

**ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ**

УДК 502.64

**С.В. Исаев****КОНЦЕПЦИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ***Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь*

В статье дан теоретический обзор современных представлений об образованиях, формирующихся при взаимодействии природных объектов с искусственными, – природно-технических системах. Природно-технические системы рассматриваются как один из источников трансформации природной среды на современном этапе развития человечества. Исследуется соотношение понятий природно-техническая система, природно-техническая геосистема, геотехническая система в контексте взаимодействия с окружающей средой. Воздействие на окружающую среду описывается во временном аспекте эксплуатации технических систем. Приводятся основные признаки рассматриваемых систем, структура, методы управления через присутствие в системе особого блока, функции которого должны осуществлять человек или автоматы с обязательным участием компьютеров. Рассматривается возможность изучения связей и структур этих систем и особенностей их взаимодействия с компонентами окружающей среды для развития учения об антропогенной трансформации природной среды.

Ключевые слова: природно-техническая система, природно-техническая геосистема, антропогенная трансформация природной среды, кибернетический метод, мониторинг окружающей среды.

**S.V. Isaev****THE CONCEPT OF NATURAL AND TECHNICAL SYSTEMS AND ITS USE IN THE STUDY OF TRANSFORMATION ANTHROPOGENIC ENVIRONMENT***Perm State University, Perm*

The article gives an overview of the theoretical concepts of modern ideas formed at interaction of natural objects with artificial - natural and technical systems. Natural and technical systems are reconsidered as one of the sources of the transformation of the natural environment at the modern stage of human development. The paper investigates the relationship between the concepts of natural-technical system, natural-technical geosystems, geotechnical system in the context of interaction with the environment. Environmental impact is versed in the temporal aspect of the operation of technical systems. The basic features of the systems in question, the structure, management practices through the presence of a special system unit, whose function is to carry people or machines with mandatory participation computers. The article considers possibility of studying the relationships, structures of these systems and the characteristics of their interaction with the components of the environment for the development of the doctrine of anthropogenic transformation of the natural environment.

Keywords: natural and technical system, natural and technical geosystem, anthropogenous transformation of environment, cybernetic method, monitoring of environment.

doi 10.17072/2079-7877-2016-3-105-113

Добыча полезных ископаемых представляет собой процесс взаимодействия между окружающей природной средой и искусственными (техническими системами), с помощью которых она осуществляется. Включаясь в природную среду, технические системы становятся источником воздействия, в разной степени влияющим на процессы, протекающие в естественной части. В

результате данного взаимодействия элементов природных и технических систем формируется особый вид систем – природно-технические (далее – ПТС). Именно такие системы являются наиболее важными частями (шахты, скважины, объекты обустройства нефтяных месторождений, котлованы и т.д.) различных добывающих производств. При этом именно техническая часть данных образований остается наиболее управляемой в этом взаимодействии.

При формировании и дальнейшей эксплуатации природно-технических систем происходит антропогенная трансформация природной среды. Антропогенная трансформация – это процесс изменения природных компонентов и комплексов под воздействием производственной и любой другой деятельности людей [6]. Рассмотрение природно-технических систем как одного из главных источников данного вида трансформации природной среды обеспечивает дальнейшее изучение процессов, определяющих ПТС, а также управление ими.

В связи с этим актуально изучение современного состояния теории природно-технических систем, изучение методов исследования и управления этими системами с целью дальнейшего использования при оптимизации взаимодействия между естественными и искусственными компонентами систем. Методология природно-технических систем позволит более широко осветить проблемы антропогенной трансформации природной среды и выявить новые аспекты данного явления.

Концепция ПТС зародилась в 60-х гг. XX в. благодаря работам ученых Института географии АН СССР. Свое дальнейшее развитие концепция получила в работах географов других академических институтов и университетов; в 80-е гг. прошлого столетия концепцию ПТС активно стали разрабатывать ученые-геологи [13].

Понятие «природно-техническая система» или природно-техническая геосистема (далее – ПТГ), с некоторыми вариациями, можно встретить в работах Г.В. Страдницкого и А.И. Радионова [30], И.И. Мазура и др. [20], Г.К. Бондарика [5], А.Л. Суздальной [31], А.Л. Ревзона [26], В.К. Епишин [17] и др.

