

ЭКОНОМИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В. В. Балашенко

Saving water resources in the development of placer deposits

V. V. Balashenko

The author considers the issues of resources saving and protection during mining operations in the northern territories. The article contains an analysis of the state of the natural water of the placers. By itself, the water of the surface reservoirs of the Urals North contains little oxygen, and has a low self-cleaning capacity. Exploration and mining operations with traditional technologies lead to the unacceptable pollution of watercourses, the reduction of fish resources, the replacement of valuable varieties of fish with low-value ones. Damage to fish resources, in spite of numerous methods, it is impossible to calculate. Preventive fish protection measures are not effective. The author analyzes studies on the effect of gold mining on river ecosystems of the eastern and western slopes of the Urals. In the developed mathematical simulation model, a significant fraction of parameters had approximate values, so the results obtained are only indicative. There was no continuation of this work. Common belief is that preventing negative changes is possible by regulating the incoming pollutants, but the author proves that for vulnerable northern territories one needs the approaches that eliminate pollution using technologies and production processes that prevent them. The article shows an example of the replacement of traditional technology of the bulldozer-hydraulic method with the excavating method with the corresponding basic and auxiliary equipment that does not require large water flows. According to calculations, the total water discharge after excluding the hydraulic monitors and hydroelevator decreased by 8.3 times. One can see a consecutive calculation of the annual economic damage from the implementation of the measure and the environmental effect.

Keywords: economic damage to fish resources; development technologies; economic effect.

Рассмотрены вопросы экономии и защиты водных ресурсов при горных работах на северных территориях. Анализируется состояние природной воды районов россыпей. Сама по себе вода поверхностных водоемов Уральского Севера содержит мало кислорода, обладает небольшой способностью к самоочищению. Геологоразведочные и добычные работы с традиционными технологиями приводят к недопустимому загрязнению водотоков, к сокращению рыбных ресурсов, замещению ценных сортов рыб на малоценные. Ущерб рыбным ресурсам, несмотря на многочисленные методики, подсчитать невозможно. Предупредительные рыбоохранные мероприятия эффекта не дают. Анализируются исследования по воздействию золотороссыпных разработок на речные экосистемы восточного и западного склонов Урала. В разработанной математической имитационной модели в информационном обеспечении существенную долю составляли приближенные значения параметров, в силу чего полученные результаты могут рассматриваться лишь как ориентировочные. Продолжения работ не последовало. Считается, что предотвратить негативные изменения возможно путем регламентации поступающих загрязнителей, автор же доказывает, что для уязвимых северных территорий необходимы подходы по исключению загрязнений с использованием технологий и процессов производства, их предотвращающих. Приводится пример замены традиционной технологии бульдозерно-гидравлического способа на экскаваторный способ с соответствующим основным и вспомогательным оборудованием, не требующим больших расходов воды. По расчету общий расход воды при исключении работы гидромониторов и гидроэлеватора уменьшился в 8,3 раза. Приводится последовательный расчет годового экономического ущерба от внедрения мероприятия и экологического эффекта.

Ключевые слова: экономический ущерб рыбным ресурсам; технологии разработки; экономический эффект.

Разведка и разработка золотороссыпных месторождений в северных условиях (и не только в северных) влечет за собой множество отрицательных воздействий и последствий, одними из которых являются загрязнение открытых водных источников и ущерб рыбным ресурсам [1]. Загрязнение подземных вод на участках зоны влияния россыпного месторождения и превышение норм безвозвратного изъятия поверхностного стока, как правило, незначительные и на состоянии водных экосистем не сказываются. Твердый материал, поступающий в водоток с площади водосбора во время паводков, половодий, обильных дождей, увеличивается по сравнению с поступлением его во время эксплуатационных работ. В весеннее половодье при высоком уровне реки, озера, болота сливаются в один водный поток, где происходит обмен гидрохимическими

