

## СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТХОДОВ КАЛИЙНЫХ РУД ТЮБЕГАТАНСКОГО КАЛИЙНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

<sup>1</sup>Каримов Ё.Л., <sup>1</sup>Латипов З.Ё., <sup>2</sup>Заиров Ш.Ш.

<sup>1</sup>Каршинский инженерно-экономический институт, <sup>2</sup>Навоийский государственный горный институт

## ЗНИЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ВІДХОДІВ КАЛІЙНИХ РУД ТЮБЕГАТАНСКОГО КАЛІЙНОГО РОДОВИЩА НА ДОВКІЛЛЯ

<sup>1</sup>Карімов Й.Л., <sup>1</sup>Латіпов З.Й., <sup>2</sup>Заїров Ш.Ш.

<sup>1</sup>Каршинський інженерно-економічний інститут, <sup>2</sup>Навоїйський державний гірничий інститут

## REDUCING THE NEGATIVE IMPACT OF POTASSIUM ORE WASTE OF THE TYUBEGATAN POTASSIRE DEPOSIT ON THE ENVIRONMENT

<sup>1</sup>Karimov Y.L., <sup>1</sup>Latipov Z.Y., <sup>2</sup>Zairov Sh.Sh.

<sup>1</sup>Karshi Engineering and Economic Institute, <sup>2</sup>Navoi State Mining Institute

**Аннотация.** В статье разработаны решения по размещению каменной соли от проходки горных выработок при строительстве рудника в солеотвале и солеотходов обогатительной фабрики Дехканабадского завода калийных удобрений в хвостохранилище. Рекомендована технология противифльтрационной защиты солеотвала и рассолосборника, позволяющая снизить негативное воздействие на окружающую среду и грунтовые воды. Рекомендуемая противифльтрационная защита основания солеотвала включает устройство 1) экрана из Бентомата, защитного слоя из суглинков, слоя крепления, и 2) над экранового дренажа из геокомпозитного материала TenCatePolyfelt DC 602E.

Для обеспечения рационального использования земель и безопасной эксплуатации солеотвалов рассмотрены вопросы оползнеобразования. Математические описаны траектория движения центра масс оползня, его параметры и скорость движения.

Для предотвращения оползней на солеотвалах проведены эксперименты по закреплению их поверхности растворами силиката натрия. На основании результатов лабораторных экспериментов и опытно-промышленных испытаний установлено, что на время гелеобразования, скорость проникновения раствора и прочность закрепления солевых отходов влияют плотность и кальциевый модуль закрепляющего раствора, а также пористость и коэффициент фильтрации закрепляемого солевого отхода.

По результатам теоретических, лабораторных и опытно-промышленных исследований процесса закрепления солевых отходов разработан способ, рецептура, проект и план мероприятий проверки качества работы и техники безопасности осуществления химического способа закрепления солевых отходов Тюбегатанского калийного месторождения.

Закрепляющий раствор предложено наносить методом распыления. Обоснован расход раствора-закрепителя для закрепления 1 м<sup>3</sup> песка и установлена скорость, схема его нагнетания: четырех точно-парная, диагонально-последовательная.

**Ключевые слова:** солеотвал, хвостохранилище, технология противифльтрационной защиты, снижение негативного воздействия на окружающую среду и грунтовые воды, процесс закрепления солевых отходов, рецептура, химический способ.

**Введение.** Калийные удобрения получают, в основном, из руды природного типа и они позволяют получить высокие урожаи аграрии, восполняя нехватку калия в растениях.

Крупными по запасам разрабатываемыми месторождениями калийных руд являются Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей (ОАО «Уралкалий» и ОАО «Сильвинит», Россия) и Саскачеванский соленосный

бассейн (Канада), на долю которых приходится 82,2% учтенных мировых запасов  $K_2O$ , а также месторождения калийных солей в Германии, Старобинское месторождение калийных солей (Белоруссия).

При разработке месторождений калийных руд выявлен ряд проблем, важнейшими из которых являются нарушения геолого-структурных строений отрабатываемых территорий при использовании подземного способа добычи полезных ископаемых и образование огромного количества отходов, которые формируются при обогащении калиевых солей и водорастворимых соединений [1-6]. Огромное количество жидких и твердых отходов формируются на земной поверхности, в солевых отвалах и хвостохранилищах, которые отрицательно влияют на экологическую обстановку и природную среду. Площади, занимаемые солеотвалами, постепенно расширяются, а шламоохранилища становятся экологически опасными объектами.

Большой вклад в развитие теории снижения негативного воздействия отходов промышленных предприятий на окружающую среду внесли Батури́н Е.Н., Бачу́рин Б.А., Белкин П.А., Блинов С.М., Бобошко А.Ю., Вострецов С.П., Дьяков С.П., Ильин В.П., Клементьев В.П., Королев В.А., Крайнев Б.А., Крупская Л.Т., Кузнецов Н.В., Лапинская В.О., Меньшикова Е.А., Наимова Р.Ш., Наумов Д.Ю., Платыгин В.И., Ржевский В.В., Румянцева Е.И., Сытенков В.Н., Хрунина Н.П., Шеметов П.А., Шумахер А.И., Бор М., Коса М., Оздемир Ф., Туркан И. и др.

