

## К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД В ТЕХНОЛОГИЯХ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ХВОСТОХРАНИЛИЩ

*Размахнин К.К., Хатькова А.Н., Шумилова Л.В.*

ФГБОУ ВО Забайкальский государственный университет (ФГБОУ ВО «ЗабГУ»),  
г. Чита, Россия

[constantin-const@mail.ru](mailto:constantin-const@mail.ru)

Деятельность горнопромышленных комплексов приводит к образованию больших объемов минеральных отходов, не стал исключением и Забайкальский регион, на территории которого, по данным за 2018 г., действующими предприятиями накоплено 725,5 млн т отходов [1]. Серьезной проблемой для экологии являются отвалы вскрышных пород, забалансовых и некондиционных руд, а также хвосты обогащения. Всего на территории Забайкальского края насчитывается более 30 хвостохранилищ, из них 12 в настоящее время остаются бесхозными и представляют серьезную угрозу для окружающей среды населенных пунктов, расположенных в непосредственной близости от техногенных объектов. Такие объекты опасны в первую очередь разносом на близлежащие территории пылевидных частиц, содержащих зачастую токсичные и радиоактивные элементы, а также тяжелые металлы. Требуется применение специальных технологий, адаптированных к климатическим условиям территории Забайкалья. В этой связи были проведены исследования по возможности рекультивации/консервации хвостохранилища Шерловогорского ГОКа, расположенного в непосредственной близости к п. Шерловая гора Забайкальского края.

Практика применения различных химических составов для предотвращения пыления хвостохранилищ показывает, что они должны соответствовать критериям доступности и дешевизны; нетоксичности; растворимости в воде для более эффективного нанесения; возможности создания прочной корки на поверхности хвостохранилища; возможности прорастания семян при использовании в процессе биологической рекультивации; высокой скорости смачивания реагентами минеральных частиц; эффективности адгезионных и когезионных свойств [2].

Перечисленным требованиям соответствуют водорастворимые реагенты: полиакриламид ПАА-ГС и Праестол 2540. Реагент Праестол 2540 является органическим, синтетическим и высокомолекулярным вспомогательным средством флокуляции на основе полиакриламида. Полиакриламид ПАА-ГС - это смесь полиакриламида с сульфатом аммония. Оба реагента являются растворимыми в воде, негорючими, взрыво- и пожаробезопасными веществами, относящимися по степени воздействия на организм к IV классу опасности.

С целью обеспечения возможности проведения рекультивации поверхности хвостохранилищ и предотвращения пыления их поверхностей исследовано

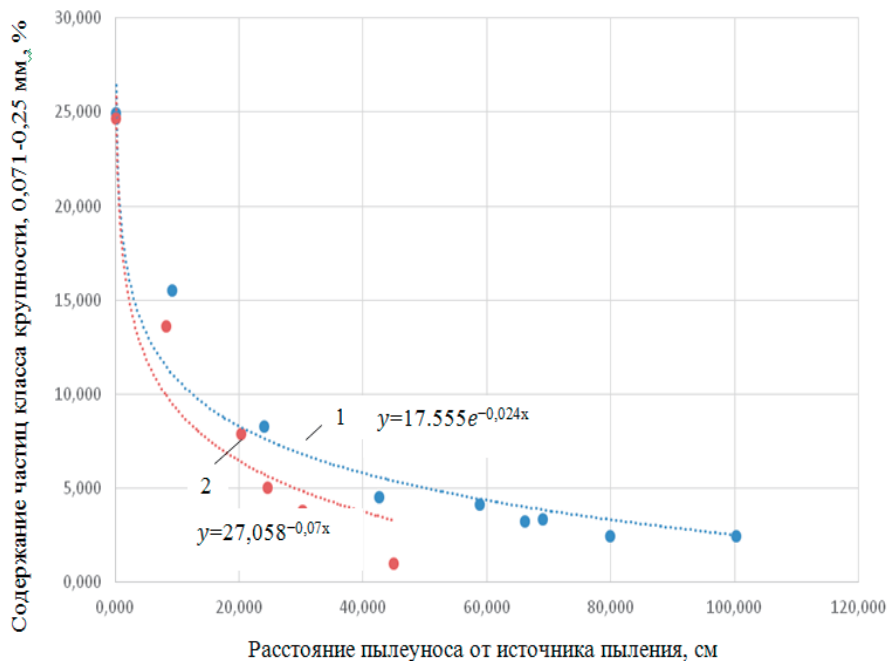


Рисунок 1 – Характеристика пылеуноса частиц крупностью 0,071–0,25 мм при скорости ветра 3–5 м/с (1 – пылеунос без обработки ПАА-ГС; 2 – пылеунос с обработкой ПАА-ГС)

