

ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 504.06:551.345(571.1)

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

С.Д. ГАНОВА

*Российский государственный геологоразведочный университет
117997, Россия, Москва ул. Миклухо-Маклая д.23; e-mail: ganova_s@mail.ru*

При геоэкологических исследованиях, в зависимости от их целевого назначения, наиболее часто используются литотехнические, природно-технические, и геоэкологические, реже — природно-технические геоэкологические системы (ПТГЭС), которые относятся к разряду материальных. В условиях криолитозоны Западной Сибири одна из наиболее опасных ПТГЭС — система «объекты транспорта газа — окружающая среда», так как включает все компоненты окружающей среды и сложную транспортную инфраструктуру, которая обеспечивает магистральный транспорт газа и соединяет между собой отдельные узлы газового комплекса, включая наземные и подземные трубопроводные системы, компрессорные и насосные станции, попутные линии электропередач и связи, электросиловые установки, дороги, хранилища углеводородного сырья, складские и бытовые помещения и другие. Сложность в определении поведения ПТГЭС заключается в умении увидеть всю систему целиком, не разбивая ее на составляющие, для этого целесообразно найти меру её эмерджентности.

Ключевые слова: системный подход; литотехнические; природно-технические; геоэкологические; природно-технические геоэкологические системы; энтропия; эмерджентные свойства; криолитозона.

GEOECOLOGICAL ASPECTS OF THE CREATION AND FUNCTIONING
OF THE NATURAL-TECHNIC SYSTEMS UNDER THE CONDITIONS
OF THE WESTERN SIBERIA CRYOLITHIC ZONE

S.D. GANOVA

*Russian State Geological Prospecting University
117997, Russian Federation, Moscow, Miklouho-Maklaya street, e-mail: ganova_s@mail.ru*

The lithotechnical, natural-technical, and geoecological, rarely — natural-technical geoecological systems (NTGES), which refer to the material type, are the most popular in the geoecological research, according to their purpose. Under the conditions of cryolithic zone of Western Siberia, one of the most dangerous NTGES is a system «objects of the gas transportation — environment», as it includes all the components of the environment and complex transportation infrastructure, which provides the main transportation of the gas and ties together the individual components of the gas complex, including the surface and underground pipelines, compressive and pumping stations, associated power lines and communication, storage, warehouses and domestic premises and others. A complexity of the NTGES's behavior definition is in ability to see all the system in a whole, not breaking it in the components, for this it is reasonable to find the measure of its emergence.

Key words: system approach; lithotechnical, natural-technical, geoecological, natural-technical geoecological systems; entropy; emergent properties; cryolithic zone.

Системный подход является закономерным этапом в развитии исследовательских методов и средств познания окружающего мира, методологически эффективным способом изучения и преобразования материального мира. Он возник как реакция на постоянно усложняющуюся и преобразующую деятельность, которая вызывает необходимость создания новых способов решения сложных проблем, анализа реальных объектов, методов проектирования, конструирования и управления. В основе системного подхода лежит представление объектов познания как систем с помощью раскрытия целостности объекта, выявления многообразия связей между его элементами, между объектом и внешней средой и сведение этих представлений в единую теоретическую картину с открытием специального так называемого эмерджентного свойства системы. Системный подход реализуется методами системного анализа, главная процедура которого состоит в построении обобщенных моделей, отображающих реальную ситуацию. Основным его преимуществом является возможность рассмотрения объекта как единого целого, отличающегося определённым уровнем организации [2—4, 7, 10, 15, 16, 19, 20].

Одно из самых общих определений системы — множество взаимосвязанных элементов, выступающих как единое целое. Но, с одной стороны, не всякое множество элементов можно назвать системой, даже если оно занимает единый объём. С другой стороны, системный подход включает в себя принцип относительности: объект может быть системой относительно одних свойств и не быть — относительно других. Таким образом, системой называется упорядоченное определённым образом множество связанных между собой компонентов той или иной природы и образующих некоторое целостное единство, обладающее интегральными свойствами и закономерностями и объединённое общей энергией и общей информацией.

В геоэкологии системный подход — основа корректных постановок задач исследования объектов, разработанная, в частности, для непрерывных сред с привлечением методов математической физики.

При геоэкологических исследованиях в зависимости от их целевого назначения наиболее часто используются литотехнические, природно-технические и геоэкологические, реже природно-технические геоэкологические системы, которые относятся к разряду материальных.

