаться востребованной наукой в связи с дальнейшим развитием всех видов инженерно-хозяйственной (прежде всего инженерно-строительной) деятельности как в России, так и в мире в целом.

Развитие инженерной геологии будет определяться все усложняющимися практическими задачами, которые выдвигает развитие цивилизации. Это будет вызывать необходимость дальнейшего совершенствования теоретической базы инженерной геологии.

Будущее инженерной геологии связано с более углубленным изучением литотехнических и природно-технических систем, их оценкой, обеспечением надежных методов их прогнозирования и обоснования управления, а также с участием инженеров-геологов в решении глобальных проблем и мегапроектах.

Инженерная геология не будет трансформирована в геоэкологию или геоинженерию, т.к. у этих наук разные объекты и предметы исследований. В то же время развитие и геоэкологии, и геоинженерии невозможно без использования инженерно-геологических данных, востребованность которых будет только возрастать. 

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бондарик Г.К.* О методе исследования систем в инженерной геологии // Пути дальнейшего развития инженерной геологии: мат-лы дискуссии 1-го Межд. конгресса по инж. геологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971. С. 11–17.
2. *Бондарик Г.К.* Современная инженерная геология. Содержание, структуры, задачи. — В сб.: Инженерная геология сегодня и завтра: тр. Межд. научн. конф. 5–7 февраля 1996 г., Москва. М.: Изд-во МГУ, 1996. С. 11–21.
3. *Бондарик Г.К., Ярг Л.А.* Инженерная геология. Вопросы теории и практики. Философские и методологические основы геологии: уч. пособие. М.: ИД КДУ, 2015. 296 с.
4. *Дудлер И.В.* Развитие направлений инженерной геологии. — В сб.: Инженерная геология сегодня и завтра: тр. Межд. научн. конф. 5–7 февраля 1996 г., Москва. М.: Изд-во МГУ, 1996. С. 91–92.
5. *Захаров Ю.Ф.* Пути выживания и развития отечественной инженерной геологии на современном этапе. — В сб.: Инженерная геология сегодня и завтра: тр. Межд. научн. конф. 5–7 февраля 1996 г., Москва. М.: Изд-во МГУ, 1996. С. 27–28.
6. *Зиангиров Р.С., Бондарик Г.К.* Инженерная геология в начале 3-го тысячелетия. — В сб.: Инженерная геология сегодня и завтра: тр. Межд. научн. конф. 5–7 февраля 1996 г., Москва. М.: Изд-во МГУ, 1996. С. 72–75.
7. Инженерная геология сегодня и завтра // Труды Международной научной конференции 5–7 февраля 1996 г., Москва. М.: Изд-во МГУ, 1996, 166 с.
8. *Королев В.А.* Кризисное состояние современной инженерной геологии. — В сб.: Инженерная геология сегодня и завтра: тр. Межд. научн. конф. 5–7 февраля 1996 г., Москва. М.: Изд-во МГУ, 1996а. С. 24–25.
9. *Королев В.А.* Перспективы развития инженерной геологии и ее трансформации в геологию ноосферы. — В сб.: Инженерная геология сегодня и завтра: тр. Межд. научн. конф. 5–7 февраля 1996 г., Москва. М.: Изд-во МГУ, 1996. С. 60–71.
10. *Королев В.А.* Современное состояние и проблемы развития инженерной геологии // Записки горного ин-та. 2003. Т. 153. С. 40–42.
11. *Королев В.А., Трофимов В.Т.* Инженерная геология: история, методология и номологические основы. М.: Издательство «КДУ», 2016. 292 с.
12. *Осипов В.И.* Современные задачи инженерной геологии в решении экологических проблем. — В сб.: Инженерная геология сегодня и завтра: тр. Межд. научн. конф. 5–7 февраля 1996 г., Москва. М.: Изд-во МГУ, 1996. С. 135–136.
13. *Пашкин Е.М.* Перспективы развития инженерной геологии на базе концепции самоорганизации геосистем. — В сб.: Инженерная геология сегодня и завтра: тр. Межд. научн. конф. 5–7 февраля 1996 г., Москва. М.: Изд-во МГУ, 1996. С. 95–96.
14. *Рац М.В., Слепцов Б.Г.* Будущее инженерной геологии. — В сб.: Инженерная геология сегодня и завтра: тр. Межд. научн. конф. 5–7 февраля 1996 г., Москва. М.: Изд-во МГУ, 1996. С. 81–82.
