СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

УДК 624.131.1

Р.Э.ДАШКО, И.П.ИВАНОВ
Санкт-Петербургский горный институт

НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ В.Д.ЛОМТАДЗЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМ ГОРНОМ ИНСТИТУТЕ

Анализ научного наследия В.Д.Ломтадзе показывает, что основные разделы инженерной геологии развиваются многими последователями и получили признание как у нас, так и за рубежом. Предложенные В.Д.Ломтадзе в 1978 г. три закона инженерной геологии – закон геологического соответствия, закон учета динамики земной коры и закон детального изучения геологической среды – находят свое подтверждение в современных научных исследованиях. Наблюдается некоторый застой в инженерных изысканиях в связи с уменьшением темпов строительства, что подтверждает основное положение В.Д.Ломтадзе о том, что инженерная геология призвана решать задачи рационального использования и охраны геологической среды.

The analysis of V.D.Lomtadze's scientific heritage shows, that the main branches of engineering geology are developed by many followers and have been recognized both by us and abroad. The three laws of engineering geology suggested by V.D.Lomtadze in 1978, namely the law of geological conformity, the law of taking into account the earth's crust dynamics and the law of detailed studying of the geological environment find confirmation in modern scientific researches. Some stagnation in engineering researches is observed nowadays in connection with the reduction of construction rates, and V.D.Lomtadze's primary statement that engineering geology is aimed at solving problems of rational use and protection of geological environment proves to be true.

Всю свою творческую жизнь В.Д.Ломтадзе был твердым последователем основоположников инженерной геологии: Ф.П.Саваренского, И.В.Попова, В.А.Приклонского и Н.В.Коломенского. От них он унаследовал основное определение инженерной геологии: «отрасль геологии, трактующей вопросы приложения геологии к инженерному строительному делу» (Ф.П.Саваренский, 1937). В.Д.Ломтадзе до конца своей жизни оставался на принципиальной позиции трактовки инженерной геологии как науки о геологических условиях строительства сооружений и производства инженерных работ [4]. О том, что это положение работает в полной мере и сегодня, можно судить по тому, как развивается современная инженерная геология в последние десять лет при ограниченном строительстве различных сооружений.

Отметим, что в научной деятельности В.Д.Ломтадзе есть несколько основных, принципиальных позиций, которые он считал основополагающими для развития инженерной геологии. Вот их краткое изложение.

Во-первых, в современном определении инженерной геологии В.Д.Ломтадзе дает четкую ее трактовку как науки «...о формировании и изменении инженерно-геологических условий территорий, о геологических условиях строительства и эксплуатации сооружений, о рациональном использо-

вании геологической среды и ее охране в связи с развитием геологических процессов и явлений» [6]. В этом определении подчеркнуто отношение В.Д.Ломтадзе к экологической направленности инженерной геологии, что было им сформулировано на международной конференции «Проблемы инженерной геологии в связи с рациональным использованием и охраной геологической среды», проходившей в 1976 г. в стенах ЛГИ. На этой конференции В.Д.Ломтадзе выступил с обширными докладами «Закономерности распространения и развития геологических процессов как основа рационального использования геологической среды» и «Проблемы инженерной геологии в связи с рациональным использованием геологической среды». В тематике многих разработок кафедры нашли развитие вопросы инженерной геологии, связанные с изменением инженерно-геологических условий под влиянием техногенного освоения территорий и с защитой геологической среды. В одной из последних крупных публикаций В.Д.Ломтадзе особо наглядно показал свое отношение к проблеме экологии в инженерной геологии: «... Рациональное использование геологической среды и ее охрана имеют целью обеспечение безопасности и улучшение условий жизни и деятельности человека, общества в целом. Без инженерно-геологических данных решать такие задачи невозможно» [1]. Продолжая эту мысль, надо отметить, что у инженерной геологии как науки нет современных задач, которые она могла бы решать, пренебрегая экологическими требованиями и подходами.

Второе принципиальное положение В.Д.Ломтадзе – это обоснование выделения пяти основных научных разделов инженерной геологии: инженерной петрологии (учение о горных породах), инженерной геодинамики, региональной инженерной геологии, специальной инженерной геологии и инженерной геологии месторождений полезных ископаемых [4]. Известно, что большинство инженеров-геологов выделяют только первые три раздела. В.Д.Ломтадзе работал и написал капитальные научные труды и учебники для вузов по всем пяти разделам инженерной геологии.

