

Я.Б. Легостаева¹, А.И. Журавлев¹, В.Ф. Попов², О.В. Шадринова¹, Д.С. Ноев²¹ Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск, Россия² СВФУ им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫМИ РАБОТАМИ ЗЕМЕЛЬ ЗАПАДНОЙ ЯКУТИИ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Аннотация. Западная Якутия славится своими недровыми богатствами. Трудно переоценить роль геологов-разведчиков разных поколений, внесших свой вклад в его изучение. Сегодня в Западной Якутии наиболее интенсивно развиваются алмазодобывающая и нефтегазовая промышленность. Добычу полезного ископаемого предваряют региональный, поисковый и разведочный стадии геологоразведочных работ. При этом современная система экологического нормирования, используемая при оценках влияния геологоразведочных работ на окружающую среду, недостаточна и несовершенна, особенно для масштабных геологоразведочных работ на нефть и газ. Требуется разработка специальных природоохранных нормативов воздействия на окружающую среду при реализации геологических проектов с учетом различных географо-климатических и горно-геологических условий, на основе изучения эколого-геохимических факторов и оценке устойчивости компонентов ландшафта конкретной территории к техногенному воздействию.

Проведены исследования по оценке геоэкологической безопасности геологоразведочных работ на территории Западной Якутии. Составлен реестр нарушенных участков, выявлены и рассчитаны площади нарушенных вследствие геологоразведочных работ земель. Проведена адаптация методики дешифрирования космических снимков высокого разрешения для мелкомасштабных линейных объектов. Выявлена масштабность геологоразведочного техногенеза, которая имеет значительную региональную распространенность, при этом имеется перспектива развития на всю территорию Западной Якутии, включая шельф моря Лаптевых. Это будут сотни тысяч километров просек, миллион квадратных километров, превращенных в сеть геофизических профилей, шириной порядка 10 м. Следует отметить, что последствия такого техногенеза сегодня не известны. Как будет реагировать криолитозона и подземная и поверхностная гидросфера, какова будет реакция газогидратов, заключенных в недрах? Такой масштаб работ уже сегодня может влиять на климатические процессы регионального масштаба, возможно, они в какой-то мере виноваты в засушливых годах, идущих один за другим в Центральной Якутии. Выполненная работа позволяет осознать масштаб техногенного воздействия, искать пути решения, формировать линию «зеленой» геологоразведки в целях сохранения окружающей нас среды.

ЛЕГОСТАЕВА Яна Борисовна – к.б.н., в.н.с., Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН. E-mail: ylego@mail.com

LEGOSTAEVA Yana Borisovna – Candidate of Biological Sciences, Leading researcher, Diamond and Precious Metal Geology Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences. E-mail: ylego@mail.com

ЖУРАВЛЕВ Анатолий Иванович – м.н.с., Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН. E-mail: ai.zhuravlevgeo@gmail.com

ZHURAVLEV Anatoly Ivanovich – Junior researcher, Diamond and Precious Metal Geology Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences. E-mail: ai.zhuravlevgeo@gmail.com

ПОПОВ Владимир Федорович – доцент, Геологоразведочный факультет СВФУ им. М.К. Аммосова. E-mail: pvf_grf@rambler.ru

POPOV Vladimir Fedorovich – Associate Professor, Faculty of Geology and Survey, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University. E-mail: pvf_grf@rambler.ru

ШАДРИНОВА Олеся Владимировна – м.н.с., Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН. E-mail: ovshadrinova@gmail.com

SHADRINOVA Olesya Vladimirovna – Junior researcher, Diamond and Precious Metal Geology Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences. E-mail: ovshadrinova@gmail.com

НОЕВ Даниил Степанович – студент, Геологоразведочный факультет СВФУ им. М.К. Аммосова. E-mail: daniilnoev@mail.ru

NOEV Daniil Stepanovich – student, Faculty of Geology and Survey, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University. E-mail: daniilnoev@mail.ru

Ключевые слова: геологоразведочные работы, Западная Якутия, дистанционное зондирование, ГИС-технологии, просеки, сейсмический профиль, охрана окружающей среды, геоэкология, инвентаризация, техногенез.