15. *Розовский Л.Б.* К вопросу об общих задачах, методе и системе знаний в инженерной геологии // Пути дальнейшего развития инженерной геологии: мат-лы дискуссии 1-го Межд. конгресса по инж. геологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971. С. 109–116.
16. *Сергеев Е.М.* Еще раз об инженерной геологии. — В сб.: Пути дальнейшего развития инженерной геологии: мат-лы 1-го Межд. конгресса по инж. геологии. М.: Изд-во МГУ, 1971.
17. *Сергеев Е.М.* Инженерная геология — наука о геологической среде // Инж. геология. 1979. № 1. С. 3–19.
18. *Трофимов В.Т.* Современное состояние и новые теоретические задачи инженерной геологии как науки // Инж. геология. 2010. № 4. С. 6–17.
19. *Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г.* Инженерная геология, экологическая геология и геоэкология — соотношение содержания, объектов, предметов и задач. — В сб.: Инженерная геология сегодня и завтра: тр. Межд. научн. конф. 5–7 февраля 1996 г., Москва. М.: Изд-во МГУ, 1996. С. 114–117.
20. *Трофимов В.Т., Королев В.А.* Геологическая среда как ноосферная категория // Вестник МГСУ. 2013. № 11. С. 188–193.
21. *Трофимов В.Т., Королев В.А.* Новые, ноосферные представления о геологической среде // Вестник МГУ. Сер. Геология. 2014. № 3. С. 61–65.
22. *Хаин В.Е.* Основные проблемы современной геологии (геология на пороге XXI века). М.: Наука, 1995. 190 с.
23. *Baynes F.J., Griffiths J.S. and Rosenbaum M.S.* The future of engineering geology. — Geological Society, London, Engineering Geology Special Publications, 2009, v. 22, p. 297–302.
24. *Culshaw M.G., Reeves H.J. and Rosenbaum M.S.* Two hundred years of engineering geology. — Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 2008. 41 (2). 137–142.
25. *Culshaw M.G., Reeves H.J., Jefferson I., Spink T.W.* (eds). Engineering geology for tomorrow's cities. — London, UK, Geological Society of London, 2009. 315 p.
26. *Inoue D., Oshima H., JSEG Research Planning Committee and JSEG International Committee.* A perspective on the future of engineering geology in the world, Asia and Japan. — Geological Society, London, Engineering Geology Special Publications. 2009, v. 22, p. 281–286
27. *Keaton J.R.* Modern trends in engineering geology. — Environmental and Engineering Geology, Encyclopedia of Life Systems, Support. 2010, v. 1, p. 1–10.
28. *Kiersch G.A.* (ed.), The heritage of Engineering Geology: the First Hundred Years. — Geological Society of America, Centennial Special, 1991, 3, 605 p.
29. *Knill J.L.* Environmental change and engineering geology: our global challenge. — Engineering Geology and the Environment. Balkema, 2001. 4, 3355–3361.
30. *Reeves H.J., Jefferson I., and Spink T.W.* (editors). Engineering Geology for Tomorrow's Cities — Geological Society, London, Engineering Geology Special Publication. 2009, 22, p. 273–276.
31. *Tepel R.E.* Renaissance and Rediscovery in Engineering Geology: the Search for Its 21st Century Raison d'Être, 4th International Professional Geology Conference: Earth Science-Global Practice, Vancouver, British Columbia. Conveners: European Federation of Geologists, Australian Institute of Geoscientists, and American Institute of Professional Geologists, hosted by Association of Professional Engineers and Geoscientists of British Columbia. 2012. (abstract).
32. *Tepel R.E.* Risk Management as the Essence of Engineering Geology (Issues in Professional Licensure for Geologists, LVI), AEG News, June 2010, vol. 53, no. 2, p. 32–34.
33. *Tepel R.E.* Toward a philosophy of engineering geology. In: Tepel R.E. (ed.). Visioning the Future of Engineering Geology: Understanding Conflict and Cooperation in the Practice of Engineering Geology. — Association of Engineering Geologists (AEG), Special Publication, 2004, 19, vol. 4, 44 p. [CD-ROM].