

что нередко приводило к созданию искусственных водосборов и концентрации значительных объемов воды.

В каждой конкретной ситуации все это проявляется не по отдельности, а в сложном взаимодействии с природными факторами.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вальков, В.Ф. Почвоведение: учеб. для вузов / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. – М., Ростов-на-Дону: МарТ, 2004. – 493 с.
2. Герасимов, Т.А. Заключения по инженерно-геологическим изысканиям для подпорной стены в районе дома №15 по ул. Толстого в г. Витебске / Т.А. Герасимов – Объект арх. №855/97. – 220 с.
3. Мирцхулава, Ц.Е. Размыв русел и методика оценки их устойчивости / Ц.Е. Мирцхулава. – М.: Колос, 1967. – 182 с.
4. Пилецкий, И.В. Теория, факторы и процессы, формирующие культурные ландшафты сельских агломераций (на примере Бе-

лорусского Поозерья): монография / И.В. Пилецкий. – Витебск: ВГУ им. П.М. Машерова, 2004. – 240 с.

5. Родин, А.Р. Лесомелиорация ландшафтов: учебное пособие для студентов по направлению 656200 / А.Р. Родин, С.А. Родин, С.Л. Рысин. – 4-е изд. доп., исп. – М.: МГУЛ, 2002 – 127 с.
6. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Нац. стат. комитет Республики Беларусь. [Под ред. В.С. Метез]. – Минск: Изд-во «Информационно-вычислительный центр Республики Беларусь», 2010. – 270 с.
7. Сурмач, Г.П. Водная эрозия и борьба с ней / Г.П. Сурмач. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 196 с.
8. Яковлев, А.С. Лесомелиорация ландшафтов: учебное пособие / А.С. Яковлев, М.А. Карасева, В.Г. Краснов – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2008. – 128 с.

Материал поступил в редакцию 18.02.13

PILETSKY I.V., SILKO I.K. Economic activity as development factor erosive processes in cultural landscapes of the Belarusian Poozerye

On the basis of references and practical research of the river Vitba and streams Danube and Gapeevsky the Vitebsk height ovragobrazovately processes and the phenomena in cultural landscapes are investigated. It is established that development of an ovrazhny network causes set of factors, economic activity of the person, natural and geological processes are basic of which. The reasons promoting development of an erosion on slopes of ravines are called.

УДК 631.62:502.7

Рокочинский А.Н., Громаченко С.Ю.

ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ В ЗОНЕ СКЛАДИРОВАНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ

Введение. В последние годы активизировались исследования вопросов оптимизации природопользования и оздоровления состояния окружающей среды (ОС) [1]. Особое место в этом процессе занимают водные ресурсы, поскольку ни одна сфера деятельности человека невозможна без использования воды. Водоресурсный потенциал любой территории является важной основой ее экономического развития, социального и экологического благополучия.

Загрязнение водных объектов и грунтов часто обусловлено наличием населенных пунктов, не имеющих канализационных систем, функционированием складов ядохимикатов и топливосмазочных материалов, полигонов твердых бытовых отходов (ТБО), скотомогильников, животноводческих ферм и др. без инженерных систем защиты ОС.

Как свидетельствуют современные исследования отечественных и зарубежных ученых, продолжительное накопление бытовых отходов на свалках приводит к возникновению непредсказуемых физико-химических и биохимических процессов, продуктами которых являются многокомпонентные и многофазовые потоки загрязняющих веществ [2, 3].

Объекты складирования отходов характеризуются *миграционной способностью*, поскольку в ландшафтно-геохимической системе, в пределах которой расположен полигон или свалка ТБО, происходит движение и перераспределение химических элементов и их соединений [4].

Миграция веществ в пределах массива складирования отходов определяется в основном такими ее видами как механическая (перенос веществ, находящихся в твердом виде под действием гравитации в основном водными потоками) и физико-химическая (обусловлена процессами диффузии, растворения, сорбции-десорбции, когда в водных растворах элементы перемещаются в виде ионов, молекул и коллоидных частиц). При этом миграция элементов может происходить в жидкой фазе (разгрузка потока фильтрата в грунтовые воды), газообразной (выделение углекислого газа, метана, токсических веществ продолжительного воздействия и веществ неметаногенного происхождения) и твердой (вследствие действия гравитации, диффузии или перекристаллизации).

В грунтовые воды загрязняющие вещества поступают в основном за счет фильтрации из отвалов ТБО или с поверхности земли вместе с инфильтрационным питанием. В таких условиях миграция токсических соединений усложняется тем, что наряду с основным переносом их по направлению потока возникает поперечное их распространение по глубине под действием диффузионно-конвективного и конвективного переносов.