влияние качества цеолитов на эффективность биологической рекультивации (прорастание семян), а также на действие применяемых реагентов при создании поверхности (корки) хвостохранилища. Изучалось применение в составе орошающей смеси цеолитовых пород Шивыртуйского, Бадинского и Холинского месторождений, отличающихся между собой по физико-химическим свойствам и степени обогащения.

Проведенные исследования включали следующие варианты рекультивации материала хвостов Шерловогорского ГОКа: обработку реагентами без использования ЦСП и без высадки трав, с применением цеолитовые породы Шивыртуйского, Бадинского, Холинского и Талан-Гозагорского месторождений с содержанием цеолита от 40 до 98 %, а также смеси многолетних трав. Необходимо отметить, что природные цеолитовые породы с содержанием цеолита 98 %

представляют собой обогащенное сырье с применением методов направленного воздействия, магнитной и электростатической сепарации.

Исследования показали, что наибольшую скорость появления всходов (5 дней) имеет грунт, содержащий в качестве добавки обогащенные до содержания 98 % цеолиты типа шабазит Талан-Гозагорского месторождения. Данный фактор связан с уникальными физико-химическими свойствами шабазита, в частности с высокой сорбционной способностью (около 20–23 % вес. по воде) и ионообменной емкостью (около 3,8 мг-экв/г), а также универсальным диаметром каналов в каркасе, что при применении реагентов (полиакриламида ПАА-ГС, Праестола 2540) обуславливает формирование на поверхности хвостохранилища устойчивой корки грунта толщиной до 20 см за счет закрепления частиц между собой

посредством создания «мостичных связей» через поглощенные макромолекулы реагента.

Наивысшая скорость отрастания многолетних трав, используемых при рекультивации Шерловогорского хвостохранилища, достигается с добавлением в грунт обогащенных до содержания 98 % цеолитов Холинского и Талан-Гозагорского месторождений и составляет 4,2 и 4,4 мм/сут соответственно. Наиболее эффективно процесс отрастания многолетних трав наблюдается при использовании полиакриламида ПАА-ГС. Получаемый эффект обуславливается достигнутыми в процессе обогащения ЦСП качественными характеристиками: высокое содержание цеолитов (98 %) с глубокой очисткой их пор от вмещающих примесей и органики, обеспечивающих повышение сорбционных, структурообразующих и пролонгирующих свойств минералов.

Определено, что применение комплексного метода обеспыливания Шерловогорского хвостохранилища с ис-

пользованием природных цеолитов, обогащенных до 98 %, и расхода полиакриламида ПАА-ГС с концентрацией 0,1 % и из расчета 1,5 л/м<sup>2</sup> обеспечивает повышенные прочностные свойства, что обуславливает создание более прочной связи частиц в верхнем слое хвостов. Эффективное снижение пылеобразования и переноса пыли обеспечивается в данном случае достаточной прочностью покрытия хвостохранилища, его водо- и ветроустойчивостью, температуростойкостью, экологической безопасностью, долговечностью и способностью не препятствовать прорастанию семян многолетних трав.