Ya.B. Legostaeva¹, A.I. Zhuravlev¹, V.F. Popov², O.V. Shadrinova¹, D.S. Noev²

¹ Diamond and Precious Metal Geology Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia

² M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

INVENTORY OF THE LANDS OF WESTERN YAKUTIA DISTURBED BY GEOLOGICAL EXPLORATION ACCORDING TO REMOTE SENSING DATA

Abstract. Western Yakutia is famous for its mineral wealth. It is difficult to overestimate the role of exploration geologists of different generations who have contributed to its study. Today the diamond mining and oil and gas industries are developing most intensively in Western Yakutia. The extraction of minerals is preceded by the regional, prospecting and exploration stages of geological exploration. At the same time, the modern system of environmental regulation used in assessing the impact of geological exploration on the environment is insufficient and imperfect, especially for large-scale exploration for oil and gas. It is required to develop special environmental standards for environmental impact during the implementation of geological projects, taking into account various geographic, climatic and mining and geological conditions, based on the study of environmental and geochemical factors and assessment of the stability of landscape components of a particular territory to man-made impact. For the territory of Western Yakutia, studies were carried out to assess the geoecological safety of geological exploration. A register of disturbed sites was compiled; the areas of lands disturbed due to geological exploration were identified and calculated. The adaptation of the high-resolution satellite imagery interpretation technique for small-scale linear objects was carried out. The scale of geological prospecting technogenesis was revealed, which has a significant regional scale, while it has the prospect of spreading to the entire territory of Western Yakutia, including the shelf of the Laptev Sea. It will be hundreds of thousands of kilometers of clearings, a million square kilometers transformed into a network of geophysical profiles about 10 m wide. It should be noted that the consequences of such technogenesis are not known today, how the cryolithozone and the underground and surface hydrosphere will react, what will be the reaction of gas hydrates trapped in the bowels? Such a scale of work today can already influence the climatic processes of a regional scale, it is possible that they are to some extent to blame for the dry years following one after another in Central Yakutia. The work performed allows us to understand the scale of antropogenic impact, to look for ways to solve it, to form green exploration for the protection of our environment.

Keywords: geological exploration, Western Yakutia, remote sensing, GIS technologies, clearing, forests, seismic profiles, environmental protection, geoecology, inventory, technogenesis.

Введение

Роль Западной Якутии в народном хозяйстве страны связана с колоссальными богатствами недр, в наше время, это, прежде всего, алмазы, природный газ и нефть. История ее геологического изучения берет свое начало с первых сообщений землепроходцев в XVI-XVII веках. Впоследствии до начала XX века здесь отметились экспедиции В. Прончищева, Д. и Х. Лаптевых, В.А. Обручева, Р.К. Маака, А.Ф. Миддендорфа, А.Л. Чекановского и многих других исследователей. В первой половине XX века здесь работали десятки экспедиций, включая те, во главе которых стояли такие крупные ученые, как В.А. Обручев, С.В. Обручев, А.А. Борисяк, С.С. Смирнов, Ю.К. Дзевановский, В.С. Соболев, Б.Н. Рожков [1-3]. Их работы позволили увидеть перспективы территории на алмазы, нефть и газ. После окончания Великой Отечественной войны в Западной Якутии начинаются широкие, системные и планомерные исследования. Это привело к открытию в 1954-1955 годах коренных месторождений алмазов – кимберлитовых трубок «Мир» и «Удачная». А в 1956 году из скважины в 20 км от устья реки Вилюй ударил мощный фонтан природного газа – обнаружено Усть-Вилюйское месторождение газа как предвестника открытия нефтегазовых провинций Западной Якутии [3]. Сегодня богатства недр такой большой территории исследованы далеко не полностью. Нас, несомненно, еще ожидают

великие геологические открытия, которые могут полностью изменить хозяйственно-экономическую ситуацию в регионе.

Впервые метод дистанционного зондирования в Западной Якутии был осуществлен в 1951 году [4]. Интересен факт, что начало интенсивного освоения Западной Якутии совпало с началом космической эры – в 1957 году был запущен первый спутник Земли и в этот же год стартовала добыча алмазов с кимберлитовой трубки «Мир». Конечно, со временем для целей дистанционного зондирования стали также использовать фотографии с космических спутников. Сегодня именно они широко используются при исследованиях территории для различных целей: поисково-съёмочных, землеустроительных, хозяйственных, мониторинговых и т.д. [4-6]. В последние годы стали общедоступны космические снимки через сеть Интернет, такие как Landsat, Yandex, GoogleEarth и другие. При этом следует отметить, что качество, детальность и удобство использования их растут. На снимках по прямым дешифровочным признакам хорошо фиксируются площадные, линейные и даже точечные объекты техногенеза: инфраструктура населённых пунктов и промышленные объекты, карьеры и отвалы, хвостохранилища и водохранилища, дороги и просеки, буровые площадки и т.д. [7-8]. Они стали широко использоваться в увязке с ГИС-технологиями, что даёт возможность проводить анализ территории и оценивать её геоэкологическое состояние.