По А.Л. Ревзону, природно-техническая система – совокупность форм и состояний взаимодействия компонентов природной среды с инженерными сооружениями на всех стадиях функционирования (от проектирования до реконструкции). ПТС включает в себя подсистемы: тропотехническую, геотехническую, акватехническую, биотехническую и историко-архитектурную [26].

И.И. Мазур в своих работах оперирует понятием ПТГ, под которым понимает совокупность природных и искусственных объектов, формирующихся в результате строительства и эксплуатации инженерных и иных сооружений, комплексов и технических средств, взаимодействующих с природными объектами (геологические тела, почва, растительный покров, рельеф, водные источники и атмосфера, фауна и социумы) [20].

Г.В. Страдницкий и А.И. Радионов ставят тождество между ПТС и ПТГ, рассматривая их в свете экологического подхода и называя эколого-экономическими системами. Они дают следующее определение таким системам: «это совокупность технических устройств и взаимодействующих с ними элементов природной среды, которая в ходе совместного функционирования обеспечивает, с одной стороны, высокие производственные и прочие целевые показатели, а с другой – поддержание в зоне своего влияния благоприятной экологической обстановки, максимально возможное в каждом конкретном случае сохранение и воспроизводство естественных ресурсов» [30].

По Г.К. Бондарика, природно-техническая система – целостная, упорядоченная в пространственно-временном отношении совокупность взаимодействующих компонентов, включающая орудия, продукты и средства труда, естественные и искусственно измененные природные тела, а также естественные и искусственные поля [5].

Т.А. Акимова определяет ПТС как совокупность природных и искусственных объектов, сформировавшуюся на какой-то территории в результате строительства и эксплуатации промышленных комплексов, инженерных сооружений и технических средств, взаимодействующих с компонентами природной и социальной среды [2].

К.Н. Дьяконов, А.В. Дончева используют термин «геотехническая система» – образование физико-географической размерности, у которого природные (как специально созданные человеком, так и естественные, но непреднамеренно измененные в процессе действия техники) и технические части настолько тесно взаимосвязаны, что функционируют в составе единого целого. Понятие ПТС они считают более широким и менее конструктивным, определяя его как сочетание техники и природы или природных и технических подсистем (примеры: город, парник, подводная лодка, космический корабль, инкубатор) [13].

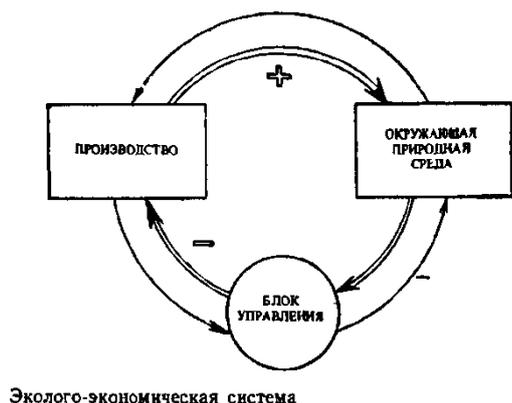


Рис. 1. Эколого-экономическая система [30]

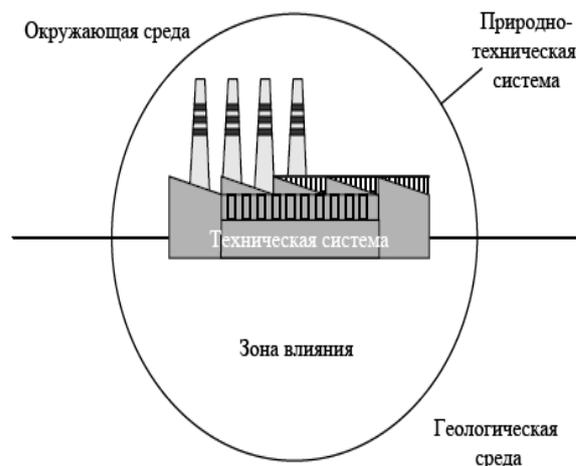


Рис. 2. Природно-техническая система [32]