В этой связи с целью подтверждения разработанного способа рекультивации и закрепления пылящих поверхностей проведены исследования по определению эффективности пылеподавления, в результате которых получены функции, характеризующие пылеунос частиц крупностью 0,071–0,25 мм при скорости ветра 3–5 м/с (рисунок 1). Функция 1 характеризует зависимость дальности

**Таблица 1 – Сравнительная характеристика гидросмесей для закрепления пылящих поверхностей**

| Характеристика                      | Гидросмесь |                     |        |                        |               |                               |
|-------------------------------------|------------|---------------------|--------|------------------------|---------------|-------------------------------|
|                                     | ПА-А-ГС    | ПАА с цеолитом 98 % | Лигнин | Лигнин с цеолитом 98 % | Праестол 2540 | Праестол 2540 с цеолитом 98 % |
| Прочность корки                     | 0,80       | 1,0                 | 0,48   | 0,70                   | 0,70          | 1,0                           |
| Водостойкость покрытия              | 0,56       | 0,85                | 0,65   | 0,70                   | 0,50          | 0,85                          |
| Эффективность снижения запыленности | 0,90       | 0,99                | 0,70   | 0,80                   | 0,85          | 0,99                          |
| Концентрация раствора, %            | 0,10       | 0,10                | 0,30   | 0,3                    | 0,1           | 0,1                           |
| Удельный расход, л/м <sup>2</sup>   | 1,50       | 1,50                | 5,00   | 5,00                   | 1,50          | 1,50                          |

пылеуноса от крупности частиц без применения процесса закрепления поверхности водорастворимым полимером при скорости движения воздуха 3–5 м/с и крупности частиц 0,071–0,25 мм, а функция 2 определяет эффект, достигаемый за счет внесения в разрыхленный грунт гидросмеси цеолита с семенами многолетних трав и орошением реагентом ПАА-ГС при расходе 1,5 л/м<sup>2</sup>.

Сравнительные характеристики применения реагентов для пылеподавления приведены в таблице 1.

Полученные в результате проведения экспериментальных исследований данные позволили заключить, что предлагаемый способ закрепления пылящей поверхности с внесением гидросмеси обогащенной до 98 % цеолита и семян многолетних трав с орошением водорастворимым полимером ПАА-ГС является наиболее эффективным и обеспечивает длительное сохранение защитной корки грунта, предотвращает выдувание семян и обуславливает их интенсивное прорастание.

Оценка физико-механических свойств растворов и прочности покрытия – корки, образующейся при обработке ими хвостовых отложений, показали, что нанесение на поверхность хвостохранилища раствора с содержанием реагентов 0,05 % (ППА-ГС, Праестол 2540, лигнин) не позволяет получить достаточно прочного покрытия. С увеличением концентрации раствора реагента и использованием в качестве добавки обогащенных до 98 % цеолитовых пород происходит повышение прочности образующейся корки до определенного предела (0,1–0,2 %-го раствора), после чего наблюдается равновесие, а в

некоторых случаях и снижение рассматриваемого показателя на 30–50 %.

Предлагаемый комбинированный способ рекультивации позволяет существенно снизить интенсивность выдувания частиц крупностью 0,0071–0,25 мм путем сцепления их структурообразующей смесью цеолита и водорастворимого полимера, а при внесении в верхний слой хвостов смеси лигнина и цеолита (с содержанием в породах 40–98 %) с семенами многолетних трав проявляется повышенное качество образуемого плодородного слоя.

Следует отметить, что нанесение на поверхность хвостохранилища гидросмеси цеолита, внедрение семян многолетних трав, орошение водорастворимыми полимерами устраняют необходимость применения дорогостоящих методов рекультивации, в том числе экранирования полимерными материалами с последующей укладкой плодородного слоя.

На основании полученных данных был разработан патентозащищенный способ закрепления пылящих поверхностей (рекультивации/консервации) за счет нанесения на поверхность хвостохранилища цеолитовой гидросмеси, получен соответствующий патент на изобретение № 2513468 [3]. При этом предлагаемый способ реализуется нанесением на поверхность хвостохранилища гидросмеси, содержащей цеолитовых пород. Следует отметить, что при дроблении цеолитовых пород до обозначенной крупности выход класса – 0,071 мм составляет порядка 35 %, что обеспечивает наибольший эффект взаимодействия применяемых для орошения поверхности реагентов и формирования устойчивой поверхности хвостохрани-

