

УДК 502.31(571.56)

## ПРОМЫШЛЕННЫЕ ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ

<sup>1</sup>Слепцова Н.П., <sup>2</sup>Николаева Н.А.<sup>1</sup>ФГАОУ «Северо-Восточный Федеральный университет им. М.К. Аммосова»,  
Институт естественных наук, Якутск, e-mail: endyps@rambler.ru;<sup>2</sup>Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова Сибирского отделения  
Российской академии наук, Якутск, e-mail: nna0848@mail.ru

В статье предложено применение концепции геотехнических систем для изучения воздействия Эльгинского каменноугольного месторождения и проекта Канкунской ГЭС на геосистемы зоны распространения многолетнемерзлых пород Южной Якутии. Выявлена структура двух типов геотехнических систем «Канкунская ГЭС – природная среда» и «Эльгинский угольный комплекс – природная среда», состоящая из технического, природного блоков и блока управления. Определены функциональные, причинно-следственные и локальные связи внутри геотехнических систем. В технических блоках выявлены тесные производственно-технологические связи, в природных – изменяющие. Раскрыт механизм взаимодействия сооружений с природной средой; выявлены направления и интенсивность факторов воздействия гидроэлектростанции и угольного комплекса на природную среду, а также характер изменения геосистем и оценка степени их преобразования. Рассмотрение проекта Канкунской ГЭС в составе геотехнической системы позволило разработать схему получения комплексной экологической оценки воздействия крупных гидроэлектростанций на Севере. Схема дает возможность последовательно изучить цепочку процессов, характеризующих воздействие ГЭС на компоненты природной среды, изменения в природных комплексах и негативные последствия в природной и хозяйственной сферах; собрать, проанализировать и определить базы данных показателей воздействий, изменений и последствий; выявить связи между этими процессами; количественно оценить степень воздействий, изменений и последствий. Применение геосистемного подхода позволяет дифференцированно оценить влияние технических объектов на природную среду, устойчивость геосистем, техногенную нагрузку на природную среду и может явиться методологической основой для управления геотехнической системой и разработки дифференцированных природоохранных мероприятий.

**Ключевые слова:** Южная Якутия, геотехнические системы, угольный комплекс, ГЭС, природная среда, воздействие, изменение геосистем

## INDUSTRIAL GEOTECHNICAL SYSTEMS AND THEIR IMPACT ON THE ENVIRONMENT OF SOUTH YAKUTIA

<sup>1</sup>Sleptsova N.P., <sup>2</sup>Nikolaeva N.A.<sup>1</sup>North-Eastern Federal University, Institute of Natural Sciences, Yakutsk, e-mail: endyps@rambler.ru;<sup>2</sup>The V.P. Larionov Institute of Physical and Technical Problems of the North, Siberian Branch of the  
Russian Academy of Science, Yakutsk, e-mail: nna0848@mail.ru

The paper proposes an application of concept of geotechnical systems for research of the impact of the Elga coal complex and a project of the Kankunskaya HPP on geosystems of zone of permafrost spread in South Yakutia. Structures of two types of geotechnical systems are showed – ‘The Kankunskaya HPP – the Environment’ and ‘the Elga coal complex – natural environment consisting of technical, natural units and a control unit. Functional, cause-effect and local communications inside the geotechnical systems were defined. Close industrial and technological relations have been indicated in technical units, and modifying in natural ones. A mechanism of «facilities – environment» interaction was disclosed; directions and intensity of environmental impact factors of hydropower plants and coal complex were detected, as well as geosystems’ changing character and their transformation degree assessment. Considering the Kankunskaya HPP project inside a geotechnical system allowed us to develop a scheme of obtaining a complex environmental impact assessment of large hydropower on the North. The scheme gives an opportunity for consistent research of chains of processes, that are characteristic for impact of HPPs on components of natural environment, and of changes in natural complexes and negative consequences in natural and economic sectors; to collect, analyze and define databases of impact indicators, change and consequences; to detect relations between these processes; to assess degree of impact, change and consequences quantitatively. The application of geosystemic approach allows to assess an affect of technical objects, geosystems’ stability, anthropogenic press on natural environment differentially, and could become a methodological basis for a geotechnical system management and for differentiated natural-conservative measures development.