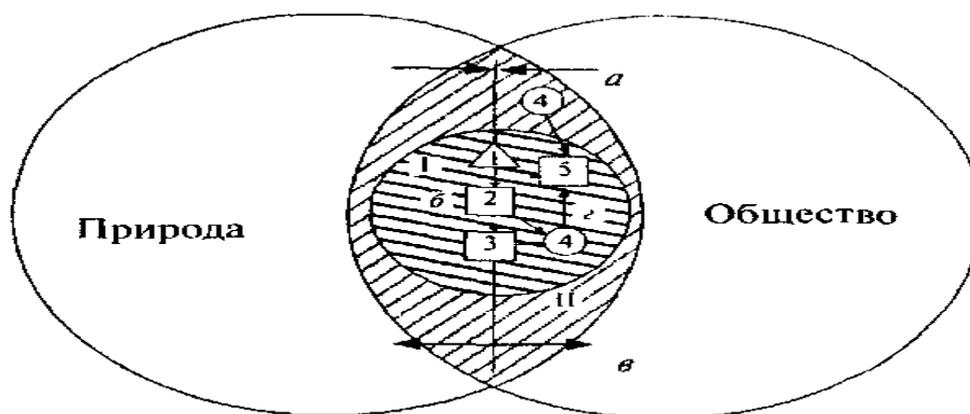


Рис. 3. Принципиальная схема геотехнической системы [13]:

I – геотехническая система, II – сфера ее влияния; 1 – блок регулирования; 2 – инженерно-технические сооружения; 3 – искусственно созданная природная подсистема; 4 – средства контролирования; 5 – блок управления. Поток: а – входящий поток вещества и энергии; б – управляемый поток вещества и энергии; в – выходящий (трансформированный) поток вещества и энергии; г – информационные связи (потоки)

В.К. Епишин описывает ПТС как совокупность инженерного сооружения (комплекса инженерных сооружений) с частью геологической среды в зоне его (их) влияния, имеющей операционально фиксированные границы [17].

Сущность понятий «геотехнические системы» в интерпретации К.Н. Дьяконова, А.В. Дончевой и «природно-технические системы (геосистемы)» по И.И. Мазуру, Г.К. Бондарчику, Г.В. Страдницкому и А.И. Радионову схожи и подразумевают под собой системы, где происходит взаимодействие техники и природной среды. А.Л. Ревзон разделяет эти два понятия, считая, что геотехническая система – совокупность форм взаимодействия инженерных сооружений с геологической средой является структурно-функциональной частью ПТС. В трактовке В.К. Епишина ПТС более узкое понятие, отображающее взаимодействие инженерных сооружений лишь с геологической средой, не включая другие геосферы.

Близкими по смыслу ПТС являются понятия «эколого-экономическая система», «природно-экономическая система» и «биоэкономическая система» [2].

Изучением ПТС применительно к нефтегазовому комплексу занимались С.Г. Гулькова и Н.А. Майсс [12], С.И. Пряхин [24], Н.Г. Беликова [3], И.Б. Светлов [28; 29], К.И. Лопатин [19], С.Г. Павлов [23], А.В. Никитина и А.Н. Гульков [21; 22] и др.

Каждая ПТС создается человеком для удовлетворения определенных потребностей современного общества: место проживания людей, орошение полей, транспортировка топливно-энергетических ресурсов, переработка сырья, производство промышленной или продовольственной продукции и т.д. Следовательно, природно-техническая геосистема – это образование, которое непременно возникает в любом регионе в связи с происходящей в нем хозяйственной деятельностью и приходит на смену природным геосистемам, существовавшим там до внедрения людей и техники в природную среду [20].

Под природно-техническими геосистемами понимаются не только такие геосистемы, в которых технические устройства выступают как непосредственный элемент системы (как, например, в технических системах), но и такие, деятельность которых в значительной степени определяется искусственными условиями, создаваемыми в результате использования тех или иных технических средств (например, сельскохозяйственных, лесохозяйственных, природоохранных) [20].

По временному режиму ПТС могут быть неравновесными или квазиравновесными в зависимости от стадии инженерно-геологического процесса (неустановившаяся, относительной стабилизации) [4].

Г.К. Бондарик выделяет несколько категорий (структурных уровней) ПТС: элементарная, локальная, региональная и глобальная [5].

Природно-техническую систему, подсистемами-компонентами которой являются отдельное сооружение и сфера взаимодействия геологической среды с этим сооружением, следует считать элементарной. Более высокой категорией является локальная ПТС, формирующаяся и функционирующая под влиянием взаимодействий комплекса сооружений (город, гидроузел, промышленный комплекс) с литосферой. Локальная ПТС состоит из элементарных, отношения между которыми и составляют ее структуру. Следующей категорией ПТС является региональная. Ее подсистемами-компонентами являются локальные ПТС, находящиеся в регионе, и природные геосистемы, в которые «вкраплены» локальные ПТС. Аналогичная структура, но в больших масштабах, характерна для глобальной ПТС [5]. Следует отметить, что категорию ПТС определяет ее структура, а не занимаемая ею площадь [4].