веществами, гидробионтами, ихтиофауной и др. Антропогенное влияние заключается в миграции загрязняющих веществ от водного транспорта, топливных заправочных баз, хоть и немногочисленных, но расположенных в прибрежной зоне рек, где ведутся геологоразведочные и эксплуатационные работы. Формирование химического состава речных вод бассейна р. Северная Сосьва и ее притоков происходит под влиянием климатических условий, характера почв, растительности, а также особенностей геоморфологии и геологии. Природные речные воды бассейна реки слабоминерализованные, однако особенно во время половодья, в межень минерализация возрастает до 150–300 мг/л. На залесенных и заболоченных водосборах поверхностно-склоновые и почвенно-поверхностные воды выщелачивают из лесной подстилки и торфа продукты неполного разложения растительных и животных остатков и обогащаются органическими веществами. Содержание растворенных в воде органических и некоторых минеральных веществ в целом очень высокое. Цветность воды на подъеме половодья достигает 300–370°. Высокая окисляемость объясняется усиленным притоком в воды гуминовых кислот с болотными водами. Степень насыщения воды кислородом летом достигает иногда 40–45% [2]. Таким образом, вследствие малого количества растворенного кислорода, его повышенным расходом на окисление органических веществ, поступающих с многочисленными ручьями и мелкими речками с заболоченных пространств, воды обладают малой способностью к самоочищению, а несмотря на сезонность отработки россыпных месторождений, загрязнение водных источников происходит и в межсезонный период. Главным же загрязняющим веществом при разработке россыпей являются взвешенные вещества (частицы). Взвешенные вещества выше ПДК (для рыбохозяйственных водоемов более 25 мг/л) уменьшают прозрачность воды, интенсивность фотосинтеза, объем фитопланктона. Из-за более быстрого прогрева взмученной воды изменяется состав фауны рыб [3] (лососевые приспособлены к холодной воде, они заменяются на сорную рыбу) и т. д. Экономический ущерб от ухудшения состояния рыбных ресурсов (ущерб от снижения товарных качеств рыбы, от снижения продуктивности водоемов, от необ-

ходимости восстановления воспроизводства рыбных ресурсов, от гибели кормовых организмов и т. д.) определяется в соответствии с Методическими рекомендациями («Временная методика оценки ущерба, наносимого рыбным запасам в результате строительства, реконструкции и расширения предприятий, сооружений и других объектов и проведения различных видов работ на рыбохозяйственных водоемах» утв. Минрыбхозом СССР 18.12.89, Госкомприроды СССР 20.10.89, действует в 2017 г.). Экономическая оценка ущерба рыбным ресурсам производится по сравнению численности популяции рыб до разработки месторождения и при эксплуатации месторождения, т. е. определяются и сравниваются численные стада рыбы и ее уловы в денежном выражении при наличии и отсутствии экологической нагрузки. Результаты отрицательного воздействия эксплуатации предприятий, не устранимые предупредительными рыбоохранными мерами, определяются размером ожидаемого ущерба рыбным запасам водоема в натуральном выражении. Экономический ущерб будет определяться как часть неполученной прибыли в результате сокращения улова от ухудшения условий естественного воспроизводства рыбных ресурсов из-за загрязнения водоемов. В настоящее время промышленного вылова всех видов рыб (и даже браконьерского вылова) в исследуемом районе нет в силу его труднодоступности. Ограниченный промысловый лов ведется на р. Северная Сосьва в 360 км от россыпей Усть-Маньинского россыпного района (реки Арбынья, Луоцуля, Бол. Сосьва, Манья (южная) и др.). Подсчитать ущерб и в денежном, и в натуральном выражении в этом случае невозможно.

На северных территориях многие предупредительные рыбоохранные мероприятия, позволяющие сохранить улов рыбы в объеме улова до эксплуатации предприятия, пригодны для более мягких климатических условий. При этом нужно учитывать уникальность и ценность видов рыб в золотоносных северных районах Приполярного Урала (Хальмерьинский, Усть-Маньинский, Щекуринский, Ляпинский, Северо-Сосьвинский), которые более требовательны к условиям нереста и проживания. Обычно это холодолюбивые рыбы, приспособленные к жизни в чистой воде с высокой концентрацией кислорода. При изменении условий меняются численность популяции, динамика численности.

В мире осталось небольшое число крупных месторождений золота с богатыми запасами (в основном в Южной Африке), и в то же время имеются большие запасы руд и песков с пониженным средним содержанием металла, разрабатывать которые было нерентабельно. Отработка месторождений с большими запасами, существенное повышение цен на золото, позволяют рассматривать в качестве перспективных неосвоенные районы с небогатыми и мелкими месторождениями. Крупный золотоносный район с такими месторождениями расположен на Приполярном Урале. Общие прогнозные ресурсы россыпного золота составляют 60,4 т (Хальмерьинский, Усть-Маньинский, Щекуринский, Ляпинский, Северо-Сосьвинский рудно-россыпные районы). Прогнозные ресурсы рудного золота – 603 т, запасы по категории C_2 – 6,7 т [4]. Среди этих россыпей выделяются следующие геолого-промышленные типы: элювиально-склоновые (к ним относятся россыпи кор химического выветривания с гравитационным и мелким золотом), аллювиальные (неглубокие россыпи с гравитационным золотом малых и средних рек и глубоководо залегающие россыпи этих же долин) и техногенные, трудно-промысловые типы.

