

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ / ORIGINAL PAPERS

DOI: 10.17073/2500-0632-2019-3-172-180

**Основные факторы неблагоприятного воздействия на окружающую среду
деятельности калийного производства и способы ее защиты**

Высоцкая Н. А., Пискун Е. В.

Закрытое акционерное общество «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством», Солигорск, Минская область, Республика Беларусь, ✉onti@sipr.by

Аннотация: В настоящее время неблагоприятным фактором для окружающей среды в Солигорском горно-промышленном районе является влияние подземных горных работ на рельеф и ландшафтную обстановку. Отмечено, что подтопление и заболачивание на подрабатываемой территории шахтных полей калийных рудников связано со специфическими природными условиями района. Известно, что глинисто-солевые шламы складировать в шламохранилищах. С целью предотвращения фильтрации рассолов и диффузионного проникновения солей в подстилающие грунты и грунтовые воды и недопущения тем самым засоления геологической среды в районах размещения солеотвалов и на откосах ограждающих дамб устраивается противофильтрационный экран. Отмечено, что в последние годы на рудоуправлениях ОАО «Беларуськалий» широко используется технология высотного складирования твердых отходов, что позволяет сократить площади, занимаемые под солеотвалы. В целях предотвращения и ликвидации избыточных рассолов в ОАО «Беларуськалий» внедрен способ биологической рекультивации отработанных шламохранилищ, что предусматривает создание растительного покрова на поверхности почвенно-грунтового слоя и условий для его самовосстановления. Определено, что есть пять степеней загрязнения подземных вод Солигорского промрайона: низкая, средняя, периодически высокая, высокая, катастрофически высокая. Отмечено, что на растительный и животный мир в районе деятельности калийных предприятий отрицательное воздействие оказывают в основном следующие факторы: изъятие земель под промплощадки, солеотвалы и шламохранилища и, как следствие, сокращение площади растительного покрова; затопление, подтопление и заболачивание земель вследствие оседания земной поверхности над отработанными горными выработками; засоление избыточными рассолами прилегающих к предприятию территорий; влияние промышленных пылегазовыбросов. Одним из средств борьбы с засолениями почвы является создание лесозащитных полос.

Ключевые слова: шламохранилище, горнопромышленный район, грунтовые воды, избыточный рассол, степень загрязнения, подземные воды, глинисто-солевой экран.

Для цитирования: Высоцкая Н. А., Пискун Е. В. Основные факторы неблагоприятного воздействия на окружающую среду деятельности калийного производства и способы ее защиты. *Горные науки и технологии*. 2019;4(3):172-180. DOI: 10.17073/2500-0632-2019-3-172-180.

**The Main Factors of Adverse Environmental Impact
of Potash Production and Methods of Environmental Protection**

N. A. Vysotskaya, E. V. Piskun

Closed Joint-Stock Company Soligorsk Institute for Resource Saving Problems with Pilot Production,
Soligorsk, Minsk Region, Republic of Belarus, ✉onti@sipr.by

Abstract: Currently, an adverse environmental factor in the Soligorsk mining district is the effect of underground mining on the terrain and landscape. The remarkable thing is that flooding and waterlogging in the undermined territory of the potash mine fields is connected with specific natural conditions of the district. Clay-salt tailings are known to be stored in salt tailings piles. To prevent the filtration of brines and diffusive penetration of salts into underlying soil and groundwater and thereby prevent salinization of geological environment, in the areas where salt tailings piles are located and on the slopes of bund walls, an impervious screen is arranged. It was noted that in recent years, Belaruskali OJSC's ore departments have been widely using high-altitude solid waste piling method, which reduces the area occupied by salt tailings piles. To prevent and eliminate excess brines, Belaruskali introduced a method for biological reclamation of spent salt tailings piles, which provides for creation of vegetation on the soil layer surface and the conditions for its self-regeneration. Five degrees of groundwater pollution in the



Soligorsk industrial district were distinguished: low, medium, periodically high, high, and catastrophically high. It was found that the following factors have negative impact on flora and fauna in the district where potash enterprises operate: land acquisition for industrial sites, salt tailings piles and TSF and, as a result, reduction in the area of vegetation cover; flooding and waterlogging of lands due to subsidence of the earth's surface above the worked-out mine workings; salinization of territories adjacent to the enterprise by excess brines; impact of industrial dust and gas emission. One of salinization control measures is creation of forest shelter belts.

