

Трансверсально-изотропная среда, теория упругости, плоская деформация, модуль деформаций, коэффициент Пуассона.

References

1. Tunneli gydrotehnicheskiye. SNiP 2.06.09-84. – М.: Gosstroy SSSR, 1985. – 19 s.
2. Osnovaniya gydrotehnicheskikh sooruzhenij. SNiP 2.02.02-85*. – М.: Gosstroy SSSR, 1985. – 45 s.
3. Lekhnitsky S. G. Teoriya uprugosti anizotropnogo tela. – М.: Nauka, 1977. – 416 s.

Received on 27.01.2016.

Information about the authors

Bautdinov Damir Takhirovich, candidate of technical sciences, senior lecturer

of the chair «Technical and structural mechanics»; FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550 Moscow, ul. Pryanishnikova, 19; tel. .: +7(499)976-33-44; e-mail: damir.tt1@mail.ru.

Atabiev Umar Iskhakovich, engineer, post graduate of the chair «Hydraulic structures», FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550 Moscow, ul. Bolshaya Akademicheskaya, 44; tel. .: +7(499)976-33-44; +7(499)976-00-30; +7(499)976-04-28; e-mail: a_omar@mail.ru.

УДК 502/504:628.113:551.444:628.3

А. В. ЕВГРАФОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва

И. М. ЕВГРАФОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ИСТОЩЕНИЯ ПРИ ЗОЛОТОДОБЫЧЕ ЗАКРЫТЫМ СПОСОБОМ

В работе предложены мероприятия по охране гидросферы при развитии золотодобывающего комплекса месторождения «Биркачан» Магаданской области. Установлено, что основная нагрузка на гидросферу осуществляется посредством водоотведения. Основные виды сточных вод при данном виде деятельности: хозяйственно-бытовые; поверхностные; карьерные и шахтные. Хозяйственно-бытовые воды наносят минимальный вред окружающей среде ввиду малого расхода и очистки по требуемых норм. Поверхностный сток формируется на двух участках месторождения, отводится и очищается в отстойнике карьерных вод. Выявлено, что в период отработки месторождения подземным способом в выработанное пространство карьера поступают карьерные воды, образованные ранее при открытом способе, поверхностный сток с прилегающей территории, подземный водоприток, шахтные воды. Данные воды аккумулируются в водосборнике карьерных вод и далее перекачиваются на поверхность в отстойник. Химический состав карьерных вод обусловлен качеством атмосферных осадков и подземных вод. Содержание загрязняющих веществ в подземных водах не превышает ПДК для хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного водопользования. В карьерных водах превышены концентрации взвешенных веществ и нефтепродуктов.

Охрана окружающей среды, экологический мониторинг, сточные воды, золотодобыча, горные выработки.

Введение. При развитии известных месторождений полезных ископаемых встает вопрос по охране и рациональному использованию водных ресурсов, в связи с чем, выполненные исследования для

месторождения «Биркачан» являются актуальными. Месторождение расположено в Северо-Эвенском районе Магаданской области, в 360 км севернее районного центра п. Эвенск. По состоянию на

декабрь 2014 год территория месторождения Биркачан используется для добычи золотосодержащей руды. Здесь уже выполнены значительные строительные и планировочные работы. Сооружен карьер, отсыпаны отвалы вскрышных пород, склады «бедной» руды, дороги, вододерживающие дамбы, штабели кучного выщелачивания, построен временный вахтовый поселок, склады горючесмазочных и взрывчатых материалов. Добытая руда вывозится на золотоизвлекательную фабрику (ЗИФ) рудника «Кубака».

Материалы и методы исследований. Мероприятия по защите гидросферы разрабатывались с учетом современных нормативно-правовых документов [1–4]. В настоящее время предприятие имеет один выпуск сточных вод в ручей Биркачан. В процессе подземной отработки будут образовываться следующие виды сточных вод: хозяйственно-бытовые; поверхностные-дождевые и талые; карьерные; шахтные.

Хозяйственно-бытовые сточные воды. Хозяйственно-бытовые сточные воды от раковин и уборки помещений собираются в пластиковые емкости и вывозятся на существующие очистные сооружения бытовых сточных вод месторождения «Биркачан» и сбрасываются после очистки по трубопроводу из организованного выпуска в реку Верхний Биркачан выше устья ручья Мизинец. По расчетам расход хозяйственно-бытовых стоков составит 45,6 м³/год, 0,125 м³/сут.