Третье принципиальное положение – это твердая позиция В.Д.Ломтадзе по развитию основной инженерно-геологической классификации горных пород Ф.П.Саваренского с выделением и характеристикой пяти групп пород: твердых (скальных), относительно твердых (полускальных), рыхлых несвязных, мягких связных, пород особого состава, состояния и свойств [4].

Четвертое принципиальное положение – формулировка трех законов инженерной геологии, которые позволяют вести целенаправленные инженерно-геологические исследования: закон геологического соответствия, закон необходимости учета развития геологических процессов и явлений, закон о необходимой достаточности изучения геологической среды [4].

Пятое принципиальное положение относится к подготовке инженеров-геологов разных уровней. Инженерная геология призвана изучать сущность процессов и явлений, происходящих при взаимодействии геологической среды с сооружениями и инженерными работами; разрабатывать приемы, формы, способы их изучения, оценки и прогноза. Это в значительной степени определяет перспективы ее развития как науки [1].

Покажем, как нам представляются перспективы развития разных разделов инженерной геологии на базе крупных разработок В.Д.Ломтадзе. Начнем свое изложение с рассмотрения базовой дисциплины инженерной геологии – инженерной петрологии.

В 1970 г. вышел первый учебник В.Д.Ломтадзе «Инженерная петрология», который был переиздан в 1984 г. [4]. Основной задачей инженерной петрологии, по мнению В.Д.Ломтадзе, является изучение природы свойств горных пород и тех процессов, которые обусловили их физическое состояние и свойства во время образования и существования в земной коре. Как отмечал В.Д.Ломтадзе, при изучении природы свойств горных пород и закономерностей пространственного изменения этих свойств следует учитывать влияние условий залегания, состава, структурных и текстурных особенностей, трещиноватости, выветрелости и напряженного состояния. В задачи

инженерной петрологии, по мнению В.Д.Ломтадзе, должен быть включен также прогноз изменения свойств под воздействием сооружений или инженерных работ, разработка методов искусственного улучшения физико-механических свойств горных пород, а также методов их полевых и лабораторных исследований [4].

Первый учебник «Инженерная петрология» как фундаментальный раздел инженерной геологии был во многом подготовлен научными исследованиями В.Д.Ломтадзе, которые проводились им в конце 40-60-х годов прошлого столетия и были посвящены изучению закономерностей формирования физико-механических свойств горных пород. В.Д.Ломтадзе создал стройную теорию стадийности преобразования осадочных пород субаквального и субаэрального происхождения, начиная от стадии ила (для субаквальных типов) и кончая региональной метаморфизацией глинистой породы и превращением ее в аргиллиты, алевролиты и глинистые сланцы. В.Д.Ломтадзе на основании учений Н.М.Страхова, Н.Б.Вассоевича, Л.Б.Рухина, А.Г.Коссовской, Н.Г.Логвиненко и др. сформулировал основные характерные явления, протекающие в толще осадков и пород на стадиях диагенеза, катагенеза и начального периода регионального метаморфизма. При этом на стадии диагенеза основное внимание уделялось физико-химическим и биохимическим процессам. Последующие преобразования осадка в породу, согласно теории В.Д.Ломтадзе, происходят главным образом за счет действия гравитационных сил, определяющих активность уплотнения пород в процессе их дегидратации при постепенном затухании интенсивности физико-химических и биохимических процессов по мере увеличения глубины залегания осадочной толщи. В.Д.Ломтадзе писал, что «...изучение общего хода и закономерностей литогенеза (совокупность процессов преобразования осадков и осадочных пород) – задача сложная, а изучение формирования свойств осадочных пород в процессе их образования и существования в земной коре – задача еще более сложная. Однако надо ясно представлять, что знание способа и условий образования осадочных толщ – это знание свойств осадочных пород» [4, с.40]. Еще на начальных этапах исследований проблемы формирования свойств горных пород в работах В.Д.Ломтадзе особо подчеркивалось, что необходимо проводить изучение изменения пород при прогрессивном развитии осадочного процесса как стадии литификации пород (прогрессивный литогенез), либо при регрессивном развитии того процесса (регрессивный литогенез), который приводит к негативной трансформации пород за счет их выветривания, разуплотнения, дополнительной гидратации и пр.

