

К ВОПРОСУ ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПРИРОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ, НАРУШЕННОЙ ПРИ ОТРАБОТКЕ КОЛЫВАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Корнилков С.В.¹, Антонинова Н.Ю.^{1,2}, Шубина Л.А.¹, Собенин А.В.¹

¹ Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук (ИГД УрО РАН),

² Уральский государственный горный университет

Аннотация: В районах функционирования предприятий добывающего сектора экономики возникают многофакторные, часто изменяющиеся во времени виды техногенного воздействия на биосферу. Глубокие карьерные выемки после угледобычи, кардинальным образом меняющие исходные ландшафты, требуют значительных средств для восстановления экологического равновесия территории. С целью ускорения реабилитационных мероприятий в границах экосистемы, нарушенной при отработке Колыванского месторождения, предложен подход к организации комбинированного затопления горной выработки и создания водоема многоцелевого использования. Для сокращения сроков образования водоема рекомендовано выполнить отвод р. М. Елбаш и р. Крутихав в выработанное пространство с дальнейшей организацией выпуска в русло р. Крутиха. Во избежание размыва борта карьера, сложенного четвертичными отложениями, выпуск водотока в карьер было предложено предусмотреть по существующим автомобильным съездам, минуя границу залегания четвертичных отложений. Поскольку рассмотренные решения по реабилитации территории могут оказать негативное воздействие на водные биоресурсы, выполнена оценка предполагаемого ущерба, на основе которой предусмотрены компенсационные мероприятия по восстановлению биоразнообразия.

Ключевые слова: выработанное пространство, нарушенные земли, рекультивация, расчет ущерба, восстановление биоразнообразия, лесовосстановление.

Для цитирования: Корнилков С.В., Антонинова Н.Ю., Шубина Л.А., Собенин А.В. К вопросу об экологической реабилитации природной экосистемы, нарушенной при отработке Колыванского месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 3-1. – С. 465–474. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-31-0-465-474.

On the issue of ecological rehabilitation of the natural ecosystem disturbed during the development of the Kolyvan deposit

S.V. Kornilkov¹, N.Yu. Antoninova^{1,2}, L.A. Shubina¹, A.V. Sobenin¹

¹ The Institute of Mining of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences, Russia,

² Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia

Abstract: In the areas where enterprises operating in the extractive sector of the economy operate, multifactor, often time-varying, types of technogenic impact on the biosphere arise. Deep quarrying after coal mining, which radically changes the initial landscapes, require significant

funds to restore the ecological balance of the territory. In order to accelerate rehabilitation measures within the boundaries of an ecosystem that was disturbed during the development of the Kolyvan deposit, an approach to organizing combined flooding of mining and creating a multi-use reservoir was proposed. To reduce the time of the formation of the reservoir, it is recommended that the M. Elbash River and the Krutikha River be diverted to the developed space with further organization of release into the Krutikha riverbed. In order to avoid erosion of the quarry side wall, made up of Quaternary sediments, it was proposed to provide water inlet to the quarry at existing motor ramps, bypassing the boundary of the Quaternary sediments. Since the considered decisions on the rehabilitation of the territory can have a negative impact on aquatic biological resources, an assessment of the alleged damage has been carried out, on the basis of which compensatory measures for restoring biodiversity are provided.

Key words: opencast mining, disturbed lands, quarry reclamation, formation of a reservoir, calculation of environmental damage, rehabilitation of the biodiversity, reforestation.

For citation: Kornilkov S.V., Antoninova N.Yu., Shubina L.A., Sobenin A.V. On the issue of ecological rehabilitation of the natural ecosystem disturbed during the development of the Kolyvan deposit. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(3-1):465-474. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-31-0-465-474.

Введение

Все природные экосистемы, в границах которых ведется добыча полезных ископаемых, подвержены отрицательному воздействию разнообразных антропогенных и техногенных факторов. Темпы разрушения естественных экосистем и в первую очередь их автотрофной части (фитоценозов) зависят от способа разработки, наличия сторонних антропогенных факторов влияния (крупных промышленных производств, городских агломератов). Технологические аспекты освоения георесурсов, определяя комплексное воздействие на природную среду, вызывают необходимость проведения исследований по изучению особенностей последствий добычи и передела природного сырья с целью восстановления территорий техногенных ландшафтов [1 – 7].