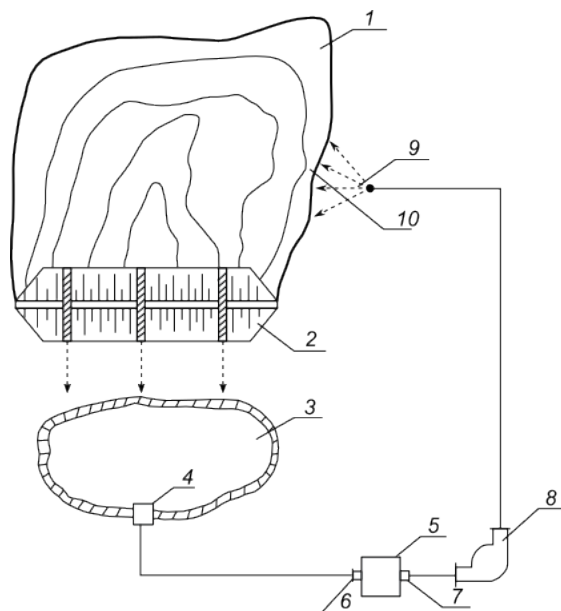


Рисунок 2 – Устройство для приготовления и нанесения смеси цеолитовые породы-вода (патент РФ № 2513468):

- 1 – хвостохранилище;
- 2 – основная дамба;
- 3 – пруд-отстойник;
- 4 – насосная станция;
- 5 – узел приготовления цеолитовой суспензии;
- 6 – приемный патрубок;
- 7 – выходной патрубок;
- 8 – землесос;
- 9 – поворотная конструкция;
- 10 – насадка

лища, а также обеспечивает большую адсорбционную способность цеолитов за счет сохранения частиц больших размеров, положительно влияющую на такие свойства образуемого слоя, как прочность корки, влагоудержание и водостойкость.

Согласно разработанной технологии, вода в процесс подается из специального отстойного сооружения. При этом нанесение гидросмеси по всей поверхности хвостохранилища производится землесосом по направлению к плотине (рисунок 2).

Устройство для приготовления и нанесения смеси цеолитовые породы-вода работает по принципу системы водоо-

воротной подачи воды. Узел приготовления цеолитовой суспензии предназначен для приготовления суспензии измельченных цеолитовых пород и воды, при этом обратная вода закачивается насосной станцией из пруда-отстойника. Гидросуспензия равномерно распределяется по всей поверхности хвостохранилища посредством землесоса с поворотным механизмом и насадкой.

Процесс приготовления и дозирования применяемых для орошения поверхности хвостохранилища реагентов рекомендуется осуществлять посредством применения реагентной станции типа УПНД-1 [4]. Вместе с тем подачу растворов реагентов и семян на поверхность хвостохранилища рекомендуется осуществлять устройством для закрепления пылящих поверхностей, характеризующимся эффективностью подачи семян и обеспечивающим их рациональный расход [5].

Следует отметить, что разработанный способ рекультивации/консервации хвостохранилищ включает следующие операции: обработка поверхности хвостохранилища цеолитовой гидросмесью при соотношении «ЦСП-вода» 1:2; рыхление поверхности хвостохранилища на глубину до 13 см; обработка поверхности хвостохранилища реагентом (ПАА-ГС, Праестол 2540, лигнин); посев многолетних трав с одновременным и уплотнением поверхностного грунтового слоя.

Таким образом, перечень химических растворов, обеспечивающих возможность закрепления пылящих поверхностей хвостохранилищ путем проведения комбинированной технико-биологической рекультивации, может быть расши-

рен за счет применения в них в качестве добавки обогащенных до 98 % ЦСП.

Выводы: Практическое применение разработанной технология рекультивации хвостохранилищ позволит существенно снизить пыление поверхностного слоя техногенных образований и тем самым минимизирует загрязнение прилегающих территорий тяжелыми и радиоактивными металлами.

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ 22-17-00040 «Научное обоснование и разработка экологически чистых безотходных технологий переработки природного и техногенного минерального сырья» (2022-2023 гг.)