**Keywords:** South Yakutia, geotechnical systems, coal complex, HPP, natural environment, impact, geosystems’ alteration

В настоящее время в результате все возрастающего воздействия промышленного производства на природную среду Республики Саха (Якутия) без должного учета экологических и социальных ограничений происходят негативные явления –

сокращение биологических ресурсов, разрушение биоценозов, загрязнение земли, воздуха и воды. Наиболее серьезный вклад в загрязнение окружающей среды вносят горнодобывающая промышленность и энергетика.

Большинство работ по воздействию топливно-энергетического комплекса на природную среду основаны на покомпонентной методике изучения антропогенного изменения природной среды – на геолого-геоморфологические, климатические, гидрологическую, биотическую и другие составляющие природного комплекса. Для исследований в экстремальных условиях Южной Якутии, где ведется строительство крупных энергопроектов, нами использован геосистемный подход, одним из направлений которого является концепция геотехнических систем.

В статье предпринята попытка изучения техногенного воздействия проекта Канкунской ГЭС и формирующегося Эльгинского угольного комплекса на природную среду в составе промышленных энергетических геотехнических систем.

#### **Цель исследования**

На основе определения структуры геотехнических систем «Канкунская ГЭС – природная среда» и «Эльгинский угольный комплекс – природная среда» выявить их воздействие на компоненты природной среды и техногенное изменение.

#### **Материалы и методы исследования**

Методикой исследования стала концепция геотехнических систем, основоположниками которой были исследователи Института географии АН СССР [1]. Базовым понятием концепции является положение, что техническое сооружение, природная среда и деятельность человека рассматриваются как взаимосвязанные подсистемы единого сложного образования – геотехнической системы «Техническое сооружение – природная среда – общество». При этом в промышленной геотехнической системе ведущая роль принадлежит технической составляющей. Общество осуществляет управляющую и регулируемую роль во всей геотехнической системе.

В любой промышленной геотехнической системе выделяются три подсистемы (блока) – техническая, природная и блок управления: техническая, представленная комплексом инженерных сооружений промышленного назначения, объединенных производственно-технологическим процессом и производственной инфраструктурой; природная, состоящая из природных комплексов разного иерархического ранга, непосредственно окружающих производственные предприятия; блок управления,

который образуют люди (общество) со вспомогательными техническими средствами. Задачами блока являются обеспечение необходимых производственных показателей геотехнической системы, с одной стороны, и поддержание устойчивости ее природных комплексов – с другой.

Одним из условий функционирования геотехнической системы является взаимодействие всех подсистем при помощи многочисленных внутренних и внешних связей между ними, что обеспечивает целостность и единство всей системы. Механизм функционирования всей геотехнической системы проявляется в цепочке процессов: воздействие техники на природу – изъятие природных ресурсов и привнесение техногенных веществ – изменение свойств и качества природных комплексов, испытывающих воздействия – последствия (негативные), происходящие в результате изменений, влияющих на функционирование самого технического объекта и на условия жизни и деятельности населения.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

На ближайшую перспективу предусмотрен проект строительства Канкунской ГЭС на р. Тимптон с установленной мощностью 1300 МВт и среднегодовой выработкой электроэнергии – до 7,5 млрд кВт·ч [2].

В результате определения структуры геотехнической системы «Канкунская ГЭС – природная среда» выполнен прогноз направлений и интенсивности техногенных факторов воздействия будущей гидроэлектростанции на природную среду, а также характер изменения компонентов природных комплексов и оценка степени преобразования водохранилища и прибрежных геосистем.

В структурном отношении водохозяйственные системы, как и все остальные геотехнические системы, состоят из трех блоков (подсистем) – природного, технического и блока управления.