Элементарную ПТС, включающую отдельное сооружение и окружающую его область природной среды, можно разбить на подсистемы, каждая из которых будет состоять из некоторой области литосферы, атмосферы, гидросферы, биосферы и взаимодействующей с ней части сооружения. Число выделенных подсистем при этом будет отвечать числу компонентов природной среды, взаимодействующих с сооружением [4].

Пространственные границы ПТС проходят по границам области влияния ТС на взаимодействующую с ней природную среду. Техническая система может оказывать влияние различных видов: механическое (связанное с уплотнением грунта), химическое (загрязнение выбросами), вызывать нарушение термо- влажностного режима грунта и т.д. По этой причине граница ПТС будет проходить по максимальным границам областей влияния [32].

Временные границы ПТС не совпадают со сроком эксплуатации ТС. ПТС начинает свою жизнь с момента подготовительных работ на месте строительства. После ввода в эксплуатацию к воздействию на окружающую среду кроме самой технической системы как таковой (давление строения на грунт, преобразование ландшафта и т.д.) добавляются продукты ее функционирования (выбросы в атмосферу, гидросферу, загрязнение литосферы отходами производства). После остановки эксплуатации ТС ее влияние на окружающую природную среду ослабевает, но не прекращается. Влияние заканчивается после ликвидации технической системы и прекращения действия последствий ее функционирования [32].

Среди основных методов изучения ПТС можно выделить экосистемный анализ, системный анализ, моделирование и геоэкологический анализ.

А.В. Ван [10] считает, что именно системный и экосистемный анализы обеспечивают целевое изучение последствий производственно-хозяйственной деятельности человека и получение достоверных данных, необходимых для разработки мероприятий по рациональной эксплуатации природных ресурсов, оценки экологической емкости природных территориальных объектов, их стойкости к техногенному воздействию и направления практического использования с учетом требований охраны окружающей среды. При этом для получения наилучших и достоверных результатов следует использовать методы экологической геологии, изучающей главный составляющий компонент природных экологических систем – литосферу с ресурсной, геодинамической, геохимической и другими функциями, в значительной степени определяющей экологическую обстановку окружающей среды.

Ю.М. Зинюков [15] также подчеркивает важность системного анализа при изучении ПТС и считает, что этот метод является практически единственным методом, претендующим на высокую эффективность при организации и ведении мониторинга природно-технических систем. По его мнению, моделирование природно-технических систем является довольно сложной, но необходимой задачей.

Геоэкологический анализ – это выявление признаков, характеризующих современное и ожидаемое состояние окружающей среды [11]. В его основе лежат региональный (природно-хозяйственный, геосистемный) и импактный уровни мониторинга окружающей среды. Геоэкологический анализ территории направлен на создание научных основ решения проблем оздоровления экологической ситуации, оптимизации природопользования и включает комплекс методов: сравнительно-географический, геосистемный, геохимический, статистический, картографический, геоинформационный. Он предполагает изучение связей между природным и техногенным блоками техногеосистемы [24].

Изучение природно-технических систем как объектов воздействия на окружающую среду с помощью данного метода позволит более полно раскрыть процессы антропогенной трансформации на нефтяных месторождениях.

ПТС являются открытыми динамическими системами. Они обмениваются массой и энергией с внешней по отношению к ним средой; их состояние изменяется в физическом времени [4]. В режиме функционирования ПТС выделяют две стадии функционирования: стадия неустоявшегося режима ПТС и стадия относительной стабилизации. Первая стадия охватывает период от начала строительства до некоторого момента времени после его завершения и характеризуется сравнительно большими скоростями изменения структуры и свойств геологической среды с сооружением, большей скоростью и интенсивным проявлением инженерно-геологических процессов. Вторая стадия отвечает такому характеру движения ПТС, при котором режим управляющих взаимодействий становится стационарным или периодическим и естественные причины (природные процессы) начинают существенно влиять на характер взаимодействия между естественными и искусственными элементами ПТС [4].