### Список литературы

- 1 Доклад министерства природных ресурсов «Об экологической ситуации в Забайкальском крае за 2019 год». – Чита, 2020.
- 2 Мязин В.П., Шекиладзе В.Т. Разработка природоохранных мероприятий по рекультивации хвостохранилищ с целью снижения загрязнения территории Забайкалья отходами горно-перерабатывающего комплекса // Вестник Читинского государственного университета. – 2013. – № 6. – С. 30–38.
- 3 Патент РФ № 2513468 Российская Федерация. Способ рекультивации хвостохранилищ: опубл. 20.04.2014 / В. П. Мязин, В. Т. Шекиладзе, Т. Л. Шильникова, К. К. Размахнин; заявитель ЗабГУ. – 7 с.
- 4 Патент на изобретение № 2077512 Российская Федерация. Реагентная станция: опубл. 20.04.1997 / Литвинцева О.В., Мязин В.П., Мязин А.В., Шевченко Ю.С. – заявитель ЧитПМ – 5 с.
- 5 Патент № 148521 Российская Федерация. Устройство для рекультивации хвостохранилищ: опубл. 27.10.2004 / Мязин В. П., Офицеров В. Ф., Ходкевич Д. В. Петухов А. А. заявитель ЧитГУ. – 5 с.



# ON THE QUESTION OF THE APPLICATION OF ZEOLITE-CONTAINING ROCKS IN TECHNOLOGIES OF TAILS RECLAMATION

*Razmakhnin K.K., Khatkova A.N., Shumilova L.V.*

Transbaikal State University, Chita, Russia

[constantin-const@mail.ru](mailto:constantin-const@mail.ru)

The activity of mining complexes leads to the formation of large volumes of mineral waste, and the Trans-Baikal region was no exception, on the territory of which, according to data for 2018, operating enterprises accumulated 725.5 million tons of waste [1]. Overburden dumps, out-of-balance and substandard ores, as well as enrichment tailings, are a serious problem for the environment. In total, there are more than 30 tailing dumps on the territory of the Trans-Baikal Territory, of which 12 currently remain ownerless and pose a serious threat to the environment of settlements located in close proximity to man-made objects. Such objects are dangerous, first of all, by spreading dust-like particles to nearby territories, often containing toxic and radioactive elements, as well as heavy metals. It requires the use of special technologies adapted to the climatic conditions of the territory of Transbaikalia. In this regard, studies were carried out on the possibility of reclamation / conservation of the tailing dump of the Sherlovogorsky GOK, located in close proximity to the town of Sherlovaya Gora, Transbaikal region.

The practice of using various chemical compositions to prevent dusting of tailings shows that they must meet the criteria of availability and low cost; non-toxicity; solubility in water for more efficient application; the possibility of creating a strong crust on the surface of the tailings; the possibility of seed germination when used in the process of biological reclamation;

high wetting rate of mineral particles by reagents; effectiveness of adhesive and cohesive properties [2].

These requirements are met by water-soluble reagents: polyacrylamide PAA-GS and Praestol 2540. Praestol 2540 reagent is an organic, synthetic and high-molecular flocculation aid based on polyacrylamide. Polyacrylamide PAA-GS is a mixture of polyacrylamide with ammonium sulfate. Both reagents are soluble in water, non-flammable, explosion- and fire-proof substances, related to the IV hazard class according to the degree of impact on the body.

In order to ensure the possibility of recultivating the surface of tailings and preventing dusting of their surfaces, the influence of the quality of zeolites on the efficiency of biological remediation (seed germination), as well as on the effect of the reagents used when creating the surface (crust) of the tailings, was studied. The use of zeolite rocks from the Shivyrtuyskoye, Badinskoye and Kholinskoye deposits, which differ in their physicochemical properties and degree of enrichment, as part of the irrigating mixture was studied.

