

**Библиографический список**

1. ГОСТ 25100–2011. Грунты. Классификация. Издание официальное. МНТКС. 60 с.
2. Данилов Б.С. Кластерный анализ в EXCEL // Строение литосферы и геодинамика. Иркутск, 2001. С. 18–19.
3. Инженерная геология России. Том 1. Грунты России / Под ред. В.Т. Трофимова, Е.А. Вознесенского, В.А. Королева. М.: КДУ, 2011. 672 с.
4. Макаров С.А., Рященко Т.Г., Акулова В.В. Геоэкологический анализ территорий распространения природно-техногенных процессов в неоген-четвертичных отложениях Прибайкалья. Новосибирск: Наука, 2000. 160 с.
5. Рященко Т.Г., Ухова Н.Н. Химический состав дисперсных грунтов: возможности и прогнозы (Восточная Сибирь). Иркутск: Изд-во ИЗК СО РАН, 2008. 131 с.
6. Рященко Т.Г., Чернышова Ю.В. Микроструктура и физико-химические свойства глинистых грунтов (опыт применения кластерного анализа) // Вестник ИрГТУ. 2010. № 4. С. 41–44.

УДК 528:338.26

СОЗДАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ЗАБАЙКАЛЬСКОМ НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ© С.А. Седых¹

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
664033, Россия, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1.

В Байкальском регионе весьма актуален вопрос применения технологий геоинформационных систем (ГИС) для обеспечения мониторинга состояния окружающей среды. Исследование направлено на создание ГИС-проекта для программы комплексного экологического мониторинга Забайкальского национального парка, включающего базовые, дистанционные и тематические пространственные данные, позволяющие формировать специальные тематические карты и базу данных по наблюдениям. Предложен метод, основанный на разных масштабных уровнях для цифровых карт и позиционных атрибутивных данных, с детальной проработкой разных аспектов картографирования объектов мониторинга.

Ключевые слова: национальный парк; экологический мониторинг; ГИС; картографирование, база данных; ландшафты.

CREATION OF THE GIS SYSTEM OF ECOLOGICAL MONITORING IN THE ZABAIKALSKY NATIONAL PARK**S.A. Sedykh**

Sochava Institute of Geography SB RAS,
1 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033, Russia.

The application of GIS technology for environmental monitoring is a relevant question for protected areas in the Lake Baikal region. The study aims at the creation of a GIS project for an integrated environmental monitoring program in the Zabaikalsky National Park. The GIS project includes basic, remote sensing and thematic spatial data that enable to develop observation-based special thematic maps and a database. As a result, the paper proposes a method based on different scale levels for digital maps and positional attribute data, with the detailed study of various mapping aspects of the objects of monitoring.

Keywords: national park; environmental monitoring; GIS; mapping; database; landscapes.

Введение. В настоящее время в развитых и развивающихся странах актуально развитие технологий геоинформационных систем (ГИС) для обеспечения мониторинга состояния окружающей среды на особо охраняемых природных территориях (ООПТ), где расположены важные рекреационные объекты. В РФ организация экологического мониторинга на геоинформационной основе поставлена как приоритетная задача в Концепции развития системы ООПТ федерального значения на период до 2020 года, что отвечает прогрессивным мировым тенденциям. Современные работы по ГИС-картографированию объектов и явлений на ООПТ активно ведутся службой леса США (US Forest Service) на охраняемых и подотчетных территориях для формирования обширной базы геоданных. Примером общественной и частной инициативы в этой

области могут служить ГИС-проекты для инвентаризационных и исследовательских задач центра экологических исследований Тахо (Калифорнийский Государственный Университет, Дэвис) и Тахо Института Естественных Наук (Тахо Института Естественных Наук (Тахо Institute of Natural Science) в водосборном бассейне озера Тахо (штаты Калифорния и Невада).

В России в настоящее время для ряда национальных парков и заповедников также созданы или создаются геоинформационные системы, включающие функцию экологического мониторинга (Центрально-лесного государственного природного биосферного заповедника, Алтайского заповедника и др.).