Природно-техническая геосистема принципиально отличается от природной. Главнейшее ее отличие состоит в том, что она является управляемой (кибернетической) [4]. Взаимодействие между технической системой (сооружением) и природной средой требует подхода с кибернетических позиций: управление ими путем регулирования потоков вещества и энергии, поддержания сбалансированности прямых и обратных связей между составляющими компонентами [30].

Производство воздействует на природные системы (положительная обратная связь), выполняя роль управляющей подсистемы. В свою очередь, окружающая среда также может влиять на предприятие. Подобные воздействия, так или иначе, могут привести к разрушению управляемой подсистемы, а следовательно, и всей системы. Чтобы этого не происходило, необходимы компенсационные ответы со стороны управляемой подсистемы по отношению к управляющей через каналы отрицательной обратной связи. Природные системы не располагают достаточным запасом информации для того, чтобы компенсировать влияние на них производства. В связи с этим в ПТС должен присутствовать особый блок управления, функции которого должен брать на себя человек. Он воспринимает информацию от природных систем (окружающей среды) о происходящих в них изменениях, оценивает возможные негативные последствия и передает соответствующую команду управляющей системе (в данном случае – производственному предприятию) [30]. В ряде случаев функцию управления могут выполнять автоматы с обязательным участием компьютеров [13].

Управление реализуется в ходе преобразования человеком природной среды при строительстве сооружений, добыче полезных ископаемых и дальнейшей эксплуатации ПТС на основании данных, полученных при осуществлении производственного экологического и технического мониторинга и контроля. Оно выражается в мероприятиях по оптимизации существующих технологических процессов, применении других технологий, согласовании и соблюдении природоохранных нормативов [30]. Длительность и устойчивость функционирования ПТС зависят от возможностей управления и контроля [13].

По С.А. Бузмакову [6] антропогенная трансформация – это процесс изменения природных компонентов и комплексов под воздействием производственной и любой другой деятельности людей. ПТС являются продуктом деятельности трансформаций данного вида. Изучение этих систем как результата антропогенной трансформации экосистем позволяет выявить закономерности трансформации природной среды при взаимодействии с техническими объектами и особенности

функционирования ПТС, особенно уделяя внимание при этом влиянию функционирования на окружающую природную среду, и на основе этих данных построить достоверные прогнозы по динамике состояния относительно нетрансформированных сообществ и выработать соответствующие мероприятия по минимизации воздействия ПТС.



Рис. 4. Схема управления ПТС [14]

Для реализации целей по изучению закономерностей влияния ПТС на окружающую природную среду из перечисленных в статье определений наиболее подходит понятие, сформулированное И.И. Мазуром, включающее в себя весь комплекс природных компонентов, которые взаимодействуют с технической частью изучаемых систем. Определения Акимовой и Ревзона является очень схожими, по сути, с определением, данным И.И. Мазуром, но теория ПТГ последнего является более разработанной. Г.К. Бондарик и В.К. Епишин в своих работах основной акцент делают на взаимодействие технологических объектов с литосферой, что не охватывает вопросы о других естественных компонентах экосистем.

Концепция природно-технических (геотехнических) систем позволяет рассматривать хозяйственную деятельность человека как взаимодействующие между собой природные и технические системы. Рассмотрение связей и структуры этого взаимодействия дает возможность прогнозировать антропогенную трансформацию природных компонентов, находить оптимальные решения по оптимальной эксплуатации технологического оборудования и сооружений, а также предусмотреть адекватные природоохранные технологии, которые минимизируют воздействие на природную среду.

#### Библиографический список

1. Акимов В.А., Лапин В.Л., Попов В.М., Пучков В.А., Томаков В.И., Фалеев М.И. Надежность технических систем и техногенный риск. М.: Деловой экспресс, 2002. 368 с.
2. Акимова Т.А., Кузьмин А.П., Хаскин В.В. Экология. Природа – Человек – Техника. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 343 с.
3. Беликова Н.Г. Геоэкологические аспекты природно-технических систем (на примере газоконденсатных месторождений Южного Приуралья): автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Оренбург, 2009. 18 с.
4. Бондарик Г.К., Ярг Л.А. Инженерно-геологические изыскания. М.: КДУ, 2011. 420 с.
5. Бондарик Г.К. Экологическая проблема и природно-технические системы. М.: Икар, 2004. 152 с.
6. Бузмаков С.А. Антропогенная трансформация природной среды // Географический вестник. 2012. №4. С. 46–50.
7. Бузмаков С.А. Трансформация компонентов природных комплексов в условиях эксплуатации нефтяных месторождений: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Пермь, 1998. 16 с.
8. Бузмаков С.А., Костарев С.М. Техногенные изменения компонентов природной среды в нефтедобывающих районах Пермской области. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2003. 171 с.