Современные эффективные технологии с подземным и кучным выщелачиванием металлов не совсем применимы к добыче золота, так как оно не поддается воздействию обычных растворителей, которые используются для растворения медных, никелевых, урановых и других руд. Существующие растворители золота (цианиды, тиомочевина и др.) очень ядовиты, с медленным процессом растворения золота. Поэтому при применении техно-

логий с выщелачиванием необходим целый комплекс природоохранных мероприятий, гарантирующих безопасность работающих и исключающих возможность проникновения ядовитых жидкостей за пределы участка работ, что требует значительных затрат на выполнение этих мероприятий [5, 6]. Для исключения техногенных аварий в настоящее время при отработке россыпей применяются традиционные схемы добычи, где главный технологический процесс – гидравлический (промывка горной массы). Наиболее уязвимыми из природных ресурсов при этом являются водные ресурсы и, соответственно, главное значение в решении природоохранных проблем имеет охрана вод (рыбных ресурсов). В 1980-х гг. был проведен ряд исследований по воздействию золотороссыпных разработок на речные экосистемы восточного и западного склонах Урала (Мингео СССР совместно с Институтом экологии растений и животных и Институтом экономики УНЦ [7]). Была разработана математическая имитационная модель *месторождение–река*, ее информационное обеспечение для эталонного района и методические рекомендации для адаптивной оценки ущерба рыбным ресурсам при разведке и разработке россыпных месторождений. Разработанные методические рекомендации предлагалось использовать для определения экологического ущерба при геолого-экономической оценке россыпных месторождений и выбора рационального способа разработки с точки зрения охраны природы. При этом оговаривалось, что в информационном обеспечении имитационной модели существенную долю составляют приближенные значения параметров, использованы экспертные оценки, т. е. получаемые результаты расчетов должны расцениваться как ориентировочные, в основном была представлена только качественная оценка последствий. В дальнейшем работы с целью уточнения параметров модели не продолжались, количественного выражения последствий воздействия разработок месторождений соответственно также не было, следовательно, и оценить ущерб нельзя даже приблизительно.

Специалисты в области рыбохозяйственной токсикологии считают, что предотвратить негативные изменения в загрязненном водоеме можно путем регламентации поступающих в водоемы токсических веществ на основе экспериментально установленных в лабораторных условиях и опыта на рыбах предельно допустимых концентраций. «Пока неизвестно ни одного случая, когда бы гибель рыбы в водоеме происходила при содержании токсикантов в воде, грунтах или в самом организме на уровне рекомендованных ПДК концентраций. Лишь при многократном (в десятки и сотни раз) превышении величины ПДК отмечаются неблагоприятные изменения в экосистемах водоемов, снижение численности, продуктивности или гибель рыб и других гидробионтов. Следовательно, важно только соблюдать экспериментально установленные ПДК и не допускать их многократного превышения» [8]. С точки зрения автора, такой принцип не подходит к разработке россыпей, так как при ударно-гидравлической технологии разработки в отработанной воде образуются ультрасуспензии со сверхвысокой геохимической активностью [9], с набором известных и неизвестных токсикантов в конкретной геохимической системе отстойников [10], а в лабораторных условиях и опытах на рыбах нужно устанавливать сотни ПДК (и сколько рыбы надо загубить). Для уязвимых северных территорий (и не только северных) необходимыми подходы по «предотвращению загрязнений» с использованием технологий и процессов производства, предотвращающих или минимизирующих загрязнения (со стимулированием их разработки и внедрения), которые уже используются в мировой практике (например, по положениям Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ 73/78) (англ. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, MARPOL 73/78, Директивам ЕС, касающихся предупреждения загрязнения). В

последние годы государство ввело ряд мер в этом направлении (по переходу на наилучшие доступные технологии (НТД) ФЗ № 219 от 24.06.2014, распоряжение Правительства № 398-р от 19.03.2014 и др.), но для малых предприятий они недоступны.