Актуальность и цель исследования. Забайкальский национальный парк (ЗНП) расположен в центральной экологической зоне Байкальской природной

¹Седых Сергей Анатольевич, кандидат географических наук, научный сотрудник лаборатории картографии, геоинформатики и дистанционных методов, тел.: (3952) 426760, e-mail: sedykh@li.ru

Sedykh Sergei, Candidate of Geography, Researcher of the Laboratory of Mapping, Geoinformatics and Remote Sensing Methods, tel.: (3952) 426760, e-mail: sedykh@li.ru



территории (БПТ). По физико-географическому районированию БПТ парк находится в границах среднебайкальского горно-таежного и подтаежно-котловинного округа Байкальской котловинной прибрежной подпровинции, а также части Баргузинского высокогорно-гольцового округа Прибайкальской гольцово-горно-таежной и котловинной провинции [1]. Здесь расположены уникальные аквальные комплексы Чивыркуйского и Баргузинского заливов, пляжи и береговые комплексы с песчаными дюнами (рис. 1). Над заливами возвышается плато Святого Носа с гольцовыми, горно-тундровыми и горно-таежными ландшафтами. На Чивыркуйском перешейке широко представлены озерно-болотные виды. Разные типы гольцовых, подгольцовых и горно-таежных ландшафтов распространены в обширной системе Баргузинского хребта.

Редкие и эндемичные виды растений и животных, памятники природы широко представлены на всей территории ЗНП.

Общая площадь свежих гарей 2011–2013 гг. составляет около 16 км².

Масштабные исследования по обустройству рекреационной инфраструктуры проводились при планировании парка в 1980-х годах, когда были определены его территория, режимы охраны участков. Геоэкологические и рекреационные исследования с элементами мониторинга проводились сотрудниками СО РАН и некоторых вузов с момента основания парка, в том числе по изучению ландшафтов и их компонентов, наблюдений на научных полигонах и трансектах, планированию рекреации [2–4].



Рис. 1. Инвентаризационная карта объектов экологического мониторинга в Забайкальском парке



В настоящее время ЗНП, Баргузинский заповедник и Фролихинский заказник находятся в стадии объединения в новую организационную структуру «Заповедное Подлеморье», изменяются подходы и принципы управления территорией. При этом постоянно увеличиваются туристские потоки и воздействие на уникальные природные комплексы, особенно на берега Чивыркуйского и Баргузинского заливов (25 тыс. только зарегистрированных посетителей в летний период, 10 тыс. – в зимний). Всего 500–600 человек из них размещаются в пяти небольших турбазах (4 – в Чивыркуйском заливе), что составляет менее 2% от общего числа посетителей.

Большая часть рекреантов проживает в летних палаточных лагерях на побережье Чивыркуйского и Баргузинского заливов на песчаных пляжах, зимой – в мобильных строениях. Экологический туризм также популярен, но на его долю приходится примерно лишь 22% от общего числа посетителей. На территории парка функционируют 5 пеших и 2 водных туристических маршрутов: водный, пеший, горный, орнитологический, научный, комбинированный и лыжный. К источникам постоянного антропогенного воздействия в границах ЗНП также относятся деревни Курбулик (128 чел.) и Катунь (12 чел.). В зимний период мобильные строения и машины размещают на берегу и льду Чивыркуйского залива. Автомобильный и водный транспорт является основным источником загрязнения вод залива.

Комплексного экологического мониторинга в ЗНП в данное время не существует, проводятся только отраслевые локальные наблюдения (государственный экологический мониторинг в настоящее время затрагивает лишь загрязнение вод Чивыркуйского и Баргузинского заливов, состояние лесного фонда) или же на отраслевых научных биосферных полигонах. В связи с этим главная цель исследования – геоинформационное и картографическое обеспечение мониторинга состояния геосистем и развития рекреации на основе ГИС-проекта для программы экологического мониторинга, с возможностью расширения до многокомпонентной ГИС.

Методы исследования. Программа геоинформационного экологического мониторинга для ЗНП предполагает наблюдения за современным состоянием рекреационной деятельности и антропогенным влиянием на природные комплексы. Для комплексного исследования таких объектов необходим импактный (локальный) мониторинг. Этот вид мониторинга предусматривает наблюдения за антропогенным воздействием на локальном уровне, точки которых располагаются на участках наиболее активного и потенциально опасного антропогенного воздействия. Он требует использования цифровых базовой топографической и тематических картографических основ, их детализации в крупном масштабе.