В.Д.Ломтадзе в своих работах отмечал, что диапазон количественных изменений в показателях свойств горных пород под влиянием различных факторов литификации (от осадка до высоколитифицированной породы) контролируется довольно точно и может служить критерием для диагностики пород по степени их литификации: малой, средней, высокой и предельно высокой.

Характеризуя особенности формирования свойств осадочных пород в складчатых областях, В.Д.Ломтадзе справедливо отмечал резкое повышение степени их литификации под влиянием тектонических факторов, которая обычно сопровождается развитием тектонической трещиноватости, и других факторов, нарушающих целостность и однородность пород.

При изучении проблемы регрессивного литогенеза В.Д.Ломтадзе рассматривал три стадии их делитификации. В верхней зоне гипергенных изменений разрушение породы происходит под влиянием процессов выветривания. В более глубоких зонах земной коры наблюдается регрессивный катагенез, при котором происходит гравитационное и геохимическое разуплотнение за счет разгрузки и сопутствующих ей процессов.

В.Д.Ломтадзе в «Инженерной петрологии» были заложены основы анализа особенностей деформационного поведения пород и их разрушения при обязательном учете физической природы структурных связей в породах различного генезиса и степени литификации. Изменение характера струк-

турных связей предопределяет возможность как резко негативных, так и позитивных изменений состояния и физико-механических свойств пород.

В настоящее время на фундаментальной основе изучения горных пород с точки зрения природы формирования и изменения их физико-механических свойств развиваются и совершенствуются теоретические и научно-практические основы эволюции и техногенеза геологической среды как компонентной системы под воздействием инженерной деятельности человека во всем ее многообразии. В «Инженерной петрологии» В.Д.Ломтадзе подчеркивалась важность изучения влияния напряженного состояния горных пород. Вместе с тем, современное техногенное воздействие на геологическую среду не может ограничиваться только действием изменения напряжений в процессе роста и уменьшения давления на толщу горных пород. Изучение преобразования горных пород необходимо проводить на основе комплексного подхода и выделения тех основных природных и техногенных факторов, которые будут определять прочность и устойчивость сооружений различного назначения при их взаимодействии с геологической средой. Одним из важных составляющих такого анализа является рассмотрение воздействия следующих факторов:

1) влияние загрязнения геологической среды органическими и неорганическими соединениями;

2) изменение температурного режима подземной среды;

3) активизация деятельности микроорганизмов при поступлении питательных и энергетических субстратов, либо привноса микрофлоры из различных источников их жизнедеятельности (болотных массивов, загрязненных почв и подземных вод, накопителей отходов, в первую очередь хозяйственно-бытовых и пищевой промышленности, канализационных сетей и др.);

4) радиационное облучение горных пород за счет искусственных источников (приповерхностное захоронение радиоактивных отходов) или повышение естественного уровня излучения при наличии месторождений радиоактивных элементов, эксхаляции радона и др.

При загрязнении геологической среды важно рассмотреть и проанализировать формирование окислительно-восстановительных и кислотно-щелочных условий (Eh – pH) и их влияние на техногенное преобразование горных пород. Резко негативное воздействие оказывает бескислородная среда, существование которой обычно связано с наличием природной и поступлением техногенной органики в водонасыщенную среду. В этом случае наблюдается разрушение цементационных связей за счет соединений трехвалентного железа. Такой химический тип связей обычно присутствует в четвертичных глинистых породах и коренных песчаниках на северо-западе РФ.

Изменения термодинамических условий на горные породы и грунты следует учитывать путем непосредственного влияния варьирования температуры и через действие градиента температур, который вызывает термовлагоперенос. В геологической среде непосредственное влияние температуры особенно существенно сказывается на закономерностях развития деформаций и изменения прочности в малоуплотненных глинистых породах. Термовлагоперенос имеет наибольшее значение в литифицированных тонкопористых отложениях; в зависимости от направления потока влаги (под сооружение или вне его) он может вызывать деформации как положительного, так и отрицательного знака.