При выполнении проекта разработки и рекультивации россыпи «Двуречье» (с участием автора) на реке Луоцуль в Усть-Маннинском рудно-россыпном районе Приполярного Урала в пределах Березовского района ХМАО – Югра было рекомендовано отказаться от бульдозерно-гидравлического способа. Этот способ традиционный и можно сказать единственный, применяемый в настоящее время на действующих приисках Урала. Основные достоинства этого способа – небольшие капитальные вложения и простота оборудования. Запасы и геометрия россыпей, которые можно разрабатывать гидравлическим способом, могут быть любыми, т. е. изменяться в широких пределах, но расход воды на размыв, транспортировку, укладку породы в отвал и обогащение песков при этом способе большой и достигает 35 м³ на 1 м³ горной массы. После соответствующих предварительных технико-экономических расчетов для разработки россыпи был предложен экскаваторный способ с соответствующим основным и вспомогательным оборудованием, не требующий больших расходов воды. По расчету количественной схемы обогащения удельный расход технологической воды составил 4,57 м³/м³, часовой 186,6 м³. По расчету общий расход воды при исключении работы гидромониторов и гидроэлеватора уменьшился в 8,3 раза.

Годовой экономический эффект Э от внедрения мероприятий по рациональному использованию водных ресурсов при производстве продукции определяется по формуле:

$$Э = (З_1 - З_2)Q,$$

где З₁, З₂ – приведенные затраты на единицу продукции до и после проведения мероприятия или по сопоставляемым проектным вариантам соответственно, руб.; Q – годовой объем производства продукции после внедрения мероприятия, в натуральных единицах.

В соответствии с расчетами годовой экономический эффект от внедрения мероприятий по рациональному использованию водных ресурсов получился незначительным по следующим причинам:

– удельные капитальные вложения, связанные с изменением технологии работ, влияющей на уменьшение водопотребления, превышают удельные капитальные вложения до изменения технологии, так как стало значительно дороже выемочно-обогащительное оборудование;

– уменьшение водопотребления в 8,3 раза не оказало существенного влияния на себестоимость продукции и величину ущерба. Ставка платы за забор (изъятие) водных ресурсов из поверхностных водных объектов в пределах объема допустимого забора (изъятия) водных ресурсов, установленного договором водопользования, – 270 руб./тыс. м³ для бассейна Оби в пределах ХМАО (Постановления Правительства РФ от 01.12.2007 № 832). Объем забранной воды определяется исходя из времени работы и производительности технических средств, т. е. обогатительной установки (включая оборотную воду):

$$4460 \text{ м}^3/\text{сут} \cdot 150 \text{ сут} = 669\,000 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Стоимость воды 669 000 м³/год × 270 руб./тыс. м³ = 180 630 руб./год. До внедрения мероприятий стоимость воды составила бы:

$$180\,630 \text{ руб./год} \cdot 8,3 = 1\,499\,000 \text{ руб./год};$$

– годовой объем производства продукции после внедрения мероприятия (значительного с природоохранной точки зрения)

почти не увеличился; дополнительные капитальные затраты увеличились за счет разницы в стоимости экскаватора и бульдозерно-гидравлического оборудования (1 400 000 руб.);

– компенсация ущерба рыбным ресурсам – 162 тыс. руб. (была бы без мероприятий).

Таким образом, при большом экологическом эффекте (только по одной россыпи) частный (для предприятия) экономический эффект оказался незначительным. По критерию НТД «экономическая эффективность внедрения и эксплуатации и период внедрения» (п. 7 Приказа Минпрома от 31 марта 2015 года № 665 «Об утверждении Методических рекомендаций по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии», возможно, предлагаемая технология не войдет в Справочник НТД, так как применение ресурсо- и энергосберегающих методов рекомендовано рассматривать в качестве дополнительного положительного фактора при принятии решения в отношении определения технологии.

Статья подготовлена за счет средств проекта № 15-14-7-13 «Сценарные подходы к реализации уральского вектора освоения и развития российской Арктики в условиях мировой нестабильности» программы УрО РАН № 14 «Фундаментальные проблемы региональной экономики».