9. Бузмаков С.А., Кулакова С.А. Формирование природно-техногенных экосистем на территории нефтяных месторождений (на примере Пермского края) // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2007. №1. С. 20–24.
10. Ван А.В. Методологические проблемы исследований природных экологических и природно-технических систем // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. 2012. Т. 2. №3. С. 33–38.
11. Грин А.М., Клюев Н.Н., Мухина Л.И. Геоэкологический анализ // Изв. РАН. Сер. географ. 1995. № 3. С. 21–30.
12. Гулькова С.Г., Майсс Н.А. Управления эколого-экономическими рисками природно-технических систем топливно-энергетического комплекса // Вологодские чтения. 2007. №64. С. 9–12.
13. Дьяконов К.Н., Дончева А.В. Экологическое проектирование и экспертиза. М.: Аспект Пресс, 2002. 384 с.
14. Жарников В.Б., Ван А.В., Евсюкова И.Н. Мониторинг природно-технических систем как основа рационального, экологически сбалансированного землепользования // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-Сибирь. 2013.Т. 3. №3. С. 10–13.
15. Зинюков Ю.М. Методические основы конструирования и анализа структурно-иерархических моделей природно-технических экосистем // Вестник Воронеж. ун-та. Сер. Геология. 2001. Вып. 11. С. 210–222.
16. Исмаилов Т.Т., Комащенко В.И., Голик В.И. Техногенное воздействие на природно-технические системы // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № 4. С. 276–278.
17. Епишин В.К., Трофимов В.Т. Литомониторинг – система контроля и управления геологической средой // Теоретические основы инженерной геологии. Социально-экономические аспекты / под ред. акад. Е.М. Сергеева. М.: Недра, 1985. С. 243–250.
18. Кулакова С.А. Техногенная трансформация экосистем в районах нефтедобычи (на примере Шагирто-Гожанского месторождения нефти): дис. на соиск. учен. степ. канд. геогр. наук. Пермь, 2007. 156 с.
19. Лопатин К.И. Методология оптимизации структуры природно-технических систем районов нефтедобычи на примере центра Западной Сибири: автореф. дис. ... докт. техн. наук. СПб., 2007. 21с.
20. Мазур И.И., Молдаванов О.И. Курс инженерной экологии. М.: Высшая школа, 2001. 510 с.
21. Никитина А.Н. Особенности формирования природно-технической системы (на примере нефтегазового комплекса юга Дальнего Востока): автореф. дис. ... канд. геогр. наук, Хабаровск, 2012. 23 с.
22. Никитина А.В., Гульков А.Н. Формирование системы управления природно-техническими системами нефтегазового комплекса // Защита окружающей среды в нефтегазовом секторе. 2010. №4. С. 8–10.
23. Павлов С.Г. Разработка технологии оценки геоэкологической безопасности газопроводов в условиях возникновения аварийных ситуаций: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2009. 24 с.
24. Пряхин С.И. Методика геоэкологического анализа природно-технических геосистем юга Приволжской возвышенности (в пределах Волгоградской области) // Вестник Воронеж. ун-та. Сер. География, геоэкология. 2007. №2. С. 78–86.
25. Розанов Л.Л. Геотехноморфогенез и прогнозирование природоохранных проблем // Географическое прогнозирование природоохранных проблем. М., 1988. С. 31–32.
26. Ревзон А.Л. Картография состояния природно-технических систем. М.: Недра, 1992. 223 с.
27. Ретеюм А.Ю. Природа, техника, геотехнические системы. М.: Наука, 1978. 151 с.
28. Светлов И.Б. Научное обоснование развития топливно-энергетического комплекса как природно-технической системы (на примере Дальневосточного региона): автореф. дис. ... докт. техн. наук. Владивосток, 2006. 24 с.
29. Светлов И.Б. Оценка эффективности эколого-экономической политики при формировании природно-технической системы топливно-энергетического комплекса // Вестник ДВО РАН. 2007. №2. С. 151–157.
30. Стадницкий Г. В., Родионов А. И. Экология. СПб.: Химия, 1997. 240 с.
31. Суздалева А.Л., Горюнова С.В. Техногенез и деградация поверхностных водных объектов. М.: ООО ИД ЭНЕРГИЯ, 2014. 456 с.
32. Шаранов Р.В. Переход от технических к природно-техническим системам // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2012. № 2(12). С. 43–46.