В процессе прогноза трансформации геологической среды с учетом микробиологического фактора необходимой является оценка тех функций микроорганизмов, которые они могут осуществлять в новых реальных условиях. Следует отметить, что позитивная роль микроорганизмов реализуется в процессах самоочищения и саморегуляции геологической среды за счет биохимической деструкции органических соединений, в частности, нефтепродуктов. Обычно жизнедеятельность микроорганизмов сопровождается накоплением большого количества биомассы в породе, выделением биохимических газов, что приводит к негативной

трансформации состава, состояния и физико-механических свойств песчано-глинистых пород. Наибольшая активность микроорганизмов в геологической среде отмечается при загрязнении подземных вод и пород нефтепродуктами и канализационно-бытовыми стоками.

Менее всего изучено влияние радиационного облучения на горные породы и изменение их физико-механических свойств. Исследования, проведенные на кафедре гидрогеологии и инженерной геологии СПГГИ показали, что в глинистых породах под воздействием даже низкоактивного облучения наблюдаются аморфизация глинистых минералов, либо их разрушение, изменение характера структурных связей, что сопровождается резким снижением прочности пород, существенным уменьшением модуля общей деформации с одновременным увеличением поглотительной способности тонкодисперсных отложений.

Следовательно, современное направление «Инженерной петрологии» должно развиваться на основе экологического подхода практически ко всем разделам этой фундаментальной дисциплины. «Инженерная петрология» должна рассматриваться как базовая наука при познании закономерностей преобразования горных пород под воздействием природных и техногенных факторов. Достоверность и надежность прогнозов развития геологических процессов и явлений во многом зависит от уровня профессионализма в исследовании горных пород при изменении природы их свойств и предоставления качественной информации для производства расчетов устойчивости геологической среды в процессе инженерной деятельности человека.

Изучение геологических процессов и явлений как результат динамического и функционального взаимодействия геологической среды с соседними внешними сферами или между элементами в самой геологической системе представляли интерес у разных специалистов до начала инженерно-геологических исследований. Отметим, что «пропуском» в науку для В.Д.Ломтадзе послужили его кандидатская диссертация на тему «Обвальные явления в юго-западном Прибайкалье» и первая научная статья в Записках Ленинградского горного института «Об инженерно-геологической оценке угрожаемости обвальных явлений» (1949). В своем капитальном труде – учебнике «Инженерная геодинамика» В.Д.Ломтадзе определил объект, предмет и методику специальных работ по углубленному изучению природных и техногенных процессов и явлений, имеющих широкое распространение на освоенных и вновь осваиваемых территориях [2]. К этим процессам и явлениям он относил оползни, обвалы, просадки в лессах, карст, заболачивание, подтопление, сейсмические воздействия, мерзлоту и др.

Долгое время В.Д.Ломтадзе называл все процессы и явления, происходящие в геологической среде, геологическими, независимо от факторов их вызывающих. Однако в статье «Теоретические основы инженерной геодинамики» было обосновано отношение В.Д.Ломтадзе к «природным» и «техногенным» процессам и явлениям [7]. Теоретической основой инженерной геодинамики В.Д.Ломтадзе считал такие закономерности как предельное равновесие, устойчивость горных пород, гидростатическое и гидродинамическое давления, т.е. закономерности, предполагающие неизбежность возникновения и развития геологических процессов и явлений. Конечной задачей инженерной геодинамики, по мнению В.Д.Ломтадзе, служит разработка научных основ и методов управления этими процессами с целью рационального освоения и охраны территорий, для соблюдения нормальных условий строительства и эксплуатации инженерных сооружений, что предполагает высокие знания специалистов о закономерностях возникновения и развития различных геологических процессов и явлений.

Особое внимание В.Д.Ломтадзе уделял проблемам организации режимных стационарных наблюдений, создания режимных постов и станций в районах промышленного освоения на участках проявления признаков нарушения устойчивости горных пород и различных сооружений. В последних работах особо отмечалась роль активизации гео-

логических явлений и их отрицательное влияние «на условия жизни и деятельности людей, сохранность сооружений и территорий» [1]. Эти работы во многом предвосхитили решаемые в настоящее время проблемы организации и совершенствования мониторинга, а также защиты геологической среды.

