

## **Создание базы геопространственных данных территорий, подверженных влиянию объектов нефтегазового комплекса**

*Е. Н. Кулик\*<sup>1</sup>, А. Т. Байшуаков<sup>1</sup>, Д. А. Байкин<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

\* e-mail: e.n.kulik@ssga.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается создание базы геопространственных данных и ее интеграции в геоинформационную экспертную систему с целью использования при комплексной оценке экологического риска территорий. Применяются методы геоинформационного картографирования для создания тематических слоев объектов нефтегазового комплекса. Разработана структура базы данных и выполнено ее наполнение: созданы тематические слои трубопроводного транспорта, производственных объектов нефтегазового комплекса, территориального деления субъектов Российской Федерации (федеральный, региональный, муниципальный уровни), элементов инфраструктуры (сети автомобильных и железных дорог), географических объектов (гидрография, рельеф и ландшафтно-геохимические районы). Обосновано использование сведений, необходимых для формирования структуры геопространственной базы данных территорий, подверженных влиянию объектов нефтегазового комплекса, для реализации методики оценки экологического риска с учетом ландшафтных особенностей.

**Ключевые слова:** геопространственные данные, нефтегазовый комплекс, экологический риск

## **Creation of a database of geospatial data of territories affected by oil and gas facilities**

*E. N. Kulik\*<sup>1</sup>, A. T. Bayshuakov<sup>1</sup>, D. A. Baykin<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

\* e-mail: e.n.kulik@ssga.ru

**Abstract.** The article discusses the geospatial database formation and its integration into a geoinformation expert system for use in a comprehensive assessment of the environmental risk of territories. Geoinformation mapping methods are used to create thematic layers of oil & gas complex objects. The structure of the database has been developed and has been completed: thematic layers of pipelines, oil & gas complex facilities, administrative boundaries of the Russian Federation entities (federal, regional, municipal levels), infrastructure elements (road and railway networks), geographic objects (hydrography, relief and landscape-geochemical areas) have been formed. To implement the methodology for assessing environmental risk, taking into account landscape features, the need to use special data is justified. This concerns the formation of the structure of the geospatial database of special territories that are affected by the oil & gas objects.

**Keywords.** geospatial data, oil and gas complex, environmental risk

### ***Введение***

В основе структуры нефтегазового комплекса (НГК) Российской Федерации находятся объекты высокого риска, оказывающие негативное воздействие на экологию регионов. Влияние НГК проявляется в загрязнении почв, атмосферы-

ного воздуха отходами предприятий, водных ресурсов, биоты нефтью и продуктами её переработки [1, 2]. Вопросы защиты окружающей среды и обеспечения экологической безопасности при недропользовании требуют более детального исследования проблем эколого-экономического регулирования в НГК. При этом необходима количественная оценка рисков возникновения негативных процессов и явлений, снижающих качество окружающей среды; и оценка потенциального ущерба от их проявления.

Данное исследование нацелено на создание геопространственной базы данных территорий, подверженных влиянию объектов НГК, для разработки комплексной методики оценки природно-техногенных систем в рамках эколого-экономического подхода. Методика призвана учитывать риск возникновения аварийных разливов нефтепродуктов и прогнозировать величину ущерба. Результаты применения такой методики могут быть использованы при картографировании зон экологических рисков.

Источники экологического риска – объекты нефтедобывающей, газовой (газодобыча и газопереработка), нефтеперерабатывающей, нефтехимической отраслей, нефтегазового сервиса, оптовой и розничной торговли [3].

Исходной информацией для комплексной методики должны служить:

- геопространственные данные источников экологического риска;
- концепции, стратегии и схемы территориального планирования (федеральный, региональный, муниципальный уровни);
- материалы статистики;
- картографические ресурсы.

Геоинформатика позволяет создавать карты, используя инструменты ГИС-технологий для решения общих и частных задач. Применение новых методов картографирования заключается в манипуляции очень широким набором инструментов, как для создания баз атрибутивной информации, так и для целей визуализации пространственных объектов, явлений и статистических материалов; создания сложных алгоритмических процедур анализа с использованием математических вычислений при моделировании и формировании больших данных [4, 5].

Создание тематических карт наиболее сложно автоматизировать как процесс. Тематические карты (почвенные, ландшафтные, ботанические, экономические и т.д.), применяются повсеместно. Они должны быть понятны конечному пользователю; визуализировать совокупность всех элементов; иметь четко структурированное оформление и легенды, с однозначно различимыми символами/условными знаками; обладать определенной точностью положения пространственных объектов, сохраняемой при масштабировании. Основные ГИС-приемы формирования таких карт – оверлейные операции, обеспечивающие достаточную полноту и информативность при сохранении читабельности, в условиях накопления/наложения множества слоев по мере наполнения содержания картографической базы [5, 6]. Большинство операций обеспечивается грамотным видением конечного результата в виде карты, плана, модели при значимой интерактивной составляющей участия создателя.

Геоинформационные возможности создания тематических карт, отображающих структуру и связь объектов или явлений, выходят далеко за пределы обычной векторизации и реализации самостоятельных продуктов для конкретных целей конечного пользователя, поскольку обеспечивают формирование информационной основы комплексных экспертных систем. Созданный информационный ресурс, содержащий в себе банки данных, потенциально позволит решать задачи сложного пространственного моделирования, с выдачей экспертных оценок и прогнозов при управлении природными ресурсами и объектами инфраструктуры территорий.

Необходимая географическая основа для регионального прогноза изменений природных территорий (почв, поверхностных вод и растительности), находящихся под влиянием механического и химического воздействия объектов НГК, формируется посредством ландшафтно-геохимического районирования. Использование этих данных позволяет оптимизировать природоохранные мероприятия в каждом регионе и разработать систему нормирования воздействий различных техногенных факторов на природную среду с учетом конкретных физико-географических условий [7].

Коллективом авторов [7] было произведено разделение территориальных единиц районирования, выполнена их типология на основании анализа природных условий, контролирующих процессы разложения, переноса, рассеяния, вторичной концентрации нефти и минеральных пластовых вод. Обширные территории Российской Федерации оказываются загрязненными нефтью и нефтепродуктами в процессе добычи и транспортировки углеводородов [8, 9]. В результате освоения месторождений углеводородного сырья существенно изменяется состояние естественных природных условий, в частности геологической среды, атмосферного воздуха, поверхностных и грунтовых вод, почв и растительности. Аварии на магистральных трубопроводах происходят на территории России ежегодно. Глубина проникновения нефти в почву зависит от свойств нефти и механического состава почвы. В ходе поверхностных процессов, инициированных разливами нефти и нефтепродуктов, происходит изменение физико-химических свойств почв, их качества; нефтезагрязнения влияют на макрофлору и мезофауну, а также на микробиальные почвенные сообщества [10]. К примеру, в условиях криолитозоны скорость самоочищения почв, после загрязнения нефтью, является низкой, а период восстановления растительной биомассы может длиться более 30 лет.

Научная литература предлагает различные методологии и технологии практической реализации экологического мониторинга предприятий НГК [11].

Целью данной работы является формирование структуры базы данных и принципов наполнения для потенциального использования при оценке экологического риска территорий с учетом их ландшафтных особенностей. Для достижения цели необходимо ознакомиться со спецификой экологической оценки регионов, с принципами ландшафтно-геохимического районирования и процессами, инициированными механическими нарушениями почв и растительности, а также изучить влияние добычи и транспортировки углеводородного сырья и продуктов

их переработки на состояние ландшафтов и почвенных ресурсов. Для интеграции в ГИС очень важно корректно сформировать структуру базы данных будущей экспертной системы для оценки территорий, имеющих нагрузку от объектов НГК, с учетом ландшафтно-геохимических особенностей регионов.

Формирование базы данных проводилось с использованием картографических материалов, таких как карта ландшафтно-геохимического районирования [12], схемы расположения трубопроводов [13], интерактивная карта трубопроводов РФ [14] и др. Также в работе были задействованы цифровые карты административного деления РФ [15]. Применение этих данных позволяет на основе подготовленных и структурированных векторных слоев создавать как детальные тематические карты крупных масштабов в пределах субъектов РФ, так и обзорные, в целом, для всей территории страны. При создании базы геопространственных данных территорий, подверженных влиянию объектов НГК, следует учитывать ее прямое использование при оценке возможных экологических рисков, которые возникают в случае аварийных ситуаций на трубопроводном транспорте.

Комплексная оценка экологического риска в ГИС позволяет определить экосистемы, наиболее чувствительные к поступлению загрязняющих веществ, оценить опасность любой хозяйственной деятельности и спланировать мероприятия по эколого-экономическому управлению территориями [16-18]. С учетом ландшафтных особенностей, а также природно-климатических условий, возможна разработка, на основе ГИС, рекомендаций и планируемых мероприятий для целей предотвращения и недопущения экологических катастроф и минимизации их последствий в зоне добычи и транспортировки углеводородного сырья.

### ***Методы и материалы***

Перед созданием любой геоинформационной системы необходимо собрать и подготовить все исходные материалы. Источниками являются карты, текстовые и табличные данные. Для наполнения базы геопространственных данных выполнялся ряд последовательных процедур: от получения исходных сведений до подготовки векторных слоев. Используемая в работе карта ландшафтно-геохимического районирования послужила источником информации, важной, при учете изменений природной среды под влиянием фактов добычи и транспортировки нефти: были векторизованы границы ландшафтно-геохимических областей, групп и типов районов с учетом административных границ субъектов РФ.

Работа в ГИС с любым оригиналом картографических данных начинается с анализа и установки следующих параметров: определение системы координат и проекции карты, наличие координатной сетки, масштаб исходной карты [19].

Формирование ГИС-проекта производилось в программном продукте ArcGIS (ESRI Inc.). После задания нового фрейма данных с установленными параметрами выбранной проекции, была выполнена привязка растрового оригинала карты к векторному слою координатной сетки. Формирование цифровой основы ландшафтно-геохимических районов выполнялось согласно принятой структуре с разделением содержания трех векторных слоев на ландшафтно-геохимические

области, типы и подтипы. Для сохранения информативности оригинала карты, при переносе ее в цифровую форму, была определена структура базы атрибутивных данных. В атрибутивную таблицу слоя ландшафтно-геохимического районирования была внесена информация о 20-ти областях, отнесенных к 5-ти бассейнам мирового океана. В векторный слой ландшафтных типов была включена информация об их 24-х разновидностях, относящихся к 4-м группам, соответствующих природным зонам. В структуре базы данных слоя технобиогеомов, было выделено 7 подтипов ландшафтно-геохимических районов. Таким образом, в таблицах атрибутов векторных слоев цифровой основы ландшафтно-геохимических районов была внесена основная информация о наименовании пространственных объектов, а также добавлены сведения о процессах, инициированных механическими нарушениями почв и уничтожением растительности, разливами нефти, нефтепродуктов и пластовых сточных вод на поверхность почв.

При формировании пространственной базы данных трубопроводного транспорта исходными материалами являлись векторные слои полигональных объектов муниципальных районов и субъектов РФ, линейных объектов гидрографии, дорожной сети, нефтепроводов, газопроводов и продуктопроводов, а также точечных объектов населенных пунктов. Также при формировании атрибутивной базы данных использовалась текстовая информация интерактивной карты [14]. В атрибутивные таблицы векторных слоев трубопроводного транспорта были внесены сведения о наименованиях трубопроводов и их протяженности. Отдельно указывались названия компаний, занимающихся добычей и транспортировкой углеводородного сырья.

Положение нефте- и газоперерабатывающих заводов отражено в векторных слоях пространственной базы проекта в виде точечных объектов. При уточнении местоположения заводов использовалась интерактивная карта [14]. При формировании структуры базы данных для объектов нефтегазового комплекса была внесена атрибутивная информация о 88-ми нефтепроводах, 118-ти газопроводах, 27-ми продуктопроводах, 53-х нефтеперерабатывающих заводах и 31-м газоперерабатывающем заводе. Наибольшая плотность объектов нефтегазового комплекса наблюдается на юге Урала в республике Башкортостан, в Самарской области, Ханты-Мансийском автономном округе и в Краснодарском крае. Для территорий Самарской области, по которой проходит нефтепровод проекта «Юг», проводилось локальное уточнение местоположение объектов НГК, с использованием источников более крупного масштаба: схемы развития транспортной и инженерной инфраструктуры [20].

### ***Результаты***

По итогам создания цифровой основы ландшафтно-геохимических районов была сформирована система условных знаков, базирующаяся на использовании сведений атрибутивных таблиц векторных слоев групп, типов, подтипов и областей ландшафтно-геохимического районирования (рис. 1). В соответствии с условной классификацией для отображения объектов, была выбрана палитра цветов, повторяющая цветовую схему растрового оригинала карты.

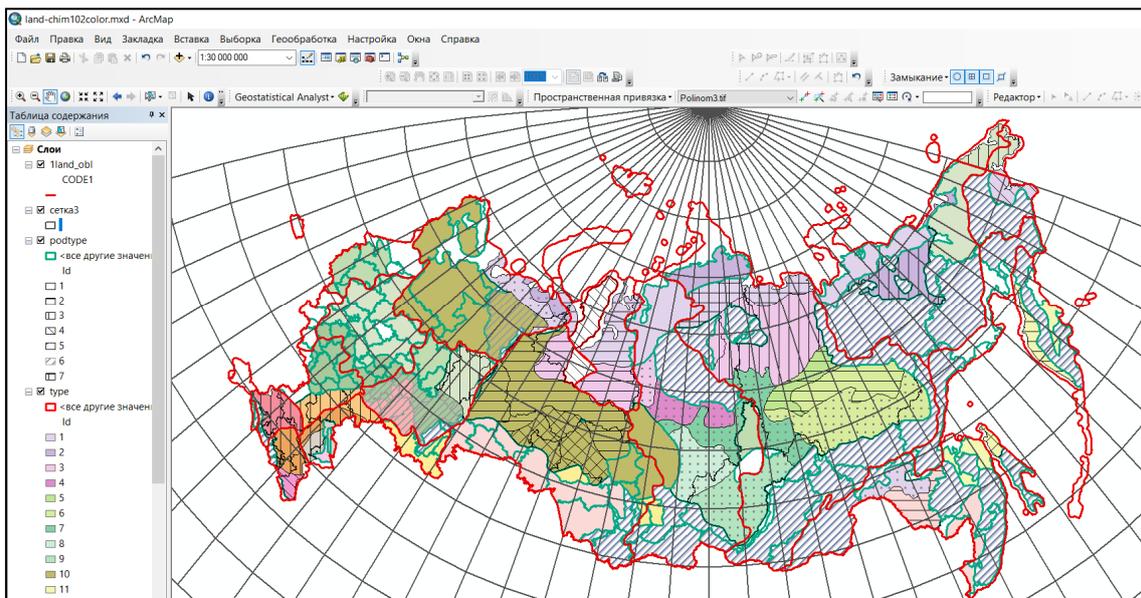


Рис. 1. Векторные слои цифровой основы ландшафтно-геохимического районирования территории РФ

Объекты НГК, включая промышленные предприятия, такие как нефте- и газоперерабатывающие заводы, представлены в виде линейных и точечных векторных слоев. Выбраны условные знаки для линейных объектов, позволяющие различить разновидности трубопроводов: нефтепроводы коричневого цвета, газопроводы голубого цвета и продуктопроводы желтого цвета.

Соответственно, для точечных объектов: нефтеперерабатывающие заводы выделены красным пунсоном, газоперерабатывающие заводы – голубым (рис. 2).

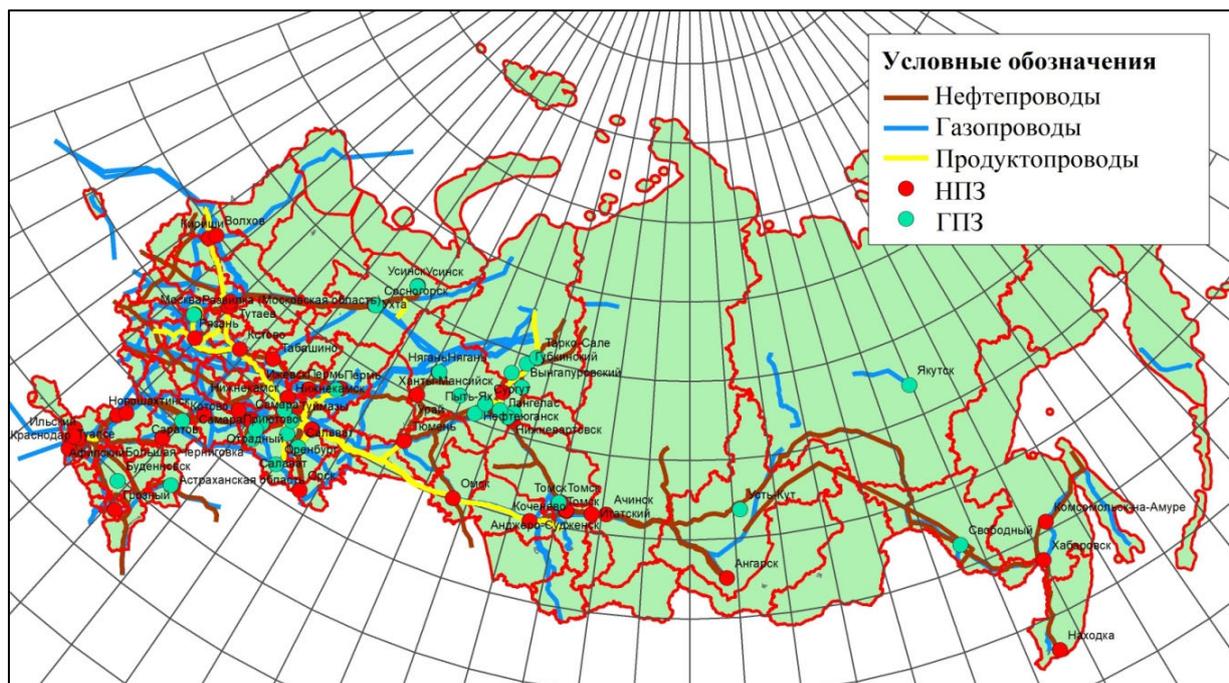


Рис. 2. Векторные слои объектов нефтегазового комплекса

Уточнение объектов НГК производилось на основе картографических материалов регионов Поволжского федерального округа. В примере (рис. 3) представлены уточненные местоположения объектов НГК в пределах границ Самарского области.

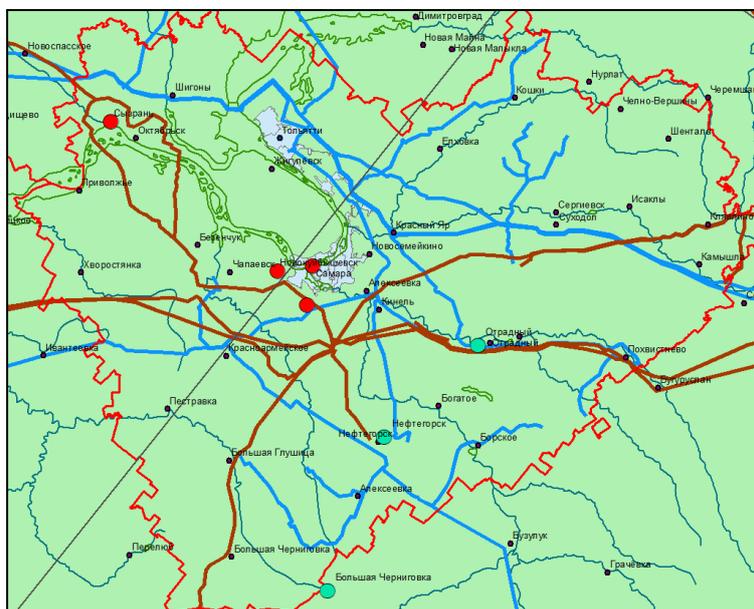


Рис. 3. Уточненные местоположения объектов нефтегазового комплекса [20]

### *Обсуждение*

В процессе исследовательской работы были рассмотрены: специфика экологической оценки регионов, принципы ландшафтно-геохимического районирования и преимущества применения технологий геоинформационного картографирования. В ГИС-проекте реализована цифровая основа, содержащая информацию о трубопроводном транспорте, нефте- и газоперерабатывающих заводах, а также о структуре ландшафтно-геохимического районирования. В перспективе планируется дополнить базы геопространственных данных, в том числе с применением данных дистанционного зондирования Земли. Их использование подразумевает, как для целей уточнения положения объектов НГК, так и для мониторинга территорий, подверженных аварийным рискам. Формирование базы геопространственных данных обеспечит возможность обнаружения и моделирования разливов нефти с учетом особенностей рельефа, гидрографии, грунтов, растительности и наличия объектов инженерной инфраструктуры [21].

### *Заключение*

В рамках решения поставленных задач исследования была разработана и сформирована структура ГИС-проекта, его базы геопространственных данных с целью использования при экологической оценке территорий подверженных влиянию объектов НГК; они способны отражать и учитывать ландшафтные особенности регионов в зонах влияния добычи и транспортировки углеводородов.

Применение ГИС позволит предложить критерии оценки экологического риска и сформировать методы его расчета и прогноза, с целью принятия решений по предотвращению и недопущению экологических проблем.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России (тема «Разработка теории и технологических решений контроля состояния защитных сооружений при перекачке нефтепродуктов методами активного дистанционного зондирования», № 0807-2020-0002).

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Влияние нефтегазовых комплексов на объекты окружающей среды / Д. Д. Фетисов, С. В. Свергузова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2011. – С. 192-194.

2. Пайвина, Д. Д. Влияние объектов нефтегазового комплекса на прилегающие территории при освоении и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений // Д. Д. Пайвина, Л. Н. Гилева / Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна (опыт, инновации): материалы десятой международной научно-технической конференции (посвященной 60-летию Тюменского индустриального университета), Тюмень, 24 ноября 2016 г. – 2016. – С. 201-203.

3. Комплексная оценка экологических рисков объектов нефтегазодобычи / Н. В. Горленко, М. А. Мурзин, С. С. Тимофеева // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2020. – №21. – С. 48-52.

4. Шихов, А. Н. Геоинформационные системы: методы пространственного анализа: учебное пособие / А. Н. Шихов, Е. С. Черепанова, С. В. Пьянков. – Пермь: ПГНИУ, 2017. – 88 с.

5. Дубровский, А. В. Геоинформационные системы: пространственный анализ и геомоделирование: учеб.-метод. пособие / А. В. Дубровский, О. И. Малыгина, В. Н. Никитин, Е. Д. Подрядчикова. – Новосибирск: СГУГиТ, 2021. – 87 с.

6. Кащенко, Н. А. Геоинформационные системы: учебн. пос. для вузов / Н. А. Кащенко, Е. В. Попов, А. В. Чечин. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2012. – 130 с.

7. Национальный атлас почв Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <https://soil-db.ru/soilatlas> (дата обращения 15.03.2022).

8. Углеводороды в почвах: происхождение, состав, поведение (обзор) / А. Н. Геннадиев, Ю. И. Пиковский, А. С. Цибарт, М. А. Смирнова // Почвоведение. – 2015. – № 10. – С. 1195-1209.

9. К вопросу обеспечения экологической безопасности на объектах добычи, переработки и транспортировки углеводородов / В. Н. Макаревич, И. Р. Макарова, Ю. И. Зытнер [и др.] // Нефтегазовая геология, теория и практика. – 2008. – Т.3. – № 4. – С. 14.

10. Features of influence of oil and oil products on soil biota / E. A. Isakova // Colloquium – journal. – 2019. – № 12 (36). – С. 4-7.

11. Саксонов, М. Н. Экологический мониторинг нефтегазовой отрасли. Физико-химические и биологические методы: учебное пособие / М. Н. Саксонов, А. Д. Абалаков, Л. В. Данько и др. – Иркутск: Иркутский государственный университет, 2005. – 114 с.

12. Прогнозное ландшафтно-геохимическое районирование по типам изменений природной среды при добыче и транспортировке нефти [Электронный ресурс]. URL: <https://soil-db.ru/soilatlas/razdel-7-antropogennye-izmeneniya-pochv-i-pochvennogo-pokrova/prognoznnoe-landshaftno-geohimicheskoe-rayonirovanie-po-tipam-izmeneniy-prirodnoy-sredy-pri-dobyche-i?ysclid=12embqclqr> (дата обращения: 15.03.2022).

13. Схемы магистральных трубопроводов ПАО «Транснефть» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.transneft.ru/pipelines/?ysclid=12en0tif1c> (дата обращения: 16.03.2022).

14. Интерактивная карта «Газопроводы и нефтепроводы России» [Электронный ресурс]. URL: <https://energybase.ru/pipeline> (дата обращения: 16.03.2022).
15. Цифровые географические основы. Россия и сопредельные государства 1:2 500 000 [Электронный ресурс]. URL: <https://vsegei.ru/ru/info/topo/?ysclid=l2emulcwn7> (дата обращения: 16.03.2022).
16. Методы оценки экологических рисков на основе разнородных данных / Н. И. Куракина, И. А. Ивлиев // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ» (Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)). – 2015. – № 2. – С. 46-51.
17. Оценка технических и экологических рисков на базе ГИС / М. А. Близна, Е. Н. Жданова // Наука настоящего и будущего. – 2018. – Т. 1. – С. 337-340.
18. Алиева, Т. И. Экологическая оценка состояния техногенно загрязненных почв вблизи нефтеперерабатывающих предприятий / Т. И. Алиева, Г. И. Байрамов // Проблемы трансформации естественных ландшафтов в результате антропогенной деятельности и пути их решения: сборник научных трудов по материалам Международной научной экологической конференции, посвященной Году науки и технологий, Краснодар, 29-31 марта 2021
19. Зольников, И. Д. Основы использования технологий ГИС и ДЗ при решении типовых задач геологии и геоэкологии: учебное пособие / И. Д. Зольников, В. А. Лямина, Н. В. Глушкова. – Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т, 2011. – 84 с.
20. Схема планирования дорог региона до 2030 года. Схема территориального планирования Самарской области [Электронный ресурс]. URL: <https://gregorkon.wordpress.com/2012/04/08/8-4-2012/amp/> (дата обращения: 18.03.2022).
21. Бондаренко, А. В. Применение ГИС-технологий для анализа риска в случае разлива нефти при аварии на нефтепроводе / А. В. Бондаренко, В. В. Татарин // Гражданская оборона на страже мира и безопасности: материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны, Москва, 1 марта 2021 г. – 2021. – С. 89-96.

© Е. Н. Кулик, А. Т. Байшуаков, Д. А. Байкин, 2022