Литотехнические системы (ЛТС) состоят из подсистемы «сооружение» и подсистемы «сфера взаимодействия». Пространственный контур ЛТС проводится по границе зоны экологического влияния, в пределах которой под влиянием прямых и косвенных техногенных воздействий происходят существенные изменения всех или некоторых её элементов, имеющих экологическое значение [14].

Геоэкологический подход к изучению ЛТС требует учитывать биологический компонент, хотя объективно биота не участвует в функционировании литотехнических систем и не рассматривается геологом в качестве их структурных подразделений.

Как правило, геоэкологические исследования проводятся в связи с деятельностью человека, которая преобразует природную среду, изменяя или даже уничтожая экосистемы и создавая на их месте **природно-технические системы** (ПТС), функционирующие по разработанным человеком законам и чаще всего находящимися в противоречии с законами природы. В самом общем виде ПТС является любая комбинация из технических устройств и природного тела любой размерности, технические и природные элементы которой обладают связью и объединяются единством выполняемой социально-экономической функции [18]. ПТС — комплекс взаимодействующих компонентов, включающий искусственные тела, а также естественные и искусственно изменённые геологические тела [5].

Геоэкологические системы — это естественные обособленные системы, в которых экологическая система рассматривается неотделимо от её защитной оболочки, образуемой горными породами, рельефом, геологическими структурами. В геоэкологических системах происходит взаимодействие живого и неживого вещества на макроуровне, на котором находится и человек [12].

Под геоэкологической системой автором понимается формализованная, сознательно создаваемая, обладающая эмерджентными свойствами модельная конструкция, компонентами которой являются взаимообусловленные сведения о геоэкологических параметрах, изменяющихся при взаимодействии с окружающей средой (в том числе при искусственных взаимодействиях). Такое определение геоэкологической системы (ГЭС) подчеркивает её модельный характер, необходимость наличия у неё эмерджентных свойств и динамики, без которых система существовать не может.

Надёжная система может быть сложена из ненадёжных элементов или подсистем, не способных к самостоятельному существованию. По отношению к геоэкологическим системам это правило может быть уточнено следующим образом: устойчивая геоэкологическая система может состоять из менее устойчивых компонентов или подсистем. Следовательно, устойчивость геоэкологической системы, как единого целого, всегда выше устойчивости каждого отдельного её компонента или подсистемы. Нарушение этого правила, вызванное внутренним саморазвитием системы или внешним на неё влиянием, выводит систему из состояния равновесия и стимулирует её переход в иное качество.

Таким образом, геоэкологическая система, как и любая другая, функционирует с наибольшей эф-

фективностью в некоторых характерных для неё пространственно-временных пределах. Размер её должен соответствовать выполняемым ею функциям, в противном случае она будет неэффективной или неконкурентоспособной. С другой стороны, усложнение системы за пределы достаточности в конечном итоге ведет к её саморазрушению или гибели.

Очевидно, что в жизни геоэкологических систем действуют общие законы сохранения и термодинамики, важные с точки зрения изучения потоков вещества и энергии. Согласно закону сохранения массы, баланс вещества в геоэкологической системе количественно определяется разницей масс поступившего и вышедшего вещества за определённый промежуток времени. В открытых геоэкологических системах могут идти процессы как с возрастанием, так и уменьшением энтропии. При этом вещество распределяется таким образом, что в одних местах энтропия возрастает, а в других резко снижается с накоплением негэнтропии.

Анализируя причины каких-то изменений, произошедших в окружающей среде, или прогнозируя их, всегда приходится рассматривать не менее двух взаимосвязанных компонентов, образующих единую систему взаимодействия: природную основу системы и её техногенное ядро. Такие образования можно называть **природно-техническими геоэкологическими системами** (ПТГЭС), под которыми понимается совокупность взаимодействующих с геосферами Земли искусственно созданных объектов. Структура ПТГЭС включает подсистему природных объектов (геологические тела, почву, водное пространство, атмосферный воздух, животный мир, растительный покров и т. д.) и подсистему антропогенных объектов различного назначения.

Очевидно, что ПТГЭС являются сложными иерархическими образованиями, содержащими в себе взаимосвязанные компоненты различного уровня влияния на природные объекты и по-разному воспринимающие эти влияния. При этом совокупность взаимодействий всех компонентов системы будет определяться её функцией.