Мониторинг рекреационного воздействия с применением геоинформационного и картографического обеспечения должен включать непрерывные наблюдения и сбор различной информации. Основным методом проведения мониторинга, связанного с воздействием

рекреации, – периодические наблюдения на ландшафтах, где размещены рекреационные объекты и адекватные им пункты. В качестве последних могут выступать полигоны слежения, ключевые участки, контрольная площадь, профиль, экскурсионный маршрут, стоянка туристов и др. Выбор периодичности зависит от специфики контролируемых параметров, характеристик наблюдаемых объектов и явлений, а также доступности объекта. При этом для одних параметров устанавливается строго определенная периодичность, а для других она может варьироваться в зависимости от конкретной цели исследования. Пространственная визуализация производится на картах крупного или же среднего масштабов. Параметры мониторинга по компонентам природной среды и регламент прописываются в базе данных пунктов мониторинга.

Геоинформационное обеспечение мониторинга состоит из трех подсистем: информационной, технологической и аналитической. Основу информационной подсистемы составляют цифровые векторные базовые и тематические слои, космические и другие растровые данные, объектная атрибутивная информация. Технологическая подсистема поддерживает функционирование всех операций ГИС-обеспечения мониторинга. Аналитическая – включает анализ данных и разработку экологически обоснованных решений. Полученные результаты располагают в картографических и атрибутивных базах данных.

Современным инструментом информационной основы мониторинга являются ГИС с развитыми инструментами работы с различными данными. На базе пакетов MapInfo Professional, Панорама и ENVI осуществляется не только сбор, обработка и хранение информации, но также ее детальный анализ. Наиболее значимая проблема заключается в совмещении предметной и информационной областей, создании единой системы ГИС-мониторинга.

Формирующаяся ГИС-мониторинга ЗНП направлена на выполнение следующих задач:

- создание общей базы данных из разнородной исходной информации для ее интеграции и автоматизации работы; составление цифровых карт-основ среднего и крупного масштаба на исследуемую территорию; инвентаризацию объектов;
- сбор данных используется для получения информации из различных источников для выполнения научных и практических задач, принятия решений, формирования баз данных в MapInfo, MS Access, ORACLE;
- создание и ведение баз данных экологического мониторинга; обработку ДДЗ, построение классификаций, использование трансформаций на основе нормализованных индексов (NVDI, EVI и др.);
- составление тематических карт ландшафтов и его компонентов, функционального зонирования, современного использования земель и моделирование (3D-рельефа, динамики процессов в геосистемах и др.);
- обработку и анализ данных мониторинга для экологической оценки и разработки природоохранных



мероприятий при проектировании и строительстве рекреационных объектов;

- представление итоговых цифровых карт и баз данных в открытом доступе на геопортале, на основе технологий WEB-интерфейса Mapserver и SQL-Server, их актуализации и дополнения.

Уровни мониторинга. Вся система мониторинга строится относительно источников воздействия на окружающую среду. Источниками воздействия выступают либо объекты туристско-рекреационной и социально-хозяйственной инфраструктуры, либо рекреанты и местное население. Воздействие объектов инфраструктуры на окружающую природную среду в значительной степени зависит от соблюдения природоохранных норм и правил. Основным методом мониторинга в этом случае является сравнительная характеристика проектных и фактических показателей состояния и размещения объектов туризма и рекреации, а также использования ими природных ресурсов.

В ходе исследования было определено три уровня мониторинга по масштабу пространственной детализации, видам и формам представления геоинформации (см. табл.). На субрегиональном уровне рассматриваются общие сведения о парке в различных формах представления информации (тематические карты и данные). К локальному относятся данные полигонов мониторинга, планировочных центров (пунктов) и осей, природные комплексы. На топоуровне (микро) представлены отдельные точки мониторинга, формирующие сеть режимных наблюдений.

Первичные источники включают широкий спектр данных. Их сбор, ввод, преобразование и обработка необходимы для формирования общей базы данных и создания цифровых карт-основ среднего и крупного масштаба на исследуемую территорию, а также для инвентаризации рекреационных объектов в целом.

Источники данных делятся на позиционные и непозиционные.

Дистанционные растровые данные представлены в форматах GeoTiff, MrSID, IMG и др. Пополнение актуальных дистанционных данных во многом зависит от возможностей приобретения, в открытых источниках территория хорошо представлена в базах ИТЦ СканЭкс-Яндекс, Google.

Непозиционные данные хранятся в форматах XLS, MDB и др.; полевые описания – в формате TXT. Векторные итоговые данные представлены в форматах MapInfo. Система управления базами данных на базе программно-языковых и аппаратных средств SQL позволяет создавать, вести и актуализировать их на основе геореляционных таблиц и баз Access, непозиционных данных в реляционной форме.