Keywords: salt tailings pile, mining district, groundwater, excess brine, degree of pollution, clay-salt barrier.

For citation: Vysotskaya N. A., Piskun E. V. The main factors of adverse environmental impact of potash production and methods of environmental protection. *Mining Science and Technology*. 2019;4(3):172-180 (In Russ.). DOI: 10.17073/2500-0632-2019-3-172-180.

Введение

В настоящее время Беларусь входит в первую пятерку калийпроизводящих стран мира. Темпы горнопромышленного освоения Старобинского месторождения калийных солей негативно сказались на естественной природной обстановке этого региона. Подземная добыча силвинитовой руды на Старобинском месторождении ведется механизированным способом на втором и третьем (частично на первом) промышленных горизонтах на глубинах 400...500 м и 600...1000 м соответственно.

Наличие больших мощностей калийного производства в Солигорском районе с его огромными объемами отходов обуславливает необходимость детального исследования динамики качества грунтовых и межпластовых вод. В зависимости от концентрации веществ техногенного происхождения и санитарных норм, принятых для питьевых вод, на территории района выделены участки с низкой, средней, периодически высокой, высокой и катастрофически высокой степенью загрязнения грунтовых вод [1].

Оседание земной поверхности и изменение уровня режима грунтовых вод. Весьма неблагоприятным фактором для окружающей среды в Солигорском горнопромышленном районе является влияние подземных горных работ на рельеф и ландшафтную обстановку района вследствие оседания и деформации земной поверхности.

Оседание поверхности земли над отработанными горными выработками, начинаю-

щиеся через 1...2 года после выемки полезного ископаемого, достигает конечной величины 3,5...4,5 м при отработке двух калийных горизонтов.

Интенсивность процесса сдвижения земной поверхности зависит от применяемых систем разработки, глубины ведения горных работ и порядка отработки пластов. Подтопление и заболачивание на подрабатываемой территории шахтных полей калийных рудников связано также со специфичными природными условиями района [2, 3].

Зона затопления образуется на наиболее пониженных в рельефе участках [4, 5]. В пределах месторождения к ней относятся прибрежная зона водохранилища, долины рек Рутки и Сивельги и южная часть шахтного поля 4-го рудоуправления (РУ). Затопление земель здесь возможно главным образом грунтовыми и речными водами.

К **зоне заболачивания** относится часть подрабатываемой территории с переходными формами рельефа, сложенная водопроницаемыми отложениями и характеризующаяся глубиной залегания грунтовых вод, превышающей амплитуду оседания на 0,1...0,2 м [6]. По сравнению с первой вредное влияние горных разработок здесь проявляется в меньшей степени и заключается только в заболачивании местности.

Зона подтопления охватывает более возвышенные участки, в пределах которых глубина залегания уровня грунтовых вод колеблется в пределах 1,0...2,0 м выше амплитуды оседания. Вредное влияние горных раз-

работок в ней проявляется еще в меньшей степени и заключается лишь в подтоплении фундаментов и подвальных помещений зданий и сооружений.

Шламохранилища. На калийных предприятиях существует шламовое хозяйство – комплекс сооружений и оборудования, предназначенный для гидравлического транспортирования шламовых отходов к месту их складирования и хранения, гидравлической укладки шламовых отходов и обратного водоснабжения обогатительной фабрики. В комплекс сооружений входят и шламохранилища [7].

Глинисто-солевые шламы складировать в шламохранилищах. С целью предотвращения фильтрации рассолов и диффузионного проникновения солей в подстилающие грунты и грунтовые воды и недопущение тем самым засоления геологической среды в районах размещения солеотвалов и на откосах ограждающих дамб устраивается противофильтрационный экран [8].