Studies have shown that the highest germination rate (5 days) has a soil containing as an additive enriched to 98% zeolites of the chabasite type of the Talan-Gozagorsky deposit. This factor is associated with the unique physicochemical properties of chabazite, in particular, with a high sorption capacity (about 20–23% by

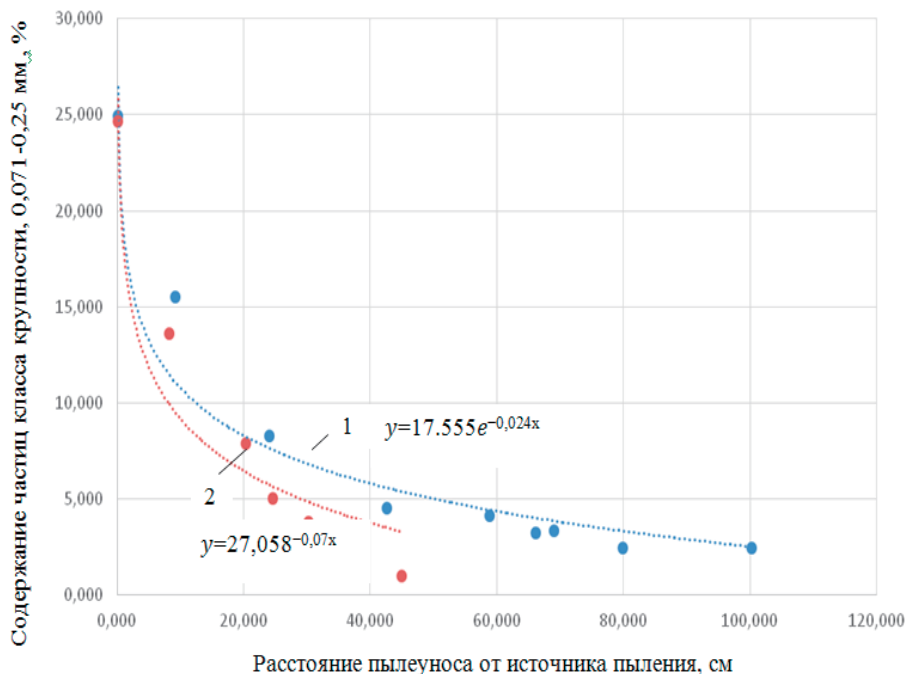


Figure 1 – Characteristics of dust entrainment of particles with a size of 0.071–0.25 mm at a wind speed of 3–5 m/s (1 – dust entrainment without PAA-GS treatment; 2 – dust entrainment with PAA-GS treatment)

weight in water) and ion exchange capacity (about 3.8 mg-eq/g), as well as the universal diameter of the channels in the framework that, when using reagents (polyacrylamide PAA-GS, Praestola 2540), it causes the formation of a stable crust of soil up to 20 cm thick on the surface of the tailing dump due to the fixation of particles between themselves by creating «bridge bonds» through the absorbed macromolecules of the reagent.

The highest growth rate of perennial grasses used in the reclamation of the Sherlovogorsk tailing dump is achieved with the addition of 98% enriched zeolites from the Kholinsky and Talan-Gozagorsky deposits to the soil and is 4.2 and 4.4 mm/day, respectively. The most effective process of regrowth of perennial grasses is observed when using polyacrylamide PAA-GS. The resulting effect is determined by the qualitative characteristics achieved in the process of CSP enrichment: a high content of zeolites (98%) with deep cleaning of

their pores from enclosing impurities and organic matter, providing an increase in the sorption, structure-forming and prolonging properties of minerals.

It has been determined that the use of an integrated method for dedusting the Sherlovogorsk tailing dump using natural zeolites enriched up to 98% and the consumption of polyacrylamide PAA-GS with a concentration of 0.1% and at the rate of 1.5 l/m<sup>2</sup> provides increased strength properties, which leads to the creation of a more durable particle bonds in the upper layer of tails. In this case, the effective reduction of dust formation and dust transfer is ensured by the sufficient strength of the tailings cover, its water and wind resistance, temperature resistance, environmental safety, durability and the ability not to impede the germination of seeds of perennial grasses.