Добыча и переработка калийных руд сопровождается образованием огромного количества солевых отходов. Так, только на солеотвалах и в хвостохранилище Тюбегатанского месторождения калийных солей к настоящему времени накоплено более 6 млн. т солевых отходов. В результате происходят загрязнение окружающей среды, засоление природных экосистем и земной поверхности.

Одним из перспективных направлений предотвращения засоления и минимизации воздействия на окружающую среду является рациональное использование внешнего пространства и применение физико-химического процесса закрепления солевых отходов.

**Методика.** В работе использованы комплексные методы исследований, включающих научные обобщения, теоретические и экспериментальные исследования в лабораторных и полигонных условиях по исследованию экологических аспектов Дехканабадского рудного комплекса по добыче калийных руд, изучению хвостохранилища для размещения солеотходов, методов математического программирования, а также методов математической статистики и корреляционного анализа результатов исследований с использованием современной компьютерной техники.

**Теоретическая часть.** При разработке месторождений калийных руд выявлен ряд проблем, важнейшими из которых являются нарушение геолого-структурного строения подрабатываемой территории при использовании шахтного способа добычи и образование значительных масс отходов, формирующихся в результате обогащения солей и представленных

водорастворимыми соединениями. Проанализировав экологические проблемы, сделан вывод о существенном влиянии добычи калийной соли на окружающую среду, однако применение технологий безопасности и использование современных инновационных технологий позволяет значительно сократить негативное воздействие производственной деятельности на природную среду.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что при добыче калийных руд необходимо производить работы так, чтобы формируемые новые ландшафты, солеотвалы, хвостохранилища и др. могли в дальнейшем использоваться с максимальным эффектом и низким воздействием на окружающую среду. Одним из путей решения проблемы сокращения отрицательного воздействия на окружающую среду размещаемых на дневной поверхности солеотходов является увеличение емкости и высоты солеотвалов без расширения площади его основания и внедрение рекультивационных работ с изоляцией поверхности солеотвалов. До настоящего времени рекультивационные работы солеотвалов в промышленном масштабе в Республике Узбекистан не осуществлялись.

На Тюбегатанском горнодобывающем комплексе используется камерно-столбовая система разработки при добыче калийных солей. При этом основными экологически значимыми источниками являются:

- образование газо-воздушных смесей в процессе проветривания;
- газовыделение в отработанных выработках, включая отработанных пустых и некондиционных горных пород;
- стоки пластовых вод насыщенные различными солями;
- геодинамические активные зоны на площади участка первоочередной отработки рудника;
- участки предварительной подготовки исходной забойной руды;
- объекты складирования и хранения усредненной руды, отвалы пустых пород и хвостохранилища отходов переработки сильвинита;
- подземные и наземные погрузочно-выгрузочные участки исходной и дробленой руды;
- отвалы горной и пустой породы шахты;
- хвостохранилища галитовых отходов;
- конвейерный и автомобильный транспорт дробленого сильвинита;
- околоствольная площадь выброса отработанного шахтного воздуха;
- агрессивность и абразивность аэрозольных газо-воздушных смесей;
- участки усреднение и временного хранения дробленого сильвинита;
- другие.

Ухудшение экологической ситуации Дехканабадского горнодобывающего комплекса имеет место на всей территории горнопромышленного района. Поэтому к дальнейшему освоению месторождения необходимо подходить комплексно с учетом решения всех возможных экологических проблем при эксплуатации Дехканабадского горнодобывающего комплекса и обогатительного предприятия.

В хвостохранилище Дехканабадского завода калийных удобрений размещены солеотходы обогатительной фабрики. Количество солеотходов при проектной мощности рудника по добыче руды 700 тыс. т/год составляет 473,1 тыс. т/год при влажности 7%, в т.ч. твердая фаза 425,8 тыс. т/год. На период отработки центральной части шахтного поля (ориентировочно 22,6 года) общее количество солеотходов, размещенных в хвостохранилище, составляет 9,6 млн. т по твердому, их объем – 6,4 млн. м<sup>3</sup>. Площадь основания отвала солеотходов к концу этого периода достигнет 16 га. В перспективе возможно расширение отвала солеотходов в пределах данной площадки до 24 га, с увеличением емкости до 19,4 млн. т по твердому.

Рекомендуется способ противифльтрационной защиты солеотвала и рассолосборника №1 Дехканабадского горнодобывающего комплекса. Согласно данному способу на площади рассолосборника противифльтрационная защита выполняется в виде искусственного экрана, включающего подготовленное (спланированное и уплотненное) грунтовое основание, гидроизолирующий элемент (геомембрану) и защитный грунтовый слой.