Наибольшее распространение при сооружении шламохранилищ в ОАО «Беларуськалий» получило применение двухслой-

ного противофильтрационного экрана из полиэтиленовой пленки, стабилизированной сажей, с защитным слоем из местного сыпучего (суглинистого) грунта толщиной 0,5 м (0,8 м для дамб) с закладкой днища шламохранилища на 1,0 м и более выше зеркала грунтовых вод, определенного с учетом максимальной амплитуды оседания земной поверхности на конец процесса сдвижения. При этом пленка укладывается непосредственно на спланированную и укатанную поверхность основания шламохранилища и верховые откосы ограждающих дамб, сложенных естественными песчаными или супесчаными грунтами. Отметка заложения противофильтрационного экрана в основание шламохранилища по отношению к уровню грунтовых вод нормативами не регламентируется. В каждом конкретном случае она определяется, исходя из геолого-гидрогеологических условий участка строительства и инженерно-геологических свойств слагающих его пород, но, как правило, отметка верха пленочного экрана не менее чем 1,0 м выше зеркала грунтовых вод (рис. 1) [9].

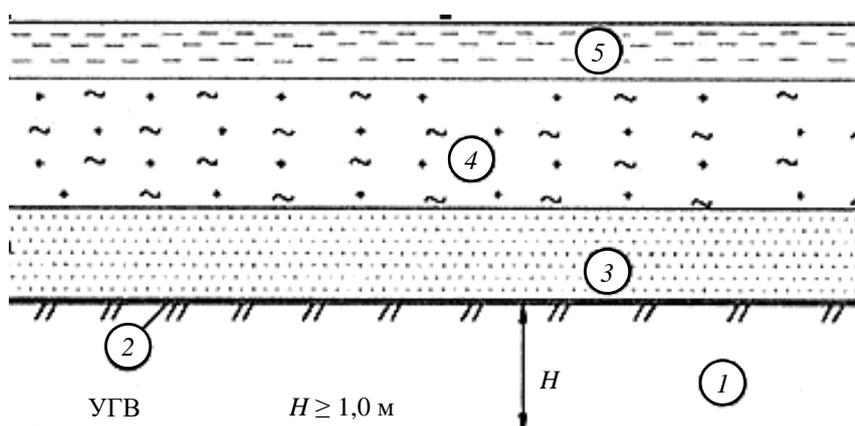


Рис. 1. Противофильтрационный экран, устраиваемый в основании шламохранилищ на ОАО «Беларуськалий»:

1 – подстилающие уплотненные (укатанные) супесчаные (суглинистые) грунты; 2 – стабилизированная сажей полиэтиленовая пленка; 3 – защитный слой из местного супесчаного (суглинистого) грунта толщиной 0,5 м; 4 – шламовые грунты (твердая фаза, выпавшая в осадок из глинисто-солевых шламов); 5 – осветленные рассолы

Fig. 1. Impervious screen arranged in the base of salt tailings piles at JSC Belaruskali:

1 – underlying compacted (rolled) sandy loamy soils; 2 – polyethylene film stabilized with black; 3 – protective layer of local sandy loam soil 0.5 m thick; 4 – sludge soils (solid phase precipitated from clay-salt sludge); 5 – clarified brines

Загрязнение атмосферного воздуха.

Хранящиеся на поверхности земли солевые отходы подвергаются агрессивному выщелачивающему воздействию атмосферных осадков, выпадающих на незащищенную поверхность солеотвалов и шламохранилищ с образованием избыточных рассолов на пределе насыщения солями с минерализацией до 340...350 г/л. Годовое увеличение их объема связано с увеличением площадей складирования отходов [10]. Эти обстоятельства вынуждают проводить мероприятия по уменьшению площадей изымаемых из сельскохозяйственного оборота земель для складирования солеотходов. При их сооружении в основании готовят ложе с применением плечных экранов.

В последние годы на рудоуправлениях ОАО «Беларуськалий» широко используется технология высотного складирования твердых отходов, что позволяет сократить площади, занимаемые под солеотвалы.

