

## ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ НА СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД



Е. В. СЫТНИК,  
ведущий научный сотрудник,  
канд. геол.-минерал. наук



А. Е. ЗЛЕБОВА,  
зав. лабораторией,  
канд. техн. наук

*Проблема сохранения и восстановления природных ресурсов является одной из главных природоохранных задач при освоении и эксплуатации месторождений полезных ископаемых. В связи с этим в современных условиях при разработке месторождений наиболее актуальным представляется вопрос об изучении природных условий территории и оценке воздействия на них, в частности на водные ресурсы. Оценка влияния горнорудных работ на состояние гидросферы выполнена на примере Гарлыкского месторождения калийных солей (Туркменистан).*

**Ключевые слова:** месторождение калийных солей, поверхностные и подземные воды, загрязнение хлоридами, объект-загрязнитель, численное моделирование, Гарлыкское месторождение калийных солей, Туркменистан.

Как известно, разработка месторождений полезных ископаемых оказывает негативное влияние на качественный состав поверхностных и подземных вод. Другим серьезным негативным последствием является изменение гидрогеохимического режима подземных и поверхностных вод на участках сброса неочищенных шахтных вод, в местах размещения солеотвалов и шламохранилищ.

Своевременное принятие мер по охране подземных и поверхностных вод, используемых для водоснабжения, наиболее актуально для регионов с недостатком пресных вод, каким является район Гарлыкского месторождения калийных солей (Туркменистан).

Гарлыкское месторождение расположено на крайнем юго-востоке Туркменистана в пределах Гаурдак-Кугитангского горнорудного района, в 25 км от границы с Афганистаном.

С 2010 г. специалистами ОАО «Белгорхимпром» совместно с РУП «Белгеология» на Гарлыкском месторождении проводят-

ся работы по проектированию и строительству горно-обогательного комбината производственной мощностью 1,4 млн т/год KCl. В процессе работ была выполнена оценка влияния потенциальных загрязнителей (площадки складирования рассолов и твердых отходов) на водные объекты на территории Гарлыкского месторождения калийных солей.

Климат, рельеф и особенности рельефообразующих пород определяют характер естественного водного баланса территории. По имеющимся сведениям, среднегодовое количество осадков в районе месторождения составляет не более 273 мм, при этом наибольшее их количество приходится на март–апрель.

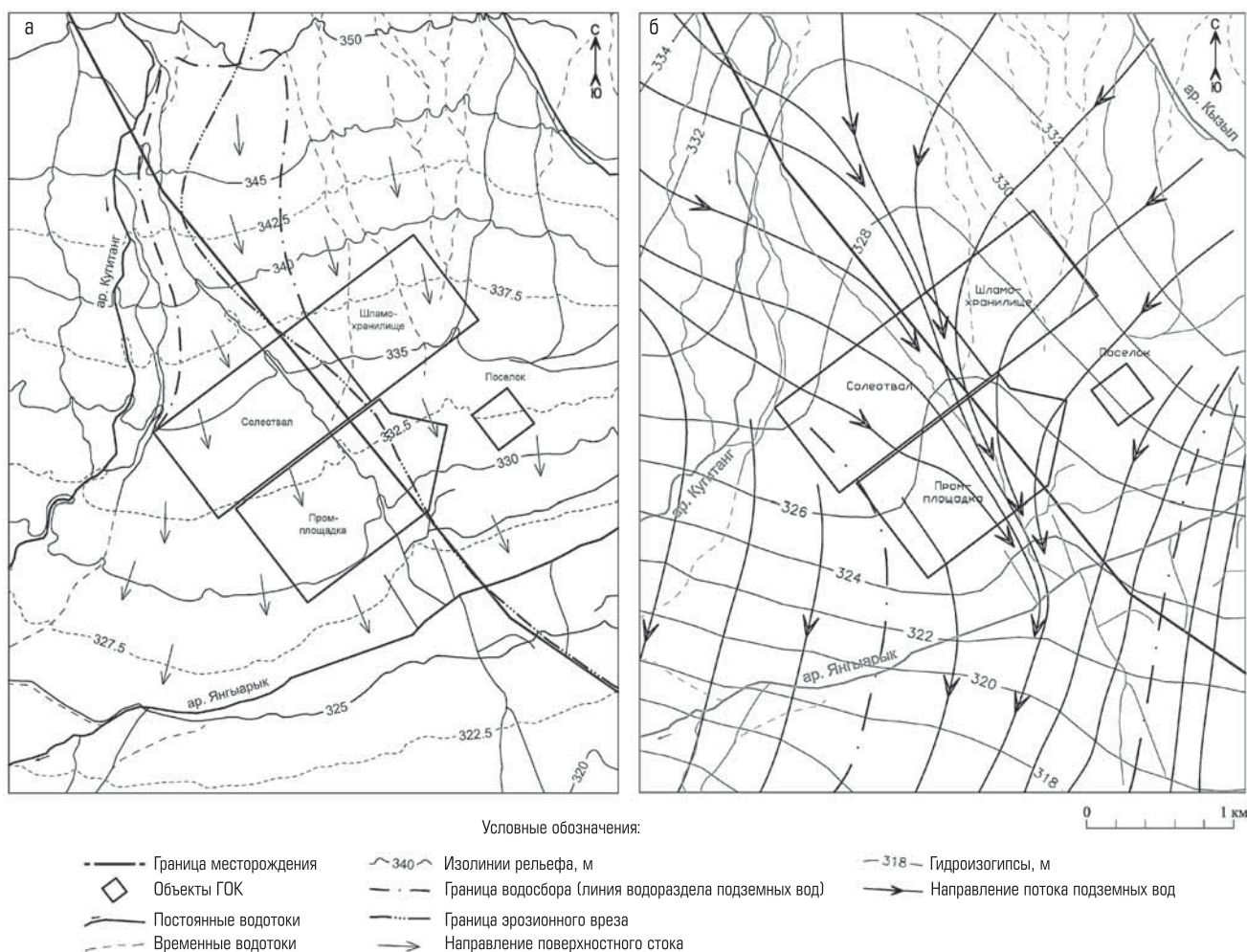
В качестве потенциального объекта-загрязнителя была принята проектируемая площадка солеотвала площадью 94,25 га, которая будет расположена в восточной части месторождения.

