

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

## **ЦИФРОВАЯ ГЕОГРАФИЯ**

Материалы Всероссийской научно-практической конференции  
с международным участием

16–18 сентября 2020 г., г. Пермь

### **Том I**

Цифровые и геоинформационные технологии в изучении природных  
процессов, экологии, природопользовании и гидрометеорологии



Пермь 2020

УДК 911.3/3:528.9  
ББК 28.5+26.1  
Ц752

Ц752 Цифровая география : материалы Всерос. науч.-практ. конференции с междунар. участием (г. Пермь, 16–18 сентября 2020 г.) : в 2 т. Т. 1 : Цифровые и геоинформационные технологии в изучении природных процессов, экологии, природопользования и гидрометеорологии / научные редакторы С. В. Пьянков, С. А. Бузмаков, Н. А. Калинин, Н. Н. Назаров, С. В. Копытов ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Пермь, 2020. – 477 с.: ил.

ISBN 978-5-7944-3504-7  
ISBN 978-5-7944-3505-4 (Т. 1)

Рассматриваются вопросы использования данных дистанционного зондирования Земли при изучении различных природных процессов, объектов и явлений; теоретические и методические аспекты геоинформационного обеспечения и инфраструктуры пространственных данных при решении задач устойчивого развития и рационального природопользования. Особое внимание уделено решению водно-экологических, геоморфологических, метеорологических проблем, опыту разработки веб-картографических сервисов.

Конференция посвящена 65-летию географического факультета Пермского университета и 100-летию со дня рождения первого декана – профессора Б.А. Чазова.

УДК 911.2/3: 528.9  
ББК 28.5+26.1

Digital geography: proceedings of the All-Russian scientific-practical conference with international participation (Perm, September, 16–18, 2020): in 2 vols. Vol.1: Digital and GIS-technologies in the study of natural processes, ecology, nature management and hydrometeorology / Scientific editors S.V. Pyankov, S.A. Buzmakov, N.A. Kalinin, N.N. Nazarov, S.V. Kopytov; Perm State University. – Perm, 2020. – 477 pp.: ill.

There are considered the questions of use of remote sensing data in the study of various natural processes, objects and phenomena; theoretical and methodical aspects of geoinformation support and spatial data infrastructure in solving problems of sustainable development and rational nature management. Particular attention is paid to the solution of water-ecological, geomorphological, meteorological problems, the experience of developing web cartographic services.

The conference is dedicated to the 65th anniversary of the Faculty of Geography of Perm State University and the 100th anniversary of the birth of the first dean, Professor B.A. Chazov.

*Печатается по решению оргкомитета конференции*

*Мероприятие проводится при финансовой поддержке РФФИ,  
проект № 20-05-20035*

Научные редакторы:  
С.В. Пьянков, С.А. Бузмаков, Н.А. Калинин, Н.Н. Назаров, С.В. Копытов

ISBN 978-5-7944-3504-7 © ПГНИУ, 2020  
ISBN 978-5-7944-3505-4 (Т. 1)

## ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ И СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ КЛАССИЧЕСКОЙ КАРТОГРАФИИ

УДК 528.94

Р.К. Абдуллин, А.В. Тарасов, gis@psu.ru  
*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
г. Пермь, Россия*

### РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО АТЛАСА ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА УРАЛА

В статье представлена информационная основа, структура и функциональные возможности атласной информационной системы (АИС) изменений климата Урала. Она представляет собой электронный атлас с расширенными функциями визуализации и анализа данных. Интерфейс АИС организован в виде картографического веб-приложения. Информационная основа АИС включает в себя различные источники данных, такие как многолетние наблюдения на метеорологических станциях, проект WorldClim 2.0, база данных нарушений лесного покрова от ветровалов и пожаров, полученная по данным космической съемки, данные об опасных явлениях погоды с метеостанций.

*Ключевые слова:* электронный атлас, атласная информационная система, изменение климата, картографический веб-сервис.