В качестве геомембраны рекомендуется использование геосинтетического рулонного материала на основе бентонитовых глин (ГБМ) БЕНТОМАТ (Бентомат) марки АСЛ100 с плёночным слоем.

Бентомат укладывается плёночным слоем вверх. Непосредственно перед укладкой Бентомата подготовленное грунтовое основание хорошо промачивается пресной водой. Ориентировочное количество воды – 500 м<sup>3</sup> на 1 га (50 л/м<sup>2</sup>). При укладке Бентомата в период выпадения осадков (зима, ранняя весна) искусственное смачивание основания не требуется. Перерыв между смачиванием и укладкой полотнищ Бентомата не должен превышать 15-20 минут летом и 1 часа зимой.

Защитный слой – местный грунт (суглинок) слоем 0,6 м по откосу, 0,5 м на горизонтальных и слабо наклонных участках, с небольшим уплотнением (прикаткой). Для укладки на очередном участке экрана, грунт срезается на площади следующего участка.

Для предотвращения размыва предусматривается крепление защитного слоя: 0,05 м втрамбованный щебень, поверх него щебень изверженных пород фракции 20-40 мм или равноценный местный грунт (галечник, дробленая горная масса) слоем:

- 0,15 м на верховом откосе дамбы рассолосборника;
- 0,10 м в верхней части рассолосборника между горизонталями 952,0 и 946,0 м.

Противофильтрационная защита основания солеотвала включает устройство экрана описанной конструкции и над экранового дренажа.

Требования по подготовке основания под экран – аналогично предыдущему. Защитный слой – местный грунт (суглинок) слоем 0,5 м, с небольшим уплотнением.

По бортам экран сопрягается с рассолоотводными каналами, в нижней части

– с экраном рассолосборника.

По тальвегу лога в основании солеотвала над защитным слоем экрана устраивается дренаж. Назначение дренажа – отвод рассолов из тела солеотвала в безопасном режиме, исключаящем развитие наиболее опасной формы соляного карста – провальных воронок.

Для устройства дренажа рекомендуется использовать геокомпозитный материал TenCatePolyfelt DC 602E, состоящий из жесткой геосетки HDPE, защищенной с обеих сторон (сверху и снизу) фильтрующим геотекстилем из нетканого полипропиленового волокна поверхностной плотностью  $120 \text{ г/м}^2$ . Согласно паспортным данным, водопроницаемость материала в плане (в плоскости материала) при уклоне  $i=0,1$  и вертикальном давлении  $500 \text{ кПа}$  ( $50 \text{ т/м}^2$ ) составляет  $0,1 \text{ л/с на } 1 \text{ м}$ .

Схема устройства противofiltrационной защиты в основании солеотвала показана на рис. 1.

Изучено хвостохранилище для размещения солеотходов обогатительной фабрики Дехканабадского завода калийных удобрений. В хвостохранилище размещены солеотходы обогатительной фабрики. Количество солеотходов при проектной мощности рудника по добыче руды  $700 \text{ тыс. т/год}$  составляет  $473,1 \text{ тыс. т/год}$  при влажности  $7\%$ , в т.ч. твердая фаза  $425,8 \text{ тыс. т/год}$ . На период отработки центральной части шахтного поля (ориентировочно  $22,6 \text{ года}$ ) общее количество солеотходов, размещенных в хвостохранилище, составляет  $9,6 \text{ млн. т}$  по твердому, их объем –  $6,4 \text{ млн. м}^3$ . Площадь основания отвала солеотходов к концу этого периода достигнет  $16 \text{ га}$ . В перспективе возможно расширение отвала солеотходов в пределах данной площадки до  $24 \text{ га}$ , с увеличением емкости до  $19,4 \text{ млн. т}$  по твердому.

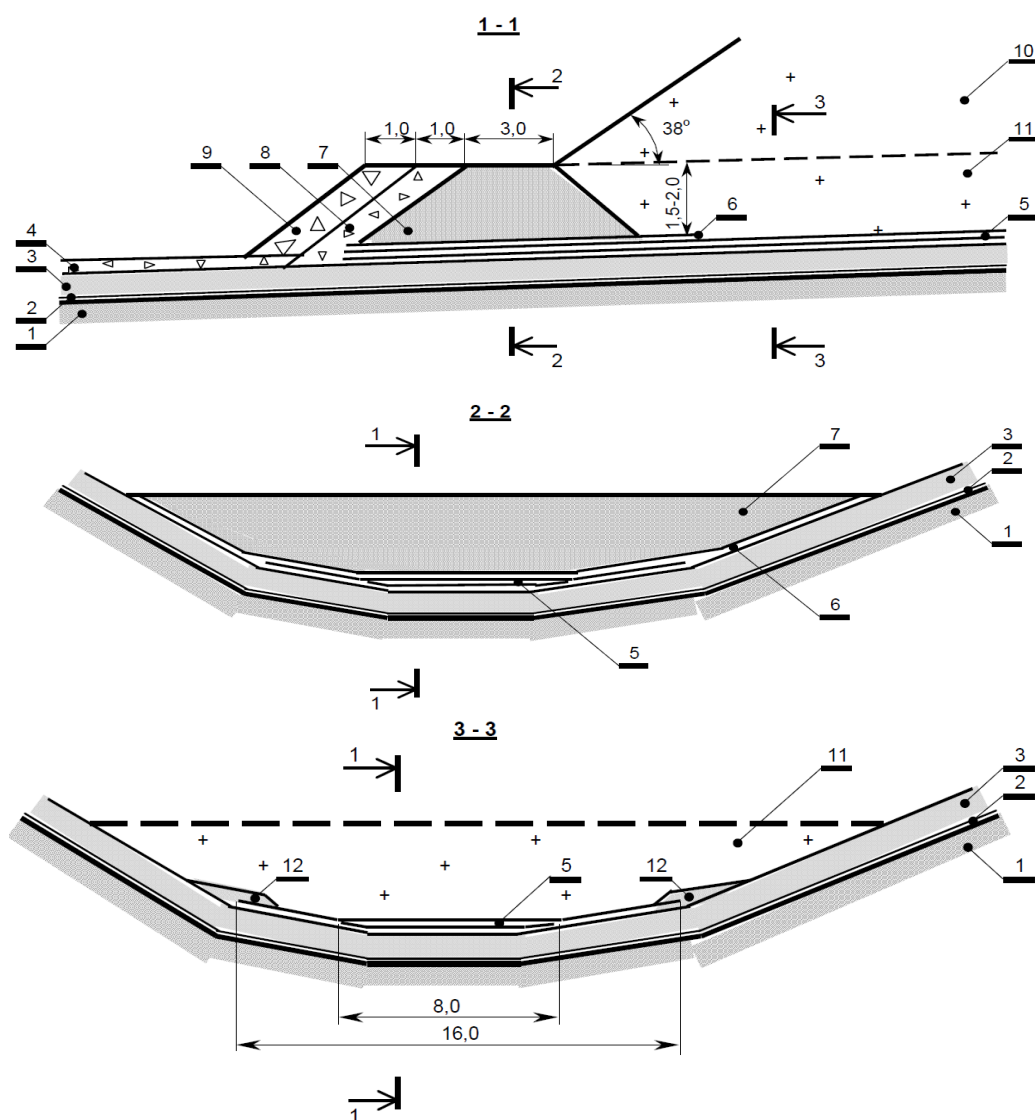
Для математического моделирования рационального использования внешнего пространства Тюбегатанского калийного месторождения необходимо рассмотреть следующие задачи:

- 1) определение оптимальной формы котлована для хранения хвостов;
- 2) определение устойчивой конфигурации для хвостов;
- 3) нахождение координат центра масс отвала;
- 4) установление условий минимизации оползней отвалов.

Определим координаты центра масс для той части хвоста, где вероятнее может произойти оползень. При проведении экспериментов и наблюдений некоторых отвалоохранилищ выяснено, что траектория оползней описывает кривую второй степени. Это означает, что оползни текут по параболе, объем которого занимает текущую оползень, и можно предположить с некоторой погрешностью, что она описывается частью параболоида (цилиндрического или параллелопипедного вида). Учитывая эти данные найдены уравнения линий, ограничивающих пространственную область  $V$ , которая охватывает ту часть хвоста, где происходит оползневое явление.

Пространственная область  $V$  ограничена следующими поверхностью и линиями (рис. 2)

$$x = 0, x = d, y = 0, y = x^2 + d, z = 0, z = x^2 + y^2 + d.$$



1 - спланированное и уплотненное грунтовое основание; 2 - экран-геомембрана Бентомат ASL100; 3 - защитный слой экрана из местного грунта 0,5 м; 4 - щебёночное крепление защитного слоя; 5 - надэкранный дренаж - 2 слоя TenCatePolyfelt DC602E; 6 - дополнительный слой DC602E на выходе дренажа; 7 - упорно-дренажная призма солеотвала из гравия; 8 - щебень фр. 20-40 мм; 9 - щебень фракции 40-70 мм; 10 - солеотвал; 11 - первый слой отсыпки соли; 12 - заделка кромок дренажа

Рисунок 1 - Схема противифльтрационной защиты в основании солеотвала

Используя эти данные, вычислим координаты центра масс пространственной области В

$$x_c = \frac{35d}{16} \cdot \frac{4 - 5d^2}{28 - 13d^2}$$

$$y_c = \frac{5(28 - 13d^2)}{2d^5}$$

$$z_c = \frac{105}{4} \cdot \frac{\frac{3}{5}d^2 - \frac{92}{315}d^4 - \frac{2}{27}d^6 + \frac{2}{9}}{28 - 13d^2} \quad (1)$$