In this regard, in order to confirm the developed method of reclamation and fixing of dusty surfaces, studies were carried



**Table 1 – Comparative characteristics of slurries for fixing dusty surfaces**

| Characteristic                         | Гидросмесь |                      |        |                         |               |                                |
|--|------------|----------------------|--------|-------------------------|---------------|--------------------------------|
|  | PAA-GS     | PAA with zeolite 98% | Lignin | Lignin with zeolite 98% | Praestol 2540 | Praestol 2540 with zeolite 98% |
| Ground peel strength                   | 0,80       | 1,0                  | 0,48   | 0,70                    | 0,70          | 1,0                            |
| Coating water resistance               | 0,56       | 0,85                 | 0,65   | 0,70                    | 0,50          | 0,85                           |
| Dust Reduction Efficiency              | 0,90       | 0,99                 | 0,70   | 0,80                    | 0,85          | 0,99                           |
| Solution concentration, %              | 0,10       | 0,10                 | 0,30   | 0,3                     | 0,1           | 0,1                            |
| Specific consumption, l/m <sup>2</sup> | 1,50       | 1,50                 | 5,00   | 5,00                    | 1,50          | 1,50                           |

out to determine the effectiveness of dust suppression, as a result of which functions were obtained that characterize the dust removal of particles with a particle size of 0.071–0.25 mm at a wind speed of 3–5 m/s (Figure 1). Function 1 characterizes the dependence of the dust removal distance on the particle size without applying the process of fixing the surface with a water-soluble polymer at an air speed of 3–5 m/s and a particle size of 0.071–0.25 mm, and function 2 determines the effect achieved by introducing a slurry into the loosened soil zeolite with seeds of perennial grasses and irrigation with PAA-GS reagent at a flow rate of 1.5 l/m<sup>2</sup>.

Comparative characteristics of the use of dust suppression reagents are shown in Table 1.

The data obtained as a result of experimental studies made it possible to conclude that the proposed method of fixing a dusty surface with the introduction of a slurry enriched to 98% of zeolite and seeds of perennial grasses with irrigation with a water-soluble polymer PAA-GS is

the most effective and ensures long-term preservation of the protective crust of the soil, prevents seeds from blowing out and causes their rapid growth.

An assessment of the physicomechanical properties of the solutions and the strength of the coating - the crust formed during the processing of tailing deposits, showed that the application of a solution with a reagent content of 0.05% (PPA-GS, Praestol 2540, lignin) to the surface of the tailing dump does not allow obtaining a sufficiently durable coating. With an increase in the concentration of the reagent solution and the use of zeolite rocks enriched to 98% as an additive, the strength of the resulting crust increases to a certain limit (0.1–0.2% solution), after which an equilibrium is observed, and in some cases a decrease in the considered indicator by 30–50%.

The proposed combined reclamation method makes it possible to significantly reduce the blowing intensity of particles with a size of 0.0071–0.25 mm by bonding them with a structure-forming mixture of zeolite and a water-soluble polymer, and

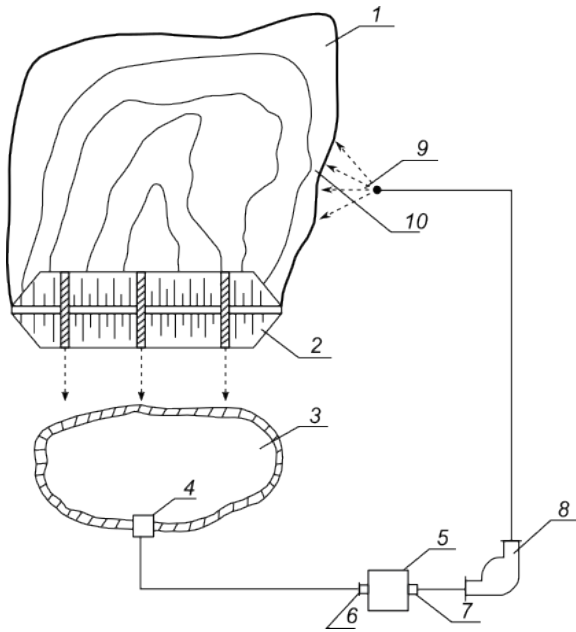


Figure 2 - Device for preparing and applying a mixture of zeolite rocks-water (RF patent No. 2513468):

- 1 - tailings;
- 2 - main dam;
- 3 - settling pond;
- 4 - pumping station;
- 5 - zeolite suspension preparation unit;
- 6 - receiving branch pipe;
- 7 - outlet pipe;
- 8 - dredger;
- 9 - rotary design;
- 10 - nozzle

when adding a mixture of lignin and zeolite (with a content of 40–98% in rocks) to the upper layer of the tailings with seeds of perennial grasses, an increased quality of the fertile layer formed is manifested.