Водоотведение дождевых и талых сточных вод с приштольневых площадок. Отвод поверхностного стока с приштольневой площадки Северо-Восточного участка месторождения осуществляется с помощью канав в аккумулирующую емкость дождевых сточных вод, откуда отстоянные сточные воды вывозятся автотранспортом в отстойник карьерных вод. Среднегодовой объем поверхностных сточных вод с приштольневой площадки штольни составляет 863 м³/год, в том числе 283 м³/год дождевого стока и 580 м³/год талого стока. Отвод поверхностного стока с приштольневой площадки Юго-Западного участка месторождения осуществляется канавами в отстойник карьерных вод. Среднегодовой объем поверхностных сточных вод с данной площадки составляет 510 м³/год, в том числе 167 м³/год дождевого стока и 343 м³/год талого стока.

Карьерные воды. В период отработки месторождения «Биркачан» под-

земным способом в выработанное пространство карьера поступают, как и ранее образующиеся в период отработки открытым способом, карьерные воды, состоящие из дождевых и талых вод с прилегающей к карьере территории и вод за счет подземного водопритока, так и шахтные воды, образующиеся впервые. После сбора в карьере, данные воды поступают в отстойник карьерных вод. Шахтные воды поступают в карьер из подземного рудника. Вода откачивается сначала через штольню № 1 Северо-Восточного участка в водосборник карьерного водоотлива, затем, через штольню № 3 Юго-Западного участка месторождения, так же, в водосборник карьерного водоотлива. Притоки подземных (шахтных) вод в подземные горные выработки на конец отработки рудника составят для Северо-Восточного участка 12 м³/ч, для Юго-Западного участка – 7,5 м³/ч.

Вода из систем шахтных водоотливов Северо-Восточного и Юго-Западного участков рудника направляется в водосборник карьерных вод карьера, откуда вместе с карьерной водой с помощью существующей насосной станции карьерного водоотлива откачивается в отстойник на поверхности.

Во время отработки месторождения образуются поверхностные сточные воды (дождевые и талые) с приштольневых площадок штольни № 2 (Северо-Восточный участок) и штольни № 4 (Юго-Западный участок). Поверхностные сточные воды с приштольневых площадок поступают с территорий, примыкающих к штольням, в отстойник от штольни № 2 из аккумулирующей емкости дождевых сточных вод, откуда отстоянные сточные воды вывозятся в отстойник автотранспортом, а от штольни № 4 – самотеком.

Максимальный расчетный расход карьерных вод, с учетом поверхностного стока приштольневых площадок, поступающий в отстойник № 1, составляет на конец отработки подземного рудника – 443 м³/ч. Расчетное время подачи максимального расхода – 14,8 ч. в сутки в течение одних суток. Максимальный расчетный расход очищенных вод, поступающих из отстойника № 1 в ручей Мизинец, составляет 270 м³/ч. Расчетный среднесуточный расход, протекающий через отстойник № 1 во время снеготаяния – 139 м³/ч. Расчетный среднесуточный расход, протекающий через отстойник, в летний период составляет 157 м³/ч, в зимний период – 29 м³/ч.

Объединенные в отстойнике № 1

сточные воды, включающие в себя карьерные воды, образованные атмосферными осадками и подземным водопритоком, шахтные воды и дождевые и талые воды с приштольневых площадок, в течение теплого времени года (расчетный период 153 сут) после очистки в отстойнике отводятся в руч. Мизинец. Так же, в период существования стока с мая по октябрь (расчетный период 184 сут), в руч. Мизинец отводятся подземные воды. В течение шести зимних месяцев сток в ручье отсутствует и сброс подземных сточных вод становится невозможен. В этот промежуток времени осуществляется вывоз подземных сточных вод в хвостохранилище ГОКа Кубака с помощью автотранспорта.

Результаты исследований

Характеристика сточных вод

Поверхностные (дождевые и талые) воды с территории приштольневых площадок. Определение качественной характеристики сточных вод выполнено в соответствии с [5]. Для сбора и отстаивания поверхностного (дождевого и талого) стока с приштольневой площадки штольни № 2 (Северо-Восточный участок) предусматривается аккумулирующая емкость дождевых сточных вод. Концентрация загрязнений поверхностных сточных вод принята по взвешенным веществам 500 мг/л,

по нефтепродуктам – 10 мг/л. Отстоянные поверхностные сточные воды вывозятся в отстойник карьерных вод.