Цель исследования: инвентаризация нарушенных геологоразведочными работами земель Западно-Якутского региона по данным дистанционного зондирования для оценки её масштабов.

Задачи:

- дешифровать техногенное воздействие геологоразведочных работ на космических снимках высокого разрешения;
- с помощью ГИС-инструментов выделить 1) границы лицензионных участков на полезные ископаемые (ПИ) – «алмазы» и «углеводороды»; 2) выделить объекты техногенеза, оценить их линейные и площадные размеры;
- оценить возможности дистанционного зондирования и ГИС-технологии для инвентаризации нарушенных геологоразведочными работами земель Западно-Якутского региона.

Материалы и методы исследования

Работа выполнена с помощью облачной картографической ГИС-платформы ArcGIS-online для территории Западной Якутии и программного обеспечения ESRI ArcGIS в отношении лицензионных участков на алмазы и углеводороды (ПИ «Углеводороды» и ПИ «Алмазы»). На космических снимках высокого разрешения визуально найдены, дешифрованы и отмечены площади со следами техногенного линейного воздействия: просеки, дороги и сейсмопрофиля (это хорошо видно на увеличенном фрагменте участка на рис. 2).

Затем средствами модуля ArcMap каждая подобная структура была вручную обрисована в векторный линейный объект – красной линией. В конечном итоге для территории Западной Якутии получено 3632 линейных объектов соответствующих различным нарушениям на поверхности земли. Использование инструмента «Calculate geometry» в атрибутивной таблице позволило вычислить длины каждого линейного объекта. Далее, экспортировав полученную таблицу в «Microsoft Excel», выполнили сложение всех длин линейных объектов, ооконтурировали и вычислили площади, подвергнутые техногенному воздействию.

Результаты и их обсуждение

В настоящее время нет общепризнанной методики проведения геоэкологической оценки территории. Существует большое количество различных критериев, признаков, показателей, индексов и коэффициентов, выбор которых зависит от поставленной цели исследования. Бытует мнение, что негативное воздействие геологоразведочных поисковых работ на окружающую среду является незначительным, точечным. Однако сегодня это не так. Во многом степень воздействия зависит от вида полезного ископаемого и стадии геологоразведочных работ, которые подразделяются на региональный, поисковый и разведочный этапы. Они предшествуют процессу добычи полезного ископаемого.

Уничтожение растительного покрова и органогенного горизонта почвы влечёт за собой нарушение мерзлотно-гидрологического режима, что может привести к развитию термокарста,

солифлюкции, пучения, формированию таликовых зон. Образуются бугорковато-трещиноватый микрорельеф, не редко на поверхности появляется соляная корочка [9].

Анализ материалов космических снимков показал, что на территории Западной Якутии наибольшие площади, подвергнутые геологоразведочному техногенезу, формируются при поисковых работах на углеводороды. Связано это, прежде всего, с технологией сейсмологической разведки, являющейся наиболее эффективной при поиске месторождений нефти и природного газа. Данный геофизический метод основан на изучении искусственно возбужденных упругих волн, характеристики распространения которых зависят от свойств геологической среды.

Для проезда техники и установки кабелей и датчиков в лесном массиве прорубаются сети просек и сейсмопрофилей, которые легко дешифрируются на космоснимках. Исследуемые территории имеют серьезный региональный масштаб, несомненно, что они превышают площади открываемых месторождений углеводородов (рис. 1).

