

УДК 528.9:502.7(571.54)

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДОБЫЧИ РОССЫПНОГО ЗОЛОТА (НА ПРИМЕРЕ ЕРАВНИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ)

Марина Владимировна Цыдыпова

Бурятский государственный университет, 670000, Россия, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры землепользования и земельного кадастра, e-mail: ecovie@mail.ru

Андрей Геннадиевич Супруненко

Бурятский государственный университет, 670000, Россия, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а, магистрант кафедры землепользования и земельного кадастра, e-mail: suprunenko03@mail.ru

В статье рассматриваются методика геоинформационного картографирования и проведен анализ воздействия золотодобывающих предприятий на естественные ландшафты на основе космических снимков среднего пространственного разрешения (Landsat 5 и Landsat 8) и ГИС-технологий на примере Еравнинского района Республики Бурятия. В статье представлена краткая информация о добыче россыпного золота в Бурятии и истории освоения Еравнинского золотороссыпного района. В результате исследования проведено картографирование участков местности, подверженных антропогенным воздействиям, и выявлены предприятия, которые ведут разведку и добычу россыпного золота, нанесены на карту их лицензионные участки в пределах тестового участка, проведено картографирование нарушенных долин рек в результате добычи россыпного золота, оценена степень нарушенности естественных ландшафтов и площади образованных отвалов.

Ключевые слова: космические снимки Landsat, ГИС-технологии, Еравнинский район Республики Бурятия, добыча россыпного золота, антропогенное воздействие предприятий.

В России около 95 % золота добывается в 15 регионах: Амурская область, Забайкальский край, Иркутская область, Республика Бурятия, Кемеровская область, Красноярский край, Хабаровский край и др. Производство золота в Российской Федерации, по данным Минфина, в 2015 г. по сравнению с 2014 г. увеличилось до 289,5 т. Большую роль в добыче золота играет добыча россыпного золота [1].

Республика Бурятия относится к районам формирования новой минерально-сырьевой базы с привлекательными геолого-экономическими показателями. В Республике Бурятия разведано 247 месторождений золота (228 россыпных, 16 рудных и 3 комплексных). Прогнозные ресурсы республики составляют 3,92 % от общих по России (13-е место). Основная доля прогнозных ресурсов находится в Северо-Байкальском, Муйском и Восточно-Саянском геолого-экономических районах. Основу минерально-сырьевой базы золота Бурятии составляют разведанные запасы месторождений Восточно-Саянского (44 %), смежных Северо-Байкальского, Муйского и Икат-Багдаринского геолого-экономических районов, в которых

сосредоточено 43 % балансовых запасов республики, на Джидинский и Курба-Еравненский районы приходится 13 % [2].

С 1986 г. общий уровень добычи в республике неуклонно рос до 2002 г. (с 1 612 до 8 170 кг) и затем стал снижаться, достигнув в 2008 г. 6 145 кг (из-за снижения добычи россыпного золота). В период 2000–2004 гг. золотодобыча россыпного золота относительно стабилизировалась, достигнув почти 3 т. К 2008 г. произошло снижение добычи золота (за счет россыпного) и составило 6 145 кг с последующей тенденцией увеличения в 2009 г. до 6 384 кг. Общая тенденция падения объема россыпной золотодобычи в республике несколько замедлена значительным увеличением добычи в Северо-Байкальском районе и разработкой месторождений в новом Еравнинском золотороссыпном районе [3]. В Республике Бурятия в 2015 г. добыто 6 448 кг золота, что на 479 кг меньше, чем в 2014 г. [4].

Однако добыча золота приводит к трансформации естественных ландшафтов и увеличению территорий, нарушенных горными выработками, отвалами «пустых» пород и отходами переработки [5]. Добыча россыпного золота дражным способом приводит к изменениям геоморфологического строения долин рек, нарушается почвенно-растительный покров.

В связи со значительным воздействием золотодобывающих предприятий на состояние окружающей среды необходимо вести регулярный мониторинг деятельности таких предприятий. Оценка воздействия золотодобычи на экологическое состояние природной среды требует комплексного подхода и привлечения разных методов исследований, среди которых методы дистанционного зондирования Земли имеют большое значение. Работы в данном направлении ведутся как отечественными, так и зарубежными учеными [6–13].