Для оценки влияния солеотвала на качество поверхностных вод в районе его размещения выделена водосборная площадь (рис. 1, а) и рассчитан объем поверхностного стока, который будет проходить по водосбору через площадь солеотвала в течение суток за максимальный расчетный дождь [1].

Расчеты показали, что объем поверхностного стока, проходящего через водосборную площадь за максимальный расчетный дождь (1 сут), может составить около 1565 м<sup>3</sup>, тогда объем стока, проходящего через площадь солеотвала, составит 797 м<sup>3</sup>/сут.

Объем выноса хлоридов с рассматриваемой водосборной площади за максимальный дождь при принятой концентрации хлоридов в поверхностном стоке до уровня ПДК составит порядка 470 кг, а с площади солеотвала — около 240 кг.

Поскольку ближайший от площадки солеотвала водоток в южном направлении — арык Янгыарык (см. рис. 1, а), то он будет испытывать дополнительную нагрузку со стороны объекта-загрязнителя, что приведет к повышению содержания хлоридов в водах водотока до уровня ПДК или выше. В связи с тем, что появление воды в арыке имеет сезонный характер, поступление большого количества хлоридов в течение суток за максимальный расчетный дождь при интенсивно развитом процессе испарения может привести не только к увеличению содержания хлоридов в поверхностных водах, но и к засолению почв в области разгрузки поверхностного стока.



**Рис. 1. Схема гидрографической сети (а) и потоков подземных вод (б) района**

Часть загрязненного стока с поверхности водосбора будет фильтроваться через зону аэрации к грунтовым водам, создавая там зону загрязнения. Характер распространения загрязнения в подземных водах при эксплуатации месторождения определен методом численного моделирования.

При сооружении шламохранилища дно бассейна обычно покрывается водонепроницаемой пленкой, защищающей грунтовые воды от агрессивного воздействия отходов-рассолов. В случае аварийной ситуации (прорыв покрытия) в месте разрыва начинается фильтрация загрязняющих веществ из бассейна в верхние, неглубоко залегающие водоносные горизонты. Для решения задачи по оценке степени влияния шламохранилища на подземные воды обозначены условия конвективного переноса вещества вместе с водной фазой, принимаемые в большинстве случаев при решении фильтрационных задач [1, 2].

