

УДК: 004:528:504.4:553.98(282.256.341)
DOI: 10.52349/0869-7892_2023_94_68-74

А. Г. Кичигин, Е. В. Кучменко (СО ФГБУ «Росгеолфонд», ООО «Байкальский центр»),
Н. М. Соловьев (СО ФГБУ «Росгеолфонд»)

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕРНЕТ-КАРТОГРАФИИ ДЛЯ АНАЛИЗА И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТ ПО ГЕОЛОГИЧЕСКОМУ ИЗУЧЕНИЮ ОПАСНЫХ ПРОЦЕССОВ, СВЯЗАННЫХ С МИГРАЦИЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗОНЕ БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ

Приведены сведения о работах по каталогизации и картографированию опасностей на озере Байкал, связанных с процессами миграции углеводородов. Предложено решение проблемы доступа пользователей к результатам изучения и наблюдений путем создания на основе информационных технологий Интернет-картографии специального Геопортала, обеспечивающего оперативный доступ государственных органов власти, органов местного самоуправления, организаций и граждан к информации о существующих в настоящее время на Байкале опасностях, связанных с процессами миграции углеводородов. Приведены основные критерии выбора технических решений и основной функционал, необходимые при создании Геопортала.

Ключевые слова: Байкал, Байкальская природная территория, углеводороды, опасные геологические процессы, каталогизация, картографирование, информационные технологии, Интернет-картография, Геопортал.

A. G. Kichigin, E. V. Kuchmenko (SB FSBI «Rosgeolfond», Baikal Center LLC),
N. M. Solovjev (SB FSBI «Rosgeolfond»)

USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES FOR INTERNET MAPPING FOR THE ANALYSIS AND PRESENTATION OF RESULTS OF GEOLOGICAL STUDYING HAZARDOUS PROCESSES RELATED TO THE HYDROCARBON MIGRATION IN THE CENTRAL ENVIRONMENTAL ZONE OF THE BAIKAL NATURAL AREA

Information about the cataloging and mapping of hazards on Lake Baikal associated with hydrocarbon migration processes is given. A solution to the problem of user access to results of studies and observations is proposed by developing a special geoportal based on Internet mapping information technologies that provides operational access for state authorities, local governments, organizations and citizens to information on hazards currently existing on Lake Baikal due to hydrocarbon migration processes. Main criteria for choosing technical solutions and the main functionality required for developing the geoportal are given.

Keywords: Baikal, Baikal Natural Area, hydrocarbon, hazardous geological processes, cataloging, mapping, information technology, Internet mapping, Geoportal.

Для цитирования: Кичигин А. Г., Кучменко Е. В., Соловьев Н. М. Применение информационных технологий Интернет-картографии для анализа и представления результатов работ по геологическому изучению опасных процессов, связанных с миграцией углеводородов в центральной экологической зоне Байкальской природной территории // Региональная геология и металлогения. – № 94. – 2023. – С. 68–74. DOI: 10.52349/0869-7892_2023_94_68-74.

Введение. Уникальность Байкала и его недр заключается в том, что он одновременно является водным, седиментационным и нефтегазоносным бассейном. В нем присутствуют все признаки нефтегазоносности, присущие другим известным нефтегазоносным бассейнам: наличие терриген-

ных осадков большой мощности (более 10 км), присутствие рассеянного органического вещества в концентрации, достаточной для формирования нефтегазоматеринских толщ. Термобарические условия благоприятны для масштабной генерации газообразных и жидких углеводородов.

Изучение углеводородов (УВ) на Байкале началось около 250 лет назад с исследования естественных проявлений газа, нефти и битумов. Наиболее активно изучение УВ на Байкале проводилось с 1930-х годов преимущественно с целью поиска месторождений. В XXI веке изучение УВ на Байкале выполняется в основном силами научных и геологических организаций с научными целями.

Одним из важных направлений изучения процессов миграции УВ на Байкале в последние годы является обобщение уже накопленных знаний, а также каталогизация и картографирование всех известных проявлений для анализа их влияния на экосистему и минимизации их опасного воздействия на людей.

