

УДК 502.52(571.55)

## ВЛИЯНИЕ РОССЫПНОЙ ЗОЛОТОДОБЫЧИ НА ПРИРОДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ РЕЧНЫХ ДОЛИН БАСЕЙНА р. АМУР (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ, РОССИЯ)



Л.В. Замана<sup>1</sup>, И.Л. Вахнина<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия

<sup>2</sup> Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

В результате анализа космоснимков и натурных исследований нарушенных золотодобычей речных долин выделено два типа техногенных ландшафтов: ленточный траншейно-отвальный при разработке россыпей драгами и котлованно-отвальный при промывке гидромониторами. Приведены данные по загрязнению воды одной из наиболее нарушенных горной промышленностью рек. Предложены основные направления исследований по оценке влияния разработки россыпей на природные комплексы речных долин и восстановлению растительности.

**Ключевые слова:** россыпная золотодобыча, речные долины, техногенный ландшафт, загрязнение воды, Восточное Забайкалье.

### Введение

Золотоносные россыпи речных долин разрабатываются в Восточном Забайкалье со второй половины XIX столетия и в настоящее время вносят значительный вклад в добычу золота в Забайкальском крае. Более половины добытого в регионе золота приходится на россыпное. Территория края относится к бассейнам рек Амур, Енисей (оз. Байкал) и Лена, а также к Удза-Горейской области внутреннего стока. Основные прииски сосредоточены в верхне-амурском бассейне, в суббассейнах рек Шилка и Аргунь, слияние которых дает начало собственно Амуру. Первый речной бассейн почти полностью и левобережная часть второго по административному делению относятся к Забайкальскому краю (Восточное Забайкалье). Некоторые аспекты последствий россыпной золотодобычи на этой территории рассмотрены в данном сообщении.

Оценка экологических последствий добычи россыпного золота в бассейне р. Амур, включая территории России, Китая и Монголии, на уровне суббассейнов основных притоков дана в работе [Egidarev, Simonov, 2015]. По этим данным, в бассейне р. Шилка разработками затронуто 137 водотоков на площади 345 км<sup>2</sup>, что составляет 10,9% общей площади водных объектов. Суммарно нарушено 975 км, или 2,4% всей длины водотоков. На российской части бассейна р. Аргунь нарушено 11% площади водных объектов и 3,3% длины речной сети. Число и длина рек с нарушенными долинами не указаны. Судя по схеме, приведенной в упомянутой статье, в общие расчеты вошли также участки добычи россыпного олова в бассейне р. Онон (Ангатуйская, Надеждинская и другие россыпи). По другим данным, суммарная протяженность нарушенных в результате золотодобычи ландшафтов в бассейнах Аргу-

ни и Шилки составляет 1076 км, или 1,55% суммарной длины речной сети [Школьный, Чалов, Ефимов, 2017].

Выполненные в различных регионах исследования показали, что в результате разработки россыпей происходит полная трансформация геоморфологического строения речных долин, образуются техногенные формы рельефа, формируются новые русла, активизируются русловые процессы, уничтожается наземная и водная растительность, существенно изменяется и обедняется водная биота, загрязняется водная среда и т.д. [Махинов, Махинова, 2006; Worash, Tamiru, 2006; Коннов, 2008; Nelson, Church, 2012; Thorslund et al., 2012; Аношкин, 2017; Цыбекмитова, 2017]. Воздействие россыпной золотодобычи на природную среду не ограничивается непосредственно площадью разработок, а распространяется вниз по водотокам вследствие транспортировки водными потоками донных (влекомых) наносов, мелкодисперсных взвесей и растворенных веществ, включая токсичные тяжелые металлы [Чалов и др., 2015; Chalov, 2014]. На рассматриваемой территории такие исследования практически не проводились, несмотря на значительные масштабы россыпной золотодобычи.

Цель работы – показать влияние россыпной золотодобычи на природные комплексы речных долин бассейна р. Амур в границах Восточного Забайкалья.