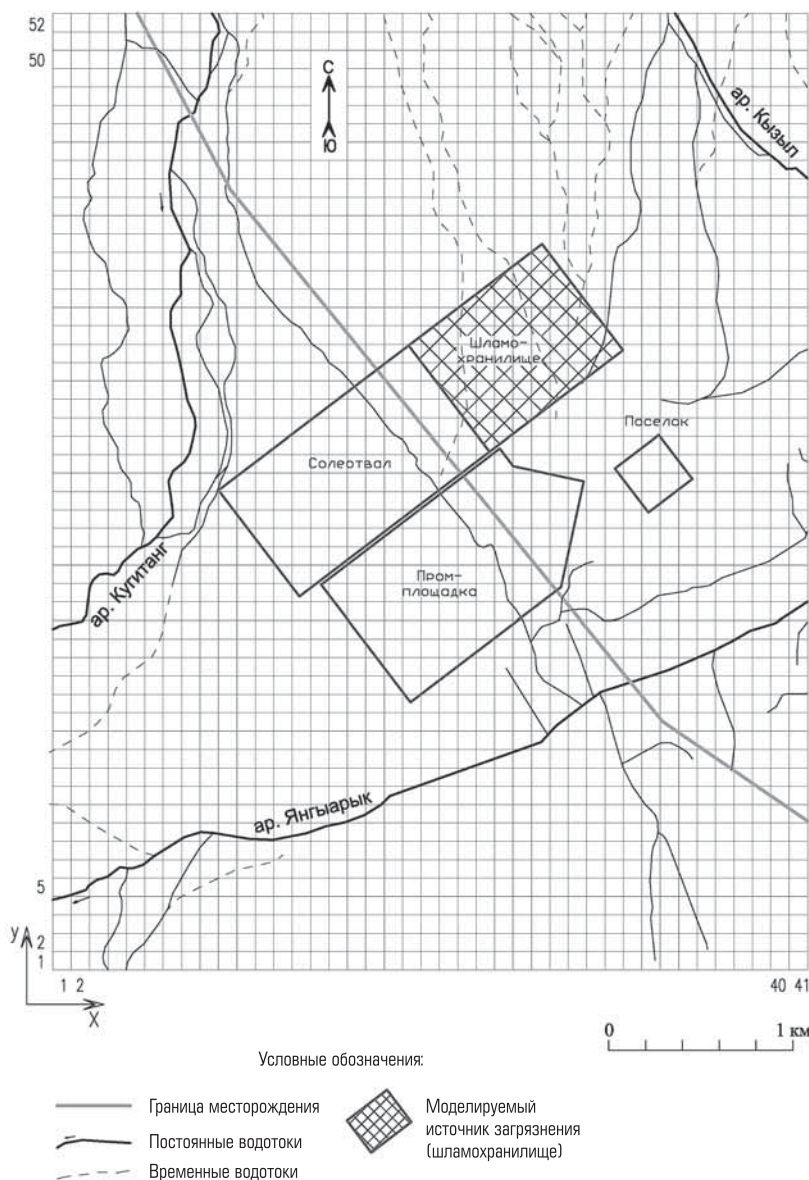
В начальный период перетекания под влиянием неизбежных фильтрационных потерь через образовавшийся зазор в покрытии дна бассейна миграция загрязнений в породы зоны аэрации будет осуществляться в виде свободной фильтрации. Далее че-

рез определенный период времени, величина которого зависит от положения уровня залегания грунтовых вод, произойдет смыкание фильтрующегося из бассейна потока с грунтовыми водами. Затем загрязненный поток начнет движение в южном направлении (**рис. 1, б**).

Объектами защиты от возможного загрязнения следует считать поверхностные воды арка Янгыарык (находится по пути движения потока подземных вод на расстоянии 1825 м от шламохранилища), в который будет происходить частичная разгрузка водоносного горизонта, а также область распространения подземных вод вниз по потоку от шламохранилища (см. рис. 1, б).

Одним из важных параметров при прогнозной оценке миграции загрязнений в подземные воды является скорость фильтрации подземных вод в естественных условиях  $V_e$ . При среднем значении коэффициента фильтрации водовмещающих пород 20 м/сут, установленному по карте гидроизогипс уклону потока  $I = 0,003$  величина  $V_e$  составила 0,6 м/сут [2].

Для линейного бассейна шламохранилища, размеры которого согласно проекту, равны 700×900 м, фильтрационные поте-



**Рис. 2. Расчетная модель для прогноза миграции загрязнения в подземных водах (аварийная ситуация в шламохранилище)**

ри в месте разрыва на единицу его длины  $q_{cp}$  составят от 11,3 до 45,3 м<sup>2</sup>/сут при среднем значении высоты подпорного уровня на начальном и конечном этапах эксплуатации шламохранилища, равном 5 и 20 м соответственно.