В области дальнейшего изучения геологических процессов и явлений В.Д.Ломтадзе детально определил задачи инженерной геодинамики по исследованию закономерностей их развития, по разработке методов оценки и прогноза устойчивости горных пород и сооружений, а также по разработке технических средств этих исследований. Учебник «Инженерная геодинамика», который был переведен на вьетнамский, испанский и грузинские языки, является детальным руководством по проблемам изучения природных и техногенных экзогенных и эндогенных процессов и явлений и по оценке инженерно-геологических условий территорий, на которых они проявляются. Следует отметить, что раздел инженерной геологии, изучающий природные и техногенные геологические процессы и явления, по-прежнему привлекает внимание ведущих исследователей практически на всех кафедрах инженерной геологии и гидрогеологии во многих институтах, РАН, организаций Госстроя и различных промышленных ведомств.

Кроме классических задач по исследованию общих закономерностей развития разнообразных геологических процессов и явлений, по разработке методов их оценки и прогноза на современном этапе развития нашего общества, следует особое внимание уделить следующим проблемам:

1. Оценка влияния времени на развитие геологических, главным образом техногенных, процессов на крупных объектах, находящихся под воздействием неконтролируемых факторов (природных и техногенных). Это в первую очередь искусственные водохранилища, плотины, шахты, карьеры, железные и шоссейные дороги.

2. При прогнозировании угрожаемости различных явлений и возможности нарушения устойчивости сооружений следует углубить исследования подготовительных процессов с целью ограничения их воздействия на геодинамическую обстановку.

3. Региональные исследования в пределах осваиваемых территорий необходимо направить на выделение районов развития геологических процессов, представляющих опасность для строительства и эксплуатации проектируемых зданий и сооружений.

4. Методика организации геодинамического мониторинга локального и регионального масштабов должна быть разработана для районов крупных объектов техногенного воздействия на геологическую среду.

5. Теоретические исследования необходимо выполнять для обобщения и разработки основ взаимодействия геологической среды с техногенным влиянием на нее человеческого общества. Результаты этих исследований должны обеспечить экологическую безопасность жизнедеятельности в районах строительства сооружений.

Большое внимание В.Д.Ломтадзе уделял проблемам инженерно-геологического изучения месторождений полезных ископаемых [3]. Цель такого изучения – оценка условий разработки месторождений и, в частности, прогноз развития различных геологических процессов и явлений в подземных и открытых горных выработках. Конечно, эти техногенные горно-геологические процессы и явления имеют свою специфику, но если вникнуть более глубоко в их природу, то можно их отнести к процессам и явлениям, изучаемым в инженерной геодинамике. К примеру, сравним гравитационные явления в карьерах и в строительных выемках или вывалы и пучения в шахтах и в подземных сооружениях другого назначения. Вопросы рационального использования и охраны геологической среды на месторождениях полезных ископаемых стоят также остро, как и в гидротехническом и промышленном строительстве. Работа инженеров-геологов в горной отрасли предоставляет возможность более детально изучать геологические процессы и явления, выявлять специфику их возникновения и развития, обосновывать меры защиты и обеспечивать

безопасность деятельности человека при добыче полезных ископаемых.

На современном этапе освоения недр нам представляется особо важной проблема рекультивации нарушенной геологической среды, решение которой невозможно без инженерно-геологических исследований. Можно показать, что здесь необходимы оценка и прогноз всех изменений, наступающих под техногенным воздействием горных работ, а также подготовка всех нарушенных участков к рекультивации и, следовательно, использование методов инженерных аналогий. Нет и наблюдений за результатами проведенной рекультивации территории – ее рельефа и гидрографической сети. Очевидно, в ближайшем будущем инженерная геология получит новую задачу – составление различных проектов рекультивации нарушенных земель с использованием инженерно-геологических принципов и подходов.

Один из спорных разделов инженерной геологии, однако имеющий важное научно-практическое значение, был выделен В.Д.Ломтадзе под названием «Специальная инженерная геология». В этом разделе речь идет о инженерно-геологических исследованиях во время инженерных изысканий. Он был ранее выделен Ф.П.Саваренским как «специальный» в первом учебнике по инженерной геологии (1937-1939), Н.В.Коломенским (1956) и П.Н.Панюковым (1962).