Геологические особенности. В результате эмиграции из нефтегазоматеринских толщ в водной толще Байкала, на дне озера и по его берегам сформировались следующие углеводородные системы: выходы свободного горючего газа и нефти, накопление залежей нефтяных битумов и газовых кристаллогидратов, углеводородные газы, растворенные в водной толще и донных осадках. Природные процессы миграции углеводородов (УВ) и формы их проявления фиксируются на Байкале преимущественно в акватории озера [1; 3–5].

В местах естественных нефтепроявлений на дне озера образуются отложения тяжелых фракций нефти, в водной толще фиксируются восходящие капли легких фракций нефти, а на поверхности озера – нефтяная пленка на воде или пятна и лужицы нефти на льду.

Естественные выходы УВ газов на Байкале более многочисленны, чем нефтепроявления. На больших глубинах озера (более 800 м) УВ газы, поступающие из осадочной толщи, образуют на дне озера и в донных осадках залежи газовых кристаллогидратов. На меньших глубинах в местах естественных выходов УВ газов на дне озера образуются газовые грифоны, от которых через водную толщу восходят струи УВ газов. На средних глубинах такие струи газов не достигают поверхности озера, полностью растворяясь в воде, а в местах с небольшой глубиной (до 15 м) восходящие потоки пузырей УВ газов достигают водной поверхности [2].

Поисковым признаком выходов УВ газов в зимнее время года являются «пропарины», т. е. полыньи, свободные ото льда. Форма пропарин, как правило, округлая, а размер зависит от дебита газопроявления, глубины воды, а также стадии таяния ледяного покрова – как правило, варьируется от 0,5 до 50 м в диаметре, реже более. Встречаются как одиночные, так и целые поля пропарин, что соответствует участкам с многочисленными выходами УВ газов со дна озера. На рис. 1 приведено изображение струй пузырей УВ газов на экране эхолота и фотография выхода пузырей на поверхность воды в пропарине во льду.

Проводимые наблюдения. В рамках выполнения федеральной целевой программы: «Охра-

на озера Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской природной территории на 2012–2020 годы» по мероприятию: «Геологическое изучение опасных процессов, связанных с миграцией углеводородов в центральной экологической зоне Байкальской природной территории» (ЦЭЗ БПТ) Всероссийским научно-исследовательским геологическим институтом им. А. П. Карпинского (ФГБУ «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург) с участием ООО «Байкальский центр» (г. Иркутск) с 2016 г. проводились наблюдения современного состояния и активности опасных процессов, связанных с миграцией УВ. Наблюдения проводились разными методами и средствами, в том числе с использованием комплекса геофизических методов (непрерывное сейсмоакустическое профилирование, георадарное профилирование, эхолотирование рельефа дна и осадочной толщи, профилирование гидрохимико-физических показателей приповерхностного слоя водной толщи), путем отбора проб свободных газов, газов, растворенных в воде и в донных осадках, средствами дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса, подводной фото- и видеосъемки, аэрофотосъемки, а также выполнением маршрутных обследований.

На основе анализа результатов, полученных по каждому виду наблюдений, формируются ведомости аномальных значений, которые в дальнейшем каталогизируются и картографируются как признаки форм проявления УВ.

Каталогизация и картографирование проявлений. В результате проводимых наблюдений, а также путем сбора и обобщения информации, полученной другими исследователями, разрабатывается и регулярно актуализируется электронный каталог всех известных в настоящее время на Байкале проявлений процессов миграции УВ (далее каталог), а также атлас цифровых тематических карт, включающий в том числе эколого-геологическую карту расположения проявлений, учтенных в каталоге (далее – Карта).