При достижении потоком, фильтрующимся из бассейна, уровня грунтовых вод, начинается его движение по пласту вместе с потоком грунтовых вод.

Скорость движения загрязненных грунтовых вод вниз по потоку рассчитывается, исходя из средней мощности водоносного горизонта, скорости фильтрации естественного потока грунтовых вод и для рассматриваемых условий скорость загрязненного потока, двигающегося в южном направлении от шламохранилища, в зависимости от высоты подпорного уровня (времени

эксплуатации) ориентировочно составит 7–10 м/сут.

При известном расстоянии от шламохранилища до защищаемых объектов, в частности ближайшего водотока арыка Янгыарык, было определено, что загрязненный поток достигнет их в течение 183–261 сут.

Оценка распространения зоны загрязнения подземных вод хлоридами выполнена на численной модели фильтрации с использованием многофункциональной автоматизированной системы моделирования их движения [3].

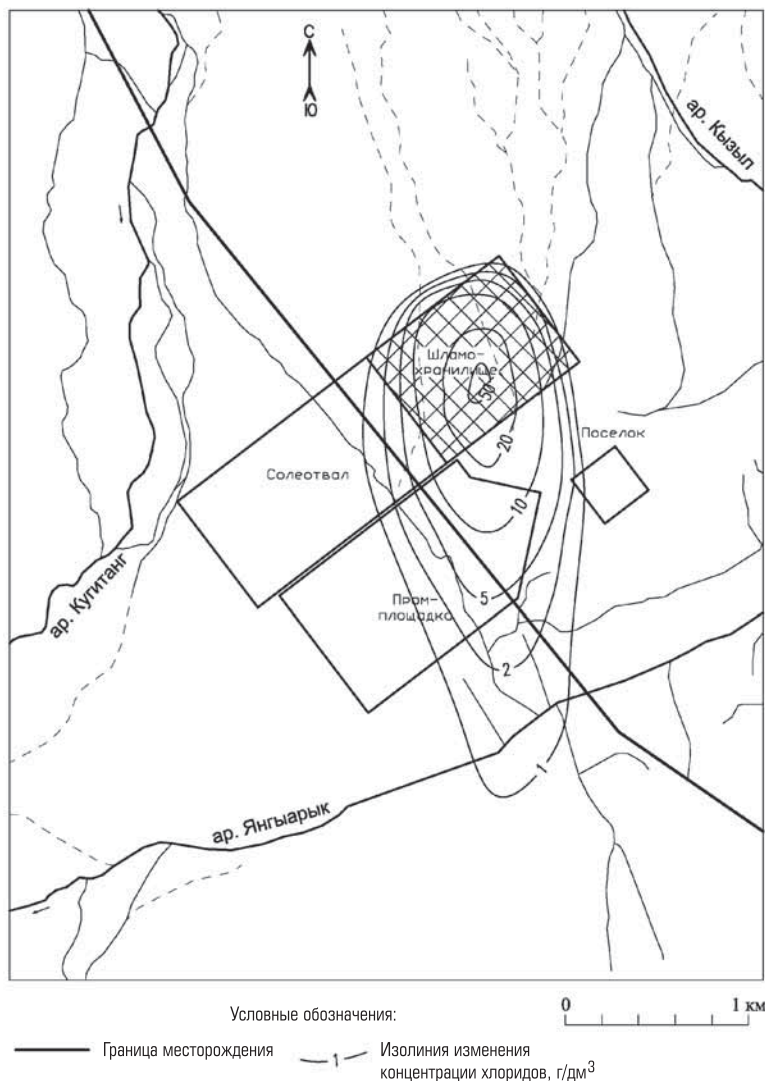
При решении задачи принимается, что начальными условиями являются время попадания загрязнения при аварийной ситуации в грунтовые воды и смыкание его с водами естественного потока. В связи с отсутствием опыта эксплуатации объекта в подобных условиях моделирование не может быть выполнено в полном объеме (в частности, не решены обратные задачи по корректировке принимаемых миграционных параметров). Полученные при оценке модельные результаты приблизительны, а сделанные по ним выводы ориентировочны.

Метод конечных разностей, применяемый в модели для решения краевых задач геофильтрации и геомиграции, предполагает разбивку пространства области фильтрации на блоки, каждый из которых характеризуется набором гидрогеологических параметров, отнесенных к его центру. Разбивка области фильтрации на расчетные блоки в плане определяется общей площадью исследуемой территории, целью решаемой задачи, полнотой и достоверностью исходных данных.