В условиях криолитозоны Западной Сибири одна из наиболее опасных ПТГЭС — система «объекты транспорта газа — окружающая среда», так как включает все компоненты окружающей среды и сложную транспортную инфраструктуру, которая обеспечивает магистральный транспорт газа и соединяет между собой отдельные узлы газового комплекса, в том числе наземные и подземные трубопроводные системы, компрессорные и насосные станции, попутные линии электропередач и связи, электросиловые установки, дороги, хранилища углеводородного сырья, складские и бытовые помещения и др.

Для примера проанализируем систему, образованную грунтами основания и компрессорной

станцией, которая на них возводится. В зависимости от нагрузки на эти грунты, определяющейся массой и конструкцией сооружения, составом и свойствами грунтов, рассчитывается и проектируется фундамент. В результате строительства возникает ЛТС «компрессорная станция — грунты основания». Поскольку возводится не одно, а несколько сооружений, взаимодействующих между собой и природными объектами, образуется второй уровень взаимодействия «объекты транспорта газа — природные объекты». Структура ПТС «объекты транспорта газа — природные объекты» включает подсистему природных объектов (грунты, почвы, поверхностные и подземные воды и т. д.) и подсистему искусственных объектов (линейные трубопроводы, компрессорные и дожимные станции, подземные хранилища газа и т. п.).

Третий уровень — ПТГЭС «объекты транспорта газа — окружающая среда» — отражает совокупный уровень негативного влияния транспортной инфраструктуры, который определяется не только её массой и динамикой эксплуатации, но и температурными условиями, изменённым режимом питания и разгрузки подземных вод, мерзлотными условиями и т. д. Влияние на окружающую среду объектов транспорта газа будет определяться геоэкологическими, гидрогеологическими, климатическими и другими условиями, масштабом сооружений, технологией и объёмом передачи полученного сырья, энергетическими и транспортными коммуникациями и т. д. Оно может распространяться как на отдельные геологические тела, атмосферный воздух, урочища, бассейны рек, охватывая разные природно-территориальные комплексы, в том числе особо охраняемые природные территории и объекты, ландшафты, почвенно-растительный покров, животный мир, так и на их совокупность в целом.

Направленность влияния техногенного ядра на природную основу интегрально определяется назначением ПТГЭС. Иначе говоря, в сходных по назначению системах и близких по параметрам природных условиях можно достаточно обоснованно ожидать и сходных антропогенных воздействий на окружающую среду. Соответственно сопоставимой реакции компонентов объектов окружающей среды на это влияние или совокупность влияний, предопределённую назначением техногенного груза, что позволяет при прогнозировании развития ПТГЭС и разработке проектов природоохранных мероприятий, широко использовать принцип подобия, конечно, с учётом природных особенностей и темпов (динамики) влияния на природные комплексы.

В то же время учитывается, что не только техногенные объекты будут влиять на состояние компонентов окружающей среды, но и сама окружающая среда будет влиять на устойчивость объектов. И,

конечно, компоненты природы будут испытывать взаимное влияние один на другой.

Следовательно, сложность в определении поведения ПТГЭС заключается в умении увидеть всю систему целиком, не разбивая её на составляющие. Данное утверждение основано на том, что системы имеют эмерджентные свойства, т. е. свойства, которых нет у её составляющих по отдельности, и которые возникают только тогда, когда она начинает функционировать. Поэтому недостаточно знать элементы, из которых она состоит, нужно видеть все связи между элементами, а также понимать, влиять на какие из них эффективнее всего.

К сожалению, не всегда возможно предусмотреть все многообразие и масштабы возможных отрицательных последствий антропогенной деятельности. При правильно проведённой оценке взаимодействия сооружений и окружающей среды можно определить условия эксплуатации ПТГЭС, которые могут проходить при полном преобразовании природы, частичном её изменении или при условии сохранения естественных природных условий. При этом учитывается, что изменение окружающей среды может быть вообще не предусмотрено или предусмотрено частичное её преобразование, но в результате чрезвычайных ситуаций, нарушения строительных норм или норм эксплуатации, применения отсталых технологий могут проявиться или усилиться негативные последствия.

В настоящее время не существует полного перечня компонентов ПТГЭС, хотя актуальность решения этого вопроса несомненна. Наиболее полно этот вопрос решён в отношении инженерно-геологической системы (ИГС), которую можно рассматривать как подсистему природно-технической геоэкологической системы.