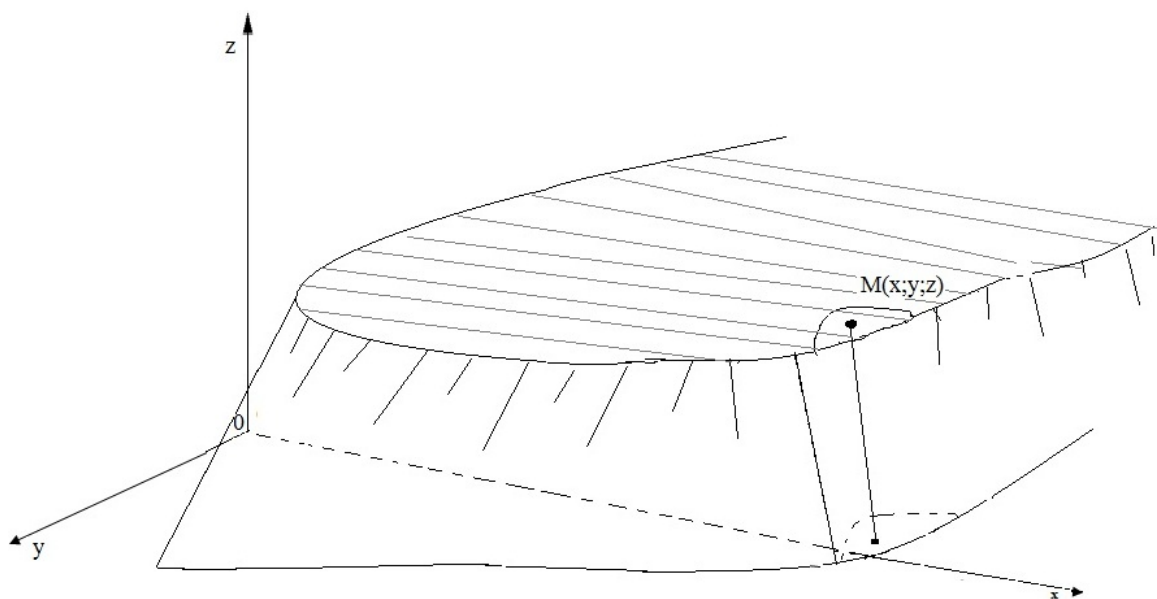


Рисунок 2 - Схема для определения координат центра масс

В этих формулах плотность  $\gamma(x, y, z)$  рассмотрена как постоянная величина. Исходя из сущности задачи, предположено, что  $\gamma(x, y, z) = \rho$ , и далее приступаем к вычислению координат центра масс  $x_c, y_c, z_c$ .

Определим ширину захвата и распространения деформации солевых отходов. Установлено, что ширина захвата обуславливается отношением высоты деформирующейся части отвала  $H_d$  к его общей высоте  $H_{об}$ . Наибольшая относительная ширина захвата имеет место при  $H_d/H_{об} = 0,5$ . Ширина распространения зависит от высоты отвала, вида пород и степени их водонасыщения.

Ширина захвата обуславливается отношением высоты деформирующейся части отвала  $H_d$  к его общей высоте  $H_{об}$ . Наибольшая относительная ширина захвата имеет место при  $H_d/H_{об} = 0.50$ . Ширина распространения зависит от высоты отвала, вида пород и степени их водонасыщения.

Определим ширину захвата и распространения деформации солевых отходов. Ширину захвата солевых отходов рекомендуется определять по формуле:

$$l = \frac{nH \sin(\alpha_d - \alpha_n)}{\sin \alpha_d \sin \alpha_n}, \text{ м}, \quad (2)$$

где  $n$  – коэффициент, полученный опытным путем;  $H$  – высота солеотвала, м;  $\alpha_d$  – угол откоса солеотвала, град.;  $\alpha_n$  – угол откоса солеотвала после деформации, град.

Ширина распространения деформации солевых отходов определяется по формуле:

$$L = \frac{(1-n)H\sin(\alpha_d - \alpha_n)}{\sin\alpha_d \sin\alpha_n}, \text{ м}, \quad (3)$$

Траектория движения центра масс определяется по следующей формуле:

$$r = gmt^2 + et + e^2 \quad (4)$$

Скорость движения центра масс определяется следующим формулам:

$$V = \frac{gm}{m}t + e \quad (5)$$

где  $m = 928,8$      $M = 6269,4$      $e = 6$      $t = 1; 2; 3; 4 \dots$  число суток

**Экспериментальная часть.** Основным раствором для искусственного закрепления солевых отходов служит раствор силиката натрия с исходными данными  $\rho = 1,45-1,50 \text{ г/см}^3$ , силикатным модулем 3,0-3,5 и отвердителями – бентонит и низкосортный фосфорит ( $P_2O_5 < 9,0\%$ ) тонкой измельченности. Силикат – глыба, сваренная с определенным силикатным модулем ( $SiO_2/Na_2O$ ), соответствует ГОСТу КСТ-072, 284-98, выпускается Навоийским горно-металлургическим комбинатом.