Целью исследования является выявление и картографирование объектов недропользования, нарушенных ландшафтов в результате добычи россыпного золота и оценка их площадей.

К территории исследования относится долины руч. Левый Сурхэбт и р. Ульзытуй и их притоки в Еравнинском золотороссыпном районе Республики Бурятия (рис. 1). Интерес к добыче россыпного золота в Еравнинском районе возник в связи с изучением кор выветривания на территории Озернинского рудного узла (ОРУ) в начале 2000-х гг. В Еравнинском золотороссыпном районе ежегодно добывается не менее 300 кг россыпного золота [14].

В 2001 г. специалистами ЦНИГРИ проведено исследование кор выветривания в долине руч. Лев. Сурхэбт, придорожных карьеров, копушей и стенок строительного котлована (п. Озерный, правый борт руч. Лев. Сурхэбт), в результате которого была установлена повсеместная золотоносность. Работами ООО а/с «Курба» в 2005 г. в верхнем течении руч. Левый Сурхэбт установлена промышленная россыпь шириной 72 м, протяженностью 3,4 км с балансовыми запасами кат. С2 в количестве 323 кг. Прогнозные ресурсы Р1 бассейна руч. Лев. Сурхэбт составляют не менее 1,5 т [15].

Исходными пространственными данными для проведения исследования послужили космические снимки со спутников Landsat (1991, 2005, 2011, 2016 гг.), топографические карты масштаба 1 : 100 000 (листы карты 100k- N49-116), 1 : 25 000 (100k-N49-116A), изображения с картографических веб-сервисов Google maps, Yandex maps, Bing maps. Для обработки данных ДЗЗ и картографирования привлекалось программное обеспечение Quantum GIS Desktop 2.4.0, Mapinfo Professional 10.2, SasPlanet.

Данные о недропользователях и сведения о лицензированных участках получены из сводного государственного реестра участков недр и лицензий (<http://www.rfgf.ru/license/index.php>). На сегодняшний день в пределах тестового участка выданы лицензии на разведку и добычу золота и других полезных ископаемых нескольким предприятиям: ООО «Курба», ООО «Синтэк», ООО «Назаровское», ООО «Техпроминвест» (рис. 1).