ИГС можно разделить на три подсистемы, представляющие собой сведения о геолого-геоморфологических, мерзлотно-гидрогеологических и экзогеодинамических условиях. Каждая из выделенных подсистем включает в себя ряд компонентов ИГС, каждый из которых может быть охарактеризован одной или несколькими количественными характеристиками. Следует отметить, что эта схема достаточно условна, так как деление системы на подсистемы не фиксировано и может быть выполнено бесконечно большим числом способов. Важно лишь то, что перечень всех компонентов ИГС, в конечном счёте, существенно не изменяется. Такой вывод подтверждается анализом многочисленных литературных источников [2—4, 7, 10, 15—17, 19, 20].

Все компоненты ИГС априори равнозначны. Однако при оценке инженерно-геологических условий некоторой области литосферы по отношению к конкретному виду хозяйственного освоения

территории, критерий существенности какого-либо компонента формируется целевым назначением исследований и местными особенностями свойств литосферы.

Геоморфологическая оценка территории необходима при проектировании любых видов инженерных сооружений, для расположения которых, естественно, предпочтительным является размещение будущего сооружения в пределах одного геоморфологического элемента или группы элементов одного генезиса. Детальный геоморфологический анализ исследуемой территории нередко позволяет уже на первых стадиях исследований по характерным формам рельефа установить наличие проявлений экзогенных геологических процессов. Современный уровень строительства даёт возможность возводить инженерные сооружения практически в любых условиях. Однако затраты по устранению всевозможных неблагоприятных факторов, осложняющих как само строительство сооружений, так и их последующую эксплуатацию, могут быть настолько существенны, что превысят экономический эффект, достигаемый дальнейшим использованием проектируемого сооружения. В таких случаях строительство нецелесообразно.

При оценке геоморфологических условий в первую очередь устанавливаются взаимосвязи между рельефом и инженерным сооружением, которые могут быть выражены различными морфометрическими характеристиками (уклоны земной поверхности, степень расчленённости рельефа и др.). В этих характеристиках рельефа отражены его свойства по отношению к хозяйственному освоению территории: соразмерность элементов рельефа с пространственными размерами инженерных сооружений, динамика процессов рельефообразования, подверженность территории экзогенным геологическим процессам и др.

При инженерно-геологической оценке некоторой области литосферы необходимо учитывать её геотектоническое положение. Влияние тектонических особенностей территории может быть различным в зависимости от приуроченности её к платформенным или складчатым областям. На платформах, где часто развиты мощные толщи рыхлых отложений, роль тектонических структур в общей инженерно-геологической оценке сравнительно невелика, тогда как в геосинклинальных областях тектонические особенности зачастую играют определяющими и их изучение должно проводиться в первую очередь, поскольку от них зависит не только устойчивость сооружений, но и выбор рационального комплекса методов инженерно-геологических исследований [13].

Г.А. Голодковская, подчеркивая важность этого компонента ИГС, отмечает, что только на основе анализа тектонического развития территории от

времени образования формаций до новейших тектонических движений можно достаточно обоснованно прогнозировать инженерно-геологические условия строительства [8].

Тектонические особенности территории определяют условия залегания горных пород, их трещиноватость, обводненность, а также развитие тех или иных эндогенных и экзогенных геологических процессов.

Существенно осложняет условия возведения и эксплуатации инженерных сооружений тектоническая нарушенность грунтов, проявляющаяся в наличие разрывных нарушений, зон тектонического дробления и трещиноватости. Последняя может быть вызвана и другими причинами, такими как выветривание, условиями формирования горных пород и др.

Неотектонические особенности территории во многом определяют её пораженность экзогенными геологическими процессами и интенсивность развития этих процессов. Например, в зонах, испытывающих тектонические погружения, криогенные процессы протекают значительно более активно, чем на воздымающихся участках [1, 6, 9, 11].

Состав, состояние и свойства горных пород являются одними из важнейших компонентов инженерно-геологических условий и во многом определяют инженерно-геологическую оценку некоторого объёма литосферы с точки зрения его хозяйственного освоения. От того, какими грунтами сложена сфера взаимодействия, во многом зависит методика и объёмы инженерно-геологических исследований.