## References

1. Akimov, V.A., Lapin, V.L., Popov, V.M., Puchkov, V.A. and Tomakov, V.I. (2002), *Nadegnosttehicheskikh system i tehnogeniy risk* [Reliability of technical systems and technogenic risk], Delovoi express, Moscow, Russia.
2. Akimova, T.A., Kuzmin, A.P. and Haskin, V.V. (2001), *Ecologia.Priroda-Chelovek-Tehnika* [Ecology. Nature-Man-Technology], UNITI-DANA, Moscow, Russia.
3. Belikova, N.G. (2009), "Geoecological aspects of natural and technical systems (on the example of gas-condensate fields of the Southern Cisural area)", Abstract of Ph.D. dissertation, Geoecology, Orenburg State University, Orenburg, Russia.
4. Bondarik, G.K. and Yarg, L.A. (2011), *Ingenerno-geologicheskie iziskaniya* [Geotechnical investigation], KDU, Moscow, Russia.
5. Bondarik, G.K. (2004), *Ecologicheskayaproblema i prirodno-tehicheskie systemi* [Ecological problem and natural and technical systems], Ikar, Moscow, Russia.
6. Buzmakov, S.A. (2012), "Anthropogenic transformation of environment", *GeographicheskiiVestnik*, no.4, pp. 46–50.
7. Buzmakov, S.A. (1998), "Transformation of components of natural complexes under operating conditions oil fields", Abstract of Ph.D. dissertation, Ecology, Udmurt State University, Izhevsk, Russia.
8. Buzmakov, S.A. and Kostarev, S.M. (2003), *Tehnogenii izmeneniya komponentov prirodnoi sredi v nevtedobivayushchih raionah Permskoi oblasti* [Technogenic changes of components of environment in oil-extracting districts of the Perm region], Izdatelstvo Permskogo gosudarstvennogo universiteta, Perm, Russia.
9. Buzmakov, S.A. and Kulakova, S.A. (2007), "Forming of natural-technogenic in the area of oil fields (Perm region experience)", *Zashchita okruzhaiushchej sredi v neftegazovom komplekse (NTZh)*, vol.1, pp. 20–24.
10. Van, A.V. (2012), "Methodological problems of investigating natural ecological and natural-technogenic systems", *Interexpo Geo-Siberia*, vol. 3, no. 2, pp. 33–38.
11. Grin, A.M., Kluev, N.N. and Muhina, L.I. (1995), "Geoecological analysis", *Rossiiskaya akademiya nauk. Izvestiya.Seriya geograficheskaya*, vol. 3, pp. 21–30.
12. Gulkova, S.G., Maiss, N.A. (2007), "Managements of ekologo-economic risks of natural and technical systems of fuel and energy complex", *Vologdinskie chteniya*, vol. 64, pp. 9–12.
13. Diyakonov, K.N. and Doncheva, A.V. (2002), *Ecologicheskoeoproektirovanie i expertiza* [Ecological design and examination], Aspekt Press, Moscow, Russia.
14. Zharnikov, V.B., Van, A.V. and Yevsyukova, I.N. (2013), "Monitoring of natural and technological systems as a basis of efficient environment-friendly land use", *Interexpo Geo-Siberia*, vol. 3, no. 3, pp. 10–13.
15. Zimnyukov, Yu.M. (2001), "Methodical bases of designing and analysis of structural and hierarchical models of natural and technical ecosystems", *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*, vol. 11, pp. 210–222.
16. Ismailov, T.T., Komashenko, V.I. and Golik, V.I. (2009), "Technogenic impact on natural and technical systems", *Mining informational and analytical bulletin*, vol. 4, pp. 276–278.
17. Epishin, V.K. and Trophimov, B.T. (1985), "Litomonitoring – sistemakontrolya i upravleniya geologicheskoi sredi" in Sergeev, E.M. (ed.), *Teoreticheskie osnovy inzhenernoi geologii. Social'no-ekonomicheskie aspekty*, pp. 243–250.
18. Kulakova, S.A. (2007), "Technogenic transformation of ecosystems in areas of oil production (on the example of the Shagirto-Gozhansky oil field)", Ph.D.Thesis, Geoecology, Perm State University, Perm, Russia.
19. Lopatin, K.I. (2007), "Methodology of optimization of structure of natural and technical systems of areas of oil production on the example of the center of Western Siberia", Abstract of Ph.D. dissertation, Geoecology by technical sciences, North-west State Correspondence Technical University, St. Petersburg, Russia.
20. Mazur, I.I. and Moldavanov, O.I. (2001), *Kurs inzhenernoi ekologii* [Course of engineering ecology], 2<sup>nd</sup> ed., Vysshaya shkola, Moscow, Russia.
21. Nikitina, A.N. (2012), "Features of formation of natural and technical system (on the example of an oil and gas complex of the South of the Far East)", Abstract of Ph.D. dissertation, Geoecology, Far Eastern Federal University, Khabarovsk, Russia.