Разработанная численная модель прилегающей к источникам загрязнения территории представлена на **рис. 2**. Площадь модели составляет примерно 20 км<sup>2</sup>. Разбивочная сетка равномерная. Линейные размеры расчетных блоков — 100 м. Общее число блоков по оси X — 41, а по оси Y — 52.

Период моделирования охватывает время, за которое поток подземных вод достигнет арыка Янгыарык (локальная область разгрузки потока). По выполненным выше расчетам максимальное время достижения потоком арыка равно 260 сут.

Верхней границей области фильтрации является уровень грунтовых вод, нижней границей — кровля относительно водупорных отложений верхнего неогена. На нижней границе задается граничное условие 2-го рода ( $Q = 0$ , где  $Q$  — величина потока подземных вод). На боковых внешних границах модели



**Рис. 3. Прогноз изменения содержания хлоридов в грунтовых водах под влиянием эксплуатации шламохранилища**

задано условие 1-го рода ( $H = \text{const}$ ,  $C_0 = C_{\text{фон}} = \text{const}$ , где  $H$  — уровень подземных вод,  $C_0$  — концентрация хлоридов в подземных водах в начальный момент времени, которая равна осредненному значению содержания хлоридов в водах в ненарушенных эксплуатацией условиях  $1,8 \text{ г/дм}^3$ ).

Внутренними границами модели являются постоянные водотоки арыка Янгыарык и р. Кугитанг, которые задаются граничными условиями 3-го рода ( $Q = f(H)$ ), а также временные водотоки, которые задаются граничными условиями 2-го рода ( $Q = \text{const}$ ).

Гидрогеологические параметры моделируемой области фильтрации приняты следующими: мощность водоносного горизонта — 35 м, коэффициент фильтрации — 20 м/сут (в расчет принимается наиболее водообильная часть разреза, представленная гравийно-галечниковыми породами, и их коэффициент фильтрации) и величина пористости — 0,1. Величи-

на инфильтрационного питания принята равной  $270 \text{ мм/год}$ .

Источник загрязнения (шламохранилище) задается граничным условием 1-го рода ( $C = \text{const}$ ), т. е. он является постоянно действующим источником солевых потоков в подземном пространстве исследуемой территории. Фоновое значение концентрации хлоридов принято равным  $1,8 \text{ г/дм}^3$ . Концентрация хлоридов, поступающих в подземные воды от шламохранилища, по опыту эксплуатации подобных объектов на Старобинском месторождении Республики Беларусь, принята равной  $200 \text{ г/дм}^3$ .

Размеры области загрязнения в грунтовых водах под влиянием эксплуатации шламохранилища через 260 сут составят  $1,83 \text{ км}$  с севера на юг и  $1,15 \text{ км}$  с запада на восток (рис. 3).


В области разгрузки подземного потока в арык Янгыарык подземным стоком произойдет вынос  $15,4 \text{ кг}$  хлоридов в реку.

### Выводы

Для защиты подземных вод от негативного влияния загрязнителей необходимо предусмотреть тщательное экранирование дна бассейна (площадки) водонепроницаемыми покрытиями, что позволит существенно уменьшить фильтрационные потери. Также для перехвата уже инфильтрованных рассолов может быть рассмотрено создание дренажных систем вблизи объектов-загрязнителей по направлению потока подземных вод.

Обязательным является создание непосредственно на участках размещения и на прилегающей территории режимной сети для ведения стационарных гидрохимических исследований за расходом фильтрующихся вод (рассолов) и концентрацией в них загрязненного вещества.

### Библиографический список

1. Гольдберг В. М., Газда С. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения. — М.: Недра, 1984. — 262 с.
2. Плотников Н. И., Рогинец И. И. Гидрогеология рудных месторождений. — М.: Недра, 1987. — 287 с.
3. Черепанский М. М., Коробейников Б. И., Злебова А. Е. и др. Многофункциональная автоматизированная система моделирования движения подземных вод и оценки влияния их отбора на окружающую среду (технический проект). — Минск: ЦНИИКИВР, 1999. — 197 с. 