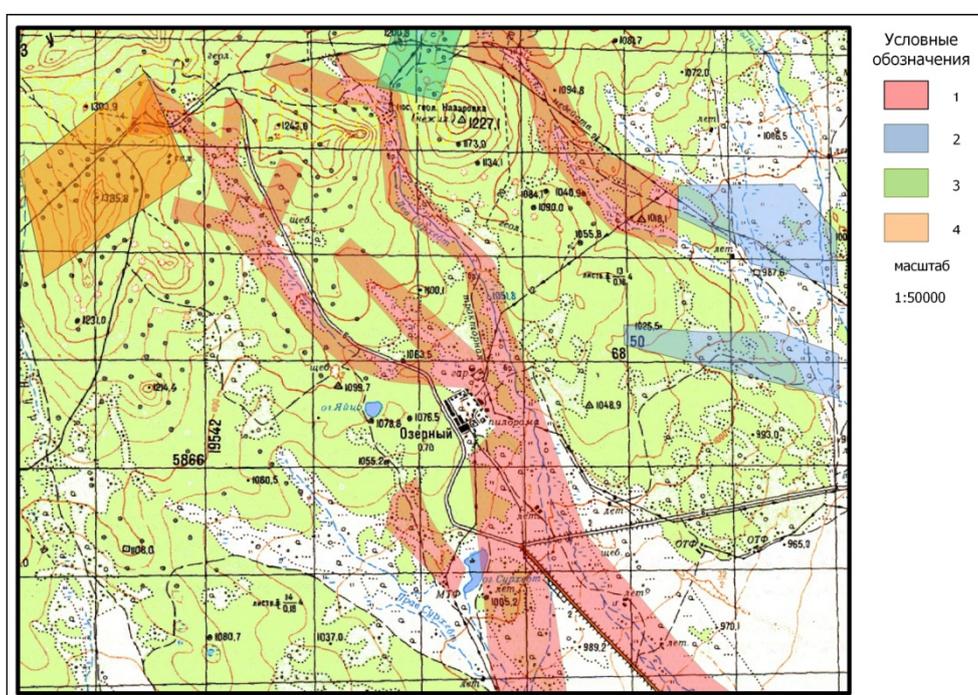
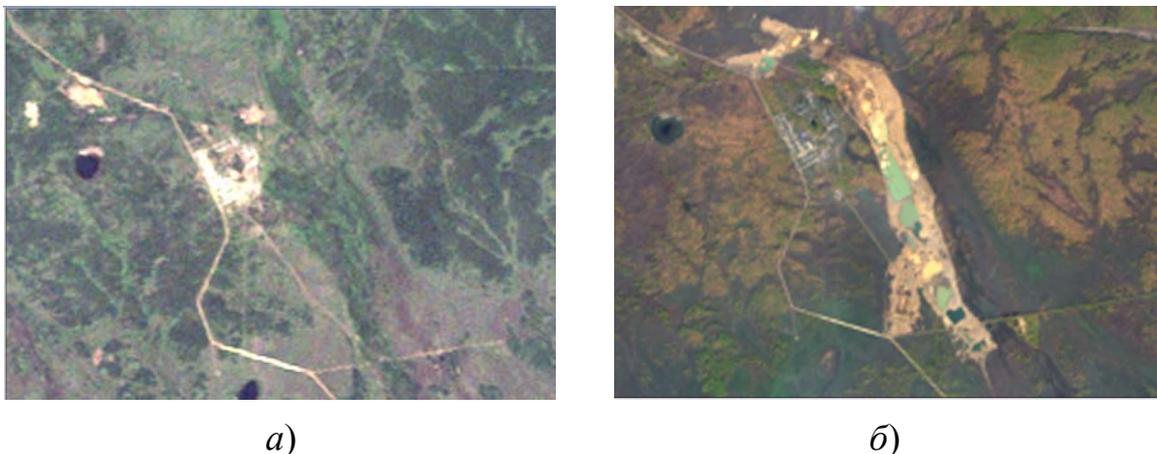


Рис. 1. Границы участков, на которые выданы лицензии на разведку и добычу золота и других полезных ископаемых:

- 1 – ООО «Курба» (разведка и добыча россыпного золота);
- 2 – ООО «Синтэк» (разведка и добыча россыпного золота);
- 3 – ООО «Назаровское» (разведка и добыча золотосульфидных цинковых руд);
- 4 – ООО «Техпроминвест» (добыча полиметаллических руд)

По космическим снимкам со спутников Landsat со средним пространственным разрешением (28,5 м/пиксель) на участках рек, на которых ведется добыча россыпного золота, дешифрируются отвалы перемытых пород с небольшими запрудами (отстойниками) (рис. 2). Наиболее подходящие комбинации

каналов для визуального дешифрирования для снимков со спутника Landsat 8 – 4,3,2, а также 7,5,4. Для более ранних снимков со спутников Landsat 5 и 7 подходят комбинации каналов 3,2,1 и 5,3,2. В указанных комбинациях каналов хорошо отражаются отвалы песков и водные поверхности (запруды), дороги, рубки.



а)

б)

Рис. 2. Долина руч. Лев. Сурхэбт:

а) до начала добычи золота (снимок Landsat 5, 2005 г., каналы – 3,2,1);

б) нарушенная золотодобычей долина руч. Лев. Сурхэбт

(Снимок Landsat 8, 2016 г., каналы – 4,3,2)

По данным космических снимков Landsat проведено картографирование преобразованных золотодобычей водотоков на примере Еравнинского района.

Предварительная подготовка данных ДЗЗ и картографического материала включала несколько этапов.

1. Объединение однозональных изображений в цветные многозональные изображения, выбор наиболее подходящей комбинации каналов для визуального дешифрирования.

2. Приведение данных ДЗЗ и топографических карт в единую систему координат – Универсальную поперечную проекцию Меркатора, зона 49.

3. Обрезка данных ДЗЗ и других картографических материалов по границам тестового участка.