R. Abdullin, A. Tarasov, gis@psu.ru  
*Perm State University, Perm, Russia*

### THE DEVELOPMENT OF THE DIGITAL ATLAS OF CLIMATE CHANGE IN THE URAL REGION

The article presents the information basis, structure and functionality of the atlas information system (AIS) of climate change in the Ural region. The atlas information system (AIS) is a digital atlas with enhanced visualization and data analysis functionality. AIS is published as a cartographic web application. The information base of the AIS includes various data sources, such as long-term observations at weather stations, WorldClim 2.0 project, database of forest cover disturbances caused by windthrows and fires obtained from space imagery and hazardous weather data from meteorological stations.

*Keywords:* digital atlas, atlas information system, climate change, web mapping service.

Изменения климата и их негативные последствия считаются одной из современных глобальных проблем человечества, поэтому важность их исследования на различных уровнях территориального охвата не вызывает сомнений. Одним из эффективных методов изучения изменений климата и их динамики является атласное картографирование.

В настоящее время подходы и требования к созданию климатических атласов несколько изменились, что связано с развитием ГИС-технологий, появлением

новых источников информации (например, данных реанализа) и расширением возможности оперативной актуализации климатических карт. Кроме того, получили развитие различные формы электронных атласов, среди которых наиболее совершенной формой являются атласные информационные системы (АИС), представляющие собой интерактивные электронные атласы с расширенными функциональными возможностями [3]. Для обеспечения открытого доступа и удобства работы, АИС часто создаются в виде

### Библиографический список

1. Корсакова Е.С., Пьянкова А.А., Назаров А.В. Филогенетическое разнообразие бактерий, выделенных из ризосферы мари красной (*Chenopodium rubrum* L.), произрастающей в условиях засоления на территории солеразработок (г. Соликамск, Пермский край) // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2013. Вып. 3. С. 47-51.
2. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: МГУ, 1991. 303 с.
3. Практикум по агрохимии: учебное пособие / Под ред. В.Г. Минеева. М.: МГУ, 2001. 689 с.
4. Практикум по физиологии растений / Под ред. Н.Н. Третьякова. – М., Агропромиздат, 1990. 271 с.
5. Czech L., Hermann L., Stöveken N., Richter A.A., Höppner A., Smits S.H.J., Heider J., Bremer E. Role of the Extremolytes Ectoine and Hydroxyectoine as Stress Protectants and Nutrients: Genetics, Phylogenomics, Biochemistry, and Structural Analysis // Genes. 2018. V. 177. № 9. P. 1-58.
6. Dimkpa C., Weinand T., Asch F. Plant-rhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions // Plant Cell Environ. 2009. V. 32. P. 1682-1694.

УДК 502.175:556.043

М.Г. Опекунова, А.Ю. Опекунов, С.Ю. Кукушкин, m.opekunova@mail.ru  
Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

### ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Статья посвящена основным принципам сбора, аналитической обработки и интерпретации экологических данных в условиях применения цифровых технологий для получения репрезентативной информации при оценке состояния окружающей среды. На примере многолетних геоэкологических исследований на севере Западной Сибири разработана методология проведения экологического мониторинга территории лицензионных участков нефтегазодобычи. Предложен комплекс методов, обеспечивающих унификацию сбора и обработки фактического материала, получения достоверных и сравнимых материалов, обеспечивающих необходимый контроль качества окружающей среды.

**Ключевые слова:** экологический мониторинг, нефтегазодобыча, север Западной Сибири, компоненты ландшафтов, загрязнение

M. Opekunova, A. Opekunov, S. Kukushkin, m.opekunova@mail.ru  
St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

### APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN ECOLOGICAL-GEOCHEMICAL RESEARCH

The article discusses the main issues and problems of sampling, analytical processing and interpretation of environmental data, the use of digital technology to obtain representative information in assessing the state of the environment. Based on the experience of long-term geoecological studies in the north of Western Siberia, a methodology has been developed for environmental monitoring of the territory of licensed oil and gas production areas. A set of methods is proposed that ensure the unification of the selection and processing of factual information, obtaining reliable and comparable data, providing representative environmental quality control.