*Технический блок* Канкунской ГЭС составят территории расположения различных производственных и хозяйственных сооружений: плотины, здания ГЭС, монтажной площадки, обогатительного и бетонного хозяйства, водозабора, очистных сооружений, инженерных сетей, перевалочной базы, поселка строителей, линий электропередач, автодорог, а также водохранилище.

*Природный блок* будет включать природные комплексы, располагающиеся выше

ГЭС по течению и формирующие речной сток; комплексы, приуроченные к руслу реки; прилегающие к низменным участкам побережья выше и ниже ГЭС.

В результате строительства и эксплуатации ГЭС произойдут изменения различных компонентов природных комплексов, из которых первоочередным является изъятие земельных ресурсов под производственные сооружения и акваторию водохранилища.

Изменение мерзлотно-гидрогеологических условий ожидается в связи с повышением уровня грунтовых вод в береговой и прибрежной зонах, которое связано с резкой активизацией экзогенных процессов деструктивного характера (эрозионных, оползневых, обвальных и др.), а также абразией берегов. Изменение гидрогеологической обстановки и деградация мерзлоты может привести к изменению условий фильтрации и разгрузки подземных вод. Принципиально изменится гидрологический режим р. Тимптон, ледовый и термический режимы, режим затопления речной поймы в нижнем бьефе. Разложение затопленной растительности и почв в ложе водохранилища вызовет ухудшение гидрохимического состава воды водохранилища, на которое могут оказать влияние сбросы производственных и бытовых сточных вод. Существенное изменение гидробиологических ресурсов будет проявляться в повышении трофического статуса и образовании лимнофильного комплекса гидробионтов на подпруженных участках реки. Строительство ГЭС с созданием водохранилища на р. Тимптон окажет воздействие на растительность в зоне и вне зоны затопления. Особый микроклимат в данной зоне приведет к изменению биологического разнообразия и структуры растительности. Критической глубиной залегания грунтовых вод, при которой ухудшается рост деревьев и происходят значительные изменения в видовом составе древостоя, являются отметки 0,4–0,6 м, что соответствует поясу сильного подтопления [3].

Применение концепции геотехнических систем для изучения воздействия проекта Канкунской ГЭС на природную среду привело к разработке схемы комплексной экологической оценки проекта Канкунской ГЭС. Схема дает возможность последовательно изучения цепочки процессов, характеризующих воздействие ГЭС на компоненты природной среды, изменений в природных комплексах и негативных последствий в природной и хозяйственной сферах; со-

брать, проанализировать и определить базы данных показателей воздействий, изменений и последствий; выявить связи между этими процессами; количественно оценить степень воздействий, изменений и последствий и на основе этих оценок выполнить комплексную экологическую оценку проекта Канкунской ГЭС (рисунок).

На базе одного из крупнейших в мире Эльгинского месторождения коксующихся углей в бассейне р. Алгома ведется строительство Эльгинского угольного комплекса. Проектная мощность угольного разреза составляет 30 млн т угля в год с получением продукции в количестве 23,2 млн т [4].

В результате его рассмотрения в виде добывающей геотехнической системы «Эльгинский угольный комплекс – природная среда» и определения структуры геотехнической системы выявлены направления и интенсивность факторов воздействия угольного комплекса на природную среду, а также характер изменения геосистем и оценка степени их преобразования. Здесь также выделяются три блока: технический, природный и управления.

*Технический блок* состоит из комплекса производственных и вспомогательных сооружений, связанных между собой локальными технологическими связями и выполняющих функции добычи угля, его обогащения и транспортировки. Имеется комплекс гидротехнических сооружений, а также временный и вахтовый поселки.

Добывающий комплекс представлен угольным разрезом и различными вспомогательными базами и складами. Добыча угля влечет за собой изменения в литосфере, воздействуя на геоморфологические, геокриологические и гидрологические условия, а также на растительность и почвы. Выделение в результате буровзрывных работ ведет к загрязнению атмосферы, в конечном счете – земной поверхности и водных ресурсов.