В целях предотвращения появления и ликвидации избыточных рассолов в ОАО «Беларуськалий» внедрен способ биологической рекультивации отработанных шламохранилищ, что предусматривает создание растительного покрова на поверхности почвенно-грунтового слоя и условий для его самовосстановления.

Биологическая рекультивация отработанных шламохранилищ калийных предприятий осуществляется в два этапа [11]:

1) горнотехнический – подготовка поверхностей шламовых грунтов с предварительным удалением рассолов, нанесение на них противодиффузионного и противодиффузионного экрана и почвенно-грунтового слоя;

2) собственно биологический – агротехнические приемы подготовки почвы, посев и выращивание кормовых трав.

Горнотехническому этапу предшествует изучение вещественного и механического состава шламовых грунтов рекультивируемого

шламохранилища, а также их инженерно-геологических свойств.

Горнотехнический этап рекультивации включает следующие рабочие процессы [12, 13]:

1) удаление избыточных рассолов с поверхности шламохранилища для естественного осушения поверхности шламовых грунтов;

2) подготовка поверхности шламовых грунтов для укладки полиэтиленового покрытия (планировка, создание уклонов и др.);

3) устройство полиэтиленового покрытия (экрана) на поверхности шламовых грунтов;

4) нанесение поверх полиэтиленового покрытия грунтового слоя;

5) нанесение почвенного слоя на поверхность грунтового слоя;

6) контроль качества и прием выполненных работ.

Биологическая рекультивация является завершающим этапом восстановления нарушенных шламохранилищами земель и включает комплекс агротехнических приемов, осуществляемых после проведения горнотехнического этапа рекультивации [14, 15].

Калийные предприятия ОАО «Беларуськалий» имеют 637 источников пылегазовыбросов в атмосферу, из них 556 организованных. В сушильных отделениях обогатительных фабрик и цехах грануляции хлористого калия образующиеся пылегазовыбросы проходят сухую и мокрую стадии очистки. Все рудоуправления и котельные не превышают установленные нормативы на выброс вредных веществ в атмосферу (предельно допустимые выбросы, ПДВ). Общий объем выбрасываемых в атмосферу газообразных веществ составляет $\approx 25,0$ тыс. т в год [16]. Радиус выпадения солевой пыли от источника выброса (промплощадки рудоуправлений) составляет в среднем 2 км, а максимальное ее количество – в радиусе 0,5...1,0 км. Общая площадь земель, подверженных засолению оседающей солевой пылью, вокруг рудоуправлений составила около 1 000 га.

Степень загрязнения подземных вод Солигорского горнопромышленного района. Низкая степень загрязнения установлена на участках, где хозяйственная деятельность сведена к минимуму, а уровень химической трансформации верхней части подземной гидросферы определяется лишь атмосферным трансграничным переносом загрязняющих веществ. К этим участкам относятся в основном лесные массивы в южной половине района, где химический состав и минерализация грунтовых вод практически соответствуют естественному фону или незначительно превышают его. Общая площадь этих участков составляет около 39 % от площади Солигорского района.

Средняя степень загрязнения грунтовых вод характеризуется повышенными концентрациями химических веществ, превышающими их естественный фон, но не достигающими предельно допустимой концентрации (ПДК) для питьевых вод. Участки с таким уровнем загрязнения расположены вдали от наиболее опасных источников загрязнения, где их влияние ослабевает. К ним отнесены сельскохозяйственные угодья, а также территории небольших деревень. Грунтовые воды пригодны для питьевых целей при улучшении отдельных показателей по железу, фтору, иногда марганцу. Пестициды в грунтовых водах на территории района не зафиксированы.

Периодически высокая степень загрязнения грунтовых вод установлена на территории 28 деревень, а также г. п. Старобин и Красная Слобода. Для этих участков характерно периодическое превышение ПДК по одному или нескольким показателям. На участках периодически высокого загрязнения в грунтовых водах за последние 20...30 лет выросли концентрации соединений азота (нитраты, аммоний), хлоридов, кальция, магния, нередко сульфатов. Общая площадь периодически высокого загрязнения составляет 2,1 % от общей площади района.

Высокой степени загрязнения грунтовых вод соответствует постоянное и устойчивое превышение ПДК по одному или нескольким показателям.

Катастрофически высокая степень загрязнения пресных (как грунтовых, так и межпластовых) вод установлена на участках солеотвалов и шламохранилищ калийных комбинатов. Здесь не только увеличивается концентрация загрязняющих веществ в 500...1 000 раз и более, но и возрастает минерализация воды (с 0,2 до 156,0 г/дм³). Полностью изменяется тип воды: от гидрокарбонатных магниевых-кальциевых вод до крепких хлоридно-натриевых рассолов.

Пресные межпластовые воды также подверглись поверхностному загрязнению. Но в отличие от грунтовых вод, степень загрязнения их на порядок ниже, а распространение носит локальный характер. Максимальные концентрации загрязняющих веществ в межпластовых водах наблюдаются в зоне с высоким загрязнением грунтовых вод, а также вблизи животноводческих объектов [17].

Загрязнение водных ресурсов. Из всех проблем в области охраны окружающей среды вопросы предотвращения регионального распространения ореолов загрязненных подземных вод в водоносных горизонтах являются до настоящего времени во всех странах наиболее трудноразрешимыми в техническом и экономическом отношении [18, 19].

Насыщенные рассолы, проникая в водоносный горизонт, распространяются в нем вертикально вниз под влиянием гравитационных сил. При этом скорость их опускания превосходит в десятки раз скорость подземного потока в первом от поверхности земли водоносном горизонте, а суглинистые и супесчано-глинистые моренные прослои в рыхлой песчано-глинистой водонасыщенной толще четвертичных и неоген-палеогеновых отложений не являются преградой (экраном) для опускания рассолов, а лишь замедляют этот процесс. Гидромеханические и геофизи-

ческие исследования выявили, что засоление подземных вод происходит на участках под солеотвалами 1, 2, 3 и 4-го РУ, а также участках шламохранилищ этих рудоуправлений. Глинисто-солевой экран оказался неэффективным в условиях солевых отходов калийных производств.

Подземные воды под солеотвалами и шламохранилищами засолены на всю глубину верхнего водоносного комплекса до кровли регионального водоупора – верхнедевонской водоупорной надсолевой глинисто-мергелистой толщи. Сами промплощадки рудоуправлений также оказались источниками загрязнения подземных вод.

В результате засоления подземных вод вышли из строя большинство артезианских скважин водозаборов на 1, 2 и 3-м рудоуправлениях. Исследования по оценке пригодности вод Солигорского и Любанского водохранилищ для хозяйственно-питьевого водоснабжения выявили, что основными загрязняющими поверхностные воды веществами являются органические вещества и железо.

Вода Солигорского водохранилища характеризуется нестабильным качественным составом из-за попадания загрязненных вод через р. Рутку, ливневых вод с промплощадок 1 и 3-го рудоуправлений и территории г. Солигорска и сбрасывания мелиоративных вод из мелиоративных систем.

Результаты гидрохимических наблюдений показали, что качество воды в Солигорском, Любанском и Краснослободском водохранилищах не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к водоемам хозяйственно-питьевого назначения, в основном по содержанию органических веществ, нефтепродуктов и бактериологическим показателям. Наблюдается тенденция роста концентрации хлоридов и сульфатов.

Влияние на растительный мир. На растительный и животный мир в районе деятельности калийных предприятий отрица-

тельное воздействие оказывается в основном следующими факторами:

– изъятие земель под промплощадки, солеотвалы и шламохранилища и, как следствие, сокращение площади растительного покрова;

– затопление, подтопление и заболачивание земель вследствие оседания земной поверхности над отработанными горными выработками;

– засоление избыточными рассолами прилегающих к предприятию территорий;

– влияние промышленных пылегазов выбросов.

Общая площадь лесов, находящихся в зоне отработки шахтных полей, составляет около 2 000 тыс. га. Леса расположены в южной части шахтных полей 1 и 4-го РУ.

Наиболее существенное затопление наблюдается в Любанском лесничестве – в зоне оседания общей площадью 350 га. Эти лесные земли нуждаются в защите от затопления.

Солеотвалы и шламохранилища отнимают жизненное пространство по мере их расширения. Несмотря на нахождение их на открытой поверхности, десятилетиями не обнаруживается самозарастания солеотвалов какой-либо растительностью.

Одним из средств борьбы с засолением почвы является создание лесозащитных полос. Лесозащитные насаждения вокруг солеотвалов и в санитарно-защитных зонах снизят прежде всего рассеивание солевых отходов на прилегающие сельскохозяйственные угодья, являясь форпостом перед господствующими в регионе ветрами [20, 21].

Заключение

Ни одна отрасль народного хозяйства Республики Беларусь не оказывает столь значительного влияния на окружающую среду, как горно-химическое калийное производство, развивающееся на базе Старобинского месторождения калийных солей. Его воздействию подвергаются все элементы биосферы:

ее минеральная основа – геологическая среда с подземными водными ресурсами, земельные угодья, поверхностные водные ресурсы, воздушный бассейн и растительный мир.

ОАО «Беларуськалий» ежегодно выделяет значительные средства на осуществление природоохранных мероприятий для предотвращения отрицательного влияния калийного производства на окружающую среду. Вместе с тем эти усилия направлены в основном на ликвидацию последствий и не решают главных вопросов предотвращения складывающейся в районе Солигорска экологической обстановки.

Решение проблемы охраны природы в Солигорском горнопромышленном регионе требует комплексного подхода и совместных усилий многих научных и производственных организаций министерств и ведомств Республики Беларусь.

Таким образом, существует ряд проблем, которые необходимо решить как на общегосударственном, так и на местном уровне для реализации планов по обеспечению населения питьевой водой в рассматриваемом регионе.

Основной проблемой является проблема сохранения качества подземных вод эксплуатируемых водоносных горизонтов. Для этого требуется соблюдение режимов хозяйственной деятельности, регулирование любого нового строительства, проведение оценки воздействия на качество подземных вод существующих объектов или видов хозяйственной деятельности и принятие неотложных мер по предотвращению загрязнения подземных вод. В сельских населенных пунктах, использующих для питьевых нужд грунтовые воды путем создания шахтных колодцев, необходимо осуществить использование более глубоких водоносных горизонтов.

Библиографический список

1. Гледко Ю. А. Оценка степени защищенности подземных вод в районе добычи калийных солей. Геотектоника и минеральные ресурсы Беларуси: материалы Университетских чтений, посвященные 100-летию со дня рождения д-ра геол.-минерал. наук, проф. З. А. Горелика, Минск, 4–5 апреля 2008 г. Мн.: БГУ, 2008. С. 67–70.
2. Смычник А. Д., Богатов Б. А., Шемет С. Ф. Геоэкология калийного производства. Мн.: ЗАО «ЮНИПАК», 2005. 202 с.
3. Прушак В. Я., Высоцкая Н. А. Технология рекультивации отработанных шламохранилищ. XIV Международная конференция по открытой и подводной добыче полезных ископаемых. Варна, 3–7 июля 2017. Варна, 2017. С. 431–438.
4. Современные проблемы геологии: Университетские геологические чтения, посвященные 60-летию открытия Старобинского месторождения калийных солей, Минск, 3–4 апреля 2009 г. / Белорусский государственный университет, географический факультет; под общ. ред. Э. А. Высоцкого и др. Мн., 2009. 94 с.
5. Семенов А. В., Кузнецова Т. В., Степанов А. Л., Семенов В. М. Влияние азотного удобрения и растительных остатков на поведение метана в серой лесной почве. Агрехимия. 2004. № 4. С. 5–12.
6. Hay J. T. Controlled release nitrogen fertilizers. Manual of Fertilizer Proc. Fert. Sci. and Techn. Series. 1987. Vol. 5. Pp. 421–435.
7. Laiche A. J. jr. Slow-release fertilizer evaluation with container-grown plants. Mississippi state univ. Mississippi agr. and forestry experiment station. 1996. Vol. 21, № 2. 5 p.
8. Andersson A. Cadmium effekts from phosphorus fertilization in field experiments. A. Andersson, M. Nahlin. Swed. J. Agr. Res. 1981. Vol. 11. № 1.
9. Buswell A. M. Fundamentals of anaerobic treatment of organic wastes. 1957. 29 p.
10. Flaig W. Wirkung org. Bodensubstanzen und Ertragssicherung. Landbauforsch. W. Flaig, H. Sochtig. Volkenrode, 1999. № 23. Pp. 19–28.
11. Henze M., Kristensen G. H., Strube R. Determination of organic matter and nitrogen in wastewater. Department of Environmental Engineering, Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark. 1992.
12. Lie E., Welander T. Determination of volatile fatty acid potential of wastewater from different municipal treatment plants. Water Res., 1997, 31. Pp. 1269–1274.
13. Maier R. Pflanzen im Lebensraum Stadt. Die Störung der ökologischen Ordnung in den Kulturlandschaften. Veröff.d.Komm.f. Humanökologie, Österr. Akad. Wiss. 1992. Pp. 145–181.