**Keywords:** environmental monitoring, oil and gas production, the north of Western Siberia, components of natural landscapes, pollution

В последнее время в практику эколого-географических исследований прочно вошло применение цифровых технологий. Использование компьютерной обработки массивов данных и графическое представление их с помощью ГИС-технологий является неотъемлемой частью экологического сопровождения рационального природопользования. Всеобщая компьютеризация упростила доступ и обработку экологической информации и дала возможность применения ее при решении широкого спектра практических вопросов. Цифровые технологии упрощают процесс обработки результатов наблюдений за состоянием и изменением окружающей среды в районах размещения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, а также оценку и прогноз изменения состояния окружающей среды, выработку предложений и мероприятий по снижению и предотвращению негативного воздействия.

Вместе с тем, на фоне всеобщей экологизации и компьютеризации обозначились проблемы сбора, аналитической обработки и интерпретации экологических данных в связи с их качеством. Размещенная в открытом доступе информация о состоянии компонентов окружающей среды зачастую получена различными методами и не может быть использована при сравнительной характеристике и оценке динамики трансформации природной среды. Поэтому для обеспечения необходимого уровня унификации, аналитичности и достоверности получаемых результатов при экологическом мониторинге на территории нефтегазовых месторождений ЯНАО, возможности их практического применения, в том числе для наполнения Единого государственного фонда данных о состоянии окружающей среды и ее загрязнении составлены «Методические рекомендации по проведению локального (производственного) экологического мониторинга территории нефтегазовых месторождений в северных районах России». В основу разработанного подхода положены требования, сформулированные в Постановлении Правительства ЯНАО, 14.02.2013 г. № 56-П «О территориальной системе наблюдения за состоянием окружающей среды в границах лицензионных участках на право пользования недрами с целью добычи нефти и газа на территории Ямало- Ненецкого автономного округа».

По результатам многолетних исследований на территории нефтегазоконденсатных месторождений севера Западной

Сибири [1, 2] разработан комплексный подход для адекватной оценки антропогенной трансформации ландшафтов на основе репрезентативных наблюдений за состоянием компонентов окружающей среды с применением современных методов эколого-аналитических измерений, моделирования, биологических и дистанционных методов. В предлагаемом подходе унифицируются методы сбора, аналитической и камеральной обработки результатов экологических исследований в районах нефтегазодобычи Севера, где отсутствуют посты наблюдений.

Выполнение мониторинговых исследований проводится по сети эталонных площадей, включающих контрольные (вблизи каждого объекта инфраструктуры нефтегазового промысла) и условно-фоновые (не затронутые техногенным воздействием) станции мониторинга. Мониторинг должен проводиться 1 раз в год в период максимальной биологической активности (в июле-августе). Изучение компонентов природных наземных и аквальных комплексов (снежного покрова, поверхностных и грунтовых вод, донных отложений, почв и растительности) в ряду сопряженных ландшафтов по направлению стока. Для получения репрезентативной информации фоновые участки выбираются таким образом, чтобы охватить все разнообразие природных условий на контрольных станциях с учетом мозаичности и комплексности природных экосистем. При визуализации воздействия (загрязнения), что характерно при сливе шламовых амбаров, размещении вне подготовленных площадок промышленных отходов, сбросе пластовых вод, закладывается профиль в ряду сопряженных ландшафтов в направлении основного стока. Проводится изучение почвенных разрезов с опробованием всех генетических горизонтов и отбором грунтовых (почвенных) вод.

При полевых изысканиях в обязательный комплекс исследований входят экспресс-методы оценки физико-химических показателей воды, донных осадков, почв и снеговой воды: кислотно-щелочной показатель (рН), окислительно-восстановительный потенциал (Eh), удельная электропроводимость (ЕС) и минерализация (TDS). Измерение рН и ЕС выполняется для всех сред, в том числе твердых образцов (почва и донные осадки), для чего используются современные технологии горизонтального расположения электрода в рН-метрах и кондуктометрах (приборы фирмы Horiiba). Eh определяется только в

грунтовых и поверхностных водах. Приводимые методы имеют большое значение в фиксации отклонений физико-химических параметров среды в результате воздействия визуализированных и невизуализированных источников.