Так, скальные грунты обычно служат надёжным основанием для большинства промышленных сооружений, в том числе и в районах распространения вечной мерзлоты. Однако строительство на этих грунтах сталкивается со значительными трудностями в связи с огромной трудоёмкостью работ по вертикальной планировке местности, трудности их разработки и другими, что приводит при выборе площадки для строительства к экономическому анализу, подтверждающему целесообразность принятых решений.

Полускальные грунты, как правило, являются достаточно надёжным основанием для сооружений, но они существенно неоднородны по составу, состоянию и свойствам, часто имеют повышенную трещиноватость, могут быть закарстованы. Поэтому при хозяйственном освоении территории, сложенной полускальными грунтами, проводится комплекс инженерных мероприятий, направленных на понижение водопроницаемости, трещиноватости, закарстованности и др.

Песчаные грунты также обладают достаточно большим разнообразием свойств, которые определяются в основном их гранулометрическим соста-

вом. Но в таких грунтах часто встречаются прослойки и линзы глинистых грунтов или включения глыб и валунов скальных и полускальных грунтов, что существенно меняет инженерно-геологическую оценку условий строительства и может вызвать неравномерные осадки фундаментов.

При возведении и эксплуатации сооружений на связных глинистых грунтах в условиях Западной Сибири наибольшие трудности связаны с возможностью пучения, набухания и просадочности песчаных грунтов. Глинистые грунты малой влажности, плотные и с устойчивой консистенцией служат вполне удовлетворительным основанием для различных инженерных сооружений.

Наличие в верхней части оснований толщи слабых грунтов (торфяных, илов, пылеватых водоносных песков) существенно осложняет природные условия и требует проведения инженерно-мелиоративных мероприятий.

Следует отметить, что инженерно-геологическая оценка различных групп грунтов может существенно изменяться в зависимости от вида хозяйственного освоения территории. Поэтому приведённый выше анализ грунтов, как оснований сооружений, не может считаться универсальным и в каждом конкретном случае должна проводиться соответствующая оценка грунтов как основания, среды или строительного материала [17].

Существенное влияние на условия хозяйственного освоения криолитозоны оказывают подземные воды. Наибольший интерес представляют данные о глубине залегания и динамике грунтовых вод, наличия верховодки, влияния напорных водоносных горизонтов, химического состава, агрессивности и коррозионных свойствах подземных вод.

Положение уровня грунтовых вод и возможность его изменения в период строительства и эксплуатации инженерных сооружений во многом определяют типы фундаментов, их размеры, глубину заложения, водозащитные мероприятия. При подъёме уровня грунтовых вод изменяются прочностные и деформационные свойства грунтов (в особенности глинистых), возникают просадки, набухание, пучинистость и др. При понижении уровня грунтовых вод часто возникают дополнительные осадки грунтов.

Таким образом, гидрогеологические условия имеют существенное значение при комплексной оценке инженерно-геологических условий, и неправильный их учёт может привести к значительным ошибкам при проектировании любых инженерных сооружений.

Условия хозяйственного освоения территорий, сложенных многолетнемерзлыми грунтами (ММГ), чрезвычайно сложны вследствие переувлажнённости, а в мерзлом состоянии насыщенности льдом приповерхностной части литосферы. На

глубине сезонного протаивания наблюдаются, как правило, перенасыщенные льдом слои, превращающиеся при оттаивании в разжиженную массу. Протаивание грунтов в основании сооружений приводит к значительным, часто превышающим допустимые, деформациям фундаментов зданий.

Второй существенной причиной деформаций сооружений, построенных на ММГ, является неравномерное и значительное по величине пучение, приводящее к выпучиванию фундаментов сооружений, которое особенно существенно при наличии подтока воды. Например, столбы ограждения УКПГ-4 на месторождении природного газа Медвежье (север Западной Сибири) за 6 лет были выпучены на высоту от 50 до 150 см, причем неравномерность пучения очень существенна. Так, даже рядом стоящие столбы (4—5 м) имеют разницу в пучении 60—70 см. При эксплуатации газопроводов, проложенных в криолитозоне, развиваются такие неблагоприятные явления, как образование арок в вертикальной и горизонтальной плоскостях, всплытие трубопровода, разрушение грунтов оснований и зоны, прилегающей к трубопроводу. Потеря устойчивости газопроводов связана с деградацией ММГ основания; осадкой грунтов в результате теплового влияния трубы при транспортировке газа с положительной температурой; выпучиванием свайных опор и трубопровода в результате пропуска по нему газа с отрицательной температурой; термоэрозионным размывом грунтов и солифлюкционным сползанием их на склонах, ветровым раздувом насыпей, сложенных песчаным материалом и др. Опыт строительства и эксплуатации сооружений на ММГ показывает, что даже при возведении сооружений на скальных основаниях возможна их деформация, что вызывается наличием льда в трещинах и кавернах. Основными характеристиками мерзлотных условий, которые учитываются при комплексной оценке инженерно-геологических условий, являются: состав и генезис многолетне-мёрзлых толщ, криогенная текстура, глубина сезонного промерзания и протаивания, среднегодовая температура грунтов, мощность мёрзлой толщи.