В каталоге фиксируются проявления процессов миграции УВ, подразделяемые на выходы нефти, УВ газов, битумов и т. п. Кроме непосредственно проявлений в каталоге учитываются также признаки проявлений в трех формах:

1) геоморфологические признаки проявлений: формы рельефа, образуемые на байкальском дне или на поверхности суши в результате выхода или скопления УВ – покмарки, грязевые вулканы, газогидраты;

2) физические признаки в водной среде: утончение льда, круг на льду, пузыри УВ газов в толще льда, пропарина, группа пропарин;

3) химические признаки: аномальные содержания метана, гомологов метана и непредельных УВ в пробах свободного газа, газов, растворенных в воде и в донных осадках, а также аномальные содержания других химических веществ в воде и донных отложениях (гелий, водород и др.), аномалии гидрохимико-физических показателей проб воды – Eh, Ph, электропроводность, t °С.

Одно проявление УВ может быть учтено в каталоге в нескольких формах. Структура каталога содержит поля (столбцы), учитывающие перечисленные формы проявлений процессов миграции УВ, а также методы и средства, которыми они были обнаружены. При пополнении каталога новыми данными его записи подвергаются кластеризации близкорасположенных форм проявлений, выявленных различными методами и в разные периоды наблюдений. Необходимость кластеризации связана с погрешностями при определении местоположения форм проявлений УВ при выполнении наблюдений.

Точность координатной привязки ограничена, во-первых, точностью систем позиционирования (GPS, Глонасс), используемых при навигации, а во-вторых – особенностями самих форм проявления и методов их наблюдения. Например, при определении местоположения выхода струи газа со дна, зафиксированного с движущегося судна, с учетом глубины на данном участке и скорости движения судна погрешность может составлять ± 20 – 25 м. Или при выявлении форм проявления на материалах ДЗЗ из космоса, точность привязки проявления определяется точностью привязки самого космоснимка – ± 10 – 20 м. Поэтому формы проявлений, зафиксированные при наблюдениях на расстоянии друг от друга менее чем 50 м, каталогизируются в настоящее время как одно проявление. При этом при увеличении детальности и точности картографирования и объединении в каталог данных, полученных на разных масштабных уровнях исследований, возникают методические проблемы.

Начиная с 2020 г. проводятся детальные обследования отдельных участков акватории Байкала,

на которых ранее, по данным ДЗЗ, из космоса и при маршрутных обследованиях фиксировались проявления процессов миграции УВ и на которых они могут представлять наибольшую опасность для людей, это – участки акватории вблизи населенных пунктов. На таких участках в ледовый период выполнялись аэрофотосъемка и формирование плановых аэрофотоснимков с пространственным разрешением 5–10 см, что позволяет очень детально картографировать наиболее опасные формы проявления процессов миграции УВ-пропарины. Например, в результате плановой аэрофотосъемки вблизи пос. Мурино на участке прибрежной акватории площадью менее 1 км² зафиксировано и картографировано более 1000 проявлений процессов миграции углеводородов в виде выходов газа из дна и приуроченных к ним пропарин во льду (рис. 2). Аналогичное крупномасштабное картографирование выполнено на участках прибрежной акватории в заливе Провал в районе села Оймур, улуса Дулан, мыса Облом, а также в районе сел Исток и Посольское. Существенное увеличение точности и детальности сведений об учитываемых объектах требует выработки новых методических подходов их каталогизации и картографирования.

Структура каталога позволяет делать выборки по виду проявления, местоположению и средствам обнаружения, а также анализировать изученность проявлений в разных формах и планировать работы по их доизучению.

На цифровой карте на топографической основе показано местоположение учтенных в каталоге проявлений процессов миграции УВ, а также дополнительная картографическая информация – батиметрия, элементы разломной тектоники, пун-