Таким образом, вопрос о выборе оптимальной стратегии восстановления нарушенных земель в связи с неуклонным увеличением их площади, особенно в районах интенсивной угледобычи, становится все более актуальным.

Объект исследований

Угольная промышленность Новосибирской области является одним из ведущих секторов экономики региона. По данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики Новосибирской области (Новосибирскстат) индекс производства в добыче угля за 2018 год составил 132,8 % к 2017 году. Уголь представлен как каменным углем, так и высококлассным антрацитом.

Горловский угольный бассейн расположен на правом берегу р. Оби в административных границах Новосибирской области. Угли бассейна представлены антрацитами и отличаются высоким качеством: малозольные, малосернистые, высокоуглеродистые, с низким удельным электросопротивлением, высокой механической прочностью и термической стойкостью. Одним из крупных месторождений является Кольванское (рис. 1), отрабатываемое в настоящее время тремя участками: Крутихинский, Северный и Восточный.

В пределах Кольванского месторождения угленосные отложения представлены осадками пермокарбонного

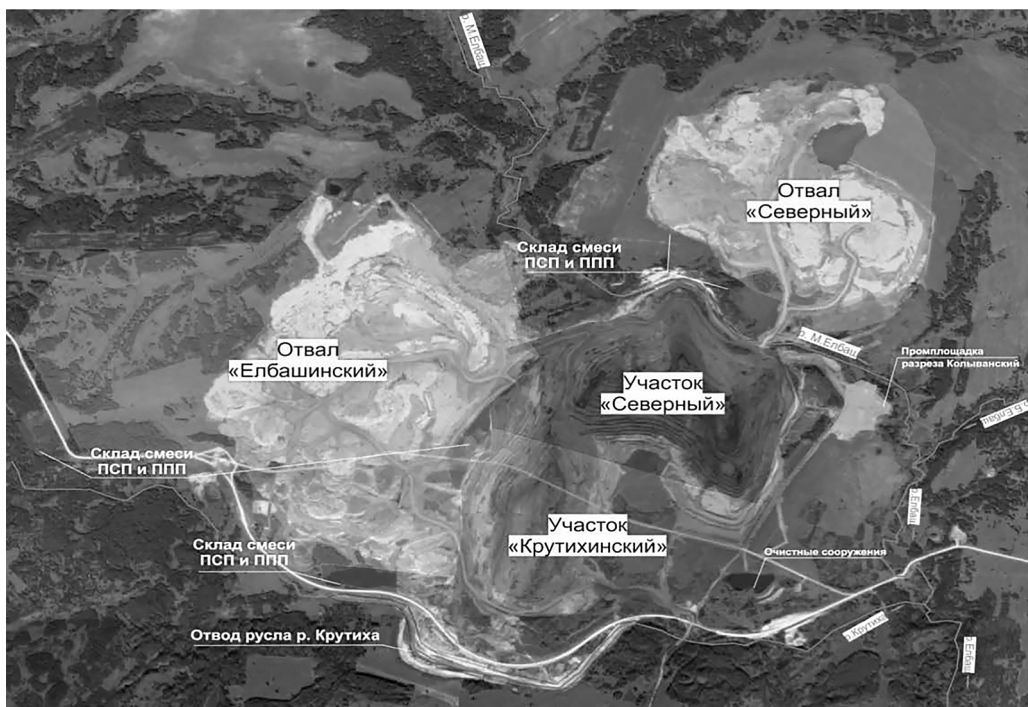


Рис. 1. Ситуационный план положения участков недр Кольванского месторождения
 Fig. 1. Situational plan for the position of the kolyvanskoye field subsurface areas

возраста, подразделяемые на нижне-балахонскую и верхнебалахонскую подсерии балахонской серии и безугольную кузнецкую подсерию, которые перекрываются образованиями мел-палеогеновой коры выветривания и рыхлыми отложениями неоген-четвертичного возраста. В отдельных тектонических блоках на западном, юго-западном и восточном флангах месторождения устанавливаются подстилающие безугольные нижнекарбоновые отложения выдрихинской (С1 vd) и беловской (С1 bl) свит, а также верхнедевонские образования подонинской свиты (D3 rd). Отрицательным свойством данных пород является их легкая размываемость, что в условиях сильной расчлененности рельефа приводит к эрозии и в конечном итоге к образованию оврагов.