Ядром обогатительного комплекса является действующая обогатительная фабрика мощностью 2,7 млн т угля в год [5]. Проектом предусмотрено строительство еще одной обогатительной фабрики с более чем трехкратной мощностью. Также имеется станция погрузки угля. Основным экологическим влиянием обогатительной фабрики является загрязнение атмосферного воздуха, а через него – других компонентов природной среды (подстилающей поверхности, грунтов, почвенно-растительного покрова и водной среды).

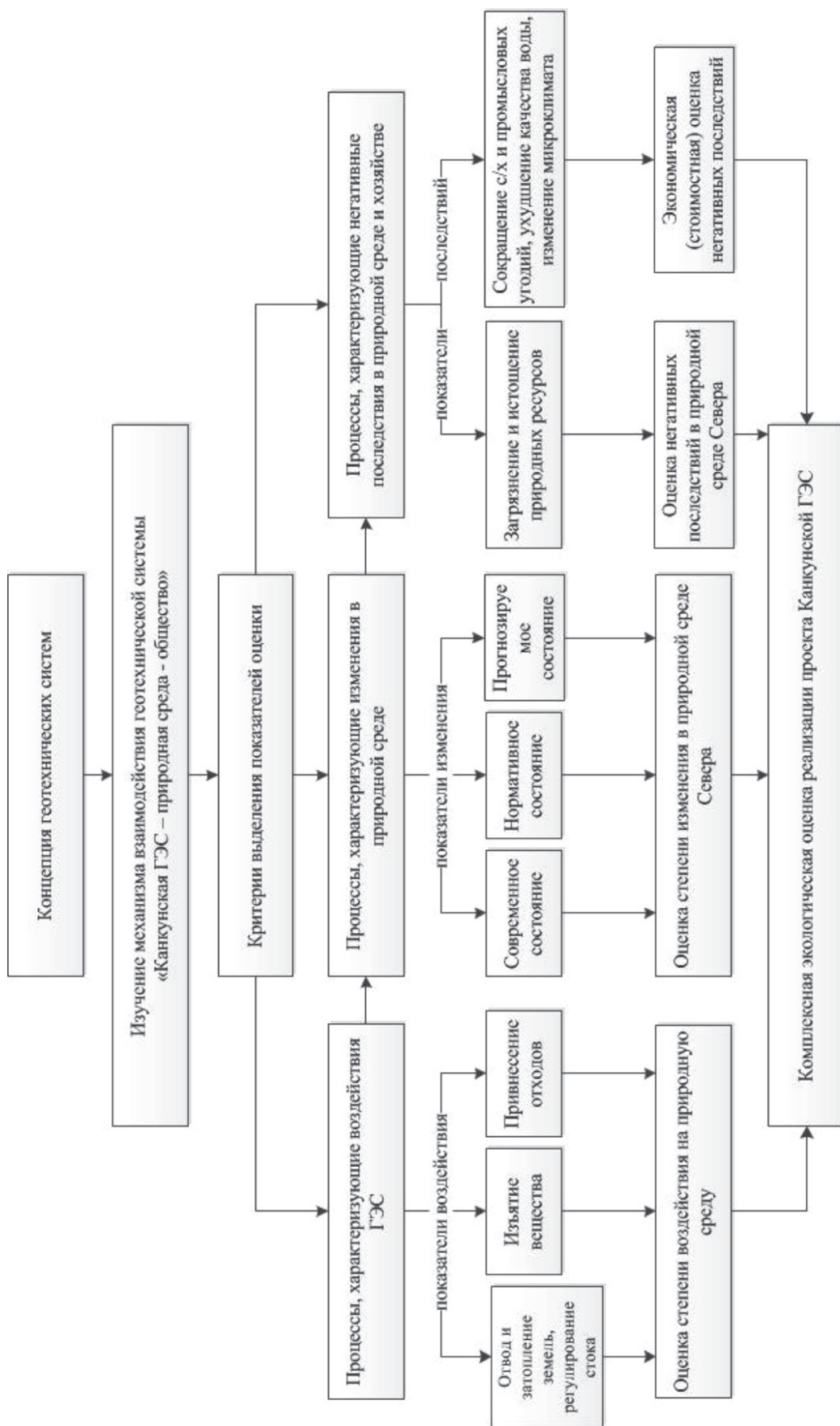


Схема разработки экологической оценки Канунской ГЭС в составе геотехнической системы