Проведение инвентаризационных работ позволило сформировать базу данных об исходном (фоновом) состоянии окружающей природной среды, объектов рекреационной, социально-хозяйственной инфраструктуры и рекреантов, а также жизнедеятельности парка. На основе полевых исследований, обработки и анализа аэрокосмических, картографических материалов определялись: структура наблюдательной сети, включающая объекты рекреационно-планировочной организации территории (турбазы, палаточные лагеря, населенные и рыболовецкие пункты, туристские тропы); пробные площадки; учетные площадки и ходы; полигоны мониторинга и полигоны-трансекты. В особую группу входят памятники природы, уникальные природные объекты и объекты историко-культурного наследия. В ходе исследования созданы карты и геореляционные таблицы, в которых представлены сведения о населенных пунктах, рекреационных объектах и туристских маршрутах, проведен семиотический анализ, создание картознаков и их значений.

Источники данных и уровни мониторинга

Источники информации	Топоуровень мельче 1:500–1:50 000	Локальный уровень 1:50 000–1:200 000	Субрегиональный уровень 1:200 000
Базовые картографические	Топографические планы на площадки (проекция Гаусса-Крюгера, ПЗ-90)	Топографические и тематические карты (проекция Гаусса-Крюгера в системах эллипсоида Красовского и ПЗ-90)	Общегеографические карты
Дистанционные данные	Сверхвысокого разрешения (QuickBird-2, GeoEye, Ikonos, RapidEye, аэросъемка)	Высокого разрешения (Aster (Terra), Landsat 7, 8 TM, комбинации 4-5-1, 4-3-2, 7-3-1), цифровые модели на основе радарных данных SRTM и ASTER GDEM	Высокого и среднего разрешения (Terra (Aqua) для мониторинга пожаров и производные слои)
Полевые и геодезические	GPS, полевые описания		
Тематические данные	Ландшафтные и компонентные карты на полигоны, полигоны-трансекты, площадки и точечные объекты, геохимические данные	База данных мониторинга, ландшафтные карты и компонентов, лесоустройство	Карты районирования и зонирования
Прочая информация	Статистические данные, литературные описания, фото, метаданные (файлы с описаниями всех данных).		

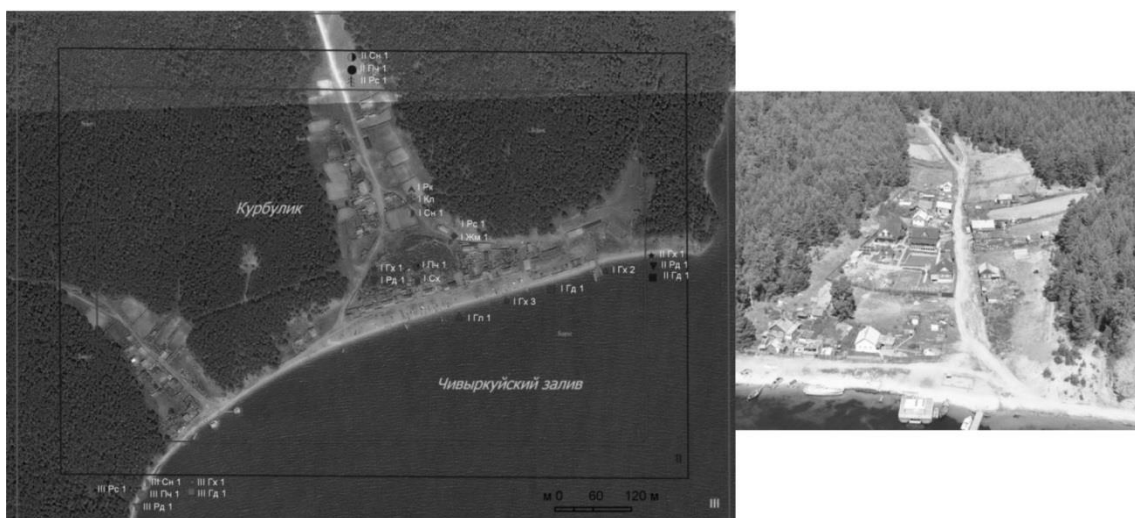


Рис. 2. Размещение точек наблюдения на участке «Курбулик» на космоснимке GeoEye-1 (разрешение 1,65 м). Зоны: I – источников воздействия (рабочая); II – буферная, III – фоновая (контрольная). Виды мониторинга: Рк – рекреационные объекты; Сх – социально-хозяйственные объекты; Сн – снежный покров; Кл – климат; Гх – геохимическая среда; Рд – радиационная среда; Пв – поверхностные воды; Пч – почвы; Рс – растительный покров