### Материал и методы исследования

В данном сообщении представлены количественные характеристики долин конкретных водотоков, нарушенных в результате добычи россыпного золота, измеренные по космоснимкам из Google Earth, показаны основные формы техногенных ландшафтов. Кроме использования материалов дистанционного зондирования выполнены также натурные

наблюдения и гидрогеохимическое опробование по нескольким водотокам в различных частях территории (реки Дарасун, Дунда-Хонгорун, Кара, Нижняя и Средняя Борзя и др.). По р. Средняя Борзя, впадающей в пограничную с Китаем р. Аргунь, в качестве примера загрязнения приведены некоторые гидрохимические характеристики.

### Результаты и их обсуждение

В бассейне р. Шилка разработка россыпей в той или иной степени охватила всю водосборную площадь, особенно по левобережным притокам в низовье реки. Здесь добыча золота происходила по большинству притоков Шилки первого и второго порядков. Особо выделяется р. Черный Урюм, по долине которой, не считая притоков, общая протяженность переработанных россыпей достигает 58 км, а ширина дражных отработок – 1 км. На космоснимках по этой и другим долинам отчетливо видны как прямоугольники дражных полигонов размерами от  $0,11 \times 0,22$  до  $0,25 \times 0,56$  км<sup>2</sup>, так и отдельные проходы драг. Длина наиболее крупного техногенного озера достигает 1,3 км при ширине до 0,55 км.

По некоторым другим левобережным притокам Шилки трансформированные золотодобычей участки долин имеют следующую протяженность, км: р. Кара – 26, р. Кудеча с правым притоком – 22, р. Давенда – 15,3, р. Горбица – 13,6, р. Хи́ла – 13. Золотодобыча велась, кроме того, как по притокам упомянутых рек, так и по другим рекам. Переработанные отрезки, особенно по притокам, местами превышают половину общей длины речных долин.

В бассейне р. Аргунь вследствие разработки золотоносных россыпей нарушенность речных долин основных притоков Аргуни, определенная по космоснимкам, составляет, км: Средней Борзи – 60, Газимура – 36, Нижней Борзи – 20, Урова – 20, Урюмкана – 16 [Замана, Абакумова, 2014].

Россыпь по р. Средняя Борзя разрабатывается с конца XIX в. Основным способом промывки россыпей в недавнем прошлом – дражный, в настоящее время – гидромониторами, в среднем течении реки также работает драга. Здесь образовался один из наиболее протяженных в Восточном Забайкалье долинных техногенных ландшафтов. Длина отработанных участков по основной долине достигает 45 км, ширина дражных полигонов – от 0,3 до 0,8 км. На отдельных участках россыпь повторно обрабатывалась гидромониторным способом, участки последних лет рекультивированы на техническом этапе – выполнена планировка отвалов. Зарастание на недавних отработках (до 10–15 лет) идет преимущественно рудеральной растительностью, слабое, с низким проективным покрытием. Котлованы заполнены водой, наиболее крупный техногенный водоем вытянут на 1,2 км при ширине до 0,53 км.

В соседнем бассейне р. Нижняя Борзя россыпь разрабатывалась гидромониторным способом. Из общей протяженности разработок около половины приходится на основную долину, ширина обводненных котлованов здесь составляет 0,7–0,8 км, их длина варьирует от 1,3 до 1,8 км. Природный террасовый комплекс долины в прирусловой части на отдельных участках преобразован в единую техногенную террасу с выровненной поверхностью и однородным (без покровных супесей) литологическим разрезом сравнительно промытых галечников.

Техногенный рельеф, образующийся при россыпной золотодобыче, отличаюсь в деталях размерами, сочетанием и набором мезо- и микроформ в разных долинах, в целом сходен. В зависимости от способа разработки россыпей выделяются два типа техногенных ландшафтов: ленточный траншейно-отвальный ландшафт (рис. 1), формирующийся в результате работы драг, и котлованно-отвальный (рис. 2) при промывке гидравлическим способом.