В основе организации полевых мониторинговых исследований и отбора проб лежат требования СП 47.13330.2016. Отбор, хранение и транспортировка проб воды осуществляется в соответствии с действующими стандартами (ГОСТ 31861-2012, ГОСТ 17.1.5.05-85 в части атмосферных осадков, РД 52.24.309-2016). Требования к приборам и устройствам для отбора, первичной обработки и консервации проб устанавливаются в соответствии с ГОСТ 17.1.5.04-81. Документы, регулирующие отбор проб и анализ на загрязненность донных осадков, включают ГОСТ 17.1.5.01-80, приказ МПР от 24.02.2014 г. № 112, РД 52.24.609-2013.

Пробоотбор почв осуществляется в соответствии с ГОСТ 28168-89 и ГОСТ 17.4.3.01-2017 с учетом вертикальной структуры, неоднородности почвенного и растительного покровов, рельефа и климата местности. Точность данных, получаемых при лабораторных исследованиях, определяется не только тщательностью проведения анализа, но и репрезентативностью отбора проб. Общие требования к методам отбора и подготовки проб к химическому анализу изложены в ГОСТ 17.4.4.02-2017 и ГОСТ 29269-91; показатели санитарного состояния и качества почв – в ГОСТ 17.4.2.01-81 и СанПиН 2.1.7.1287-03; требования к охране почв - ГОСТ 17.4.3.04-85.

Для фиксации малозаметных изменений окружающей среды в условиях добычи углеводородов необходимо включать биологические методы контроля загрязнения среды. В качестве биоиндикаторов техногенного загрязнения рекомендованы известные для тундровых ландшафтов растения с высокой встречаемостью и обилием и имеющие на всей территории исследований однородные свойства. К наиболее значимым видам индикаторам относятся *Ledum decumbens* (Ait.) Lodd. ex Steud. и *Cladonia stellaris* (Opiz) Pouzar&Vezd. Оценку токсичности компонентов ландшафта целесообразно проводить по результатам биотестирования с использованием *Daphnia magna* Straus. и *Chlorella vulgaris* Beijer. (ГОСТ Р 54496-2011), особенно вблизи объектов техногенеза.

Отбор проб растений на химический

анализ проводится в соответствие с СП 47.13330.2016. Основными требованиями при проведении фитоиндикационных исследований являются: изучение одновозрастных экземпляров, отбор средней пробы растений (10-20 экземпляров), определение содержания загрязняющих веществ отдельно в листьях и ветвях кустарников, исследование нескольких взаимозаменяемых видов с целью получения сквозной информации по всем природным комплексам, кратковременность проведения полевых исследований в пределах одной фенологической фазы при относительно однородных метеорологических условиях. Для изучения миграции вещества по пищевым цепям рекомендуется проводить отбор проб в период максимальной биологической продуктивности сообществ.

В качестве основных параметров для оценки ландшафтно-экологического состояния геосистем принимаются такие биоиндикаторные признаки как состав и строение фитоценоза, запасы и ежегодный прирост биомассы. Неотъемлемой частью геоботанических исследований является определение видового состава, вертикальной и горизонтальной структуры фитоценоза, отражающих особенности формирования растительного сообщества.

Оценка воздействия нефтегазодобычи на природную среду в ходе локального мониторинга лицензионных участков проводится по скорректированному *перечню загрязняющих веществ*, регламентированному Постановлением Правительства ЯНАО № 56П (табл. 1). В перечень веществ, определяемых в почве, донных отложениях и воде дополнительно включены Ba, Sr, V, Co, Na, Sc и нафталин, рост содержания которых указывает на загрязнение окружающей среды при проведении буровых работ (Ba, Sr, V, Na, нафталин), воздействии других видов промышленной деятельности (Co) или элементы служат индикатором геохимии почвообразующих пород, а также природных процессов миграции и аккумуляции вещества (Sc).