По полученным экспериментальным данным установлена обобщающая зависимость изменения прочности закрепленного солевого отхода и площади удельной суммарной поверхности частиц при различных модулях силиката натрия. Полученная зависимость показывает, что с увеличением площади удельной суммарной поверхности частиц до  $100 \text{ см}^2$  предел прочности закрепления солевого отхода при силикатном модуле равным 2,5 и 2,7 составляет, соответственно, 5,7 и 6,7 МПа. Полученные данные показывают, что при дальнейшем увеличении площади удельной суммарной поверхности от 250 до  $300 \text{ см}^2$  предел прочности закрепления солевого отхода составляет, соответственно, 7,1 и 9,0 МПа для силикатного модуля, равной 2,5 и 2,7.

На основании проведенных аналитико-расчетных и экспериментальных исследований процессов закрепления солевых отходов закрепителем подобран раствор силиката натрия с исходными данными  $\rho = 1,45-1,50 \text{ г/см}^3$ , силикатным модулем 3,0-3,5 и отвердителями – бентонит и низкосортный фосфорит ( $P_2O_5 < 9,0\%$ ) тонкой измельченности. Оптимальными параметрами предлагаемых закрепляющих смесей являются: раствор силиката натрия  $\rho = 1,2 \text{ г/см}^3$ ,  $\eta = 3-5 \text{ МПа}\cdot\text{с}$ , силикатным модулем 2,5-2,8, температурой от 5 до  $30^\circ\text{C}$ . Содержание добавок в подобранной первой рецептуре 1,0-1,2% бентонита, во второй - от 2 до 5% низкосортного фосфорита ( $P_2O_5 \leq 9\%$ ).

Приготовленный закрепляющий раствор в солевые отходы необходимо «внедрять» методом распыления. На основе имеющихся математических

выражений с учетом геотехнологических и физико- химических характеристик закрепляемого слоя солевого отхода определен объем, а также расход раствора-закрепителя для закрепления 1 м<sup>3</sup> песка. Установлена скорость, схема 1 + 3 → 2 + 4 нагнетания закрепляющего раствора: четырех точечно-парная, диагонально-последовательная.

В соответствии с «Методикой комплексного исследования технологии закрепления солевых отходов Тюбегатанского горнодобывающего комплекса» в АО «Дехканабадский завод калийных удобрений» проведены опытно-промышленные испытания процесса закрепления солевых отходов. На основании проведенных исследований процессов закрепления солевых отходов закрепителем подобран раствор силиката натрия с исходными данными  $\rho=1,45-1,50$  г/см<sup>3</sup>, силикатным модулем 3,0-3,5 и отвердителями – бентонит и низкосортный фосфорит ( $P_2O_5 < 9,0\%$ ) тонкой измельченности.

Установлены оптимальные параметры закрепляющей смеси: раствор силиката натрия  $\rho=1,2$  г/см<sup>3</sup>,  $\eta=3-5$  МПа·с, силикатным модулем 2,5-2,8, температурой от 5 до 30<sup>0</sup>С. Содержание добавок в подобранной рецептуре 1,0-1,2% бентонита.

Приготовленный закрепляющий раствор в солевые отходы внедрен методом распыления. Определен объем, а также расход раствора-закрепителя для закрепления 1 м<sup>3</sup> песка и установлена скорость, схема 1 + 3 → 2 + 4 нагнетания закрепляющего раствора: четырех точечно-парная, диагонально-последовательная.

**Результаты и их обсуждение.** На основании полученных результатов установлено, что на время гелеобразования, скорость проникновения раствора и прочность закрепления солевых отходов влияют плотность и кальциевый модуль закрепляющего раствора, а также пористость и коэффициент фильтрации закрепляемого солевого отхода. В результате внедрения рекомендованной технологии противофильтрационной защиты солеотвала и рассолосборника №1 снижено негативное воздействие солевых отходов калийных руд на окружающую среду и грунтовые воды. Химический способ закрепления солевых отходов калийных месторождений позволил снизить загрязнение окружающей среды, засоление природных экосистем и земной поверхности, предотвратить засоление и минимизировать воздействие на окружающую среду солевых отходов калийных руд.

### **Выводы.**

1. Разработаны решения по размещению каменной соли от проходки горных выработок при строительстве рудника в солеотвале и солеотходов обогатительной фабрики Дехканабадского завода калийных удобрений в хвостохранилище.

2. Рекомендована технология противофильтрационной защиты солеотвала и рассолосборника №1, позволяющая снизить негативное воздействие на окружающую среду и грунтовые воды.

3. Детальным изучением сущностей, особенностей и практических возможностей существующих методов и способов закрепления солевых

отходов, отличающихся химическим составом, физико-механической и геотехнологическими характеристиками установлено, что наиболее подходящим методом для закрепления солевых отходов Тюбегатанского калийного месторождения является химический метод – метод силикатизации однорастворным способом с добавками отвердителей, близких по природе и происхождению обрабатываемого солевого отхода веществ.