14. McCarty P. L. Anaerobic waste treatment fundamentals. II. Environmental requirements and control. Public Works. 94, 1964. 123 p.
15. Кудеярова А. Ю. Хемосорбция фосфат-ионов и деструкция органо-минеральных сорбентов в кислых почвах. Почвоведение, 2010. № 6. С. 681–697.
16. Кудеярова А. Ю. Влияние орто- и пирофосфатов на трансформацию железогумусовых сорбентов и их способность связывать калий и цинк. Агрохимия. 2005. № 6. С. 66–75.
17. Кузнецова Т. В., Семенов А. В., Ходжаева А. К. и др. Накопление азота в микробной биомассе серой лесной почвы при разложении растительных остатков. Агрохимия, 2003. № 10. С. 3–12.
18. Никитишен В. И. Питание растений и удобрение агроэкосистем в условиях ополей Центральной России. М.: Наука, 2012. 485 с.
19. Семенов В. М., Тулина А. С. Сравнительная характеристика минерализуемого пула органического вещества в почвах природных и сельскохозяйственных экосистем. Агрохимия, 2011. № 12. С. 53–63.
20. Семенов В. М., Когут Б. М., Лукин С. М. и др. Оценка обеспеченности почв активным органическим веществом по результатам длительных полевых опытов. Агрохимия, 2013. № 3. С. 19–31.
21. Семенов В. М., Кузнецова Т. В., Ходжаева А. К. и др. Почвенная эмиссия закиси азота: влияние природных и агрогенных факторов. Агрохимия, 2004. № 1. С. 30–39.