При строительстве и эксплуатации различных инженерных сооружений практически всегда приходится иметь дело с проявлениями экзогенных геологических процессов, которые можно разделить на две группы: первичные и вторичные. К первичным процессам относятся такие, которые развиваются на контакте литосферы с внешними средами (эрозия, абразия, выветривание, просадка лёссовых грунтов, эоловые процессы, осадка и др.), а также при взаимодействии между элементами геологической среды (карст, суффозия). К вторичным экзогенным геологическим процессам относятся

такие, условия проявления которых подготовлены первичными. К ним принадлежат главным образом склоновые процессы (солифлюкция, обвалы, оползни и др.). Каждому экзогенному геологическому процессу необходимы для его развития соответствующие условия, т. е. фиксированный для конкретного процесса набор структур и свойств геологической среды, необходимый (но недостаточный) для его возникновения и развития.

Таков в общих чертах перечень компонентов инженерно-геологической системы, определяющих оценку инженерно-геологических условий некоторой области литосферы с точки зрения её хозяйственного освоения. При этом следует подчеркнуть, что ИГС представляет собой комплекс сведений о компонентах инженерно-геологических условий, поэтому, в конечном счете, оценка ИГС должна установить совокупность отношений и связей между компонентами системы или, иначе говоря, определить её структуру, что на основе содержательного геологического анализа сделать довольно трудно. Для корректного выявления всех системообразующих связей предлагается использовать множественный корреляционный анализ. Корреляционная матрица взаимосвязи отдельных компонентов ИГС является базой для выявления внутренней структуры. Анализ матрицы, сопровождаемый содержательным геологическим анализом, позволяет более конкретно установить системообразующие связи между компонентами ИГС.

Очень важной особенностью ПТГЭС является их целостность, которая проявляется в наличии у них эмерджентных свойств, т. е. таких, которые не присущи каждому компоненту в отдельности, но свойственны всей системе в целом. Под эмерджентностью ПТГЭС понимается геоэкологическая оценка соответствующей области окружающей среды в связи с её хозяйственным освоением.