В геоморфологическом отношении территория расположена в пределах Буго-

такского увала, южная часть — в пределах надпойменной террасы р. Бердь. Рельеф расчленен долинами р. Бердь и её притоков — рек Елбаш и Крутиха. Река Елбаш образуется от слияния двух водотоков: Большой Елбаш и Малый Елбаш, стекающих с восточных склонов Буготакских сопок. Калыванский разрез занимает правобережную часть бассейна р. Елбаш (Малый Елбаш). Река Крутиха берёт начало на восточных отрогах Буготакских сопок, длина её составляет 12 км, а площадь водосбора 27,5 км. [8]

Порядок отработки лицензионных участков предполагает ведение горных работ по падению пластов по углубочной двубортовой схеме. Учитывается крутопадающее залегание угольных пластов, отработка разреза идет с внешним отвалообразованием. До начала отработки месторождения был предусмотрен руслоотвод как р. М. Елбаш так и р. Крутиха.



Рис. 2. Фрагмент борта карьера

Fig. 2. Fragment of the quarry side.

За период работы Колыванского разреза сформировались два типа нарушенных земель, типичных для разработки месторождений открытым способом, денудационный в виде карьерной выемки и аккумулятивный в виде отвалов вскрышных пород (рис. 2).

На конец отработки запасов в лицензионных границах горных работ участков «Северный» и «Крутихинский», поле разреза будет иметь вид котлована неправильной площадью 667,51 га.

Основная часть Сравнительным оценкам направлений восстановления территорий открытой добычи полезных ископаемых посвящено достаточное количество исследований российских и зарубежных авторов [9–13]. Направления подобных работ определяются конкретными физико-географическими особенностями района, горно-геологическими условиями залегания месторождений и увязываются с требованиями комплексного плана перспективного развития территорий, кроме того учитывается многолетний опыт научных исследований. Это следует принять во внимание как при эксплуатации разреза, так и при выборе направлений экологической реабилитации природных экосистем после окончания угледобычи. При выборе направлений рекультивации выработанного

пространства рассматривалось два варианта: сухая консервация и вариант естественного затопления.

Сухая консервация горных выработок предусматривает постоянно действующий на карьере водоотлив после прекращения горных работ. При этом сохранится возможность обрушения бортов в связи с углами бортов, превышающими нормальные. Деформации откосов уступов, проявляющиеся в виде осыпей и вывалов горных пород, развиваясь во времени, могут вызывать серьезные осложнения в виде естественного выполаживания откосов и сработки транспортных берм. В результате борт может принять вид сплошного откоса на всю глубину карьера. Для предотвращения развития деформаций осыпания пород под воздействием их выветривания возникает потребность в укреплении откосов горных пород поверхностными покрытиями. Укрепление откосов является необходимым условием для сохранения транспортных берм и обслуживания постоянно действующего водоотлива. Таким образом, сухая консервация карьера является неэффективным вариантом как с экологической, так и с экономической точки зрения, так как влечет за собой осуществление следующих необходимых мероприятий: постоянный водоотлив и связанные с ним затраты на электроэнергию и обслуживание водоотливных установок, укрепление бортов карьера и постоянные платежи за природопользование.

Особенностями же варианта естественного затопления выработанного пространства Колыванского месторождения на участках Северный и Крутихинский являются следующие мероприятия:

- прекращение работы карьерного водоотлива;

- укрепление борта крупнообломочными породами по урезу зеркала воды и возвращение р. Крутиха и р. М. Елбаш в фактически первоначальное русло (положение рек до начала отработки месторождения).

Но при расчете устойчивости бортов карьера в случае его затопления необходимо учитывать, что наряду с действующими в откосах силами отрыва возникают дополнительные удерживающие усилия от веса столба воды затапливаемого пространства. Таким образом, с целью предотвращения в долгосрочной перспективе влияния водной поверхности на прибрежный массив и во избежание размыва борта карьера было рекомендовано укрепление откоса борта карьера по линии уреза зеркала воды крупнообломочными скальными и полускальными породами. А устойчивость верхних элементов борта карьера будет определять закрепление склонов биологическими растительными ресурсами, которые согласно прогнозу и результатам геоботанического обследования территории к моменту достижения уровня воды до проектных отметок поселятся по всему периметру карьерного поля.

Для организации затопления горной выработки было предложено выполнить отвод р. М. Елбаш в выработанное пространство от основания с западной стороны отвала Северный с целью предотвращения оползневых процессов на отвале после окончания отработки месторождения и возвратить р. Крутиха в фактически первоначальное русло.

Место выпуска воды определено в р. Крутиха в абсолютной отметке выпуска воды +154 м, которое расположено на юго-восточном борту карьера, протяженностью 260 м. Оптимальность абсолютных отметок была определена уровнем залегания четвертичных отло-

жений, исходя из максимально приближенного к естественному руслу р. Крутиха и расположения автомобильных съездов в карьере. Во избежание размыва борта карьера, сложенного четвертичными отложениями, впуск водотока р. Крутиха в карьер необходимо предусматривать по существующим автомобильным съездам, минуя границу залегания четвертичных отложений протяженностью 660 м. Для предотвращения разрушения русла на быстротоке требуется укрепление русла участков быстротока скальными и полускальными породами с крупногабаритными кусками или использование покрытия геосинтетическими материалами, пригруженными крупнообломочной породой.

Для возвращения р. М. Елбаш в фактически первоначальное русло была определена также абсолютная отметка впуска +160 м на северном борту карьера, а при организации отвода реки было рекомендовано предусмотреть необходимые перепады абсолютных отметок и организацию русла (230 м) в карьерной выемке по автомобильному съезду, минуя границу четвертичных отложений.

Таким образом, для организации затопления горной выработки было предложено выполнить отвод р. М. Елбаш в выработанное пространство от основания с западной стороны отвала Северный с целью предотвращения оползневых процессов на отвале после окончания отработки месторождения и возвратить р. Крутиха в фактически первоначальное русло.

При реализации вышеперечисленных мероприятий ущерб согласно расчетам ООО Центр развития рыбохозяйственного комплекса «Правый берег» рыбным запасам будет складываться из следующих составляющих:

1. Сокращения поверхностного стока на участке разработки карьера, а также на участках размещения отвала вскрышных пород и иных объектов инфраструктуры предприятия (временное воздействие).

2. Сокращения поверхностного стока вследствие безвозвратных потерь воды за счет заполнения карьерной выемки водами рек М. Елбаш и Крутиха.

3. Сокращения нагульных площадей в результате заведения русел рек М. Елбаш и Крутиха в карьерную выемку и ухудшения условий нагула на вновь сформированных площадях.

1. Нарушение водосборной поверхности, в результате чего произойдет сокращение и перераспределение стока.

При проведении планируемых работ будет происходить значительное нарушение водосборной площади рек М. Елбаш и Крутиха. Принимаются во внимание площади, нарушаемые / отчуждаемые по дневной поверхности: карьерная выемка, внешние отвалы, объекты водоотведения и осушения, очистные сооружения (водоотводные канавы, отстойники), склад глин, склады смеси ПСП и ППП, промплощадка, межобъектные земли, технологические и служебные автодороги.

Нарушение водоохраных и водорегулирующих функций древостоя и почвы приведет к сокращению и перераспределению естественного поверхностного стока на деформированной поверхности, и как следствие — к потере водных биоресурсов и снижению рыбопродуктивности рассматриваемого водотока (косвенный вид воздействия).

Ландшафт территории, на которой расположены объекты предприятия (отвал, дороги, отстойник и др.), к началу проведения рекультиваци-

онных мероприятий будет полностью преобразован в техногенный ландшафт. Длительность периода, оказывающего негативное воздействие на водосборную поверхность, начинается в период снятия почвенно-растительного слоя и заканчивается завершённым техническим этапом рекультивации. На момент проведения расчетов общий период проведения работ составил 29 лет.

2. Влияние безвозвратных потерь воды за счет заполнения карьерной выемки водами рек М. Елбаш и Крутиха.

Величина стока рек М. Елбаш и Крутиха при реализации вышеперечисленных мероприятий может сократиться на величину забираемого стока для затопления карьерной выемки — 30 лет. Использование воды на нужды затопления карьерной выемки было принято как безвозвратное водопотребление, которое составило 25 335,0 тыс. м³/год.