Отвод поверхностного стока с приштольневой площадки Юго-западного участка (штольня № 4) осуществляется системой канав в отстойник карьерных вод. Химический состав карьерных вод, обусловленный качеством атмосферных осадков и подземных вод [6].

Подземные воды в районе площадки карьеров характеризуются, согласно результатам исследований, содержанием химических веществ, не превышающим ПДК для вод водных объектов хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного водопользования, а по некоторым ингредиентам концентрации веществ значительно ниже вышеупомянутых нормативов.

Карьерные воды характеризуются повышенными концентрациями взвешенных веществ и нефтепродуктов. Шахтные и карьерные воды после сбора в карьере направляются на очистку в отстойник карьерных вод, где, в свою очередь, перемешиваются с поступающими туда же дождевыми и талыми водами с приштольневых площадок. Состав общих сточных вод после смешивания в отстойнике при отработке Северо-Восточного и Юго-Западного участков месторождения показан в таблице 1.

Таблица 1

Усредненный состав сточных вод, направляемых на очистку при отработке Юго-Западного участка месторождения, мг/л

Показатели	Концентрация веществ в сточных водах					ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения, мг/л
	Карьерные воды	Шахтные воды	Дождевые и талые с приштольной площадки СВ участка	Дождевые и талые с приштольной площадки ЮЗ участка	Общие сточные воды при смешивании	
Взвешенные вещества	148,0	-	100	500	135,0	+0,25 к фону 11,05
Нефтепродукты	1,36	-	1,0	10	1,24	0,05
pH	7,21	8,22	- **	- **	7,3	6,5...8,5
Сухой остаток	221,6	132	- **	- **	215	1000
ВПК ^{полн}	1,46	- **	- **	- **	1,59	3,0
Хлорид-анион	3,36	51,7	- **	- **	8,26	300
Железо	0,04	0,087	- **	- **	0,044	0,1
Натрий	- **	36,95	- **	- **	112,8	120
Магний	- **	0,796	- **	- **	36,47	40
Калий	- **	2,724	- **	- **	45,74	50
Кальций	- **	4,522	- **	- **	164,2	180
Аммоний-ион	< 0,05	0,195	- **	- **	0,06	0,4
Нитрат-анион	1,0	0,145	- **	- **	1,0	40
Нитрит-анион	0,02	0,02	- **	- **	0,02	0,08

Примечания: * – ПДК для питьевой воды согласно СанПиН 2.1.4.1074-01; ** – величина, соответствующая ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения.

Очистка сточных вод. Для сбора и отстаивания дождевого и талого стока с при-

штольневой площадки штольни № 2 (Северо-Восточный участок) предусматривается

аккумулирующая емкость дождевых сточных вод (200 м³). Эффект снижения концентраций по взвешенным веществам и нефтепродуктам после двух суточного отстаивания составит 80...90 %.

Система очистки сточных вод, образующихся при подземной отработке месторождения «Биркачан» включает двухсекционный отстойник с фильтрующей дамбой. Отстойник является существующим объектом и предназначен для осветления карьерных, шахтных вод и дождевого и талого стока приштольневых площадок СВ и ЮЗ участков месторождения. Отстойник выполнен в полувыемке - полунасыпи и разделен фильтрующей дамбой на две емкости. Общая площадь, занятая отстойником, – 2 га. Первая емкость отстойника – собственно отстойник – имеет размеры по дну 50х100 м. Глубина отстойника – 5,5 м. Глубина воды – 2,0...5,0 м. 0,5 м – запас до гребня дамбы. Толщина слоя осадка, выпадающего на дно за период эксплуатации, не более – 0,1 м. Вторая емкость служит для обеспечения пропускной способности фильтрующей дамбы. Размеры по дну 5х50 м. Высота фильтрующей дамбы 5,0 м. Заложение верхового откоса 1 : 3. Заложение низового откоса 1 : 1,5. Тело фильтрующей дамбы выполнено из камня со средней крупностью частиц – 100 мм. На верховой откос уложен поддерживающий слой с крупностью частиц 2...10 мм. Толщина слоя – 0,5 м. На поддерживающий слой уложен слой шлака угольной котельной. Толщина слоя – 1 м. Сверху уложен слой песка крупностью 1...2 мм. Толщина песчаного слоя фильтра – 1 м.