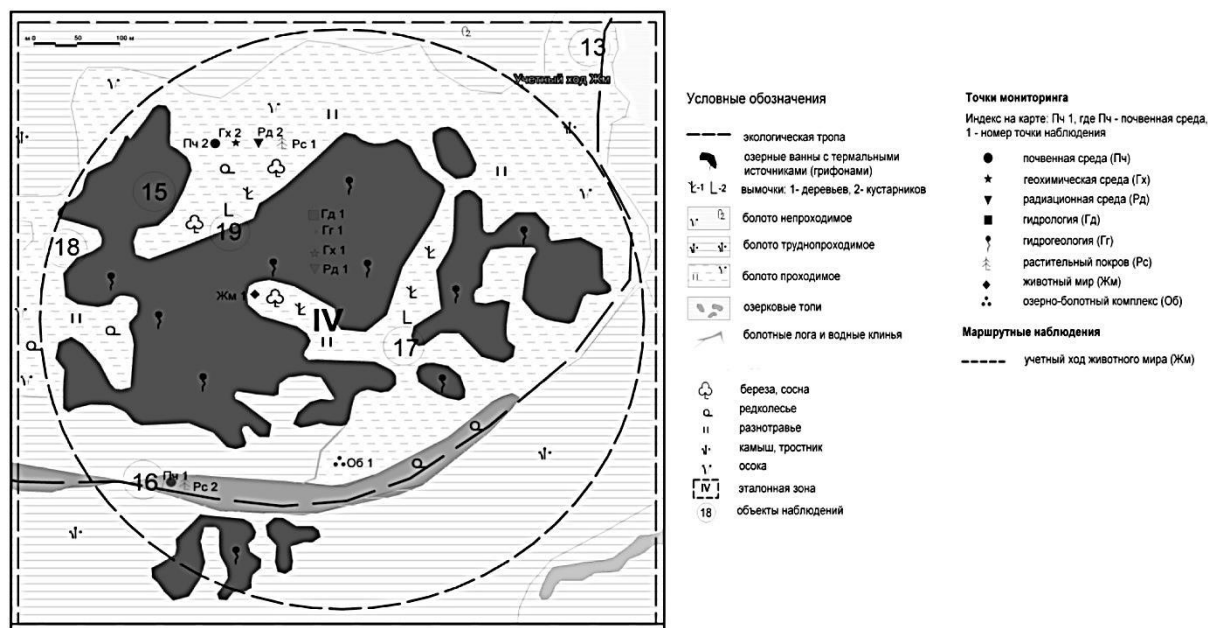


Рис. 3. Ландшафтный план памятника природы «Кулиные источники»

На топоуровне на участках и полигонах представлены отдельные точки мониторинга, формирующие сеть режимных наблюдений. На объекты наблюдений выделены три зоны с точками наблюдения за источниками воздействия и компонентами ландшафта (рис. 2). На эталонных участках, где нет значимого антропогенного воздействия, но велика экологическая и научная ценность, предложен мониторинг в пределах одной зоны (рис. 3).

Заключение. Увеличение антропогенного воздействия от рекреационной деятельности требует сохранения уникальной природы ЗНП, модернизации и современных методов создания туристско-рекреационного комплекса. Долгосрочное направление реализации программы экологического ГИС-

мониторинга – сбор актуальных данных, их анализ для принятия решений и оперативного использования администрацией и работниками парка, привлеченными специалистами. Сведения, полученные при периодических наблюдениях и анализе проб, а также пространственная визуализация информации необходимы ученым-экспертам, органам исполнительной власти, представителям турбизнеса и заинтересованным частным лицам.

Разработка ГИС-проекта для программы комплексного мониторинга состояния геосистем и антропогенного воздействия позволяет сформировать актуальную базу пространственных данных, включающую базовые и тематические карты и охватывающую три масштабных уровня. На локальном и топо- уровнях



предложен подход с максимальной детализацией точек наблюдения на объекте за физическим воздействием и геохимическими показателями, с последующим внесением результатов в базу данных мониторинга. Постепенно формирующийся банк знаний поз-

воляет развивать направление по изучению и картографированию состояния как ландшафтов в целом, так и их отдельных природных компонентов.