It should be noted that the application of zeolite slurry to the surface of the tailing dump, the introduction of seeds of perennial grasses, and irrigation with water-soluble polymers eliminate the need for expensive reclamation methods, including screening with polymeric materials followed by laying a fertile layer.

Based on the data obtained, a patent-protected method for fixing dusty surfaces (recultivation/preservation) was developed by applying zeolite slurry to the surface of

the tailing dump, and the corresponding patent for invention No. 2513468 was obtained [3]. In this case, the proposed method is implemented by applying a slurry containing zeolite rocks to the surface of the tailings. It should be noted that when crushing zeolite rocks to the designated size, the output of the class - 0.071 mm is about 35%, which provides the greatest effect of the interaction of the reagents used for irrigation of the surface and the formation of a stable tailings surface, and also provides a greater adsorption capacity of zeolites due to the preservation of particles of large sizes, which positively affects such properties of the formed layer as peel strength, moisture retention and water resistance.

According to the developed technology, water is supplied to the process from a special settling facility. In this case, the application of the slurry over the entire surface of the tailings is carried out by a dredger in the direction of the dam (Figure 2).

The device for preparing and applying a mixture of zeolite rocks and water works on the principle of a water circulation system. The zeolite suspension preparation unit is designed to prepare a suspension of crushed zeolite rocks and water, while the circulating water is pumped from the settling pond by a pumping station. Hydrosuspension is evenly distributed over the entire surface of the tailings by means of a dredger with a rotary mechanism and a nozzle.

The process of preparation and dosing of reagents used for irrigation of the surface of the tailing dump is recommended to be carried out by using a reagent station of the UPND-1 type [4]. At the same time, the supply of solutions of reagents and seeds to the surface of the tailing dump is recommended to be carried out by a device for fixing dusty surfaces, which is characterized by the efficiency of

supplying seeds and ensuring their rational consumption [5].

It should be noted that the developed method of reclamation/preservation of tailings includes the following operations: treatment of the surface of the tailings with zeolite slurry at a ratio of «DSP-water» 1:2; loosening of the surface of the tailing dump to a depth of 13 cm; treatment of the tailings surface with a reagent (PAA-GS, Praestol 2540, lignin); sowing of perennial grasses with simultaneous compaction of the surface soil layer.

Thus, the list of chemical solutions that provide the possibility of fixing dusty surfaces of tailings through combined technical and biological reclamation can be expanded through the use of CBPB

enriched up to 98% as an additive in them.

Conclusions: The practical application of the developed technology for the reclamation of tailings will significantly reduce the dusting of the surface layer of technogenic formations and thereby minimize the pollution of adjacent areas with heavy and radioactive metals.

The work was supported by the Russian Science Foundation project 22-17-00040 «Scientific substantiation and development of environmentally friendly waste-free technologies for processing natural and technogenic mineral raw materials» (2022-2023).

## References

- 1 Report of the Ministry of Natural Resources "On the environmental situation in the Trans-Baikal Territory for 2019". – Chita, 2020.
- 2 Myazin V.P., Shekiladze V.T. Development of environmental protection measures for the reclamation of tailings in order to reduce pollution of the territory of Transbaikalia with waste from the mining and processing complex // Bulletin of the Chita State University. - 2013. - No. 6. - P. 30–38.
- 3 RF patent No. 2513468 Russian Federation. The method of reclamation of tailings: publ. April 20, 2014 / V. P. Myazin, V. T. Shekiladze, T. L. Shilnikova, K. K. Razmakhnin; applicant ZabGU. – 7 p.
- 4 Patent for invention No. 2077512 Russian Federation. Reagent station: publ. 04/20/1997 / Litvintseva O.V., Myazin V.P., Myazin A.V., Shevchenko Yu.S. - applicant ChitPM - 5 p.
- 5 Patent No. 148521 Russian Federation. Device for reclamation of tailings: publ. 27.10.2004 / Myazin V.P., Ofitserov V.F., Khodkevich D.V. Petukhov A.A. ChitGU applicant. – 5 p.