Рис. 1. Ленточный траншейно-отвальный ландшафт отработанных дражных полигонов, долина р. Средняя Борзя: *a* – космоснимок, *b* – наземная фотография

Fig. 1. Band trench-dump landscape of spent by drags polygons, Srednyaya Borzya river valley: *a* – space image, *b* – ground photography



**Рис. 2. Котлованно-отвальный ландшафт участков гидромониторной отработки россыпи, долина р. Нижняя Борзя: *a* – космоснимок, *b* – наземная фотография**

**Fig. 2. Pitted-dump landscape of plots of hydromonitor mining of the placer, Nizhnyaya Borzaya river valley: *a* – space image, *b* – ground photography**

Техногенные ландшафты разработки россыпей, несмотря на их небольшую долю в водосборных бассейнах, играют, тем не менее, значительную роль в формировании и, особенно, в регулировании речного стока. Влияние природных ландшафтных условий на формирование стока, особенно ландшафтных единиц макроуровня (провинция, зона), показано в статье [Антипов, Гагаринова, Фёдоров, 2007], преимущественно на уровне ландшафта оценено в публикации [Гагаринова, 2012]. Для районов россыпной золотодобычи такая оценка содержится в работе [Ельчанинов, Коннов, Михайлов, 2013].

Е.А. Ельчанов и соавт. [2013] привели расчеты по р. Багдарин, расположенной в соседнем с рассматриваемой территорией бассейне Витима–Лены, по которой россыпи разрабатывались дражным способом. Среднегодовой и минимальный 30-суточный сток реки, по их расчетам, уменьшается соответственно на 21,5 и 60%, тогда как максимальный сток увеличивается на 25%. К сожалению, причины таких изменений авторы не объяснили. По-видимому, происходят они в основном за счет регулирующей роли техногенных водоемов. Для степной зоны с малыми модулями речного стока определенное значение для малых рек может иметь испарение с водной поверхности, которое в субаридных и аридных условиях более чем в два раза превышает количество атмосферных осадков.

Отработка россыпей приводит к смене литогенной основы ландшафта и растительных сообществ, особенно начальных сукцессий. При дражной промывке мелкодисперсные частицы выносятся, лито-

логический разрез отвалов усредняется по механическому составу. Так, на дражных отвалах в долине р. Унда, сложенных промытым песчано-гравийно-галечным материалом, за 30-летний период сформировались древесно-кустарниковые сообщества почти без травяной растительности с преобладанием чозении толокнянелистной (*Chosenia arbutifolia* (Pall.) A. Skvorts.), в естественных условиях представленной единичными экземплярами. При промывке песков промприборами происходит пространственная дифференциация техногенных грунтов по составу – в отвалах складываются крупнообломочные разности, в отстойниках накапливаются песчано-глинистые фракции. Соответственно, различны формирующиеся на этих грунтах растительные группировки.

Со временем происходит зарастание отвалов, тем не менее, крупные отвалы прослеживаются на космоснимках достаточно надежно. Растительность здесь обычно разреженная, состоящая из древесных пород или кустарников. Склоны отвалов, как правило, менее покрыты растительностью и имеют более заметные следы водной эрозии в форме промоин и мелких оврагов, особенно характерных для отвалов с мелкообломочным составом складированных грунтов, более подверженных размыву.

Водная эрозия наиболее сильно проявлена при формировании новых русел, нередко с делением водотока на несколько рукавов (многорукавность), как это видно на рис. 3, *a*. Из инженерно-геологических процессов в долине р. Дунда-Хонгорун в Любавинском рудном поле [Замана, Вахнина, 2010] отмечено

образование оползня в одном из высохших отстойников (рис. 3, *b*).

Водная эрозия формирующихся русел и особенно сброс технологических вод от извлечения золота из песков приводят к загрязнению речной сети. Основным загрязняющим компонентом при россыпной золотодобыче являются взвешенные вещества. В результате взаимодействия речной воды со взвешенными и влекомыми наносами значительно возрастают концентрации растворенных в воде компонентов, включая тяжелые металлы. Для примера мы приводим данные опробования р. Средняя Борзя, выпол-

ненного в меженный период в июле 2013 г. Места отбора водных проб указаны на рис. 4. Влияние разработки россыпи на гидрохимические показатели реки наиболее выражены в высоком содержании взвешенных веществ (до 278 мг/л), железа (до 6,5 мг/л) и общей минерализации воды (табл.). Вода характеризуется повышенным содержанием сульфатного иона, что указывает на окисление сульфидных минералов, содержащихся в обломочном материале аллювиальных отложений. Из металлов повышенные концентрации, кроме железа, имели (в мкг/л) Cr (до 28,3), Cu (24,3), Co (40,7), Ni (48,7).