Визуальный анализ космических снимков позволил определить картографируемые классы объектов: хвойные леса, мелколиственные леса, преимущественно на местах гарей и рубок, заболоченные участки, реки, озера, отвалы, пруды-отстойники, дороги, населенные пункты.

Далее проведено автоматизированное дешифрирование снимков Landsat на основе алгоритма Isodata (от Iterative Self-Organising Data Analysis Technique – итеративный самоорганизующийся способ анализа данных). Основным параметр, который задается программе, – число классов, которое необходимо получить. В нашем случае, наиболее достоверные результаты классификации были достигнуты при классификации снимков на 12 классов. В результате проведен-

ного дешифрирования сформирована карта классификации, состоящая из 12 классов объектов. После интерпретации результатов дешифрирования проведено объединение схожих объектов в один класс и уменьшено количество классов до трех (хвойные леса, мелколиственные леса, заболоченные луга и болота). Данный растровый слой послужил картографической подложкой для создания карты преобразованных долин рек в результате добычи россыпного золота. Такие объекты, как дороги, реки, озера, населенный пункт, отвалы и отстойники, оцифрованы вручную.

В результате исследования составлен предварительный вариант карты нарушенных территорий (рис. 3) при добыче россыпного золота и других полезных ископаемых на тестовый участок.

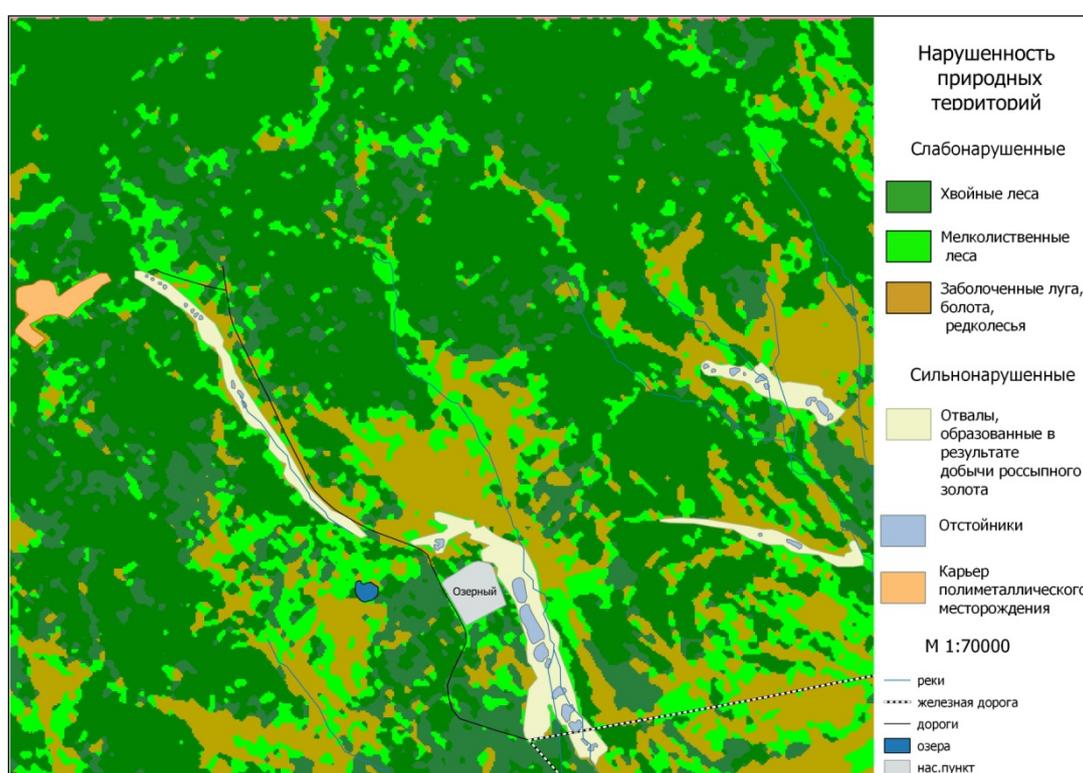


Рис. 3. Предварительный вариант карты нарушенности природной территории тестового участка (Еравнинский район Республики Бурятия)

К слабонарушенным территориям отнесены леса и заболоченные участки, так как они не подвергаются непосредственному воздействию, но лесные экосистемы подвергаются таким воздействиям, как вырубка леса для проведения разведки, создания подъездных путей, рабочих поселков и прочей инфраструктуры, снятие плодородного слоя почв, загрязнение.