3. Влияние руслоотвода р. М. Елбаш и р. Крутиха в карьерную выемку.

Рекомендуемый завод воды р. М. Елбаш и р. Крутиха в карьерную выемку по обустраиваемым руслоотводным каналам приведёт к осушению существующих русел и утрате рыбохозяйственного значения части русел рек М. Елбаш и Крутиха. Площадь осушаемых участков составит для р. М. Елбаш — 4 650,0 м² (протяженность от места впуска в карьер до р. Елбаш — 3,1 км (утраченное русло), ширина — 1,5 м) для р. Крутиха — 4 350,0 м² (протяженность от места впуска в карьер до выпуска (утраченное русло) — 2,9 км, ширина — 1,5 м). Новые руслоотводные каналы имеют меньшую площадь, чем существующие, однако после наполнения карьерной выемки затопленное пространство будет иметь возможность для развития водных биоресурсов. В связи

с чем период негативного воздействия при утрате рыбохозяйственного значения части русел рек М. Елбаш и Крутиха был принят равным периоду заполнения карьерной выемки.

Следовательно, при надлежащем выполнении мероприятий по защите компонентов природных ресурсов дополнительного негативного воздействия на водные объекты рассматриваемой территории удастся избежать.

Расчёт вреда в результате сокращения (перераспределения) естественного стока с деформированной поверхности водосборного бассейна водных объектов при рекультивации карьерной выемки выполнен «ООО Центр развития рыбохозяйственного комплекса Правый берег» (г. Новосибирск) согласно требованиям действующей «Методики исчисления размера вреда, причиненного биологическим ресурсам» [14].

Потери водных биоресурсов в результате сокращения естественного стока с деформированной поверхности водосборного бассейна были определены по формуле:

$$N = P_{\text{уд}} \cdot Q,$$

где N — Потери (размер вреда) водных биоресурсов, кг; $P_{\text{уд}}$ — удельная рыбопродуктивность объема водной массы, принятая равной 0,15 кг/тыс. м³; Q — Общее сокращение объема водного стока в процессе техногенного морфогенеза, являющееся суммой объемов безвозвратного водопотребления на технологические процессы, хозяйственно-бытовые нужды и пр. (Q_1) и сокращения объема стока с деформированной поверхности Q_2 , тыс. м³.

Как правило, рост количественных показателей популяций (численности, биомассы) описывается логистическим уравнением. Кривая, соответствующая этому уравнению, имеет S-образный

вид. Прямая линия, проходящая через начальную и конечную точки S-образной кривой, пересекает ее в середине. Следовательно, коэффициент на время восстановления потерь рыбных запасов равен 0,5. Восстановительный период — 0,5i.

$K_{6(t=i)} = 0,5i$. При этом i — время восстановления теряемых водных биоресурсов (в зоне производства работ), в годах.

Период естественного лесовозобновления для восстановления водноохранных свойств почвы после прекращения негативного воздействия составляют:

- период восстановления при проведении биологической рекультивации (самозарастание) — 3–4 года. Примем $i = 4$ года.

Расчет показал, что потери водных биоресурсов вследствие воздействия намечаемой деятельности при потере рыбохозяйственного значения (рыбопродуктивности) части существующих русел р. М. Елбаш и р. Крутиха составят 110,57 кг, а потери ихтиомассы при реализации вышеприведенных мероприятий составят 114 118,07 кг (114007,5 + 110,57) за период формирования водоема.

Выводы

На основании выполненных исследований и оценки возможного ущерба водным биоресурсам при реализации предлагаемых мероприятий обоснована возможность формирования искусственного водоема многоцелевого использования. Кроме того, экологическая реабилитация экосистемы, нарушенной при разработке Колыванского угольного месторождения, одновременно будет способствовать как развитию в регионе водных видов спорта, так и развитию пляжного отдыха. Обводнение карьера, создание террасных зон,

олесение создаст новый природный комплекс, обогащающий лесостепной ландшафт. Возобновление зеленых зон создаст естественную среду обитания

местных птиц и других видов животных, позволит восстановить и расширить биоразнообразие на экосистемном уровне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Khokhryakov A.V., Fadeichev A., Tseytlin E.M.* Analysis of environmental issues of mining enterprises basing on integral environmental hazard index // *Inzynieria Mineralna* Volume 15, Issue 1, January-June 2014, pp. 283 – 285

2. *Рыбникова Л.С., Рыбников П.А.* Гидрогеологические исследования в горном деле на постэксплуатационном этапе / *Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геоэкология* // № 4 – 2018. – С. 25 – 39. DOI 10.1134/S0869780318040105

3. *Яковлев В.Л.* Инновационный базис стратегии комплексного освоения ресурсов минерального сырья // *Корнилов С.В., Соколов И.В.* – Екатеринбург: Институт горного дела УрО РАН, 2018. – 360 с.