*a**b*

Рис. 3. Многорукавное русло р. Дунда-Хонгорун (*a*) и оползневые деформации отложений отстойника в ее долине (*b*)

Fig. 3. Multi-branch Dunda-Hongorun river (*a*) and landslide deformations of sedimentation tanks in its valley (*b*)

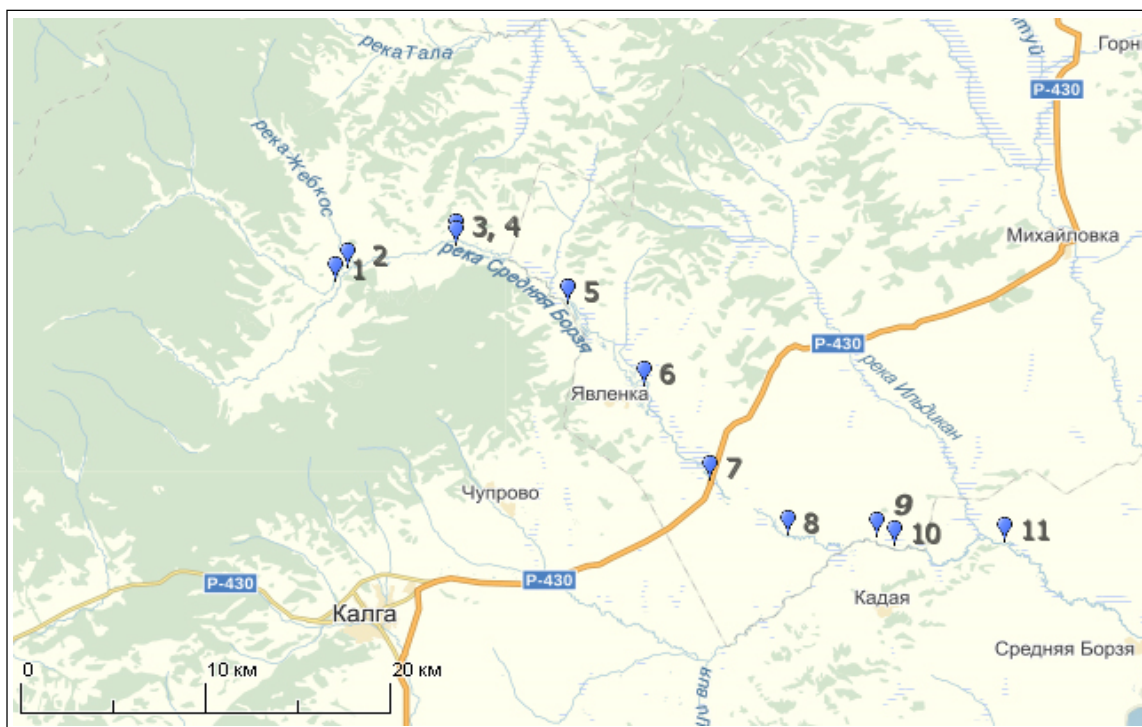


Рис. 4. Схема отбора водных проб в бассейне р. Средняя Борзя

Fig. 4. Water sampling scheme in the Srednyaya Borzaya river basin

Т а б л и ц а

## Некоторые физико-химические характеристики воды р. Средняя Борзя и других пунктов опробования в ее долине

T a b l e

## Some physical-chemical characteristics of the Srednyaya Borzya River water and other sampling points in its valley

Номер пробы	Место отбора	Взвешенные вещества, мг/л	pH	Eh, mV	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	Fe, мг/л	TDS, мг/л
1	р. Кутомара, на устье	<16	6,90	302	7,6	0,191	66,7
2	р. Средняя Борзя, на выходе из отстойника	167	7,30	290	42,8	2,955	170
3	р. Средняя Борзя	35	7,23	295	19,8	0,272	109
4	Озеро в дражном полигоне	16	7,83	274	75,2	0,084	284
5	р. Средняя Борзя	16	7,35	288	41,2	0,403	160
6	Озеро в карьере по центру долины	16	8,16	259	58,7	0,051	272
7	р. Средняя Борзя	278	7,50	270	33,5	6,529	163
8	р. Средняя Борзя в 6 км ниже	263	7,56	281	27,2	5,712	148
9	р. Средняя Борзя	190	7,53	274	38,4	3,972	196
11	р. Средняя Борзя в 1,5 км ниже устья р. Ильдикан	146	7,55	265	45,9	3,200	216

## З а к л ю ч е н и е

В рассмотренных бассейнах рек Шилка и Аргунь речная сеть в той или иной степени подвержена изменениям в результате золотодобычи. В долинах отдельных их притоков протяженность переработанных участков достигает 58–60 км. Виды формирующихся техногенных форм рельефа и ландшафтов напрямую зависят от способа разработки россыпей. Наиболее отчетливо различаются два типа техногенных ландшафтов россыпной добычи золота – ленточный траншейно-отвальный при разработке россыпей драгами и котлованно-отвальный ландшафт, характеризующийся более крупными формами рельефа и дифференцированными по механическому составу грунтами, при гидромониторной отработке. В том и другом случае на нарушенных территориях затрудняется восстановление растительности, особенно на склонах отвалов, подверженных водной и ветровой эрозии. В результате водной эрозии и сброса технологических вод многократно усиливается вынос взвешенных веществ, растут концентрации металлов, загрязняющие вещества распространяются по водотокам далеко за пределы золоторазработок.