Сытник Елена Васильевна,  
 Злебова Анжелика Евгеньевна:  
 тел.: +375 (17) 334-86-01

FORECAST ESTIMATION OF INFLUENCE OF POTASSIUM SALT DEPOSITS' DEVELOPMENT ON THE STATE OF SURFACE AND UNDERGROUND WATERS

Sytnik E. V. 1, Leading Researcher, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, phone: +375 (17) 334-86-01  
 Zlebova A. E. 1, Head of Laboratory, Candidate of Engineering Sciences

<sup>1</sup> «Belgorkhimprom» JSC (Minsk, Republic of Belarus)

Problem of saving and restoration of natural resources is one of main natural protection tasks in the time of investigation and exploitation of mineral deposits. In connection with this, studying of natural conditions of territory and assessment of influence on these conditions (in particular, on water resources) is the most urgent task in modern conditions during the deposits' development. Estimation of influence of mining works on the hydrosphere state was made by example of Garlyk potassium salts deposit (Turkmenistan).

Making a provision for intensive screening of basin (area) bottom by watertight covers is necessary for protection of underground waters from negative influence of contaminants. This provision will allow to decrease the filtration losses significantly. Creation of drainage systems near the objects of contamination along the direction of underground waters' flow can be also considered for capturing of already infiltrated brines.

A very important measure is creation of secure network directly on the placing sites and on adjacent territories. This network is used for carrying out of stationary hydrochemical researches of consumption of filtrated waters (brines) and their contaminating.

**Key words:** potassium salts deposit, surface and underground waters, chloride contamination, source of contamination, numerical modeling, Garlyk potassium salts deposit, Turkmenistan.

REFERENCES

1. Goldberg V. M., Gazda S. *Gidrogeologicheskie osnovy okhrany podzemnykh vod ot zagryazneniya* (Hydrogeological basis of protection of underground waters from contamination). Moscow : Nedra, 1984, 262 p.
2. Plotnikov N. I. Roginets I. I. *Gidrogeologiya rudnykh mestorozhdeniy* (Hydrogeology of ore deposits). Moscow : Nedra, 1987, 287 p.
3. Cherepanskiy M. M., Korobeynikov B. I., Zlebova A. E. et al. *Mnogofunktsionalnaya avtomatizirovannaya sistema modelirovaniya dvizheniya podzemnykh vod i otsenki vliyaniya ikh ot-bora na okruzhayushchuyu sredu (tekhnicheskii projekt)* (Multifunctional automated system of modeling of groundwater movements and assessment of influence of their selection on environment (technical project)). Central Research Institute for Complex Use of Water Resources. Minsk, 1999, 197 p.

УДК 631.423.3

**А. С. СТРОМСКИЙ, М. Г. ШЕМЯКИНА, Л. Д. ПЛЕШКОВА** (ОАО «Белгорхимпром»)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШЛАМОВЫХ ОТХОДОВ ОАО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ» С ЦЕЛЮ СТРУКТУРИРОВАНИЯ МАЛОПРОДУКТИВНЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ\*



**А. С. СТРОМСКИЙ,**  
зав. отделом



**М. Г. ШЕМЯКИНА,**  
зав. лабораторией



**Л. Д. ПЛЕШКОВА,**  
научный сотрудник

К настоящему времени на четырех рудоуправлениях ОАО «Беларуськалий» переработано немногим более 1 млрд т сильвинитовой руды с образованием около 800 млн т отходов. Жидкие отходы складировались в шламохранилищах и являются потенциальным источником засоления вод и почвы, при этом происходит отчуждение пахотных земель. Складированные глинисто-солевые шламы содержат до 15 % легкоусваиваемого растениями хлористого калия, а также ряд полезных для растений микроэлементов (магний, сера, железо, марганец, медь, бор, кобальт, молибден) и нерастворимый остаток (н. о.) шламов, который состоит в основном из глинисто-карбонатных веществ.

Приведены результаты исследований поглотительной способности нерастворимого остатка глинисто-солевого шлама — отходов действующих калийных производств ОАО «Беларуськалий» Старобинского месторождения и состава его обменного комплекса катионов.

Сделан вывод, что глинисто-солевой шлам может быть использован в качестве структурирующей составляющей на малопродуктивных истощенных почвах Беларуси и как источник макро- и микроэлементов для повышения их плодородия.

**Ключевые слова:** глинисто-солевой шлам, физико-химические свойства, емкость поглощения, обменные катионы, поглотительный комплекс, структурная добавка, нерастворимый остаток.

\* В работе принимали участие старший научный сотрудник С. О. Молокович, инженер 2-й категории Д. Р. Мишина (ОАО «Белгорхимпром»).

© Стромский А. С., Шемякина М. Г., Плешкова Л. Д., 2014