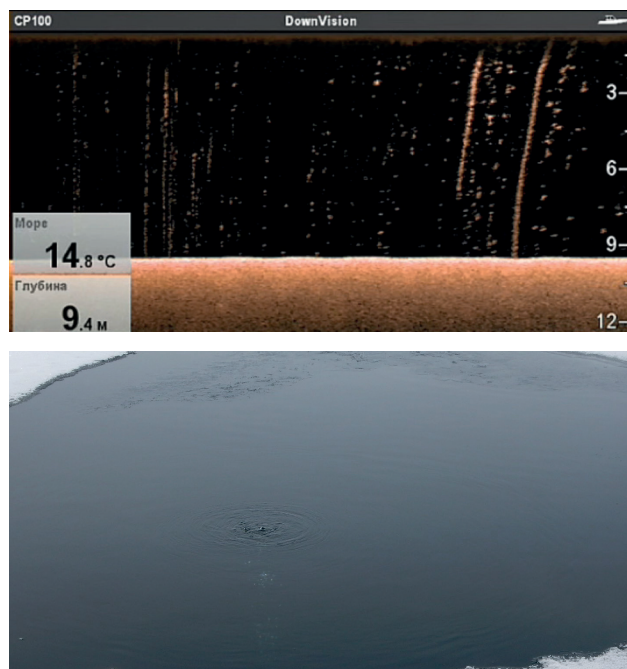


Рис. 1. Струи пузырей УВ газов на экране эхолота и фотография выхода пузырей на поверхность воды в пропарине во льду

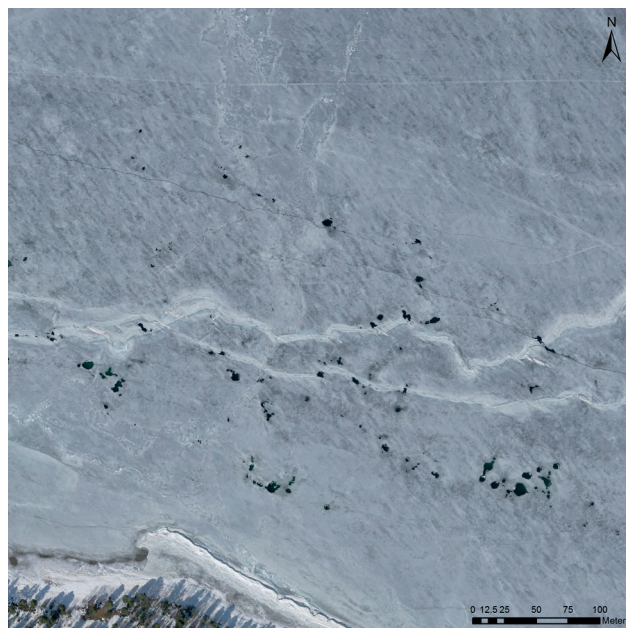


Рис. 2. Аэрофотоснимок многочисленных пропарин во льду у мыса Тонкий вблизи пос. Мурино

кты наблюдений за проявлениями УВ, расположение ледовых дорог, водных путей, популярные места зимней рыбалки. На рис. 3 приведен фрагмент эколого-геологической карты расположения проявлений, учтенных в каталоге.

Всего в каталоге в ходе работ зарегистрировано 2705 проявлений процессов миграции УВ, а также их признаков: геоморфологических, физических, химических (таблица).

Проблема оперативного доступа к результатам наблюдений. В настоящее время электронный каталог оформлен в виде электронной таблицы в формате Microsoft Excel, а цифровая карта – в формате геоинформационной системы ESRI ArcMap. Для оперативного доступа широкого круга пользователей к этим материалам, в том числе, информирования государственных органов власти, органов местного самоуправления, орга-