К наиболее нарушенным территориям отнесены трансформированные долины рек и участок добычи полиметаллических руд (карьер). Технология добычи россыпного золота подразумевает, что при проведении вскрышных работ

отвалы перемещают в долинную часть, на борта долины, углубляется русло реки до коренного ложа горных пород. Водоносный горизонт и протекающая вода реки обычно выше коренного ложа на 2–7 м. Применяя обратное водоснабжение, создаются поперечные дамбы ниже площади работ, при этом река отводится в сторону [16].

Расчет площадей полигонов векторного слоя отвалов показал, что общая площадь территорий, засыпанная отвалами, составляет 5,5 км². Кроме преобразования дна долины реки и формирования отвального рельефа, антропогенному воздействию подвергаются лесные экосистемы. Рекультивационных мероприятий по данным ДЗЗ не наблюдается, происходит естественное зарастание брошенных отвалов.

Космические снимки среднего пространственного разрешения со спутников Landsat позволяют проводить оценку и картографирование состояния природной среды в результате добычи россыпного золота и других полезных ископаемых, вести постоянный и независимый мониторинг разработки месторождений, выявлять факты нарушения границ лицензионных участков и требований природоохранного законодательства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Производство золота в России. – 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://zolutodb.ru/articles/other/gold/10922> (дата обращения 08.04.2017).
2. Кирсанова Н. И. Россыпное золото Бурятии // ГЛОБУС. – 2010. – Вып. 5 (13) – С. 38–40.
3. Россыпное золото Бурятии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://vnedra.ru/россыпное-золото-бурятии-311/>.
4. Об итогах деятельности Министерства природных ресурсов Республики Бурятия за 2015 год и задачах на 2016 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://minpriroda-rb.ru/prensa/index.php?SECTION_ID=1128&ELEMENT_ID=45683 (дата обращения 08.04.2017).
5. Иметхенов А. Б., Хартиков Л. Н. Анализ воздействия золотодобывающих предприятий на окружающую среду (на примере рудника «Ирокинда» ОАО «Бурятзолото») // Вестник ВСГУТУ. – 2013 – Вып. 2 (41). – С. 178–182.
6. Егидарев Е. Г., Симонов Е. А. Оценка экологических последствий добычи россыпного золота в бассейне реки Амур // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2014. – № 5. – С. 429–441.
7. Золотые реки. Вып. 1. Амурский бассейн / под ред. Е. А. Симонова : материалы исследований. – Владивосток : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2012. – 118 с. – (Сохраним живой Амур вместе).
8. Масштаб экологических последствий добычи россыпного золота в бассейне р. Амур / Е. А. Симонов, Е. Г. Егидарев, Ю. А. Калашникова, Г. Юмин, Д. Гандболд // VII Междунар. науч.-практ. конф. «Реки Сибири и Дальнего Востока» : сб. материалов – Благовещенск, 2012. – С. 46–49.
9. Егидарев Е. Г., Симонов Е. А. Использование данных ДЗЗ для картографирования последствий добычи россыпного золота и проведения бассейновых оценок нарушенных водотоков // Междунар. конф. «Дистанционное зондирование окружающей среды: научные и прикладные исследования в Азиатско-Тихоокеанском регионе (RSAP 2013)» : сб. материалов (Владивосток, 24–27 сент. 2013 г.). – Владивосток, 2013. – С. 62–63.