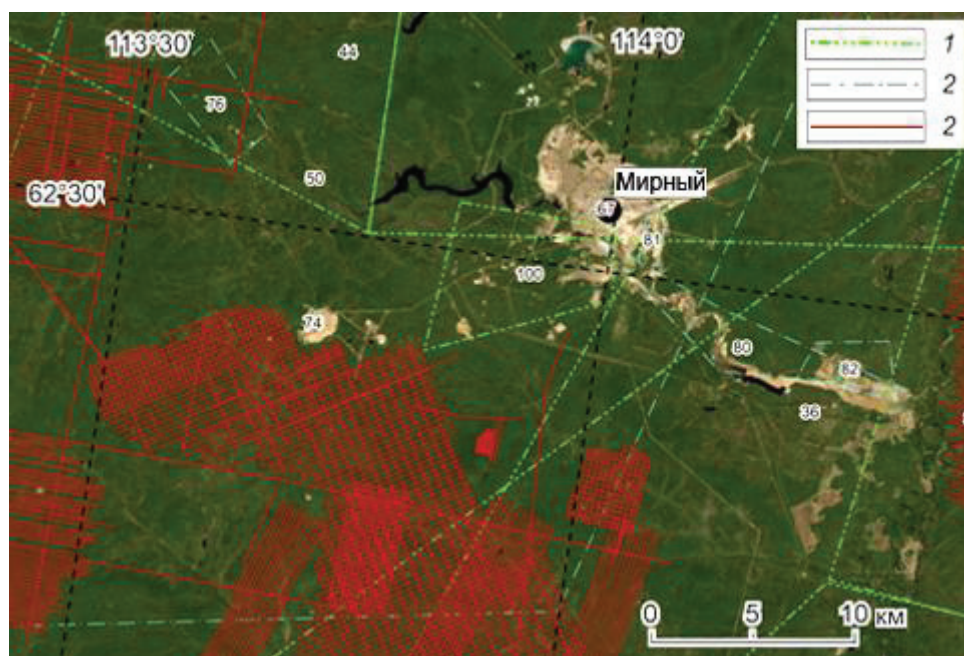


Рис. 1. Космический снимок с указанием границ лицензионных участков и установленным техногенным воздействием на природу: 1 – границы лицензионных участков с ПИ «Углеводороды»; 2 – границы лицензионных участков с ПИ «Алмазы»; 3 – линейные векторные объекты, отражающие техногенные нарушения на земной поверхности (просеки, расчистки)

Общая длина всех линейных объектов на территории исследования составила 84 783,32 км. С учетом того, что средняя ширина просек и профилей равна 10 м, можно констатировать, что общая площадь нарушенного почвенно-растительного покрова составляет 847,3 км².

Объединенная площадь лицензионных участков с ПИ «Углеводороды» (зеленые контуры) равна 250 843 км² (рис. 2). Площади, подвергнутые техногенезу (желтые квадраты) – 12 126 км². Таким образом, в результате ГРП подвергнуто воздействию порядка 7 % от общей площади нарушенных ландшафтов.

Геологоразведочные работы проводятся на больших площадях, которые существенно превышают площади открываемых в результате месторождений, вследствие чего трансформации и загрязнению подвергаются большие территории, что особенно справедливо для крупных опосредуемых перспективных территорий [9-10].