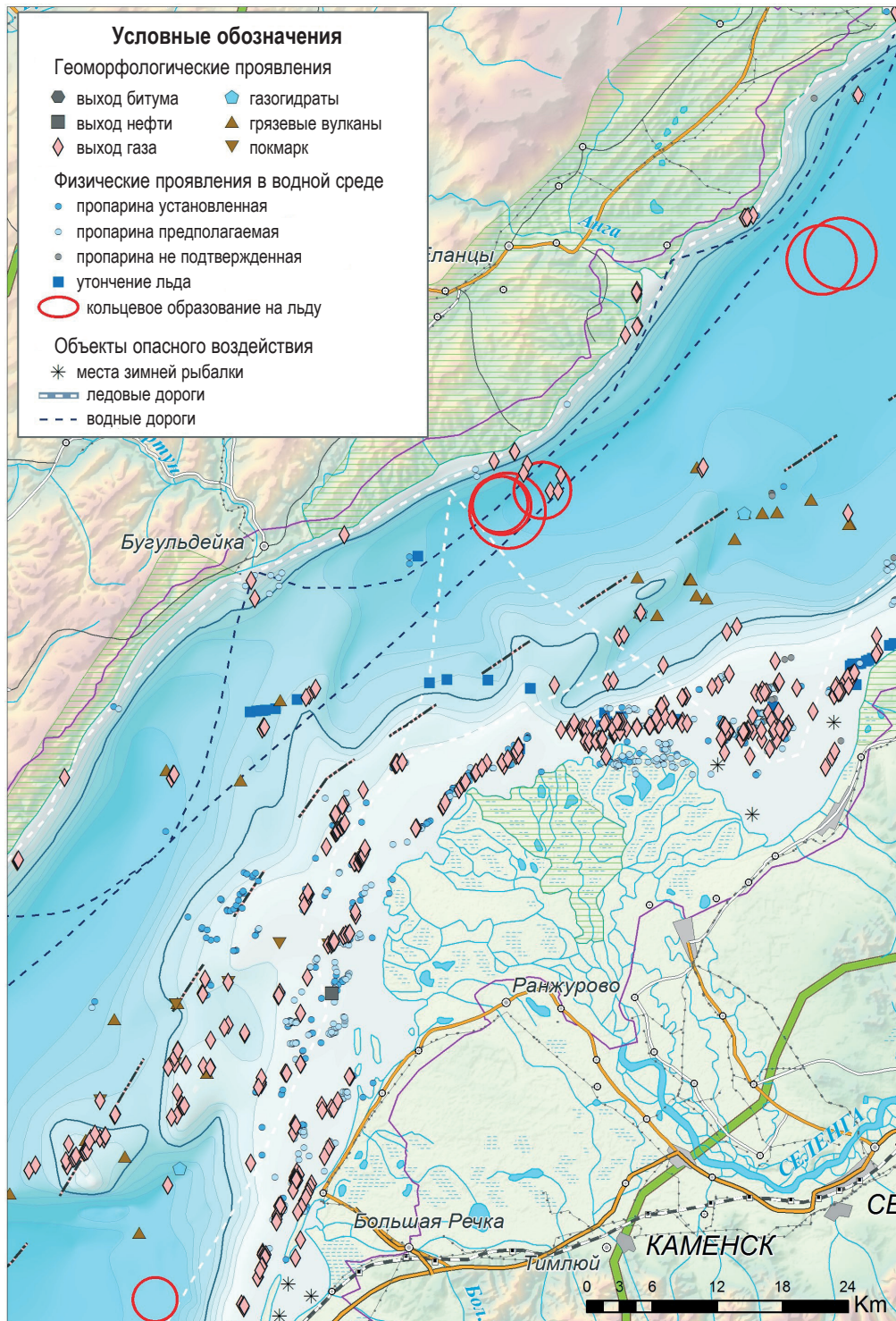


Рис. 3. Фрагмент эколого-геологической карты расположения проявлений УВ, учтенных в каталоге

Общее количество форм проявлений в электронном каталоге

	Выходы УВ	Геоморфологические	Физические	Химические	Всего форм
По литературным данным	165	57	93	75	390
По данным авторов	694	17	1372	232	2315
Всего	859	74	1465	307	2705

низаций и граждан о местах опасного проявления процессов миграции углеводородов, предлагается использование современных информационных технологий Интернет-картографии, которые в настоящее время широко внедряются в сферу деятельности научных, производственных организаций. Предлагается перевести каталог и карту на современную платформу Интернет-картографии, объединив их содержание и функциональные возможности в информационном Интернет-ресурсе – «Геопортал доступа к результирующим материалам работ по геологическому изучению и мониторинга опасных процессов, связанных с миграцией углеводородов в ЦЭЗ БПТ» (далее – Геопортал).