Статья поступила 10.11.2014 г.

Библиографический список

1. Плюснин В.М. и др. Географические исследования Сибири. Структура и динамика геосистем. Новосибирск: Изд-во "Гео", 2007. Т. 1. 452 с.
2. Абалаков А.Д. и др. Территориальная организация Забайкальского национального парка. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2003. 125 с.
3. Абалаков А.Д. и др. Геоэкологические основы организации научно-учебного полигона на особо охраняемых природных территориях: Забайкальский национальный парк. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2011. 147 с.
4. Abalakov A.D. and others. Recreational Utilization of the Fauna: Transbaikalian National Park. Saarbrücken: Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. 142 p.
5. Седых С.А. и др. Программа организации геоинформационного экологического мониторинга туристско-рекреационного комплекса Забайкальского национального парка // Российский журнал устойчивого туризма. 2011. № 1. С. 26–33.

УДК 550.348.64(571/55)

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЮЖНОМ ПРИБАЙКАЛЬЕ В СВЯЗИ С ПОИСКАМИ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

© Р.М. Семенов¹, П.С. Бадминов², М.Н. Лопатин³, А.И. Оргильянов⁴, И.Г. Крюкова⁵

^{1,3}Иркутский государственный университет путей сообщения,

664074, Россия, г. Иркутск, ул. Чернышевского, 15.

^{1,2,4,5}Институт земной коры СО РАН,

664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128.

Рассмотрен метод прогноза землетрясений, основанный на изучении вариаций содержания растворенного гелия в глубинной воде Байкала. С целью повышения достоверности результатов предложено включение в обработку данных, получаемых не с одного, а с трех пунктов гидрогеохимических наблюдений в Южном Прибайкалье.

Ключевые слова: гидрогеохимические исследования; растворенный в глубинной воде гелий; очаг землетрясения; энергетический класс землетрясения; условная энергетическая характеристика.

HYDROGEOCHEMICAL INVESTIGATIONS IN THE SOUTHERN BAIKAL REGION DUE TO THE SEARCH FOR EARTHQUAKE PRECURSORS

R.M. Semenov, P.S. Badminov, M.N. Lopatin, A.I. Orgilyanov, I.G. Kryukova

Irkutsk State University of Railway Engineering,

15 Chernyshevsky St., Irkutsk, 664074, Russia.

Institute of the Earth's Crust SB RAS,

128 Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russia.

The paper treats the method of earthquake prediction based on the study of dissolved helium variations in deep waters of the Lake Baikal. In order to improve the reliability of obtained results it is proposed to process observation data from three rather than from one station of hydrogeochemical observations in the Southern Baikal region.

Keywords: hydrogeochemical studies; helium dissolved in deep water; earthquake focus; earthquake energy class; conditional energy characteristic.

¹Семенов Рудольф Михайлович, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории инженерной сейсмологии и сейсмогеологии ИЗК СО РАН, профессор ИргУПС, тел.: 89086607683, e-mail: semenov@crust.irk.ru
Semenov Rudolf, Doctor of Geological and Mineralogical sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Engineering Seismology and Seismic Geology of the Institute of the Earth's Crust SB RAS, Professor of Irkutsk State University of Railway Engineering, tel.: 89086607683, e-mail: semenov@crust.irk.ru

²Бадминов Прокопий Сократович, ведущий инженер лаборатории гидрогеологии, тел.: 89025139137, e-mail: prokop_sbada@mail.ru.

Badminov Prokopy, Leading Engineer of the Hydrogeology Laboratory, tel.: 89025139137, e-mail: prokop_sbada@mail.ru

³Лопатин Максим Николаевич, аспирант, тел.: 89041369108, e-mail: flamewolf@mail.ru

Lopatin Maxim, Postgraduate, tel.: 89041369108, e-mail: flamewolf@mail.ru

⁴Оргильянов Алексей Юльевич, главный специалист лаборатории гидрогеологии, тел.: 89027666075, e-mail: irig@crust.irk.ru

Orgilyanov Aleksei, Chief Specialist of the Hydrogeology Laboratory, tel.: 89027666075, e-mail: irig@crust.irk.ru

⁵Крюкова Ирина Георгиевна, ведущий инженер лаборатории гидрогеологии, тел.: 89027673097, e-mail: irig@crust.irk.ru.

Kryukova Irina, Leading Engineer of the Hydrogeology Laboratory, tel.: 89027673097, e-mail: irig@crust.irk.ru