10. Егидарев Е. Г., Симонов Е. А. Оценка экологических последствий добычи россыпного золота в бассейне реки Амур // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2014. – № 5. – С. 429–441.
11. Asner G. P., Lactayo W., Tupayachi R., Luna E. R. Elevated rates of gold mining in the Amazon revealed through high-resolution monitoring // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 2013. – Vol. 110, No 46. – P. 18454–18459. doi:10.1073/pnas.1318271110.
12. Lobo F. L., Costa M., Novo E. M., Telmer, K. (2016) Distribution of Artisanal and Small-Scale Gold Mining in the Tapajós River Basin (Brazilian Amazon) over the Past 40 Years and Relationship with Water Siltation // Remote Sens.– 2016. – Vol. 8. – 579 p.
13. Бешенцев А. Н. Картографический мониторинг природопользования // Геодезия и картография. – 2011. – № 3. – С. 14–18.
14. Яловик Г. А. Состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы Бурятии // Всероссийская научно-практическая конференция «Новые и нетрадиционные типы месторождений полезных ископаемых Прибайкалья и Забайкалья» : сб. материалов. – Улан-Удэ : ЭКОС, 2010. – С. 3–15.
15. Россыпная золотоносность и золото кор выветривания Еравнинской впадины / А. Г. Петраш, В. И. Бахтин, С. Л. Плясова, Н. И. Кирсанова // Разведка и охрана недр. – 2007. – Вып. 12. – С. 73–78.
16. Федотова И. В. Основные экологические проблемы добычи россыпного золота на примере Республики Хакасия // XVIII Междунар. симп. им. акад. М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвящ. 115-летию со дня рождения акад. Акад. наук СССР, проф. К. И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения чл.-кор. Акад. наук СССР, проф. Ф. Н. Шахова «Проблемы геологии и освоения недр» : сб. трудов. – Томск, 2014. Т. 1. – С. 766–768.

Получено 25.05.2017

© М. В. Цыдыпова, А. Г. Супруненко, 2017

GIS MAPPING OF ANTHROPOGENIC IMPACT ON THE ENVIRONMENT BY THE EXTRACTION OF PLACER GOLD (FOR EXAMPLE, ERAVNINSKY DISTRICT OF THE REPUBLIC OF BURYATIA)

Marina V. Tsydyпова

Buryat State University, 670000, Russia, the Republic of Buryatia, Ulan-Ude, 24a Smolina St., Ph. D., Senior Lecture, Department of Land Use and Land Cadastre, e-mail: ecovie@mail.ru

Andrei G. Suprunenko

Buryat State University, 670000, Russia, the Republic of Buryatia, Ulan-Ude, 24a Smolina St., Magister of the Department of Land Use and Land Cadastre, e-mail: suprunenko03@mail.ru

The article deals with the methodology of geoinformation mapping and analysis of the impact of gold mining enterprises on natural landscapes based on Landsat satellite images and GIS technologies on the example of the Eravninsky district of the Republic of Buryatia. The article presents brief information on the extraction of alluvial gold in Buryatia and the history of development of the Eravninsky gold-sands district. As a result of the study, the mapping of terrain areas subject to anthropogenic impacts was carried out and the enterprises that are exploring and mining alluvial gold were identified, their license plots were mapped within the test plot, mapping of disturbed river valleys was carried out, the degree of disturbance of natural landscapes and the area of formed dumps was assessed.

Key words: satellite images Landsat, GIS technology, Eravninskiy district, the Republic of Buryatia, mining of placer gold, anthropogenic impact of enterprises.

REFERENCES

1. Gold production in Russia. (n. d.). Retrieved from at <https://zolotodb.ru/articles/other/gold/10922> [in Russian].
2. Kirsanova, N. I. (2010) Placer gold of Buryatia. *GLOBUS [GLOBUS]*, 5(13), 38–40 [in Russian].
3. Placer gold of Buryatia. (n. d.). Retrieved from <http://vnedra.ru/россыпное-золото-бурятии-311/> [in Russian].
4. About the results of activities of the Ministry of Natural Resources of the Republic of Buryatia for 2015 and tasks for 2016. (n. d.). Retrieved from at http://minpriroda-rb.ru/Pressa/index.php?SECTION_ID=1128&ELEMENT_ID=45683 [in Russian].
5. Imetenov, A. B, & Khartikov, L. N. (2013). Analysis of the impact of gold mining enterprises on the environment (by the example of the Irokind mine and Buryatzoloto OJSC). *Vestnik VSGUTU [ESSUTM Bulletin]*, 2(41), 178–182 [in Russian].
6. Egidarev, E. G., & Simonov, E. A. (2014). Assessment of the environmental consequences of placer gold mining in the basin of the river. Amur. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya [Geoecology. Engineering Geology. Hydrogeology. Geocryology]*, 5, 429–441 [in Russian].
7. *Zoloty reki. Vyp. 1. Amurskiy basseyn [Golden rivers: Issue 1. The Amur basin]*. (2012). E. A. Simonov (Ed.). Vladivostok: Wildlife Fund (WWF) [in Russian].
8. Simonov, E. A., Egidarev, E. G., Kalashnikov, U. A., Umin, G., & Gandbold, D. (2012). The scale of the environmental consequences of placer gold mining in the river basin Amur. In *Materialy VII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: Reki Sibiri i Dal'nego Vostoka [Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference: Rivers of Siberia and of the Far East]* (pp. 46–49). Blagoveshchensk [in Russian].
9. Egidarev, E. G., & Simonov, E. A. (2013). Use of remote sensing data for mapping the consequences of gold mining and assessing the basin of disturbed watercourses. In *Materialy Mezhdunarodnoi konferentsii: Distantionnoe zondirovanie okruzhayushchey sredy: nauchnye i prikladnye issledovaniya v Aziatsko-Tikhookeanskom regione (RSAP 2013) [Proceedings of the International Conference: Remote Sensing of the Environment: Applied Research in the Asia-Pacific Region (RSAP 2013)]* (pp. 62–63). Vladivostok [in Russian].
10. Egidarev, E. G., & Simonov, E. A. (2014) Assessment of the environmental consequences of placer gold mining in the basin of the river. Amur. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya [Geoecology. Engineering Geology. Hydrogeology. Geocryology]*, 5, 429–441 [in Russian].
11. Asner, G. P, Llaktayo, W., Tupaachi, R., & Luna, E. R. (2013). High rates of gold production in the Amazon were identified through high-resolution monitoring. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(46), 18454–18459. doi: 10.1073/pas.1318271110.
12. Lobo, F. L., Costa, Michigan, Novo, E. M., & Telmer, K. (2016). Distribution of artisanal and small-scale gold mining in the basin of the river. Tapajos (the Brazilian Amazon) for the past 40 years and the relationship with the silting of water. *Remote sens.*, 8, 579 p.
13. Beshentsev, A. N. (2011). Cartographic monitoring of nature use. *Geodezija i kartografija [Geodesy and Cartography]*, 3, 14–18 [in Russian].
14. Yalovik G. A. (2010). State and Prospects for the Development of the Mineral and Raw Materials Base of Buryatia. In *Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: Novye i netraditsionnye tipy mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh Pribaykal'ya i Zabaykal'ya [Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference: New and Uncon-*

ventional Types of Mineral Deposits in Baikal and Transbaikalia] (pp. 3–15). Ulan-Ude: ECOS [in Russian].

15. Petrash, A. G., Bakhtin, V. I., Plyasova, S. L., & Kirsanova, N. I. (2007). Alluvial gold and gold of the weathering crust of the Eravninskaya Depression. *Razvedka i okhrana neдр [Exploration and Conservation of Mineral Resources]*, 12, 73–78 [in Russian].

16. Fedotova, I. V. (2014) The main ecological problems of alluvial gold mining on the example of the Republic of Khakassia. In *Materialy XVIII Mezhdunarodnogo simp. im. akad. M. A. Usova studentov i molodykh uchenykh, posvyashch. 115-letiyu so dnya rozhdeniya akad. Akad. nauk SSSR, prof. K. I. Satpaeva, 120-letiyu so dnya rozhdeniya chl.-kor. Akad. nauk SSSR, prof. F. N. Shakhova: T. 1. Problemy geologii i osvoeniya neдр [Proceedings of the 18th International Symposium Named Acad. M. A. Usov of Students and Young Scientists Dedicated to the 115th Anniversary of the Academician of the USSR Academy of Sciences, Prof. K. I. Satpayev, to the 120th Anniversary of the Corresponding Member of the USSR Academy of Sciences, prof. F. N. Shakhov: Vol. 1. Problems of Geology and Development of the Earth]* (pp. 766–768). Tomsk [in Russian].

Received 25.05.2017

© M. V. Tsydypova, A. G. Suprunenko, 2017