4. На основании проведенных аналитико-расчетных и экспериментальных исследований процессов закрепления солевых отходов закрепителем подобран раствор силиката натрия с исходными данными  $\rho=1,45-1,50$  г/см<sup>3</sup>, силикатным модулем 3,0-3,5 и отвердителями – бентонит и низкосортный фосфорит ( $P_2O_5 < 9,0\%$ ) тонкой измельченности. Оптимальными параметрами предлагаемых закрепляющих смесей являются: раствор силиката натрия  $\rho=1,2$  г/см<sup>3</sup>,  $\eta=3-5$  МПа·с, силикатным модулем 2,5-2,8, температурой от 5 до 30<sup>0</sup>С. Содержание добавок в подобранной первой рецептуре 1,0-1,2% бентонита, во второй - от 2 до 5% низкосортного фосфорита ( $P_2O_5 \leq 9\%$ ).

5. Приготовленный закрепляющий раствор в солевые отходы необходимо «внедрять» методом распыления. На основе имеющихся математических выражений с учетом геотехнологических и физико- химических характеристик закрепляемого слоя солевого отхода определен объем, а также расход раствора-закрепителя для закрепления 1 м<sup>3</sup> песка. Установлена скорость, схема  $1 + 3 \rightarrow 2 + 4$  нагнетания закрепляющего раствора: четырех точно-парная, диагонально-последовательная.

6. На основании результатов лабораторных экспериментов и опытно-промышленных испытаний установлено, что на время гелеобразования, скорость проникновения раствора и прочность закрепления солевых отходов влияют плотность и кальциевый модуль закрепляющего раствора, а также пористость и коэффициент фильтрации закрепляемого солевого отхода.

7. По результатам теоретических, лабораторных и опытно-промышленных исследований процесса закрепления солевых отходов разработан способ, рецептура, проект и план мероприятий проверки качества работы и техники безопасности осуществления химического способа закрепления солевых отходов Тюбегатанского калийного месторождения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лапинская В.О. Способы снижения засоления земель в районах разработки калийных месторождений / Молодежный научный семинар «Социальная экология как основа экологизации общества». Кемерово, 08-09 декабря 2014 г. С. 23-26.
2. Королев В.А. Мониторинг геологической среды: учебник / под редакцией В.Т.Трофимова. М.:МГУ. 1995. 272 с.
3. Лискова М.Ю. Предприятия по добыче и обогащению калийно-магниевых солей / Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. Пермь. 2017. Т.16. №1. С.82-88. <https://doi.org/10.15593/2224-9923/2017.1>
4. Бобошко А.Ю., Бачурин Б.А. Экологические проблемы верхнекамского калия [Электронный ресурс] / Горное эхо. – URL: <http://ftp.mi-perm.ru/ge4-04/ge4-04-bach.htm> (дата обращения: 01.07.2016).
5. The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars / M. Koca, M.Bor, F.Ozdemir, I.Turkan / Environmental and Experimental Botany. 2007. Vol. 60, iss. 3. P. 344–351. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2006.12.005>
6. Каримов Ё.Л., Якубов С.И., Муродов Ш.О., Нурхонов Х., Латипов З.Ё. Экологические аспекты Дехканабадского рудного комплекса по добыче калийных руд / Горный вестник Узбекистана. Навои. 2018. №3. С. 23-27.

## REFERENCES

1. Lapinskaya, V.O. (2014), "Ways to reduce the salinity of land in the areas of development of potash deposits", *Youth scientific seminar "Social ecology as the basis of ecologization of society"*, Kemerovo, 08-09 December 2014, pp. 23-26.
2. Korolev, V.A. (1995), *Monitoring geologicheskoy sredy* [Monitoring of the geological environment], in Trofimov, V.T. (ed.), MSU, Moscow, Russia.
3. Liskova, M.Yu. (2017), "Enterprises for the extraction and enrichment of potassium-magnesium salts", *Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Geology. Oil and gas and mining*, vol. 16, no. 1, pp. 82-88. <https://doi.org/10.15593/2224-9923/2017.1>
4. Boboshko, A.Yu. and Bachurin, B.A. "Ecological problems of Verkhnekamsk potassium", *Gornoe ekho*, available at: <http://ftp.mi-perm.ru/ge4-04/ge4-04-bach.htm> (Accessed 01.07.2016).
5. Koca, M., Bor, M., Ozdemir, F. and Turkan, I. (2007), "The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars", *Environmental and Experimental Botany*, vol. 60, iss. 3, pp. 344-351. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2006.12.005>
6. Karimov, Yo.L., Yakubov, S.I., Murodov, Sh.O., Nurkhonov, Kh. and Latipov, Z.Yo. (2018), "Ecological aspects of the Dehkanabad ore complex for the production of potash ores", *Mining Bulletin of Uzbekistan*, no. 3, pp. 23-27.