Предусматривается очистка карьерных и шахтных вод совместно с поверхностным стоком приштольневых площадок от взвешенных веществ и нефтепродуктов. Необходимая глубина очистки вод, сбрасываемых в водоприемник, достигается путем отстоя в емкости отстойника и прохождения через фильтрующую дамбу. Эффект снижения концентрации взвешенных веществ и нефтепродуктов при отстаивании в течение 1...2 суток составляет 80...90 %. Среднее время отстаивания в отстойнике состав-

ляет 10...12 суток, минимальное – 5 суток (при максимальном притоке в отстойники в течении одних суток в год) [7].

Изменения концентрации загрязняющих веществ в сточных водах по мере проведения очистки приведены в таблице 2. Из отстойника очищенные сточные воды по водосборной канаве поступают в ручей Мизинец.

Выводы

Все виды сточных вод перед сбросом их в природные водотоки проходят через очистные сооружения, обеспечивающие их качество, соответствующее требованиям, предъявляемым к водным объектам рыбохозяйственного водопользования.

Бытовые стоки направляются на существующие очистные сооружения бытовых сточных вод месторождения «Биркачан». Дождевые сточные воды с приштольневой площадки штольни № 2 при отработке Северо-Восточного участка месторождения отводятся в аккумулялирующую емкость дождевых вод и далее, в отстойник. Дождевые сточные воды с приштольневой площадки штольни № 4 при отработке Юго-Западного участка месторождения автотранспортом доставляются в отстойник. Карьерные воды образуются в карьере № 1 в количестве 664,344 тыс. м³ в год и откачиваются в отстойник. Шахтные воды из систем шахтных водоотливов Северо-Восточного и Юго-Западного участков рудника направляются в водосборник карьерных вод карьера № 1, откуда, вместе с карьерной водой, откачиваются в отстойник:

Соблюдение мероприятий по охране водного бассейна и рациональному использованию водных ресурсов, а также производственный контроль качества отводимых сточных вод обеспечит минимальное воздействие горнодобывающего предприятия на водные объекты в районе его расположения.

Библиографический список

1. Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей, утв. Приказом МПР России от 17.12.2007 г., №333 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.promecovod.ru/tseny?id=75> (Дата обращения 05.04.2016).
2. Нормативы качества воды водных объ-

Таблица 2

Эффективность очистки сточных вод

Наименование загрязняющих веществ	Максимальная концентрация загрязняющих веществ, мг/л.			Эффект очистки, %
	до очистки	после отстаивания	после фильтрующей дамбы	
Взвешенные вещества	140	20	10	93
Нефтепродукты	1,4	0,2	0,05	97

ектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектах рыбохозяйственного значения. Приказ Роскомрыболовства от 18.01.2010 г. № 20 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.airsoft-bit.ru/pervichnye-pokazateli-opasnosti/338-pr-rosrib-20-18-01-2010> (Дата обращения 05.04.2016).

3. СП 2.1.5.1059-01. Гигиенические требования к охране подземных вод от загрязнения. утв. 16.07.01 г., № 19 [Электронный ресурс]. – URL: <https://yandex.ru/search/?text=%D0%A1%D0%9F%202.1.5.1059-01.%20&lr=213&clid=2186617> (Дата обращения 05.04.2016).

4. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод [Электронный ресурс]. – URL: <http://files.stroyinf.ru/Data1/8/8514/> (Дата обращения 05.04.2016).

5. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определения условий выпуска его в водные объекты» ФГУП ВНИИ «ВОДГЕО [Электронный ресурс]. – URL: https://docviewer.yandex.ru/?url=http%3A%2F%2Fgenplan.pro%2Fbiblioteka_%2F12_rekomendacii%2Frekomendacii_fgup-niivodgeo.doc&name=rekomendacii_fgup-nii-vodgeo.doc&lang=ru&c=5703bcffc369 (Дата обра-

щения 05.04.2016).

6. Сенющенко И. М. Мониторинг поверхностных и родниковых вод городских оврагов // Вестник МГСУ. – 2010. – № 4–2. – С. 147–154.

7. Евграфов А. В., Никитенков Б. Ф. Оценка возможностей водозабора с использованием ГИС // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2013. – № 2. – С. 28–35.

Материал поступил в редакцию 24.06.2015.