Несмотря на то, что разработка золотоносных россыпей в Восточном Забайкалье насчитывает бо-

лее чем полуторавековой период и оказывает значительную нагрузку на природные комплексы речных долин территории, процессы, последствия и масштабы этого воздействия до сих пор изучены слабо. К наиболее важным направлениям исследований участков разработок золотоносных россыпей авторы относят:

- изучение геоморфологии и влияния техногенных ландшафтов на формирование и регулирование водного стока;
- оценку техногенного массопереноса и роли в нем активизации водно-эрозионных процессов;
- оценку загрязнения водной среды и его влияния на водную биоту, в особенности на ихтиофауну;
- изучение естественного восстановления растительности на нарушенных землях, включая рекультивированные;
- разработку методов биологической рекультивации земель с подбором районированных оптимальных видов растений и их сообществ.

*Натурные исследования и гидрогеохимическое опробование проведены по проектам бюджетных исследований ИПРЭК СО РАН, анализ космоснимков осуществлен при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 19-14-00028).*

## Л И Т Е Р А Т У Р А

- Аношкин А.В.** Динамика антропогенных форм рельефа в районах разработок россыпных месторождений (Амуро-Сутарский золотоносный район) // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геоэкология. 2017. № 4. С. 13–20.
- Антипов А.Н., Гагарина О.В., Фёдоров В.Н.** Ландшафтная гидрология: теория, методы, реализация // География и природные ресурсы. 2007. № 3. С. 56–66.
- Гагарина О.В.** Ландшафтно-гидрологические закономерности формирования стока в бассейне озера Байкал // География и природные ресурсы. 2012. № 3. С. 55–60.
- Ельчанинов Е.А., Конов В.И., Михайлов Р.А.** Изменение стока малых рек Восточного Забайкалья при добыче россыпного золота // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № 4. С. 116–122.

**Замана Л.В., Абакумова В.И.** Влияние россыпной золотодобычи на долинные ландшафты и речной сток левобережных притоков р. Аргунь // Гео- и экосистемы трансграничных речных бассейнов на востоке России: проблемы и перспективы устойчивого развития : материалы Всерос. науч. семинара / отв. ред. М.И. Эпов. Новосибирск : Ин-т нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, 2014. С. 169–172.