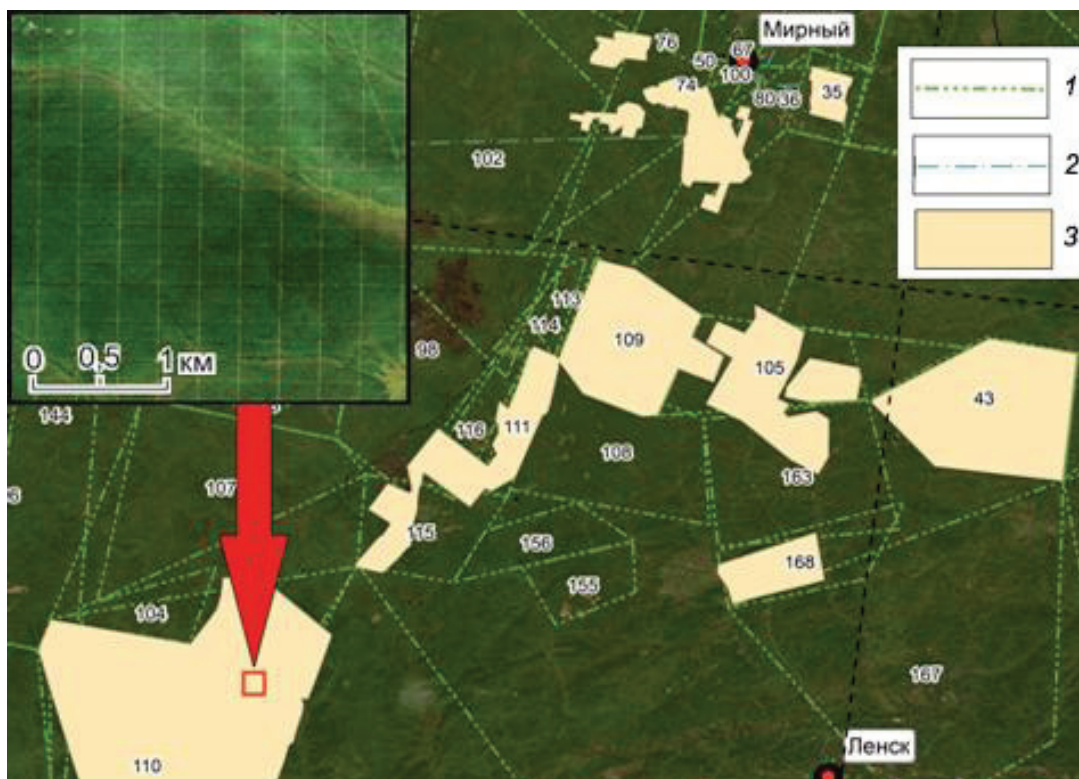


Рис. 2. Фрагмент исследуемой территории Западной Якутии с указанием границ лицензионных участков, на которых проходят поисково-разведочные работы и площадей с установленным по космическим снимкам техногенным воздействием на природу: 1 – границы лицензионных участков с ПИ «Углеводороды»; 2 – границы лицензионных участков с ПИ «Алмазы»; 3 – площади с установленным по космическим снимкам техногенным воздействием на природу

В 2021 году технология «Зеленая сейсмика», разработанная «Газпром нефтью», признана одним из лучших экологических проектов России и выиграла Национальную экологическую премию имени В. И. Вернадского. Эта технология апробирована с 2013 года и позволяет уменьшить вырубки на 40-60 %. Она несколько лет применяется в Ханты-Мансийском автономном округе, Ямало-Ненецком автономном округе и Томской области. В основе технологии бескабельная телеметрическая система сбора данных и легкая вездеходная техника, которая не требует широких просек [11-12]. В современном мире в связи с ростом глобальных экологических угроз становится популярным тренд ответственного инвестирования, поощряющим соответствие бизнеса и политики принципам устойчивого развития – ESG (Environmental, Social, Governance) [11]. В этом направлении также должна двигаться и геологоразведка в Якутии.

Закключение

Во многих документах, в том числе в первой редакции Закона о недрах, сказано, что «на этапе регионального геологического изучения недр геолог практически не наносит вреда окружающей среде». Нашими работами и исследованиями в других регионах на сегодняшний день доказано, что воздействие на все компоненты экосистемы от проведения геологоразведочных работ на всех этапах и стадиях разведки и поиска оказывается масштабное и долговременное

В целом, необходимо отметить, что применение космических технологий, масштаб съемки позволяет использовать материалы дистанционного зондирования Земли в качестве метода объективного контроля геоэкологического состояния земель, нарушенных в ходе геологической разведки и провести их инвентаризацию.

Литература

1. 50 лет геологической службы Республики Саха (Якутия). Сборник. – М.: РосГео, 2007. – 382 с.
2. Ягнышев Б.С., Ягнышева Т.А., Зинчук М.Н., Легостаева Я.Б. Экология Западной Якутии (геохимия геосистем: состояние и проблемы). – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2005. – 432 с.
3. Маршинцев В.К., Гадиятов В.Г. Богатства недр Якутии: полезные ископаемые, минерально-сырьевая. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2020. – 320 с.
4. Серокуров Ю.Н. Дистанционный экологический мониторинг района Удачинского ГОКа (Якутия) / Ю.Н. Серокуров, А.М. Люхин, И.В. Калмыков // Записки Горного института. – 2001. – том 149. – С.174-176.
5. Зеньков И.В. Космические технологии в оценке экологии нарушенных земель на месторождениях алмазов в России / И.В. Зеньков, А.Б. Федоров, П.М. Кондрашов, А.С. Морин, В.Н. Вокин, Е.В. Кирюшина, Ж.В. Миронова, Т.А. Веретеннова // Экология и промышленность России. – 2020. – том 24. – № 1. – С. 34-39.
6. Зеньков И.В. Результаты дистанционного мониторинга экологии горнопромышленных ландшафтов на территории Удачинского и Мирнинского горно-обогатительных комбинатов / И.В. Зеньков, А.С. Морин, В.Н. Вокин, Е.В. Кирюшина, Ж.В. Миронова, П.М. Кондрашов, А.Б. Федоров, Т.А. Веретеннова // Экология и промышленность России. – 2020. – том 24. – № 1. – С. 40-45.
7. Google Earth (режим доступа: <https://www.google.com/earth/>) дата обращения: 3.06.2021.
8. EarthExplorer (режим доступа: <https://earthexplorer.usgs.gov/>) дата обращения: 3.06.2021.
9. Legostaeva Ya., Gololobova A., Popov V. Geochemical Risks of Diamond Mining in Siberia // Environmental sciences proceedings. – 2021. – Vol. 5, Iss. 1, 4. doi: 10.3390/IECG2020-08907.
10. Яковлева Т.П. Геоэкологические аспекты разведочных работ на примере месторождения нефти и газа в Восточной Сибири / Т.П. Яковлева // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № 2. – С. 411-416.
11. В зеленом тренде. Экологические проекты как часть ESG-стратегии // Сибирская нефть. – 2021. – № 4/181. – С.12-15.
12. Михеев С.И. Новые возможности сейсморазведки в связи с разработкой бескабельных систем регистрации информации / С.И. Михеев, И.М. Кузнецов, В.А. Селезнёв // Недра Поволжья и Прикаспия. – 2013. – № 75. – С. 39-45.