С целью унификации получаемых результатов различными изыскательскими организациями для анализа валового содержания химических элементов в твердых пробах (донные осадки, почвы, аэрозоли и растения) необходимо применение полного кислотного вскрытия образцов. Для этого используется способ последовательного разложения пробы концентрированными азотной, фтористоводородной и хлорной кислотами (ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-

98). Исключается частичное разложение проб другими кислотными вытяжками. Наиболее предпочтительными методами определения химического состава проб (включая воду) являются ИСП МС и ИСП АЭС. Определение ртути проводится непламенным атомно-абсорбционным методом (метод «холодного пара») в соответствии с требованиями ПНД Ф 16.1:2.3:3.10-98.

Таблица 1 . **Перечень загрязняющих веществ и параметров, подлежащих исследованию в компонентах окружающей среды**

Атмосферный воздух
Оценка проводится на основе анализа снега и индикаторных видов растений
Снег
pH, EC, TDS, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Cl <sup>-</sup> , нефтяные углеводороды, Feобщ, Pb <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup> , Mn <sup>2+</sup> , Cu <sup>2+</sup> , Ni <sup>2+</sup> , Cr <sup>6+</sup>
Природные воды (поверхностные и грунтовые)
pH, Eh, EC, TDS, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , Cl <sup>-</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , нефтяные углеводороды, фенолы, Feобщ, Pb <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup> , Mn <sup>2+</sup> , Cu <sup>2+</sup> , Ni <sup>2+</sup> , Cr <sup>6+</sup> , Ba <sup>2+</sup> , Vобщ., Co <sup>2+</sup> , Sr <sup>2+</sup>
Донные осадки
pH, EC, TDS, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Cl <sup>-</sup> , нефтяные углеводороды, Na, Fe, Pb, Zn, Mn, Ni, Cr, Cd, Hg, Cu, Ba, V, Sr
Почвы: органогенный и иллювиальный горизонты
pH, EC, TDS, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Cl <sup>-</sup> , нефтяные углеводороды, нафталин, фенантрен, Fe, Pb, Zn, Mn, Ni, Cr, фенолы, Na, АПАВ, Cd, Hg, Cu, V, Ba, Sr
Индикаторные виды растений: багульник <i>Ledum decumbens</i> и лишайник <i>Cladonia stellaris</i>
Na, Sr, Fe, Pb, Zn, Mn, Cu, Ni, Cr, Ba, V, Co, Cd

В почвах тундровых ландшафтов с высоким содержанием органического вещества для определения нефтепродуктов предпочтительным является флуориме-

трический метод, который направлен на определение ароматических углеводородов, в большей мере связанных с техногенным воздействием.

Критериями сравнения для определения качества компонентов служат действующие предельно допустимые концентрации (ПДК). Однако они установлены не для всех оцениваемых компонентов окружающей среды и загрязняющих веществ, в частности, они отсутствуют для донных осадков и растений. Кроме того, в природных водах тундры и лесотундры известны высокие природные концентрации железа, марганца и меди, значительно превышающие ПДК. В связи с этим при обработке геохимических данных целесообразно пользоваться фоновыми концентрациями металлов в компонентах ландшафтов, установленными для севера Западной Сибири [3].

При *интерпретации результатов* мониторинга необходимо учитывать геохимические особенности почвообразующих пород, которые определяют химический состав почв, донных осадков и растений [2, 3].

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ проект № 19-29-05081.*

Библиографический список

1. *Опекунов А.Ю., Опекунова М.Г., Кукушкин С.Ю., Ганул А.Г.* Оценка экологического состояния природной среды районов добычи нефти и газа в ЯНАО // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7: Геология, география. 2012. Вып. 4. С. 86-100.
2. *Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Кукушкин С.Ю., Арестова И.Ю.* Оценка трансформации природной среды в районах разработки углеводородного сырья на севере Западной Сибири // Сибирский экологический журнал. 2018. № 1. С. 122--38.
3. *Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Кукушкин С.Ю., Ганул А.Г.* Фоновое содержание химических элементов в почвах и донных осадках севера Западной Сибири // Почвоведение. 2019. № 4. С. 422-439.