**Замана Л.В., Вахнина И.Л.** Техногенные ландшафты и гидрогеохимия Любавинского рудного поля (Восточное Забайкалье) // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование : материалы III Всерос. симп. с междунар. участием и IX Всерос. чтений пам. акад. А.Е. Ферсмана. Чита, 2010. С. 11–16.

**Коннов В.И.** Исследование основных факторов, влияющих на качество воды малых рек при добыче золота открытым способом в Читинской области // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2008. № 2. С. 130–134.

**Махинов А.Н., Махинова А.Ф.** Преобразование антропогенного рельефа в районах разработок россыпных месторождений (север Хабаровского края) // Геоморфология. 2006. № 2. С. 43–49.

**Цыбекмитова Г.Ц.** Воздействие добычи россыпного золота на гидрохимическое состояние поверхностных вод // Водные ресурсы и водопользование : сб. тр. Чита, 2017. С. 92–97.

**Чалов С.Р., Школьный Д.И., Промахова Е.В., Леман В.Н., Романченко А.О.** Формирование стока наносов в районах разработок россыпных месторождений // География и природные ресурсы. 2015. № 2. С. 22–30.

**Школьный Д.И., Чалов С.Р., Ефимов В.А.** Инвентаризация россыпных разработок благородных металлов в бассейнах рек Дальнего Востока РФ: географическое распространение и воздействие на русловые системы // Современные проблемы географии и геологии: к 100-летию открытия естественного отделения в Томском государственном университете : материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Томск, 2017. С. 410–414.

**Chalov S. G.** Effects of placer mining on suspended sediment budget: case study of north of Russia's Kamchatka Peninsula // Hydrological Sciences Journal. 2014. V. 59 (5). P. 1–14.

**Egidarev E.G., Simonov E.A.** Assessment of the environmental effect of placer gold mining in the Amur river basin // Water Resources. 2015. V. 42 (7). P. 897–908.

**Nelson A.D., Church M.** Placer mining along the Fraser River, British Columbia: The geomorphic impact // Geological Society of America Bulletin. 2012. V. 124 (7-8). P. 1212–1228.

**Thorslund J., Jarsjo J., Belozeroва E.V., Chalov S.R.** Assessment of the gold mining impact on riverine heavy metal transport in a sparsely monitored region: the upper Lake Baikal Basin case // Journal of Environmental Monitoring. 2012. V. 14. P. 2780–2792. DOI: 10.1039/C2EM30643C.

**Worash G., Tamiru A.** Metal contamination of the environment by placer and primary gold mining in the Adola region of southern Ethiopia // Environmental Geology. 2006. V. 50 (3). P. 339–352.

#### Авторы:

**Замана Леонид Васильевич**, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геоэкологии и гидрогеохимии, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия.

E-mail: l.v.zamana@mail.ru

**Вахнина Ирина Леонидовна**, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории географии и регионального природопользования, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, научный сотрудник Сибирской дендрохронологической лаборатории, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия.

E-mail: vahnina\_il@mail.ru

*Geosphere Research*, 2020, 2, 83–89. DOI: 10.17223/25421379/15/7

L.V. Zamana<sup>1</sup>, I.L. Vakhnina<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch RAS, Russia*

<sup>2</sup> *Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia*

### THE INFLUENCE OF ALLUVIAL GOLD MINING ON THE NATURAL COMPLEXES OF RIVER VALLEYS OF AMUR RIVER BASIN (EASTERN TRANSBAIKALIA, RUSSIA)