## Об авторах

**Каримов Ёкуб Латипович**, заведующий кафедрой горного дела Каршинского инженерно-экономического института, Карши, Узбекистан, [karimov\\_6613@mail.ru](mailto:karimov_6613@mail.ru)

**Латипов Зухриддин Ёкубович**, старший преподаватель кафедры горного дела Каршинского инженерно-экономического института, Карши, Узбекистан, [zuhridin.latipov@mail.ru](mailto:zuhridin.latipov@mail.ru)

**Заиров Шерзод Шарипович**, доктор технических наук, профессор кафедры горного дела Навоийского государственного горного института, Навои, Узбекистан, [sher-z@mail.ru](mailto:sher-z@mail.ru)

## About the authors

**Karimov Yokub Latipovich**, Head of Mining Department, Karshi Engineering and Economic Institute, Karshi, Uzbekistan, [karimov\\_6613@mail.ru](mailto:karimov_6613@mail.ru)

**Latipov Zuhridin Yokubovich**, Senior Lecturer of Mining Department, Karshi Engineering and Economic Institute, Karshi, Uzbekistan, [zuhridin.latipov@mail.ru](mailto:zuhridin.latipov@mail.ru)

**Zairov Sherzod Sharipovich**, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Professor of Mining Department, Navoi State Mining Institute, Navoi, Uzbekistan, [sher-z@mail.ru](mailto:sher-z@mail.ru)

**Анотація.** В статті розроблені рішення щодо розміщення кам'яної солі від проходки гірничих виробок при будівництві рудника в солевідвал і солевідходів збагачувальної фабрики Дехканабадського заводу калійних добрив в хвостосховище. Рекомендована технологія протифільтраційного захисту солевідвала і розсолосбірника, що дозволяє знизити негативний вплив на навколишнє середовище і ґрунтові води. Рекомендований протифільтраційний захист основи солевідвалу включає формування 1) екрану з Бентомату, захисного шару з суглинків, шару кріплення, і 2) над екранового дренажу з геокомпозитного матеріалу TenCsePolyfelt DC 602E.

Для забезпечення раціонального використання земель та безпечної експлуатації солевідвалів розглянуті питання зсувоутворення. Математично описані траєкторія руху центру мас зсуву, його параметри і швидкість руху.

Для запобігання зсувам на солевідвалах проведені експерименти із закріплення їх поверхні розчинами силікату натрію. На підставі результатів лабораторних експериментів і дослідно-промислових випробувань встановлено, що на час гелеутворення, швидкість проникнення розчину і міцність закріплення сольових відходів впливають щільність і кальцієвий модуль закріплюючого розчину, а також пористість і коефіцієнт фільтрації закріплюваного сольового відходу.

За результатами теоретичних, лабораторних та дослідно-промислових досліджень процесу закріплення сольових відходів розроблено спосіб, рецептуру, проект та план заходів перевірки якості роботи та техніки безпеки здійснення хімічного способу закріплення сольових відходів Тюбегатанського калійного родовища.

Закріплюючий розчин запропоновано наносити методом розпилення. Обґрунтована витрата розчину-закріплювача для закріплення 1 м³ піску і встановлена швидкість, схема його нагнітання: чотирьох точково-парна, діагонально-последовна.

**Ключові слова:** солевідвал, хвостосховище, технологія протифільтраційного захисту, зниження негативного впливу на навколишнє середовище і ґрунтові води, процес закріплення сольових відходів, рецептура, хімічний спосіб.

**Abstract.** In the article, solutions are presented for the placement of rock salt from the excavation of mine workings during the construction of a mine in a salt dump and salt waste of the processing plant of the Dekhkanabad potash

fertilizer plant in the tailing dump. The technology of anti-seepage protection of the salt dump and the brine collector was recommended, which allows to reduce the negative impact on the environment and groundwater. The recommended anti-filtration protection of the base of the salt plate includes a device 1) of a Bentomat screen, a protective layer of loams, an attachment layer, and 2) above the screen drain of geocomposite material TenCatePolyfelt DC 602E.

To ensure rational use of land and safe exploitation of salt wells, landslide formation issues were considered. Mathematical descriptions of the trajectory of movement of the center of mass of a landslide, its parameters and speed of movement are described.

In order to prevent landslides, experiments were carried out on salt traps to secure their surface with sodium silicate solutions. Based on the results of laboratory experiments and experimental-industrial tests, it was established that density and calcium module of the fixing solution, as well as porosity and filtration coefficient of the fixed salt waste affect the gelling time, the penetration rate of the solution and the fastening strength of the salt waste.

Based on the results of the theoretical, laboratory and pilot-industrial studies of the process of fixing salt waste, a method, recipe, project and plan of measures for checking the quality of work and safety measures for the implementation of the chemical method for fixing salt waste from the Tyubegatan potash deposit were developed.

The fixing solution is proposed to be applied by spraying. The flow rate of the fixing solution for fixing 1 m<sup>3</sup> of sand is justified and the speed is established, its injection scheme is: four point-pair, diagonal-sequential.

**Keywords:** salt dump, tailings storage, anti-filtration protection technology, reduce the negative impact on the environment and groundwater, the process of fixing salt waste, formulation, chemical method.

*Стаття надійшла до редакції 13.02.2021*