References

1. 50 let geologicheskoy sluzhby Respubliki Saha (Yakutiya). Sbornik. – M.: RosGeo, 2007. – 382 s.
2. YAgnyshhev B.S., YAgnysheva T.A., Zinchuk M.N., Legostaeva YA.B. Ekologiya Zapadnoj YAkutii (geohimiya geosistem: sostoyanie i problemy). – YAkutsk: Izd-vo YANC SO RAN, 2005. – 432 s.
3. Marshincev V.K., Gadiyatov V.G. Bogatstva neдр YAkutii: poleznye iskopaemye, mineral'no-syr'evaya. – Voronezh: Izdatel'skij dom VGU, 2020. – 320 s.
4. Serokurov YU.N. Distancionnyj ekologicheskij monitoring rajona Udachninskogo GOKa (Yakutiya) / YU.N. Serokurov, A.M. Lyuhin, I.V. Kalmykov // Zapiski Gornogo instituta. – 2001. – tom 149. – S.174-176.
5. Zen'kov I.V. Kosmicheskie tekhnologii v ocenke ekologii narushennyh zemel' na mestorozhdeniyahalmazov v Rossii / I.V. Zen'kov, A.B. Fedorov, P.M. Kondrashov, A.S. Morin, V.N. Vokin, E.V. Kiryushina, ZH.V. Mironova, T.A. Veretenova // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. – 2020. – tom 24. – № 1. – S. 34-39.
6. Zen'kov I.V. Rezul'taty distancionnogo monitoringa ekologii gornopromyshlennyh landshaftov na territorii Udachninskogo i Mirninskogo gorno-obogatitel'nyh kombinatov / I.V. Zen'kov, A.S. Morin, V.N. Vokin, E.V. Kiryushina, ZH.V. Mironova, P.M. Kondrashov, A.B. Fedorov, T.A. Veretenova // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. – 2020. – tom 24. – № 1. – S. 40-45.
7. Google Earth (rezhim dostupa: <https://www.google.com/earth/>) data obrashcheniya: 3.06.2021.
8. EarthExplorer (rezhim dostupa: <https://earthexplorer.usgs.gov/>) data obrashcheniya: 3.06.2021.
9. Legostaeva Ya., Gololobova A., Popov V. Geochemical Risks of Diamond Mining in Siberia // Environmental sciences proceedings. – 2021. – Vol. 5, Iss. 1, 4. doi: 10.3390/IECG2020-08907.
10. YAkovleva T.P. Geoekologicheskie aspekty razvedochnyh rabot na primere mestorozhdeniya nefi i gaza v Vostochnoj Sibiri / T.P. YAkovleva // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal). – 2015. – № 2. – S. 411-416.
11. V zelenom trende. Ekologicheskie proekty kak chast' ESG-strategii // Sibirskaya нефть. – 2021. – № 4/181. – S.12-15.
12. Miheev S.I. Novye vozmozhnosti sejsmorazvedki v svyazi s razrabotkoj beskabel'nyh sistem registracii informacii / S.I. Miheev, I.M. Kuznecov, V.A. Seleznyov // Nedra Povolzh'ya i Prikaspiya. – 2013. – № 75. – S. 39-45.