Отвалный комплекс представляет собой полигон отвалов вскрышных пород, в составе которого имеются три внешних отвала и один внутренний. Кроме изъятия земель под отвалы, основными направлениями их воздействия на природную среду являются изменение геоморфологических условий, сведение растительного покрова, загрязнение воздуха и земной поверхности, связанные с погрузочно-разгрузочными работами.

Крупнейшим объектом гидротехнического комплекса, кроме нагорных канав, отводов и других водоемов, является пруд-отстойник, куда должны сбрасываться карьерные воды не ранее конца 20-х гг. Кроме пруда-отстойника предусмотрено создание гидротехнических сооружений, под которые отведено более 46 га [5]. Таким образом, при полном развитии угольного комплекса сбросы излишков карьерных вод будут производиться в водные объекты, что повлечет изменение их химического состава.

Кроме того, имеется транспортный комплекс, включающий в себя линии электропередач, ветку железной дороги, мосты и автодороги. Основное экологическое воздействие комплекса проявляется в загрязнении почвенно-растительного покрова.

*Природный блок* представлен сочетанием характерных для гор Южной Якутии типов ландшафтов высотной поясности: горно-пустынными, горно-тундровыми, подгольцовыми, горно-редколесными и горно-таежными. Широко распространены интразональные типы ландшафтов. Морфологическая структура районов состоит из восьми типов местности: горно-привершинного, плоскогорно-привершинного, горно-склонового, предгорного зандрового, горно-долинного, ледниково-долинного, озерно-котловинного и аквального [6].

Проведен обзор отечественных публикаций, посвященных изучению взаимодействия объектов энергетики и природной среды в криолитозоне с использованием концепции природно-технических систем. В большинстве они посвящены разработке различных методов изучения, оценки и управления геотехническими системами, связанными с ГЭС, газовыми комплексами и другими объектами ТЭК [7–9] и др. Их сравнительный анализ с обсуждаемой статьей позволяет считать, что, в отличие от геотехносистемного подхода, авторы во многих случаях придерживаются природно-техносистемного подхода, когда гео-

техническая система является структурной частью более общей природно-технической системы. При этом геотехническая система отражает взаимодействие технического сооружения с геологической средой, осложненной мерзлыми породами, что позволяет изучать взаимодействие техники и природы в области криолитозоны более детально, на локальном уровне.

Но изучение таких грандиозных объектов, как Эльгинский угольный комплекс и Канкунская ГЭС, в экстремальных малоосвоенных и труднодоступных для сбора фактических материалов условиях Севера, на начальных этапах исследования в виде геотехнических систем представляется вполне оправданным и перспективным.

### Выводы

Выявлена структура двух типов геотехнических систем – «Канкунская ГЭС – природная среда» и «Эльгинский угольный комплекс – природная среда», раскрыт механизм взаимодействия сооружений с природной средой; выявлены направления и интенсивность факторов воздействия гидроэлектростанции и угольного комплекса на природную среду; характер изменения геосистем и оценка степени их преобразования; определены функциональные и локальные связи внутри геотехнических систем.

Рассмотрение проекта Канкунской ГЭС в составе геотехнической системы позволило разработать схему получения комплексной экологической оценки воздействия крупных гидроэлектростанций на Севере.

Таким образом, изучение влияния объектов топливно-энергетического комплекса на природную среду Южной Якутии в виде геотехнической системы дает возможность комплексного изучения и решения экологических задач, что позволит дифференцированно оценить влияние технических объектов на природную среду, устойчивость геосистем и антропогенную нагрузку на них, а также является основой для управления всей геотехнической системой и разработки дифференцированных природоохранных мероприятий

### Список литературы

1. Природа, техника, геотехнические системы / отв. ред. В.С. Преображенский. – М.: Наука, 1978. – 151 с.
2. Канкунская ГЭС. – URL: <http://old.sakha.gov.ru/node/4737> (дата обращения: 18.09.2017).
3. Инженерно-экологические исследования участков проектных створов каскада ГЭС на р. Тимптон / П.Я. Константинов и др. // Научное обеспечение реализации мега-

проектов в Республике Саха (Якутия). – Якутск: Компания Дани Алмас, 2009. – С. 83–86.