В качестве некоторых примеров близких по содержанию и функционалу аналогов можно привести следующие Интернет-ресурсы: 1) ФГБУ «Гидроспецгеология»: «Геологическое изучение недр и происходящих в них процессов в границах Байкальской природной территории» – <http://geomonitoring.ru:8084> 2) ФГБУ «Росгеолфонд»: «Интернет-каталог геологической изученности» – <http://www.geol.irk.ru/izuch/>, 3) Росгидромета: «Информация о загрязнении окружающей среды в районе озера Байкал» – <http://www.feerc.ru/baikal/ru/monitoring>, 4) Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН: «Сеть пунктов гидрометеорологических наблюдений» – <http://apik.imces.ru>.

Предлагаются следующие основные критерии выбора технических решений при создании Геопортала и его основной функционал.

1. Необходимо использовать современные клиент-серверные технологии, обеспечивающие надежное хранение данных, высокую скорость выполнения запросов к базе данных и работы картографических сервисов, устойчивость к пиковым нагрузкам.

2. Доступ пользователей к информации должен осуществляться в стандартном Интернет-браузере без использования специальных программных средств.

3. Интерфейс Геопортала должен иметь эргономичный современный дизайн, адаптируемый как для монитора компьютера, так и для мобильных устройств.

4. Геопортал должен обеспечивать следующий основной функционал:

– визуализацию местоположения проявлений процессов миграции УВ на карте с функционалом простой геоинформационной системы (условные обозначения, аннотирование, оверлэй и управле-

ние картографическими слоями, масштабирование, сдвиг карты и др.);

– возможность получения информации о проявлениях в текстовом, табличном виде, а также в виде фотографий, аэрофотоснимков или видеосюжетов и др.;

– возможность пользователя производить выборку необходимых сведений по основным характеристикам проявлений, например, по форме проявления, местоположению и др. и далее оперировать только с полученной выборкой;

– возможность экспортировать необходимые пользователю сведения для последующего автономного использования. Например, скачать пространственные данные о местоположении опасных проявлений процессов миграции УВ для их использования при навигации (в виде файлов типа KML) или скачать необходимую информацию о проявлениях в табличной форме (в виде файлов типа CSV).

5. Геопортал должен позволять пользователям, прошедшим регистрацию и получившим права поставщиков информации, загрузить в базу данных Геопортала результаты новых наблюдений с соблюдением установленных стандартов представления информации.

В настоящее время ООО «Байкальский центр», исходя из своих производственных потребностей на основе информационных технологий Интернет-картографии, разработал прототип сервиса загрузки, группировки (кластеризации) данных каталога при добавлении в него новых данных наблюдений. Сервис обеспечивает картографическое отображение в Интернет-браузере содержащейся в каталоге информации, ее предварительную обработку, получение статистических расчетов, интерактивную экспертную корректировку и сохранение результатов для актуализации сведений каталога и карты. На рис. 4 приведен прототип интерфейса сервиса. Хотя интерфейс сервиса пока мало развит и не рассчитан для внешних пользователей, однако оперативная обработка, группировка и визуализация новых данных существенно ускоряют процесс выполнения работ по актуализации каталога и карты и уменьшают вероятность появления ошибок.

Разработанный сервис может являться начальным заданием при создании Геопортала. Создание и поэтапное формирование Геопортала обеспечит оперативный доступ государственных органов власти, органов местного самоуправления, организаций и граждан к информации о существующих

в настоящее время на Байкале опасностях, связанных с процессами миграции УВ.

Заключение. Применение информационных технологий Интернет-картографии для анализа и представления результатов работ по геологическому изучению опасных процессов, связанных с миграцией углеводородов в ЦЭЗ БПТ, и создание Геопортала обеспечит оперативный доступ государственных органов власти, органов местного самоуправления, организаций и граждан к информации о существующих в настоящее время на Байкале опасностях, связанных с процессами миграции УВ. Это особенно актуально в связи с резким увеличением в последние годы туристического потока на Байкал в зимнее время, когда туристов привлекает чистейший байкальский лед и его красота, а также с учетом того, что именно в зимнее время проявления процессов миграции УВ представляют для людей наибольшую опасность.