The article presents the qualitative and quantitative characteristics of violations of natural complexes of river valleys resulting from placer gold mining in the Shilka and Argun rivers basins, from the confluence of which the Amur River itself begins, obtained by analyzing satellite images and field studies. In the placer mining areas, which has been going on in Eastern Transbaikalia since the second half of the 19th century, the geomorphological structure of river valleys is completely transformed, new stream channels are formed, channel processes are activated, anthropogenic relief forms are formed, land and water vegetation is removed, aquatic biota is substantially changed and depleted, contaminated water environment. Two main types of technogenic landscapes are distinguished: a tape trench-dump landscape during dredging of placers and a practically disordered pitted-dump landscape when washing gold-bearing sands with water monitors. Spent dredged polygons in the Shilka river basin reach a size of 0.25 × 0.56 km<sup>2</sup>, and the length of the largest man-made lake is 1.3 km with a width of up to 0.55 km. In the Argun basin, the length of flooded pits is up to 1.3–1.8 km, and their width is up to 670–800 m. The length of individual sections of disturbed valleys in both basins reaches 58–60 km. The impact of alluvial gold mining on the natural environment extends downstream of the watercourses beyond the development area due to the transport of bottomset beds, finely dispersed suspended solids and dissolved substances by water flows. On example of river Srednyaya Borzya, whose valley is most disturbed by the exploitation of placers in the Argun river basin, including modern mining by both methods, shows the main components of water pollution. The most significant of them are suspended solids and iron, the content of which in water reached 278 and 6.5 mg / L respectively. Elevated concentrations also had (in µg / L) Cr (up to 28.3), Cu (24.3), Co (40.7), Ni (48.7).

The reclamation of disturbed lands is been carried out in recent decades, mainly after the development of placers by hydromonitors, but is limited to the technical stage - the leveling of dumps. Vegetation is poorly restored, especially on the slopes of dumps devoid of soil cover and susceptible to water and wind erosion, and is represented by a limited number of mainly tree-shrub species. Due to the poor

knowledge of the impact of placer gold mining on the environment in the region, the main directions of further research are proposed. They include the study of the influence of anthropogenic landscapes on the formation and regulation of water flow, assessment of pollution of the aquatic environment and its impact on the aquatic biota, primarily on the ichthyofauna, development of methods for the biological restoration of disturbed lands.