4. *Rocha-Nicoleite E., Overbeck G.E., Müller S.C.* Degradation by coal mining should be priority in restoration planning // *Perspectives in ecology and conservation*. – 2017. – Т. 15. – № 3. – С. 202 – 205.

5. *Lima A.T. et al.* The legacy of surface mining: Remediation, restoration, reclamation and rehabilitation // *Environmental Science & Policy*. – 2016. – Т. 66. – С. 227 – 233.

6. *Зеньков И.В. и др.* Исследование и оценка влияния водной эрозии на рельеф породных отвалов разреза «Бородинский» // *Уголь*. – 2013. – № 2. – С. 73 – 77.

7. Методические рекомендации по использованию интегрального показателя пригодности нарушенных земель для рекультивации отвалов угольной промышленности Кузбасса / *Манаков Ю.А., Куприянов А.Н., Стрельникова Т.О., Куприянов О.А., Казьмина С.С.*; Федерал. иссл. центр угля и углехимии СО РАН [под общ. ред. Ю.А. Манакова]. – Кемерово: КРЭОО «Ирбис», 2017. – 24 с.

8. Отчет по геологоразведочным работам на участке Крутихинский Колыванского месторождения антрацитов (разведка участка первоочередного освоения) (Результаты геологоразведочных работ и подсчет запасов антрацита по состоянию на 01.01.2009г.) / *Оридорога В.В.* отв. исп. // *ООО Недра Кузбасса, ОАО Запсибгеолсъемка* – 2009г. – 505 с.


9. *Carter T.G., Miller R.I.* Crown-pillar risk assessment-planning aid for cost-effective mine closure remediation // *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy-Section A-Mining Industry*. – 1995. – Т. 104. – С. A41.

10. *Gammons C.H. et al.* Creating lakes from open pit mines: Processes and considerations, emphasis on northern environments. – 2009.

11. *Larondelle N., Haase D.* Valuing post-mining landscapes using an ecosystem services approach – An example from Germany // *Ecological Indicators*. – 2012. – Т. 18. – С. 567 – 574.

12. *Antoninova N.Y. et al.* Geocological estimation of land and water use in the ural natural and technogeneous mineral resource exploitation areas // *Journal of Mining Science*. – 2012. – Т. 48. – № 2. – С. 398 – 404. DOI 10.1134/S1062739148020232

13. *Славиковский О.В., Славиковская Ю.О.* Горнотехническая рекультивация как часть горнотехнологической системы // *Недропользование XXI век*. – 2012. – № 5. – С. 72 – 76.

14. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 25 ноября 2011 года N 1166 «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам», зарегистрирован Министерством юстиции РФ 05 марта 2012 г, регистрационный № 23404. 