Более поздние учебники Г.К.Бондарика (1986) и Г.С.Золотарева (1990), посвященные проблемам инженерных изысканий, были названы «Методика инженерно-геологических исследований». «Методики» были опубликованы И.П.Семеновым, И.В.Поповым, С.П.Абрамовым, Л.Д.Белым, Е.С.Карпышевым и др. Большое количество работ, инструкций и нормативных документов было опубликовано в 60-80 годы, что указывает на значительный интерес специалистов к теоретическим и практическим проблемам инженерно-геологических изысканий. Интерес представляет еще один факт – количество инженеров-геологов, работающих в разных организациях в системе инженерных изысканий, составляет подавляющие большинство – более 80 % от общего их числа.

Все изложенное здесь далеко не в полной мере характеризует особое значение инженерно-геологических изысканий как результирующего этапа изучения инженерно-геологических условий и их взаимодействия с различными техногенными средами. Кроме того, в этой части выполнения инженерно-геологических работ «... рассматриваются принципы рациональной организации и методики инженерных изысканий на всех стадиях проектирования сооружения» [6].

Следует отметить, что этот раздел инженерной геологии не только имеет право на повышенное внимание, но и является важнейшей неотъемлемой частью науки о геологической среде и ее взаимодействии с человеческим обществом. Инженерные изыскания рассматриваются как система с высоким уровнем чувствительности ко всем изменениям современной цивилизации при освоении ею геологического пространства. Они определяют требования к развитию инженерной геологии как науки на современном этапе. Надо отметить, что на этом этапе в нашей стране без всякого сомнения можно наблюдать отсутствие определяющих требований к инженерным изысканиям, что может привести к схематизации инженерной геологии.

Определение трех общих законов в инженерной геологии В.Д.Ломтадзе сформулировал в своем учебнике «Специальная инженерная геология». Первый закон геологического соответствия говорит о том, что строить сооружения надо в подходящих геологических условиях, оценка которых проводится во время инженерных изысканий. Второй закон учета динамики земной коры устанавливается во время инженерных изысканий в сложных условиях развития геологических процессов и явлений. Третий закон детального изучения геологической среды относится целиком к выбору наиболее подходящего, оптимального варианта строительства на стадии детальных инженерно-геологических изысканий [6].

В заключение следует рассмотреть группу задач, стоящих перед инженерной

геологией и являющихся реакцией на новые события в наш переходный период:

• необходимо развивать общие теоретические исследования, определяющие успех инженерных изысканий. Кроме того, необходимо совершенствование методической и аппаратурной базы инженерных изысканий. Прежде всего это относится к полевым методам оценки горных пород в сфере влияния сооружений. В настоящее время в России отсутствует необходимая аппаратура для определения свойств пород в условиях естественного их залегания с необходимой точностью;

• следует разработать методы инженерной геологической съемки и картирования с целью оценки и прогноза масштабов нарушений территорий под влиянием техногенного воздействия и развития различных геологических процессов и явлений, обоснования мероприятий защиты и восстановления нарушенных земель;

• необходимо организовать специальные исследования по определению необходимого и достаточного количества выработок, их опробования в различных геологических условиях с учетом техногенного воздействия;

• нужно создать банки данных при крупных изыскательских организациях и сделать их доступными для использования со стороны различных групп изыскателей;

• следует провести сбор, обработку, анализ и обобщение инженерно-геологических фондовых и опубликованных материалов по наиболее освоенным регионам страны с целью их использования как наиболее экономичного источника информации об условиях строительства и эксплуатации сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ломтадзе В.Д.* Введение в инженерную геологию / Ленинградский горный ин-т. Л., 1986.

2. *Ломтадзе В.Д.* Инженерная геодинамика. Л.: Недра, 1977.

3. *Ломтадзе В.Д.* Инженерная геология месторождений полезных ископаемых. Л.: Недра, 1986.

4. *Ломтадзе В.Д.* Инженерная петрология. Л.: Недра, 1984.

5. *Ломтадзе В.Д.* Проблемы инженерной геологии в связи с рациональным использованием геологической среды // Материалы Всесоюзной конференции. Л., 1976.

6. *Ломтадзе В.Д.* Специальная инженерная геология. Л.: Недра, 1978.

7. *Ломтадзе В.Д.* Теоретические основы инженерной геодинамики // Инженерная геология. 1987. № 1.