Преимуществами предлагаемого подхода является функциональная возможность как обеспечения оперативного доступа пользователей к опубликованной в Геопортале информации, так и использования специальных сервисов актуализации массива данных Геопортала удаленными пользователями и упорядочивания этих работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исаев В. П. Проблемы седиментогенеза и нефтегазообразования в Байкальской рифтовой зоне // Мате-

риалы Международной научной конференции «Рифты литосферы». – Екатеринбург, 2002. – С. 331–332.

2. Исаев В. П., Коновалова Н. Г., Михеев П. В. Природные газы Байкала // Геология и геофизика. – 2002. – Т. 43, № 7. – С. 638–643.

3. Конторович А. Э., Дробот Д. И., Преснова Р. Н. Геохимия нафтидов и проблема генезиса байкальской нефти // Советская геология. – 1989. – № 2. – С. 21–29.

4. Нефтегазоносность отложений озера Байкал / А. Э. Конторович, В. А. Каширцев, В. И. Москвин, Л. М. Бурштейн, Т. И. Земская, Е. А. Костырева, Г. В. Калмычков, О. М. Хлыстов // Геология и геофизика. – 2007. – Т. 48, № 12. – С. 1346–1356.

5. Пуцилло В. Г., Миронов С. И. Нефти, битумы и битуминозные породы района оз. Байкал // Нефти и битумы Сибири. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – С. 7–53.

REFERENCES

1. Isaev V. P. Problemy sedimentogeneza i neftegazobrazovaniya v Bajkal'skoj riftovoj zone. *Materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Rifty litosfery»*. Ekaterinburg, 2002, pp. 331–332.

2. Isaev V. P., Konovalova N. G., Miheev P. V. Prirodnye gazy Bajkala. *Geology and Geophysics*, 2002, vol. 43, no. 7, pp. 638–643.

3. Kontorovich A. Je., Drobot D. I., Presnova R. N. Geohimija naftidov i problema genезisa bajkal'skoj nefti. *Soviet Geology*, 1989, no. 2, pp. 21–29.

4. Kontorovich A. Je., Kashircev V. A., Moskvina V. I. et al. Neftegazonosnost' otlozhenij ozera Bajkal. *Geology and Geophysics*, 2007, vol. 48, no. 12, pp. 1346–1356.

5. Pucillo V. G., Mironov S. I. Nefti, bitumy i bituminoznye породы rajona оз. Bajkal. *Oil and Bitumen of Siberia*. Moscow, Izdatel'stvo AN USSR, 1958, pp. 7–53.

Кичигин Андрей Геннадьевич – директор, СО ФГБУ «Росгеолфонд»¹; инженер, ООО «Байкальский центр»². <kag38rus@gmail.com>

Кучменко Екатерина Владимировна – зам. директора, СО ФГБУ «Росгеолфонд»¹; геолог 1-й категории, ООО «Байкальский центр»². <takate63@yandex.ru>

Соловьев Николай Михайлович – вед. инженер, СО ФГБУ «Росгеолфонд»¹. <snmbox@mail.ru>

Kichigin Andrey Gennadevich – Director, SB FSBI «Rosgeolfond»¹; Engineer, Baikal Center LLC². <kag38rus@gmail.com>
Kuchmenko Ekaterina Vladimirovna – Deputy Director, SB FSBI «Rosgeolfond»¹; Geologist, Baikal Center LLC². <takate63@yandex.ru>

Solovev Nikolay Mikhaylovich – Leading Engineer, SB FSBI «Rosgeolfond»¹. <snmbox@mail.ru>

¹ Сибирское отделение ФГБУ «Российский федеральный геологический фонд» (СО ФГБУ «Росгеолфонд»). Ул. Декабрьских Событий, 29, Иркутск, Россия, 664007.

Siberian Branch of FSBI «Russian Federal Geological Fund» (SB FSBI «Rosgeolfond»). 29 Ul. Dekabr'skikh Sobytyy, Irkutsk, Russia, 664007.

² ООО «Байкальский центр». Ул. Декабрьских Событий, 29, Иркутск, Россия, 664007. Baikal Center LLC. 29 Ul. Dekabr'skikh Sobytyy, Irkutsk, Russia, 664007.