4. Энергетическая стратегия Республики Саха (Якутия) на период до 2030 года / Правительство Республики Саха (Якутия). – Якутск; Иркутск: Медиа-холдинг «Якутия», и др.; 2010. – 328 с.

5. Павлов Н.В., Пинигин Д.Д. Формирование геотехнических систем при разработке Эльгинского каменноугольного месторождения // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 8–1. – С. 153–157.

6. Мерзлотные ландшафты Якутии (Пояснительная записка к Мерзлотно-ландшафтной карте Якутской АССР масштаба 1:2 500 000) / А.Н. Федоров, Т.А. Ботулу, С.П. Варламов и др. – Новосибирск: ГУГК, 1989. – 170 с.

7. Дряхлов А.Г. Влияние геотехнических систем на окружающую среду в условиях многолетней мерзлоты (на примере Колымского водохранилища): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Владивосток, 2004. – 21 с.

8. Светлов И.Б. Научное обоснование развития топливно-энергетического комплекса как природно-технической системы (на примере Дальневосточного региона): дис. ... докт. техн. наук. – Владивосток, 2006. – 303 с.

9. Попов А.П. Управление геотехническими системами газового комплекса в криолитозоне. Прогноз состояния и обеспечение надежности // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2005. – № 4. – С. 6–16.

### References

1. Priroda, tehnika, geotekhnicheskie sistemy / otv. red. V.S. Preobrazhenskij. M.: Nauka, 1978. 151 p.

2. Kankunskaja GJeS. URL: <http://old.sakha.gov.ru/node/4737> (data obrashhenija: 18.09.2017).

3. Inzhenerno-jekologicheskie issledovanija uchastkov proektnyh stvorov kaskada GJeS na r. Timpton / P.Ja. Konstantinov i dr. // Nauchnoe obespechenie realizacii megaproektov v Respublike Saha (Jakutii). Jakutsk: Kompanija Dani Almas, 2009. pp. 83–86.

4. Jenergeticheskaja strategija Respubliki Saha (Jakutija) na period do 2030 goda / Pravitelstvo Respubliki Saha (Jakutija). Jakutsk; Irkutsk: Media-holding «Jakutija», i dr.; 2010. 328 p.

5. Pavlov N.V., Pinigin D.D. Formirovanie geotekhnicheskikh sistem pri razrabotke Jelginskogo kamennougolnogo mestorozhdenija // Fundamentalnye issledovanija. 2015. no. 8–1. pp. 153–157.

6. Merzlotnye landshafty Jakutii (Pojasnitelnaja zapiska k Merzlotno-landshaftnoj karte Jakutskoj ASSR mashtaba 1:2 500 000) / A.N. Fedorov, T.A. Botulu, S.P. Varlamov i dr. // Novosibirsk: GUGK, 1989. 170 p.

7. Drijahlov A.G. Vlijanie geotekhnicheskikh sistem na okruzhajushhiju sredu v uslovijah mnogoletnej merzloty (na primere Kolymenskogo vodohranilishha): avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. Vladivostok, 2004. 21 p.

8. Svetlov I.B. Nauchnoe obosnovanie razvitija toplivno-jenergeticheskogo kompleksa kak prirodno-tehnicheskoy sistemy (na primere Dalnevostochnogo regiona): dis. ... dokt. tehn. nauk. Vladivostok, 2006. 303 p.

9. Popov A.P. Upravlenie geotekhnicheskimi sistemami gazovogo kompleksa v kriolitozone. Prognoz sostojanija i obespechenie nadezhnosti // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Neft i gaz. 2005. no. 4. pp. 6–16.