References

1. Gledko Yu. A. Assessment of the degree of groundwater protection in the area of potash salt extraction. Geotectonics and mineral resources of Belarus: Proceedings of the University Scientific Conference ad honorem the 100th anniversary of prof. Z. A. Gorelik, Minsk, April 4–5, 2008. Mn.: BSU, 2008, pp. 67–70 (in Russ.).
2. Smychnik A. D., Bogatov B. A., Shemet S. F. Geoecology of potash production. Mn.: ZAO "UNIPAK", 2005, 202 p. (in Russ.).
3. Prushak V. Ya., Vysotskaya N. A. Technology for reclamation of spent sludge storages. XIV International Conference on Opencast and Underwater Mining. Varna, July 3–7, 2017. Varna, 2017, pp. 431–438 (in Russ.).
4. Current problems of geology: Proceedings of the University Geological Scientific Conference for the 60th anniversary of the Starobinsky potassium salt deposit discovery, Minsk, April 3–4, 2009. Belarusian State University, Department of Geography; ed. E. A. Vysotsky et al. Mn., 2009, 94 p. (in Russ.).
5. Semenov A. V., Kuznetsova T. V., Stepanov A. L., Semenov V. M. Influence of nitrogen fertilizer and plant residues on the behavior of methane in grey forest soil. Agrochemistry, 2004, No. 4, pp. 5–12. (in Russ.).
6. Hay J. T. Controlled release nitrogen fertilizers. Manual of Fertilizer Proc. Fert. Sci. and Techn. Series. 1987, Vol. 5, pp. 421–435.
7. Laiche A. J. jr. Slow-release fertilizer evaluation with container-grown plants. Mississippi state univ. Mississippi agr. and forestry experiment station. 1996, Vol. 21, № 2. 5 p.
8. Andersson A. Cadmium effects from phosphorus fertilization in field experiments. A. Andersson, M. Hahlin. Swed. J. Agr. Res. 1981, Vol. 11. № 1.
9. Buswell A. M. Fundamentals of anaerobic treatment of organic wastes. 1957. 29 p.
10. Flaig W. Wirkung org. Bodensubstanzen und Ertragssicherung. Landbauforsch. W. Flaig, H. Sochtig. Volkenrode, 1999. № 23. Pp. 19–28.
11. Henze M., Kristensen G. H., Strube R. Determination of organic matter and nitrogen in wastewater. Department of Environmental Engineering, Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark. 1992.
12. Lie E., Welander T. Determination of volatile fatty acid potential of wastewater from different municipal treatment plants. Water Res., 1997, 31, pp. 1269–1274.
13. Maier R. Pflanzenim Lebensraum Stadt. Die Störung der ökologischen Ordnung in den Kulturlandschaften. Veröff. d. Komm. f. Humanökologie, Österr. Akad. Wiss. 1992, pp. 145–181.
14. McCarty P. L. Anaerobic waste treatment fundamentals. II. Environmental requirements and control. Public Works. 94, 1964. 123 p.
15. Kudeyarova A. Yu. Chemisorption of phosphate ions and destruction of organo-mineral sorbents in acidic soils. Soil Science, 2010, No. 6, pp. 681–697 (in Russ.).
16. Kudeyarova A. Yu. Effect of ortho- and pyrophosphates on the transformation of iron-humus sorbents and their ability to capture potassium and zinc. Agrochemistry, 2005, No. 6, pp. 66–75.
17. Kuznetsova T. V., Semenov A. V., Khodzhaeva A. K. et al. Nitrogen accumulation in the microbial biomass of grey forest soil during decomposition of plant residues. Agrochemistry, 2003, No. 10, pp. 3–12 (in Russ.).
18. Nikitishen V. I. Plant nutrition and application of fertilizers to agroecosystems in the conditions of high plains of Central Russia. Moscow: Nauka Publ., 2012, 485 p. (in Russ.).
19. Semenov V. M., Tulina A. S. Comparative characteristics of the mineralized organic matter in the soils of natural and agricultural ecosystems. Agrochemistry, 2011, No 12, pp. 53–63 (in Russ.).

20. Semenov V. M., Kogut B. M., Lukin S. M. et al. Assessment of the availability of soils with active organic matter based on the results of long-term field experiments. *Agrochemistry*, 2013, No. 3, pp. 19–31 (in Russ.).
21. Semenov V. M., Kuznetsova T. V., Khodzhaeva A. K. et al. Nitrous oxide emission in soils: influence of natural and agrogenic factors. *Agrochemistry*, 2004, No. 1, pp. 30–39 (in Russ.).

Информация об авторах

Высоцкая Н. А. – заместитель начальника отдела научно-технической информации, Закрытое акционерное общество «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством», г. Солигорск, Минская область, Республика Беларусь, onti@sipr.by.

Пискун Е. В. – инженер по научно-технической информации (аспирантка Белорусского государственного университета транспорта), Закрытое акционерное общество «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством», г. Солигорск, Минская область, Республика Беларусь.

Information about the Authors

N. A. Vysotskaya – Deputy Head of Department of scientific and technical information, Closed Joint-Stock Company Soligorsk Institute for Resource Saving Problems with Pilot Production; Soligorsk, Minsk region, Republic of Belarus, onti@sipr.by.

E. V. Piskun – Engineer of scientific and technical Information (post-graduate student of Belarusian State University of Transport), Closed Joint-Stock Company Soligorsk Institute for Resource Saving Problems with Pilot Production; Soligorsk, Minsk region, Republic of Belarus.