Сведения об авторах

Евграфов Алексей Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Общей и инженерной экологии»; ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550 г. Москва, ул.Прянишникова, д.19; тел.: 8(499)190-53-43; e-mail: evgrafov-aleksey@mail.ru

Евграфова Ирина Михайловна, доктор технических наук, профессор кафедры «Инженерная геология и геоэкология»; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ); 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26; e-mail: irina-sen811@yandex.ru

A. V. EVGRAFOV

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

I. M. EVGRAFOVA

The Federal state budget educational institution of higher education «The National research Moscow state building university», Moscow

MEASURES ON PROTECTION OF SURFACE AND GROUND WATER FROM CONTAMINATION AND EXHAUSTION UNDER GOLD MINING BY A CLOSED TECHNIQUE

The paper proposes measures on hydrosphere protection under development of the gold mining complex of field «Birkachan» of the Magadan region. It is established that the main load on the hydrosphere is done by water drainage. The main types of waste water in this type of activity are economic-domestic; surface; open pit and mine. Economic-household water cause minimal damage to the environment due to low consumption and cleaning according to the required standards. The surface runoff is formed in two parts of the field, removed and treated in the pit water settling tank. It was found that during the deposit development by the underground method the pit water formed earlier by the open method, surface runoff from the adjacent area, ground water inflow, mine water come to the worked-out space. This water is accumulated in the pit water reservoir and then pumped to the surface to the settling tank. The chemical composition of pit water depends on the quality of precipitation and ground water. The content of pollutants in groundwater does not exceed the maximum allowable concentrations for economic-drinking water and fisheries. Concentration of suspended solids and oil products in the quarry water are exceeded.

Environmental protection, ecological monitoring, waste water, gold mining, mine workings.

References

1. Metodika razrabotki normativov dopustimyh sbrosov veshchestv I mikroorganizmov v vodnye objekty dlya vodopoljzovatelej, utv. Prikazom MPR Ros-sii ot 17.12.2007 r., № 333 [Elektronny resurs]. – URL: <http://www.promecovod.ru/tseny?id=75> (Data obrashcheniya 05.04.2016).

2. Normativy kachestva vody vodnyh objektov rybohozyajstvennogo znacheniya, v tom chisel normativy predeljno dopustimyh kontsentratsiy vrednyh veshchestv v vodah vodnyh objektov rybohozyajstvennogo znacheniya. Prikazom Roskomrybolovstva ot 18.01.2010 g., № 20 [Elektronny resurs]. – URL: <http://www.airsoft-bit.ru/pervichnye-pokazateli-opasnosti/338-pr-rosrib-20-18-01-2010> (Data obrashcheniya 05.04.2016).

3. Gigienicheskiye trebovaniya k ohrane podzemnykh vod ot zagryazneniya. СП 2.1.5.1059-01, utv. 16.07.01 g., № 19 [Elektronny resurs]. – URL: <https://yandex.ru/search/?text=%D0%A1%D0%9F%202.1.5.1059-01.%20&lr=213&clid=2186617> (Data obrashcheniya 05.04.2016).

4. Gigienicheskiye trebovaniya k ohrane poverhostnykh vod. SanPiN 2.1.5.980-00 [Elektronny resurs . – URL: <http://files.stroyinf.ru/Data1/8/8514/> (Data obrashcheniya 05.04.2016).

5. Rekomendatsii po raschetu system sbora, otvedeniya I ochistki poverhostnogo stoka s selitebnykh territorij, plos-

chadok predpriyatij I opredeleniya uslovij vypuska ego v vodnye objekty” FGUP VNII “VODGEO” [Elektronny resurs]. – URL: https://docviewer.yandex.ru/?url=http%3A%2F%2Fgenplan.pro%2Fbiblioteka_%2F12_rekomendacii%2Frekomendacii_fgupnii-vodgeo.doc&name=rekomendacii_fgupnii-vodgeo.doc&lang=ru&c=5703bceffc369 (Data obrashcheniya 05.04.2016).

Received on 24.06.2015.

Information about the authors

Evgrafov Alexey Victorovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «General and engineering ecology»; FSBEI HE FSAU-MTAA; 127550 Moscow, ul. Pryanishnikova, 19; tel.: 8(499)190-53-43; e-mail: evgrafov-aleksey@mail.ru.

Evgrafova Irina Mikhailovna, doctor of technical sciences, professor of the chair «Engineering geology and geoecology»; The Federal state budget educational institution of higher education «The National research Moscow state building university» (NIU MGSU), 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26; e-mail: irina-sen811@yandex.ru.