22. Nikitina, A.V. and Gulkova, A.N. (2012), "Formation of a control system of natural and technical systems of an oil and gas complex", *Zaschita okruzhaiushchej sredy v neftegazovom komplekse (NTZh)*, vol. 4, pp. 8–10.
23. Pavlov, S.G. (2009), "Development of technology of an assessment of geocological safety of gas pipelines in the conditions of emergence of emergencies", Abstract of Ph.D. dissertation, Geocology, Moscow State University of geodesy and cartography, Moscow, Russia.
24. Pryahin, S.I. (2007), "Technique of the geocological analysis of natural and technical geosystems of the South of Volga Hills (within the Volgograd region)", *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geocology*, vol. 2, pp. 78–86.
25. Rozanov, L.L. (1988), "Geotekhnomorfogenez and forecasting of nature protection problems", in Koronkevich, N.I. and Rozanov, I.I. (ed.), *Geographicheskoe prognozirovanie prirodnooohranykh problem*, Akademia nauk USSR, Moscow, USSR, pp. 31–32.
26. Revzon, A.L. (1992), *Kartographia sostoyaniya prirodno-tehnicheskikh system* [Cartography of a condition of natural and technical systems], Nedra, Moscow, Russia.
27. Retezum, A.M. (1978), *Priroda, tehnica, geotekhnicheskiesystemi* [Nature, equipment, geotechnical systems], Nauka, Moscow, USSR.
28. Svetlov, I.B. (2006), "Scientific justification of development of fuel and energy complex as natural and technical system (on the example of the Far East region)", Abstract of Ph.D. dissertation, Geocology, Far East technical university, Vladivostok, Russia.
29. Svetlov, I.B. (2007), "Estimation of efficiency of ecologic and economic policy during the formation of natural and technical system of a fuel and energy complex", *Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*, vol. 2, pp. 151–157.
30. Stradnickiy, G.V. and Rodionov, A.I. (1997), *Ecologiya* [Ecology], 3rd ed., Himia, S.Petersburg, Russia.
31. Suzdaleva, A.L. and Goryunov, S.V. (2014), *Tekhnogenez i degradatsiya poverhnostnih vodnih objektov* [Technogenesis and degradation of surface water objects], OOO ID ENERGIYA, Moscow, Russia.
32. Sharapov, R.V. (2012), "Transition from technical to natural and technical systems", *Engineering industry and life safety*, vol. 2 (12), pp. 43–46.

Поступила в редакцию: 01.04.2016

#### Сведения об авторе

##### Исаев Сергей Викторович

аспирант 2-го курса кафедры биогеоценологии и охраны природы Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; e-mail: thegreat07@bk.ru.

#### About the author

##### Sergey V. Isaev

second-year post-graduate, Perm State University; 15, Bukireva str., Perm, 614990, Russia; e-mail: thegreat07@bk.ru.

#### Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

*Исаев С.В.* Концепция природно-технических систем и ее использование при изучении антропогенной трансформации природной среды // Географический вестник = Geographical bulletin. 2016. № 3(38). С. 105–113. doi 10.17072/2079-7877-2016-3-105-113

#### Please cite this article in English as:

*Isaev S.V.* The concept of natural and technical systems and its use in the study of transformation anthropogenic environment // Geographical bulletin. 2016. № 3(38). P. 105–113. doi 10.17072/2079-7877-2016-3-105-113