Для того чтобы оценить ПТГЭС, целесообразно найти меру эмерджентности системы. В качестве такой меры в зависимости от цели исследования могут использоваться различные показатели. Однако в любом случае мера эмерджентности ПТГЭС должна выводиться на основе комплексной количественной оценки ПТГЭС и обязательно учитывать системообразующие отношения. Знание меры эмерджентности ПТГЭС и исследование пространственных закономерностей её изменчивости позволяет корректно подойти к проблеме специального геоэкологического районирования. Таким образом, при исследовании объекта как системы необходимо: определить объект, который рассматривается как система; составить перечень компонентов системы; найти закон композиции и выявить структуру и эмерджентные свойства системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баулин В.В. Влияние тектоники на мерзлотные процессы // Известия АН СССР. Серия: География. 1970. № 6. С. 17–28.
2. Белоусов А.Ф. Системный анализ в науках о Земле // Геология и геофизика. 1979. № 9. С. 3–12.
3. Бондарик Г.К. Геокибернетика — инструмент диагностики и прогнозирования состояний природных и природно-технических систем // Геоэкология. 2012. № 4. С. 364–371.
4. Бондарик Г.К., Ярг Л.А. Инженерная геология. Вопросы теории и практики. Философские и методологические основы геологии: учебное пособие. М.: ИД КДУ, 2015. 296 с.
5. Бондарик Г.К. Эколого-геологическая проблема и природно-технические системы. М.: Икар, 2004. 240 с.
6. Ганова С.Д., Пендин В.В. Особенности воздействия объектов транспорта углеводородов на состояние окружающей среды в районах распространения многолетнемерзлых грунтов // Изв. вузов. Геология и разведка. 2005. № 3. С. 50–56.
7. Геоэкологические подходы к проектированию природно-технических геосистем / Под ред. Т.Д. Александрова. М.: ИГАН, 1985. 287 с.
8. Голодковская Г.А., Елисеев Ю.Б. Инженерная геология — наука о геологической среде // Геоэкология. 1990. № 3. С. 8–15.
9. Гречишев С.Е. и др. Криогенные физико-геологические процессы и их прогноз / С.Е. Гречишев, Л.В. Чистотинов, Ю.Л. Шур. М.: Недра, 1980. 320 с.
10. Дементьев Л.Ф. Выделение систем в геологическом пространстве // Системный подход в геологии. М.: Наука, 1989. С. 3–6.
11. Ершов Э.Д. Общая геокриология: Учеб. для вузов. М.: Изд-во МГУ, 2002. 683 с.
12. Иванова В.Л. Природные системы и геоэкология. Владивосток: Дальнаука, 2000. 84 с.
13. Коломенский Н.В. Общая методика инженерно-геологических исследований. М.: Недра, 1968. 260 с.
14. Королев В.А., Николаева С.К. Геоэкологическая оценка зон влияния инженерных сооружений на геологическую среду // Геоэкология. 1994. № 5. С. 48–59.
15. Месарович М. Основания общей теории систем // Общая теория систем. М.: Мир, 1966. С. 15–48.
16. Павлов А.Н. Основы системного подхода в геологии. Л., 1981. 84 с.
17. Пендин В.В. Комплексный количественный анализ информации в инженерной геологии. М.: ИД КДУ, 2009. 354 с.
18. Ретеюм А.Ю., Долгушин И.Ю. Геотехнические системы // Природа, техника, геотехнические системы. М.: Наука, 1978. С. 187–196.
19. Черняев В.Ф. Системы и управление в инженерной геологии // Инженерная геология. 1988. № 5. С. 3–21.
20. Щарапов И.П. Применение системного анализа в геологии // Система. Симметрия. Гармония. М.: Мысль, 1988. С. 156–170.

УДК 504.064.2

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОГО ГАММА-ФОНА И ВЕЛИЧИНЫ КОНЦЕНТРАЦИИ ДОЛГОЖИВУЩИХ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ ^{137}Cs И ^{90}Sr В ПОЧВАХ ГОРОДОВ-КУРОРТОВ КАВКАЗСКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД

И.С. ПОМЕЛЯЙКО

ООО «Нарзан-гидроресурсы»

357700, Россия, Ставропольский край, г. Кисловодск, ул. Кирова, 43; e-mail: i.pomelyayko@yandex.ru

Проведена оценка мощности эквивалентной дозы гамма-излучения городов-курортов региона Кавказских Минеральных Вод. При проведении радиационно-экологического мониторинга в Железноводске были обнаружены аномалии, в которых измеренные значения сильно отличались от остальных показателей. Установлено, что для большей части исследованной территории мощности дозы гамма-излучения соответствуют требованиям санитарных правил и гигиенических нормативов. В рамках оценки экологического состояния городской территории выполнены радиогеохимические исследования почв курортов КМВ, по результатам которых были установлены концентрации долгоживущих техногенных радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr . Результаты мониторинга свидетельствуют, о том, что максимальные концентрации радионуклидов зафиксированы в почвах Железноводска, где их средние значения превосходят аналогичные показатели по РФ в четыре раза по ^{137}Cs и в 13 раз по ^{90}Sr . Минимальные концентрации ^{137}Cs и ^{90}Sr характерны для почв г. Кисловодска. По содержанию в почвах ^{137}Cs и ^{90}Sr в Ессентуках превалирует опасный, в Железноводске — чрезвычайно опасный, в Кисловодске — умеренно опасный уровни загрязнения почв. Полученные результаты свидетельствуют, что при экологической оценке территории региона КМВ, применение оценочных критериев без учета радиационной обстановки может привести к ложному заключению о величине антропогенной нагрузки. На основании полученных сведений был сделан вывод о необходимости дальнейших радиоэкологических наблюдений в данном регионе.

Ключевые слова: курорты региона КМВ; радиационно-экологический мониторинг; гамма-излучение; долгоживущие радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr .