

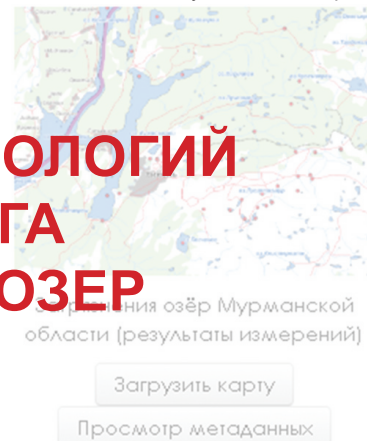
УДК 004.9

DOI: 10.47148/1609-364X-2020-3-2-9

© А.С. Шемякин, Н.А. Кашулин, О.В. Петрова

*А.С. Шемякин, Н.А. Кашулин, О.В. Петрова*

# ПРИМЕНЕНИЕ ВЕБ-ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ЗАДАЧАХ ЭКОМОНИТОРИНГА НА ПРИМЕРЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОЗЕР МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ



## Введение

При проведении программ долговременного мониторинга окружающей среды возникает целый ряд проблем, связанных с хранением, обработкой, визуализацией полученных данных, представлением их в форме, пригодной для принятия управленческих решений или/и восприятия населением. Проблема усугубляется тем, что число контролируемых природных географически распределенных объектов может быть велико, мониторинг осуществляется различными структурами по своим программам (которые могут различаться целями, методами, периодичностью и т.д.). Получаемый объем первичной информации требует структурированного хранения, специального многофакторного анализа для выявления долговременных трендов и оценки опасности возможных негативных явлений, различного уровня доступности и обобщения результатов для различных потребителей информации (население, научные исследования, управленческие структуры и т.д.). При этом должны соблюдаться авторские права владельцев информации.

Представляется наиболее приемлемым решением данных проблем использование ГИС-ориентированных информационных систем, позволяющих привязать базы данных первичной информации к конкретным географическим объектам и выполнять обработку накопленной информации. Развитие информационных технологий позволяет реализовывать данные технологии в веб-пространстве, что обеспечивает доступность получаемой информации потребителями различного уровня. В данной статье мы рассматриваем различные пути реализации данных возможностей. В частности мы рассматриваем пример реализации Веб-ГИС-портала «Гидрохимические характеристики озер Мурманской области». Данный проект позволяет получить информацию об изученности и состоянии экосистем озер одного из наиболее индустриально развитых регионов Арктики.

## Обзор используемых технологий для организации web ГИС-порталов

Условно разработчиков ГИС-порталов (ГИС – геоинформационная система) можно разделить на 2 «лагеря»: сторонников использования GeoServer/MapServer (и сопутствующего программного обеспечения с открытым кодом) и сторонников продуктов семейства ArcGIS. Выбор в большинстве случаев обуславливается финансовыми возможностями исследователей и/или потребителей, нежели функционалом используемых программных комплексов.

Так, например, в [1] приводятся ссылки на существующие геоинформационные порталы, и в качестве одного из инструментов создания таких ресурсов предлагается использовать платформу ArcGIS Online [2]. Данный продукт доступен по платной подписке, но имеет неоспоримое преимущество – от пользователя требуются лишь геоданные, которые он желает разместить в Интернете. Все остальное платформа берет на себя.

В работе [3] сервис ArcGIS Online использовался для картирования озерно-бассейновых систем белорусского парка «Нарочанский». В исследовании в качестве топоосновы использовались карты OpenStreetMap [4].

В некоторых проектах может потребоваться не просто опубликовать карты, но и сопроводить их поясняющим текстом либо дополнить различными медиаресурсами, например видеофайлами. Компания ESRI предлагает своим пользователям сервис Story Map Journal [5]. В этом случае ГИС-портал больше будет напоминать интерактивный журнал с перелистываемыми страницами, нежели традиционный сервис интернет-карт. Такой подход использовался в [6], где при помощи Map Journal и ArcGIS Online был создан геопортал, используемый для оценки природно-ресурсного потенциала Ростовской области и Кабардино-Балкарской Республики.

В [7] совместно используются как ArcGIS Online, так и ArcGIS Server [8]. Хотя эти продукты

имеют схожий функционал и назначение, у них имеются отличия. ArcGIS Online использует серверную инфраструктуру компании ESRI. В свою очередь, ArcGIS Server разворачивается на серверах организации, использующей данный продукт. Исследователи в [7] в качестве основного программного комплекса использовали [8], а [2] – для несложных рабочих задач.

Говоря об использовании коммерческих ГИС, нельзя не упомянуть об успешном совместном использовании ArcGIS и открытого программного обеспечения. Так, в [9] для создания атласа Алтае-Саянского региона использовался комплекс программ: картографический сервер GeoServer [10] и продукты компании ESRI (к сожалению, в статье авторы не раскрывают, какие именно). Такая же связка ESRI и GeoServer использовалась в [11] для разработки интерактивных карт зон затопления.

Отдельно стоит упомянуть и отечественную коммерческую ГИС-разработку, которая позволяет создавать ГИС-порталы – Scanex GeoMixer [12]. При помощи данного программного комплекса был разработан георесурс «Новая Москва», который позволяет проводить геолого-экологические исследования при решении задач в области оценки и управления территориями, учитывая при этом природные условия [13].

Еще одним российским разработчиком геоинформационных систем является КБ «Панорама» [14]. При помощи ее продуктов Webservice SE и «ГИС Сервер», а также открытого программного обеспечения OpenLayers [15], PostgreSQL [16] и PostGIS [17] в исследовании [18] разработан веб-сервис, при помощи которого осуществляется мониторинг состояния берегов, состояния и режима использования водоохранных зон. В качестве топоосновы электронной карты использовались данные [4].

Если говорить об исследованиях, в которых использовалось преимущественно программное обеспечение с открытым кодом [19-23], то можно сделать следующие выводы. В качестве сервера геоданных в большинстве случаев используется GeoServer, немного реже – MapServer [24]. Для хранения геоданных используется сервер баз данных PostgreSQL и расширение к нему PostGIS. Клиентская часть ГИС-портала реализуется при помощи библиотеки OpenLayers. В некоторых случаях могут использоваться дополнительные библиотеки для создания сложного пользовательского интерфейса. Например, в [21] для этого применялась библиотека GeoExt [25], а в [20] для организации взаимодействия компонентов ГИС-портала использовалась веб-платформа Django [26].

Проведенный анализ существующих работ показал, что большинство исследователей предпочитают использовать программное обеспечение с открытым исходным кодом. Отчасти это объясняется ограничениями финансовых возможностей, но не следует отбрасывать возможность реализовать специфический функционал, требуемый тем или иным ГИС-порталом. Хотя, существующие коммерческие решения, например, компании ESRI, и покрывают значительную часть потребностей подавляющего большинства пользователей, иногда требуется реализовать функционал, недоступный на коммерческой платформе.

Так, например, в [20] требовалось предварительно обрабатывать данные спутниковых снимков и наземных измерительных комплексов при помощи дополнительных программных модулей. Использование программ Open Source позволило автоматизировать эти задачи, однако в случае эксплуатации коммерческих платформ здесь могли бы возникнуть сложности – просто в силу «закрытости» таких программных комплексов.

С другой стороны, использование открытого программного обеспечения в некоторой степени напоминает детский конструктор – у вас есть множество разнообразных элементов, и из них можно построить объект любой степени сложности. Такая степень свободы действий является неоспоримым преимуществом, но требует значительных трудовых и временных затрат на реализацию проекта, и для многих исследований это может быть неприемлемым. Как показал обзор, значительная часть усилий исследований тратится на разработку пользовательского интерфейса, который состоит, в общем случае, из довольно стандартных элементов.

В данной работе показано, как можно создать в короткие сроки работоспособный ГИС-портал с продвинутым пользовательским интерфейсом на основе существующих open-source-компонентов, который «из коробки» будет иметь базовые функции по охране авторских прав владельцев информации о результатах экомониторинга. Настоящее исследование является продолжением [27].

### Использование инструментария QGIS для создания ГИС-порталов

Сообщество QGIS [31] разработало геосервер QGIS Server [32], использующий те же программные модули, что и настольная ГИС QGIS. Это облегчило пользователям публикацию электронных карт в интернете.

Для организации ГИС-портала средствами QGIS требуется:

1. Настольная версия ГИС QGIS – для подготовки электронных карт к публикации.
2. Apache [33] – наиболее популярный веб-сервер.
3. Геосервер QGIS Server [34] – обеспечивает выдачу геоданных в ответ на запросы пользователя.
4. LizMap [35] – клиентский веб-интерфейс для геосервера. В настоящее время существует несколько решений [36], LizMap выбран как наиболее хорошо документированный и динамично развивающийся проект.
5. LizMap Plugin [37] – модуль расширения QGIS. Назначение модуля – сформировать конфигурационный файл, на основе которого веб-интерфейс LizMap будет предоставлять данные пользователю.

Схематично работу ГИС-портала можно представить следующим образом (см. рис. 1).

Ядром сервиса электронных карт является веб-сервер Apache. QGIS Server устанавливается как дополнение к Apache в виде CGI-модуля. Клиентское приложение LizMap является самостоятельным веб-приложением, созданным на языке PHP. Техническая реализация этого приложения такова, что на одном веб-сервере может быть установлено несколько копий LizMap. Осуществляется это посредством т.н. виртуальных хостов, при этом каждая копия клиентского приложения работает независимо от других. Одним из этапов настройки LizMap является

создание репозитория – каталога на сервере, где работает Apache, в котором администратор ГИС-портала будет размещать файлы проектов QGIS. Более подробно процедура установки и настройки Apache, LizMap, QGIS Server на сервере, работающем под управлением Windows, описана в [38]. После того, как все компоненты установлены и настроены, необходимо загрузить в репозиторий LizMap хотя бы один проект QGIS.

Разработчик электронных карт создает проект в геоинформационной системе QGIS. Когда электронная карта готова, ее необходимо подготовить к публикации. Для этого в свойствах проекта необходимо указать некоторые метаданные. Это может быть, например, информация о создателях карты, контактные данные, название карты, под которым она будет видна в веб-клиентах наподобие LizMap, настройки доступных масштабов и видимой области по умолчанию. Строго говоря, этот этап не является обязательным, но корректные метаданные улучшают восприятие пользователем.

После заполнения метаданных проекта разработчик карты должен запустить LizMap Plugin для того, чтобы сформировать файл конфигурации. На основе этого файла веб-приложение LizMap будет осуществлять взаимодействие пользователя и геосервера. Конфигурационный файл имеет множество опций, основными являются настройки видимости слоев и настройки видимости карты по умолчанию в веб-приложении. По завершении формирования

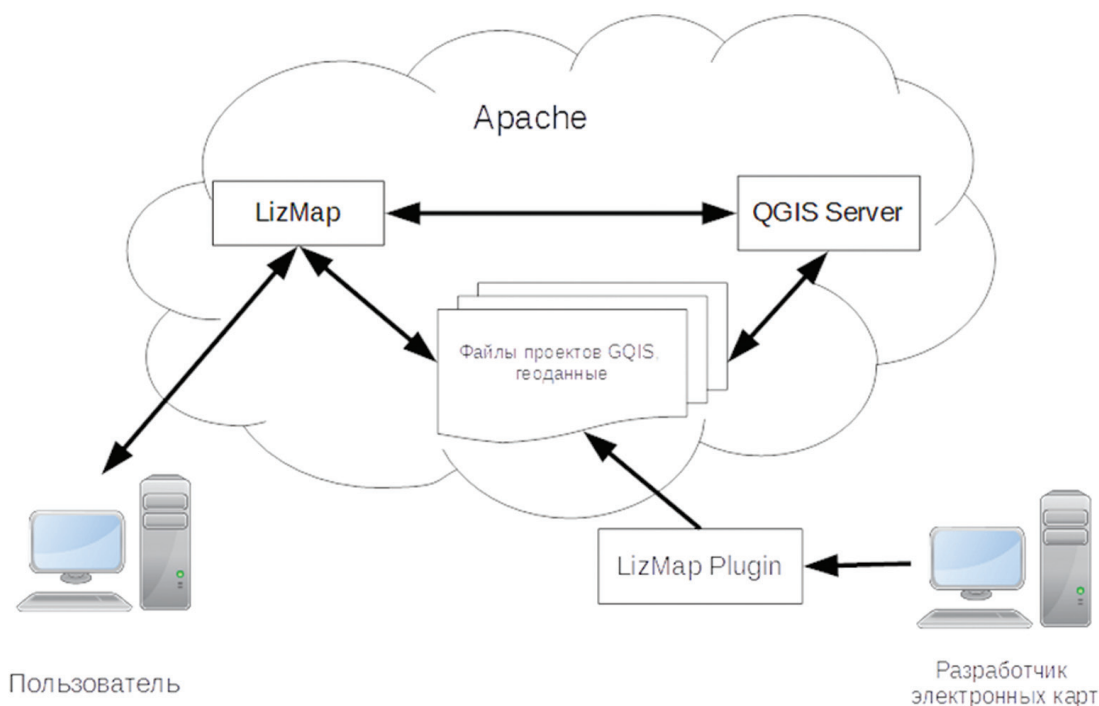


Рис. 1. Схема работы ГИС-портала

Fig. 1. GIS-portal scheme

файла настроек он сохраняется, также сохраняется файл проекта QGIS. Заключительным этапом публикации электронной карты является выгрузка файлов проекта и конфигурационного файла в репозиторий LizMap посредством FTP.

Для доступа к ГИС-порталу пользователь в браузере обращается к доменному имени, указанному в настройках виртуального хоста Apache. Главная страница ГИС-портала (доменное имя qgis.demo является отладочным и недоступно через Интернет) может выглядеть примерно так, как показано на рис. 2.

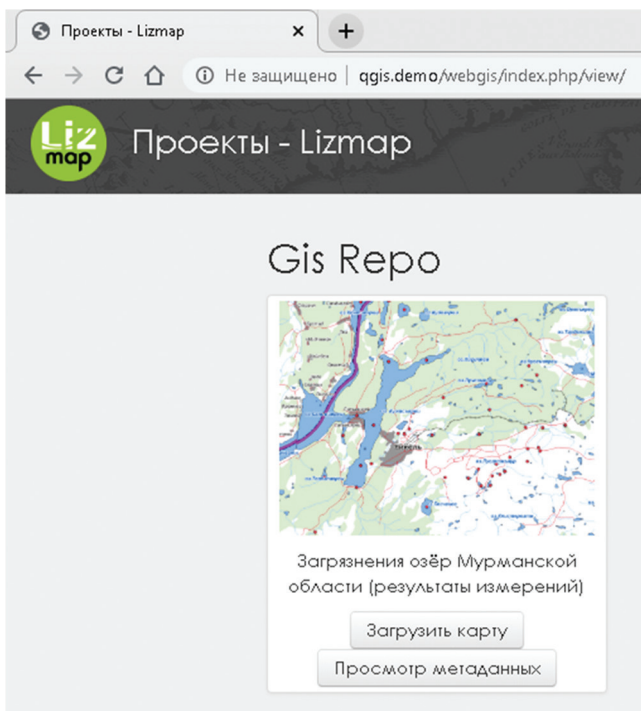


Рис. 2. Примерный вид главной страницы ГИС-портала

Fig. 2. Sample view of GIS-portal main page

### Электронная карта загрязнений озер Мурманской области с доступом через Интернет

Авторский коллектив разработал веб-версию карты «Гидрохимические характеристики озер Мурманской области» с использованием инструментария QGIS, описанного выше. В качестве базовой карты использовалась лицензионная цифровая модель топоосновы масштаба 1:200 000 на территорию Мурманской области.

Данная лицензионная топооснова была дополнена слоем с результатами многолетних измерений уровня загрязнений водоемов Мурманской области, выполненных Лабораторией водных экосистем ИППЭС КНЦ РАН (см. [27]). В результате

этих наблюдений проводился мониторинг более чем 40 гидрохимических параметров (например, [28–30]). Примерный внешний вид электронной карты приведен на рис. 3.

На карте красными маркерами обозначены водные объекты, на которых проводились измерения уровня загрязнений. Кликнув на том или ином маркере, пользователь сможет посмотреть ассоциированные с данным объектом результаты измерений. Например, для залива Белый Камень озера Куэтсьярви доступно порядка 20 результатов исследований, проведенных в разное время (см. рис. 4). По запросу пользователь получает общую информацию, содержащую количество проведенных измерений, их даты, измеряемые параметры, и общие гидрохимические параметры на запрашиваемую дату. Для получения полной гидрохимической информации пользователю предлагается сделать запрос или получить доступ на условиях обладателя прав на данную информацию.

Защита авторских прав владельцев гидрохимической информации реализована путем обязательной регистрации пользователей сайта, подписания соглашения на соблюдение авторских прав и обязательной ссылкой на авторов при использовании получаемой информации.

### Заключение

Использование геосервера QGIS Server в связке с клиентским веб-приложением LizMap позволяет существенно упростить и ускорить процедуру создания ГИС-портала. В то время как QGIS Server является «независимым» программным продуктом, LizMap специально разрабатывался для взаимодействия с данным геосервером. Клиентское веб-приложение предоставляет разработчику полностью работоспособный пользовательский интерфейс, позволяя направить свои усилия на развитие портала. Следует также отметить, что LizMap имеет функции ограничения прав доступа к геоданным и атрибутивной информации – при помощи механизма «логин-пароль». В данной работе это позволяет организовать защиту авторских прав владельцев гидрохимической информации и геоданных.

Создание веб-версии карты «Гидрохимические характеристики озер Мурманской области» является первым шагом в реализации проекта доступности информации о состоянии природных сред Мурманской области, получаемой Лабораторией водных экосистем ИППЭС КНЦ РАН. Планируется дополнить данный проект блоками «Гидрология», «Донные отложения озер Мурманской области», «Гидробионты озер Мурманской области», а также блоками обработки и визуализации

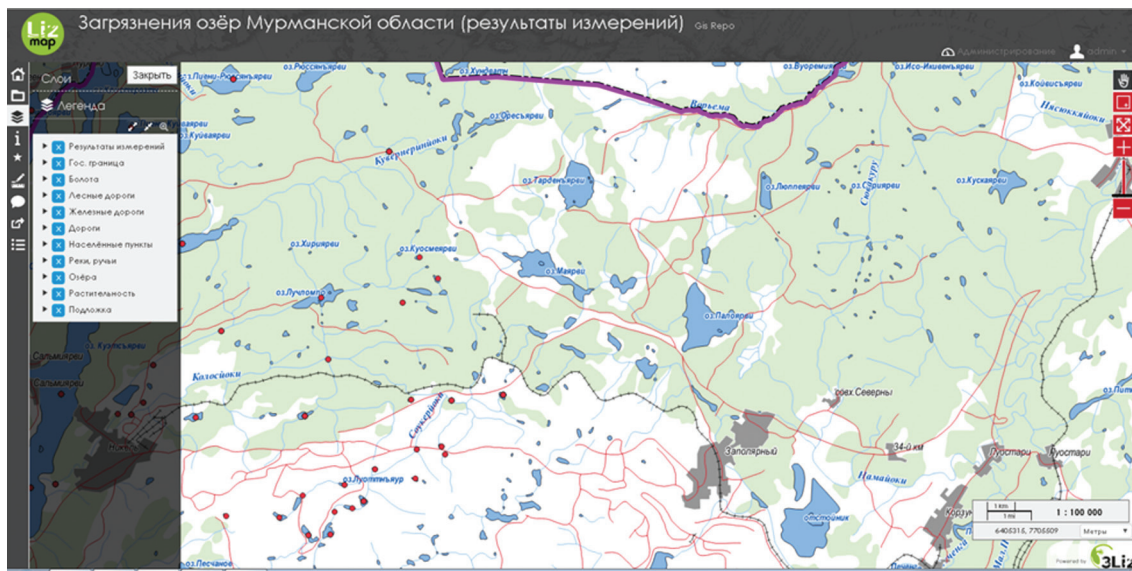


Рис. 3. Примерный внешний вид электронной карты

Fig. 3. Sample view of electronic map

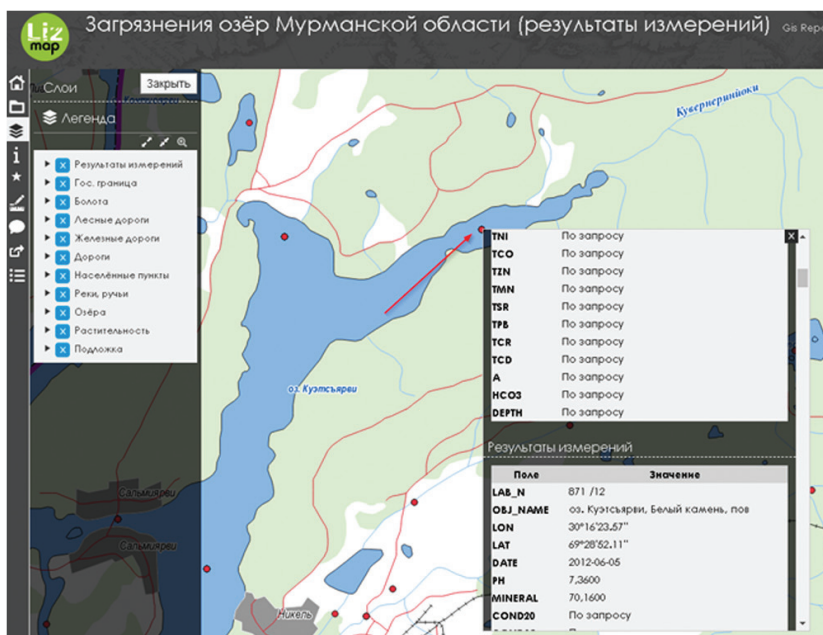


Рис. 4. Просмотр результатов измерений для выбранного водного объекта

Fig. 4. View measurement results for selected water object

первичных данных. Реализация проекта позволит повысить доступность экологической информации как для населения, так и для органов, принимающих решения, и научных организаций. Работа выполнена в рамках темы госзадания № 0226-2019-0035 «Модели и методы конфигурирования адаптивных многоуровневых сетцентрических систем управления региональной безопасностью в Арктической зоне Российской Федерации» при поддержке гранта РФФИ № 18-05-60125 «Крупные озера Арктики

в условиях глобальных и региональных изменений окружающей среды и климата».

**Ключевые слова:** гидрохимическая информация, ГИС, QGIS, ГИС-портал.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Крючкова Г.Н., Титов Е.В. Перспективы создания геоэкологических сервисов на сайтах экологических организаций // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2015. – Т. 2, № 11. – С. 671-673.

2. ArcGIS Online. – URL: <https://www.arcgis.com/index.html> (дата обращения: 19.03.2020).
3. Токарчук О.В., Токарчук С.М. Картирование озёрно-бассейновых систем территории национального парка «Нарочанский» // Псковский региональный журнал. – 2018. № 4 (36). – С. 65-81.
4. Openstreetmap. – URL: <https://www.openstreetmap.org/> (дата обращения: 19.03.2020).
5. ESRI Story Map Journal. – URL: <https://storymaps-classic.arcgis.com/ru/app-list/map-journal/> (дата обращения: 23.03.2020).
6. Архипова О.Е. Веб-ГИС для оценки сценариев использования природно-ресурсного потенциала южного макрорегиона // Интеркарто. Интергис. – 2017. – Т. 23, № 2. – С. 144-156.
7. Ткачев А.В., Булов С.В., Рундквист Д.В., Похно С.А., Вишневская Н.А., Никонов Р.А. Веб-ГИС «Крупнейшие месторождения мира» // Геоинформатика. – 2015. – № 1. – С. 47-59.
8. Что такое ArcGIS Server? – URL: <https://enterprise.arcgis.com/ru/server/latest/get-started/windows/what-is-arcgis-for-server-.htm> (дата обращения: 19.03.2020).
9. Ротанова И.Н., Репин Н.В. Подходы к созданию веб-атласа Алтае-Саянского экорегиона // Известия Алтайского государственного университета. – 2014. – № 3-1(83). – С. 128-132. DOI: 10.14258/izvasu(2014)3.1-23.
10. GeoServer is an open source server for sharing geospatial data. – URL: <http://geoserver.org/> (дата обращения: 19.03.2020).
11. Ловцкая О.В., Кошелёв К.Б., Балдаков Н.А. Web-ГИС для визуализации результатов моделирования опасных гидрологических ситуаций // Известия АО РГО. – 2015. – № 4 (39). – С. 49-52.
12. GeoMixer – веб-геоинформационная платформа для широкого спектра задач. – URL: <http://geomixer.ru/> (дата обращения: 19.03.2020).
13. Лурье И.К., Прохорова Е.А., Семин В.Н., Сакиркина М.А. Разработка веб-картографического обеспечения эколого-географической оценки развития территории Новой Москвы // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2017. – № 5. – С. 49-57.
14. ГИС «Панорама». – URL: <https://gisinfo.ru/> (дата обращения: 23.03.2020).
15. A high-performance, feature-packed library for all your mapping needs. – URL: <https://openlayers.org/> (дата обращения: 23.03.2020).
16. PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Relational Database. – URL: <https://www.postgresql.org/> (дата обращения: 23.03.2020).
17. PostGIS – Spatial and Geographic objects for PostgreSQL. – URL: <https://postgis.net/> (дата обращения: 23.03.2020).
18. Ткаченко И.В., Недоцуков А.С., Борох Н.Д. Разработка веб-картографического обеспечения мониторинга состояния берегов, состояния и режимов использования водоохраных зон водохранилищ с использованием библиотеки OpenLayers // Информационные технологии. Проблемы и решения. – 2019. – № 1 (6). – С. 152-156.
19. Зиновьев А.Т., Ловцкая О.В., Балдаков Н.А., Дьяченко А.В. Геоинформационное обеспечение для решения гидрологических задач // Вычислительные технологии. – 2014. – Т. 19, – № 3. – С. 14-26.
20. Донцов А.А., Суторихин И.А. Геоинформационная система регистрации гидрологических параметров внутриматериковых водных объектов // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2018. – Т. 1, № 4. – С. 74-80.
21. Титов А.Г., Окладников И.Г. Архитектура геоинформационной веб-системы климатического мониторинга на основе сервисов пространственных данных // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. – 2014. – Т. 12, № 1. – С. 79-88.
22. Абрамова Л.В., Алешко Р.А., Батраков Н.М., Гурьев А.Т., Шошина К.В., Щеников В.С. Разработка геопортала как сервиса публикации картографических данных // Международный студенческий научный вестник. – 2014. – № 4. – С. 20-28.
23. Кадочников А.А. Особенности построения геопрограммных веб-приложений и сервисов для систем мониторинга состояния окружающей природной среды // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. – 2015. – Т. 8, № 7. – С. 908-916.
24. MapServer : open source web mapping. – URL: <https://mapserver.org/> (дата обращения: 24.03.2020).
25. GeoExt – JavaScript Toolkit for Rich Web Mapping Application. – URL: <https://geoext.org/> (дата обращения: 24.03.2020).
26. The web framework for perfectionists with deadlines. – URL: <https://www.djangoproject.com/> (дата обращения: 24.03.2020).
27. Шемякин А.С., Кашулин Н.А., Петрова О.В. Средства обработки гетерогенных данных в геоинформационных системах // Информационные ресурсы России. – 2019. – № 4. – С. 15-20.
28. Kashulin N.A. et al. Catalogue of lakes in the Russian, Finnish and Norwegian Border Area. – Institute of the North Industrial Ecology Problems KSC RAS, 2008.
29. Кашулин Н.А. и др. Экологический каталог озер Мурманской области: Северо-Западная часть Мурманской области и приграничные территории сопредельных стран. – Апатиты : КНЦ РАН, 2009. Ч. 1: 226 с., Ч. 2: 262 с.

30. Кашулин Н.А. и др. Аннотированный экологический каталог озер Мурманской области (Восточная часть. Бассейн Баренцева моря). – Апатиты : КНЦ РАН, 2010.
31. QGIS : Свободная географическая система с открытым кодом. – URL: <https://qgis.org/ru/site/> (дата обращения: 31.03.2020).
32. About QGIS Server. – URL: [https://issues.qgis.org/projects/qgis/wiki/QGIS\\_Server\\_Tutorial](https://issues.qgis.org/projects/qgis/wiki/QGIS_Server_Tutorial) (дата обращения: 31.03.2020).
33. Apache HTTP server project. – URL: <https://httpd.apache.org/> (дата обращения: 31.03.2020).
34. About QGIS Server // QGIS : QGIS Application. – URL: [https://issues.qgis.org/projects/qgis/wiki/QGIS\\_Server\\_Tutorial](https://issues.qgis.org/projects/qgis/wiki/QGIS_Server_Tutorial) (дата обращения: 03.31.2020).
35. Lizmap is an open-source software designed by 3Liz. – URL: <https://www.3liz.com/en/lizmap.html> (дата обращения: 03.31.2020).
36. Qgis web clients comparison // QGIS : QGIS Application. – URL: [https://issues.qgis.org/projects/qgis/wiki/Qgis\\_web\\_clients\\_comparison](https://issues.qgis.org/projects/qgis/wiki/Qgis_web_clients_comparison) (дата обращения: 03.31.2020).
37. Lizmap QGIS Plugin. – URL: <https://github.com/3liz/lizmap-plugin> (дата обращения: 03.31.2020).
38. Installing Apache, QGIS Server, And Lizmap Web Client On Windows OS // Open.gis.lab. – URL: <https://opengislab.com/blog/2018/7/7/updated-installing-apache-qgis-server-and-lizmap-on-windows-os> (дата обращения: 03.31.2020).

#### REFERENCES

1. Kryuchkova G.N., Titov E.V. Prospects of the geoecological service on sites of environmental organizations // Actual problems of aviation and astronautics. 2015. V. 2, No. 11. P. 671-673.
2. ArcGIS Online. URL: <https://www.arcgis.com/index.html> (date of access: 03.19.2020).
3. Tokarchuk O.V., Tokarchuk S.M. Mapping of lake-basin systems of the territory national park «Narochansky» // Pskov Regional Journal. 2018. No. 4 (36). P. 65-81.
4. Openstreetmap. URL: <https://www.openstreetmap.org/> (date of access: 03.19.2020).
5. ESRI Story Map Journal. URL: <https://storymaps-classic.arcgis.com/en/app-list/map-journal/> (date of access: 03.23.2020).
6. Arkhipova O.E. Web-GIS for assessing scenarios of using natural resource potential of southern macroregion // Interkarto. Intergis. 2017. V. 23, No. 2. P. 144-156.
7. Tkachev A.V., Bulov S.V., Rundqvist D.V., Pohno S.A., Vishnevskaya N.A., Nikonov R.A. Web-GIS «The largest deposits of the world» // Geoinformatics. 2015. No 1. P. 47-59.
8. What is ArcGIS Server? URL: <https://enterprise.arcgis.com/en/server/latest/get-started/windows/what-is-arcgis-for-server-.htm> (date of access: 03.19.2020).
9. Rotanova I.N., Repin N.V. The Approaches to the Creation of the Altai-Sayan Ecoregion Web-atlas // Izvestiya of Altai State University. 2014. No. 3-1 (83). P. 128-132. DOI: 10.14258/izvasu(2014)3.1-23.
10. GeoServer is an open source server for sharing geospatial data. URL: <http://geoserver.org/> (date of access: 03.19.2020).
11. Lovtskaya O.V., Koshelev K.B., Baldakov N.A. Web-GIS for visualization of modelling results of dangerous hydrological events // Bulletin Of The Altay Branch Of The Russian Geographical Society. 2015. No. 4 (39). P. 49-52.
12. GeoMixer – web-based geographic information platform for a wide range of tasks. URL: <http://geomixer.ru/> (date of access: 03.19.2020).
13. Lurie I.K., Prokhorova E.A., Semin V.N., Sakirkina M.A. Provision of web-cartographic support for the ecological and geographical assessment of the new moscow territory development // Moscow University Bulletin. Series 5. Geography. 2017. No. 5. P. 49-57.
14. GIS «Panorama». URL: <https://gisinfo.ru/> (date of access: 03.23.2020).
15. OpenLayers : A high-performance, feature-packed library for all your mapping needs. URL: <https://openlayers.org/> (date of access: 03.23.2020).
16. PostgreSQL : The World's Most Advanced Open Source Relational Database. URL: <https://www.postgresql.org/> (date of access: 03.23.2020).
17. PostGIS : Spatial and Geographic objects for PostgreSQL. URL: <https://postgis.net/> (date of access: 03.23.2020).
18. Tkachenko I.V., Nedotsukov A.S., Borokh N.D. Development of web-cartographic support for monitoring the state of the coast, the state and modes of use of water protection zones of reservoirs using the openlayers library // Information Technologies. Problems and Solutions. 2019. No. 1 (6). P. 152-156.
19. Zinoviev A.T., Lovtskaya O.V., Baldakov N.A., Dyachenko A.V. Geoinformation support for solving hydrological problems // Computational technologies. 2014. V. 19, No. 3. P. 14-26.
20. Dontsov A.A., Sutorikhin I.A. Geoinformation system of registration of hydrological parameters of intracontinental water objects // Interexpo Geo-Siberia. 2018. V. 1. No. 4. P. 74-80.
21. Titov A.G., Okladnikov I.G. Architecture of web-GIS for climate monitoring based on geospatial data services // Bulletin of Novosibirsk State University. Series: Information Technology. 2014. V. 12, No. 1. P. 79-88.
22. Abramova L.V. Geoportal development as a service publications map data / Abramova L.V., Aleshko R.A.,

- Batrakov N.M., Guryev A.T., Shoshina K.V., Schenikov V.S. // International Student Scientific Herald. 2014. No. 4. P. 20-28.
23. Kadochnikov A.A. Features Construction Geospatial Web Applications and Services for the Environmental Monitoring Systems // Journal of the Siberian Federal University. Series: Equipment and Technologies. 2015. V. 8, No. 7. P. 908-916.
24. MapServer : open source web mapping. URL: <https://mapserver.org/> (date of access: 03.24.2020).
25. GeoExt – JavaScript Toolkit for Rich Web Mapping Application. URL: <https://geoext.org/> (date of access: 24.03.2020).
26. Django : The web framework for perfectionists with deadlines. URL: <https://www.djangoproject.com/> (date of access: 03.24.2020).
27. Shemyakin A.S., Kashulin N.A., Petrova O.V. Means of processing heterogeneous data in geographic information systems // Information Resources of Russia. 2019. No. 4. P. 15-20.
28. Kashulin N. A. et al. Catalog of lakes in the Russian, Finnish and Norwegian Border Area. Institute of the North Industrial Ecology Problems KSC RAS, 2008.
29. Kashulin N.A. et al. Ecological catalog of lakes in the Murmansk region: North-Western part of the Murmansk region and border areas of neighboring countries. Apatity : KSC RAS, 2009. Part 1: 226 p., Part 2: 262 p.
30. Kashulin N.A. et al. Annotated ecological catalog of lakes in the Murmansk region (Eastern part. Basin of the Barents Sea). Apatity : KSC RAS. 2010.
31. QGIS : a Free and Open Source Geographic System. URL: <https://qgis.org/en/site/> (date of access: 03.31.2020).
32. About QGIS Server // QGIS : QGIS Application. URL: [https://issues.qgis.org/projects/qgis/wiki/QGIS\\_Server\\_Tutorial](https://issues.qgis.org/projects/qgis/wiki/QGIS_Server_Tutorial) (date of access: 03.31.2020).
33. Apache HTTP server project. URL: <https://httpd.apache.org/> (date of access: 03/31/2020).
34. About QGIS Server // QGIS : QGIS Application. URL: [https://issues.qgis.org/projects/qgis/wiki/QGIS\\_Server\\_Tutorial](https://issues.qgis.org/projects/qgis/wiki/QGIS_Server_Tutorial) (date of access: 03.31.2020).
35. Lizmap is an open-source software designed by 3Liz. URL: <https://www.3liz.com/en/lizmap.html> (date of access: 03.31.2020).
36. Qgis web clients comparison // QGIS : QGIS Application. URL: [https://issues.qgis.org/projects/qgis/wiki/Qgis\\_web\\_clients\\_comparison](https://issues.qgis.org/projects/qgis/wiki/Qgis_web_clients_comparison) (date of access: 03.31.2020).
37. Lizmap QGIS Plugin. URL: <https://github.com/3liz/lizmap-plugin> (date of access: 03.31.2020).
38. Installing Apache, QGIS Server, And Lizmap Web Client On Windows OS // Open.gis.lab. URL: <https://opengislab.com/blog/2018/7/7/updated-installing-apache-qgis-server-and-lizmap-on-windows-os> (date of access: 03.31.2020).