**Keywords:** *alluvial gold mining, river valleys, anthropogenic landscape, water pollution, Eastern Transbaikalia.*

### References

- Anoshkin A.V. *Dinamika antropogennykh form rel'efa v rajonah razrabotok rossypanykh mestorozhdenij (Amuro-Sutarskij zolotonosnyj rajon)* [Dynamics of anthropogenic landforms in the areas of placer mining (Amuro-Sutarsky gold-bearing region)] // *Geoecology. Engineering Geology, Hydrogeology, Geocryology*. 2017. No. 4. pp. 13–20. In Russian.
- Antipov A.N., Gagarinova O.V., Fyodorov V.N. *Landshaftnaya gidrologiya: teoriya, metody, realizaciya* [Landscape hydrology: theory, methods, implementation] // *Geography and natural resources*. 2007. No. 3. pp. 56–66. In Russian
- Gagarinova O.V. Landscape-hydrological regularities of runoff formation within the lake Baikal watershed basin // *Geography and Natural Resources*. 2012. V. 33. No. 3. pp. 218–222.
- Elchaninov E.A., Konnov V.I., Mikhailov R.A. *Izmenenie stoka malyh rek Vostochnogo Zabajkalya pri dobyche rossypanogo zolota* [Changes in the flow of small rivers in Eastern Transbaikalia during the extraction of alluvial gold] // *Mining Information and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)*. 2013. No. 4. pp. 116–122. In Russian.
- Zamana L.V., Abakumova V.I. *Vliyaniye rossypanoy zolotodobychi na dolinnye landshafty i rechnoj stok levoberezhnykh pritokov r. Argun'* [The influence of alluvial gold mining on the valley landscapes and river runoff of the left-bank tributaries of the river Argun'] // In the book: *Geo-and Ecosystems of Transboundary River Basins in the East of Russia: Problems and Prospects for Sustainable Development, Materials of the All-Russian Scientific Seminar*. Executive Editor: M.I. Epov. Novosibirsk, 2014. pp. 169–172. In Russian.
- Zamana L.V., Vakhnina I.L. *Technogenic landscapes and hydrogeochemistry of the Lubavinsky ore field (Eastern Transbaikalia)* [Technogenic landscapes and hydrogeochemistry of the Lubavinsky ore field (Eastern Transbaikalia)] // In the collection: *Mineralogy and geochemistry of the landscape of mining territories. Modern Mineral Formation. Materials of the III All-Russian Symposium with International Participation and the IX All-Russian Readings in Memory of Academician A.E. Fersman*. Chita, 2010. pp. 11–16. In Russian.
- Konnov V.I. *Issledovanie osnovnykh faktorov, vliyayushchih na kachestvo vody malyh rek pri dobyche zolota otkryтым sposobom v CHitinskoj oblasti* [Investigation of the main factors affecting the water quality of small rivers in open pit gold mining in the Chita region] // *Geoecology. Engineering Geology, Hydrogeology, Geocryology*. 2008. No. 2. pp. 130–134. In Russian.
- Makhinov A.N., Makhinova A.F. *Preobrazovanie antropogennogo rel'efa v rajonah razrabotok rossypanykh mestorozhdenij (sever Habarovskogo kraja)* [Transformation of anthropogenic relief in the areas of placer mining (north of the Khabarovsk Territory)] // *Geomorphology*. 2006. No. 2. pp. 43–49. In Russian.
- Tsybekmitova G. Ts. *Vozdejstvie dobychi rossypanogo zolota na gidrohimicheskoe sostoyaniye poverhnostnykh vod* [Impact of extraction of placer gold on a hydrochemical state surface water] // In the collection: *Water resources and water use, collection of works*. Chita. 2017. pp. 92–97. In Russian.
- Chalov S.R., Shkol'nyi D.I., Promakhova E.V., Romanchenko A.O., Leman V.N. Formation of the sediment yield in areas of mining of placer deposits // *Geography and Natural Resources*. 2015. V. 36 (2). pp. 124–131.
- Shkolny D.I., Chalov S.R., Efimov V.A. *Inventarizaciya rossypanykh razrabotok blagorodnykh metallov v bassejnah rek Dal'nego Vostoka RF: geograficheskoe rasprostraneniye i vozdejstvie na ruslovyye sistemy* [Inventory of placer mining of precious metals in river basins of the Russian Far East: geographical distribution and impact on channel systems] // In the collection: *Current problems of geography and geology on the occasion of the 100th anniversary of the opening of the natural branch at Tomsk State University: proceedings of the IV All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation*. Tomsk, 2017. pp. 410–414. In Russian.
- Chalov S. G. Effects of placer mining on suspended sediment budget: case study of north of Russia's Kamchatka Peninsula // *Hydrological Sciences Journal*. 2014. V. 59(5). pp. 1–14.
- Egidarev E.G., Simonov E.A. Assessment of the environmental effect of placer gold mining in the Amur river basin // *Water Resources*. 2015. V. 42 (7). pp. 897–908.
- Nelson A. D., Church M. Placer mining along the Fraser River, British Columbia: The geomorphic impact // *Geological Society of America Bulletin*. 2012. V. 124 (7-8). pp. 1212–1228.
- Thorslund J., Jarsjo J., Belozeroва E.V., Chalov S.R. Assessment of the gold mining impact on riverine heavy metal transport in a sparsely monitored region: the upper Lake Baikal Basin case // *Journal of Environmental Monitoring*. 2012. V. 14. pp. 2780–2792. DOI: 10.1039/C2EM30643C.
- Worash G., Tamiru A. Metal contamination of the environment by placer and primary gold mining in the Adola region of southern Ethiopia // *Environmental Geology*. 2006. V. 50 (3). pp. 339–352.

### Author's:

**Zamana Leonid V.**, Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Leading Researcher, Laboratory of Geoecology and Hydrogeochemistry, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Chita, Russia.

E-mail: l.v.zamana@mail.ru

**Vakhnina Irina L.**, Cand. Sci. (Biol.), Researcher, Laboratory of Geography and Regional Environmental Management, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Chita, Researcher, Siberian Dendrochronological Laboratory, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

E-mail: vahnina\_il@mail.ru