REFERENCES

1. Khokhryakov A.V., Fadeichev A., Tseytlin E.M. Analysis of environmental issues of mining enterprises basing on integral environmental hazard index. *Inzynieria Mineralna* Volume 15, Issue 1, January-June 2014, pp. 283–285.
2. Rybnikova L.S., Rybnikov P.A. Hydrogeological research in mining at the post-mining. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya*. no 4. 2018 pp. 25–39. [In Russ].
3. Yakovlev V.L. *Innovacionnyj bazis strategii kompleksnogo osvoeniya resursov mineral'nogo syr'ya* [Innovacionnyj bazis strategii kompleksnogo osvoeniya resursov mineral'nogo syr'ya]. Kornilkov S.V., Sokolov I.V. Institut gornogo dela UrO RAN, 2018. Ekaterinburg. 360 p. [In Russ]
4. Rocha-Nicoleite E., Overbeck G.E., Müller S.C. Degradation by coal mining should be priority in restoration planning. *Perspectives in ecology and conservation*. 2017. Vol. 15. no 3. pp. 202–205.
5. Lima A.T. et al. The legacy of surface mining: Remediation, restoration, reclamation and rehabilitation. *Environmental Science & Policy*. 2016. Vol. 66. pp. 227–233.
6. Zen'kov I.V. i dr. Study and assessment of the impact of water erosion on the relief of rock dumps of the coal strip mine “Borodinsky”. *Ugol'*. 2013. no 2. pp. 73–77. [In Russ]
7. Manakov Yu. A. , Kupriyanov A.N., Strel'nikova T.O., Kupriyanov O.A., Kaz'mina S.S. *Metodicheskie rekomendatsii po ispol'zovaniyu integral'nogo pokazatelya prigodnosti narushennykh zemel' dlya rekul'tivatsii otvalov ugol'noi promyshlennosti Kuzbassa* [Methodological recommendations on the use of an integral indicator of the suitability of disturbed land for the reclamation of dumps of the Kuzbass coal industry]. Federal. issl. tsentr uglya i uglekhemii SO RAN [pod obshch. red. Yu.A. Manakova]. Kemerovo: KREOO «Irbis», 2017. 24 p. [In Russ]
8. Report on geological exploration at the site of krutikhinsky Kolyvansky anthracite Deposit (results of geological exploration and calculation of anthracite reserves as of 01.01.2009) / origin V.V.-Rel. ISP. LLC Nedra Kuzbass, JSC Zapsibgeolsemka. 2009. 505 p.
9. Carter, T.G., and R.I. Miller. “Crown-pillar risk assessment-planning aid for cost-effective mine closure remediation.” *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy-Section A-Mining Industry*”104 (1995): A41.
10. Gammons C.H. et al. Creating lakes from open pit mines: Processes and considerations, emphasis on northern environments. 2009.
11. Larondelle N., Haase D. Valuing post-mining landscapes using an ecosystem services approach – An example from Germany. *Ecological Indicators*. 2012. T. 18. pp. 567–574.
12. Antoninova, N. Yu, et al. Geoecological estimation of land and water use in the ural natural and technogeneous mineral resource exploitation areas. *Journal of Mining Science* 48.2 (2012). pp. 398–404.
13. Slavikovskij O.V., Slavikovskaya Yu. O. Mining recultivation as part of the mining and technological system. *Nedropol'zovanie XXI vek*. 2012. no 5. pp. 72–76. [In Russ].
14. *Prikaz Federal'nogo agentstva po rybolovstvu ot 25 noyabrya 2011 goda N 1166 «Ob utverzhdenii Metodiki ischisleniya razmera vreda, prichinennogo vodnym biologicheskim resursam»* [Order of the Federal Agency for fisheries dated November 25, 2011 year no 1166 «on approval of the Methodology for calculating the amount of harm caused to water biological resources]. zaregistririvan Ministerstvom yustitsii RF 05 marta 2012, registratsionnyi no 23404. [In Russ]

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Корнилков Сергей Викторович¹ — докт. техн. наук, профессор, главный научный сотрудник,

Антонинова Наталья Юрьевна^{1,2} — канд. техн. наук, зав. лаб. экологии горного производства,

*Шубина Любовь Андреевна*¹ — научный сотрудник,

*Собенин Артем Вячеславович*¹ — младший научный сотрудник, e-mail:geoeco@igduran.ru,

¹ Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук (ИГД УрО РАН), 620075 г. Екатеринбург, ГСП-219, Мамина-Сибиряка 58,

² Уральский государственный горный университет, 620144, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д. 30.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Kornilkov S.V.*¹, Dr. Sci. (Eng.), Chief Researcher,

Antoninova N.Yu.^{1,2}, Cand. Sci. (Eng.), the head of laboratory mining ecology, e-mail:geoeco@igduran.ru,

*Shubina L.A.*¹, researcher,

*Sobenin A.V.*¹, junior researcher,

¹ The Institute of Mining of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences, 620075, Ekaterinburg, Russia,

² Ural State Mining University, Kuibyshev Str., 30, Ekaterinburg, 620014, Russia.

Получена редакцией 21.11.2019; получена после рецензии 13.03.2020; принята к печати 20.03.2020.

Received by the editors 21.11.2019; received after the review 13.03.2020; accepted for printing 20.03.2020.