ЛИТЕРАТУРА

1. Татаркин А. И., Балашенко В. В., Душин А. В. и др. Геоэкоэкономическая модель освоения природного потенциала северных малоизученных территорий с позиции системности // Изв. УГГУ. 2016. № 1. С. 118–125.
2. Селиванова Д. А. Гидрохимические особенности поверхностных вод восточного макросклона Приполярного Урала // Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий: материалы II Всероссий. молодеж. геолог. конф. Уфа: Дизайн-ПолиграфСервис, 2014. С. 183–189.
3. Русанов В. В., Турицина О. С. Влияние глинистых взвесей на ранней стадии онтогенеза рыб // Рыбохозяйственные исследования водоемов Урала. Л., 1979. С. 122–128.
4. Пахомов В. П., Золоев К. К., Душин А. В. и др. Состояние и оценка минерально-сырьевых ресурсов ХМАО – Югры в системе горнопромышленного кластера. Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2009. 193 с.
5. Кутлиахметов А. Н. Геоэкологическое состояние природно-технических систем районов золотодобычи в Башкирском Зауралье: дис. д-ра геол.-минерал. наук. Екатеринбург: УГГУ, 2015. 297 с.
6. Низамутдинова Н. Р. Оценка воздействия технологии подземного выщелачивания золота на окружающую среду // Вода: химия и экология. 2014. № 10. С. 9–14.
7. Разработка методических рекомендаций по определению экологического ущерба при разведке и разработке россыпных месторождений в условиях Севера. Воркута: Мингео СССР, 1987. № ГР 24-85-5/67.
8. Лукьяненко В. И. Экологические аспекты ихтиотоксинологии. М.: Агропромиздат, 1987. 240 с.
9. Урьев Н. Б. Высококонцентрированные дисперсные системы. М.: Химия. 1980. 312 с.
10. Гавриленко В. В. Экологическая минералогия и геохимия месторождений полезных ископаемых. СПб.: СПГИ, 1993. 150 с.

REFERENCES

1. Tatarkin A. I., Balashenko V. V., Dushin A. V. et al. 2016. *Geoeconomic model of development of natural potential of northern poorly studied territories from the systemic viewpoint*. *Izv. UGGU* [News of the Ural State Mining University], no. 1, pp. 118–125.
2. Selivanova D. A. 2014. *Gidrokhimicheskie osobennosti poverkhnostnykh vod vostochnogo makrosklona Pripolyarnogo Urala* [Hydrochemical features of surface waters of the eastern macroslope of the Subpolar Urals]. *Geologiya, geoekologiya i resursnyy potentsial Urala i sopredel'nykh territoriy: materialy II Vseros. molodezh. geolog. konf.* [Geology, geocology and resource potential of the Urals and adjacent territories: materials of II all-russian youth geologist conference], Ufa, pp. 183–189.
3. Rusanov V. V., Turitsina O. S. 1979. *Rybohozyaystvennyye issledovaniya vodoemov Urala* [Fisheries researches of the Urals reservoirs], Leningrad, pp. 122–128.
4. Pakhomov V. P., Zoloev K. K., Dushin A. V. et al. 2009. *Sostoyanie i otsenka mineral'no-syryevykh resursov KhMAO – Yugry v sisteme gornopromyshlennogo klastera* [The state and assessment of the mineral resources of the Hmao-Ugra in the mining cluster system], Ekaterinburg, 193 p.
5. Kutliakhmetov A. N. 2015. *Geoekologicheskoe sostoyanie prirodno-tekhnicheskikh sistem rayonov zolotodobychi v Bashkirskom Zaural'e: dis. d-ra geol.-min-*

eral. nauk [Geoecological state of natural-technical systems of gold mining areas in the Bashkir Trans-Urals: dissertation of Doctor of geology-mineralogy sciences], Ekaterinburg, 297 p.

6. Nizamutdinova N. R. 2014, *Otsenka vozdeystviya tekhnologii podzemnogo vyshchelachivaniya zolota na okruzhayushchuyu sredu* [Assessment of the impact of the technology of underground leaching of gold on the environment]. *Voda: khimiya i ekologiya* [Water: chemistry and ecology], no. 10, pp. 9–14.

7. 1987, *Razrabotka metodicheskikh rekomendatsiy po opredeleniyu ekologicheskogo ushcherba pri razvedke i razrabotke rossypanykh mestorozhdeniy v usloviyakh Severa* [Development of methodological recommendations for determining

environmental damage during the exploration and development of placer deposits in the North], Vorkuta, № GR 24-85-5/67.

8. Luk'yanenko V. I. 1987, *Ekologicheskie aspekty ikhtiotoksikologii* [Environmental Aspects of Ichthyotoxicology], Moscow, 240 p.

9. Ur'ev N. B. 1980, *Vysokokontsentrirrovannye dispersnye sistemy* [Highly concentrated disperse systems], Moscow, 312 p.

10. Gavrilenko V. V. 1993, *Ekologicheskaya mineralogiya i geokhimiya mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh* [Ecological mineralogy and geochemistry of mineral deposits], St. Petersburg, 150 p.

Валерий Васильевич Балашенко,

bala10@mail.ru

Институт экономики УрО РАН

Россия, Екатеринбург, ул. Московская, 29

Valeriy Vasil'evich Balashenko,

bala10@mail.ru

Institute of Economy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Ekaterinburg, Russia