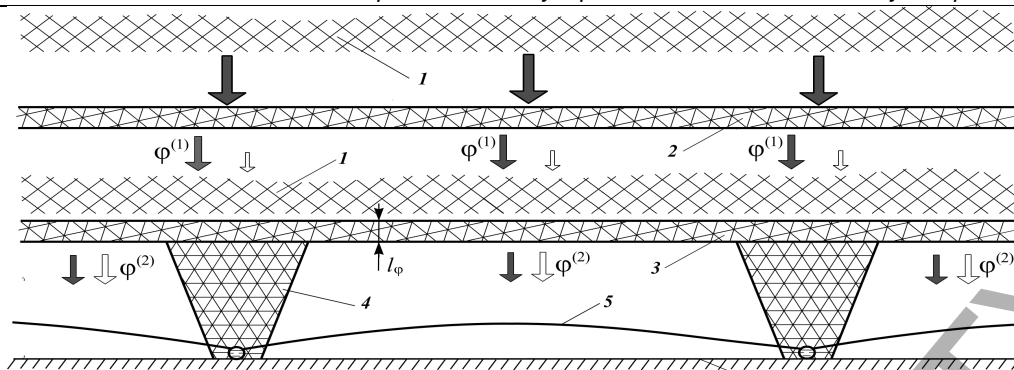
Направленный характер миграционных потоков и изменение на пути их движения геохимической среды приводит к дифференциации химических элементов и их соединений в вертикальном и горизонтальном направлениях. Явление накопления последних вследствие локальных изменений условий миграции в определенной части ландшафтно-геохимической системы называется *барьерностью* [4–6].

Согласно теории *природных и техногенных* геохимических барьеров, разработанной А.И. Перельманом и получившей дальнейшее развитие в работах А.И. Голованова, М.А. Попова, Л.Ф. Пестова, С.А. Максимов, М.В. Khire, R.K. Rowe и др., такими барьерами выступают участки ландшафта, в которых на относительно коротком расстоянии происходит уменьшение интенсивности миграции химических элементов, вследствие чего увеличивается их концентрация [4].

Если *природные* геохимические барьеры формируются в результате закономерной пространственной эволюции ландшафтов, то *техногенные* барьеры создаются искусственно на пути движения техногенных потоков для минимизации загрязнения ОС.

Для защиты от загрязнения территорий и водных объектов путем локализации и дальнейшей нейтрализации вредных веществ, содержащихся в отходах и потоке фильтрата, нами предлагается применение комплекса инженерно-мелиоративных мероприятий (КИММ) [7, 8].

Громаченко Сергей Юрьевич, ассистент кафедры гидромелиораций Национального университета водного хозяйства и природопользования. Украина, 33028, г. Ровно, ул. Соборная, 11.



1 – отвалы отходов; 2, 3, 4 – области концентрации элементов соответственно в отвалах отходов, основе свалки и траншее-поглотителе; 5 – УГВ; 6 – водоупор; $\varphi^{(1)}$, $\varphi^{(2)}$ – значение (концентрация) определенного химического соединения $\{\varphi\}$, $\varphi = 1, n_\varphi$ соответственно до и после барьера; l_φ – длина барьера

Рис. 1. Схема и параметры техногенного физико-химического и гидрофизического барьеров в виде ИДАС

При этом основным подходом к улучшению геохимических условий ландшафта с включенными в него водными объектами, почвами, биотой и т.д. в пределах территории складирования ТБО является применение вертикальных плоскостных и латеральных техногенных геохимических и гидрофизического барьеров. Использование двух групп геохимических барьеров обусловлено существованием разных направлений потока миграции химических элементов. Вертикальные геохимические барьеры минимизируют вертикальную миграцию веществ и создают дифференциацию химических веществ в грунтовом профиле. Латеральные геохимические барьеры применяют на границах геохимически-контрастных элементов ландшафта при миграции химических веществ к сопредельным участкам, геохимически объединенных с существующим ландшафтным рядом [4].

Применение гидрофизического барьера определяется необходимостью регулирования направления и величины потоков влаги в неполностью (зона аэрации) и полностью насыщенных породах в пределах объекта складирования отходов, поскольку на практике часто наблюдаются случаи высокого стояния уровня грунтовых вод (УГВ) (0,5...2 м) от дна котлована полигона ТБО или свалки мусора. Понижая уровень загрязненной грунтовой воды и таким образом уменьшая степень промывания твердой фазы грунта, можно в определенной мере минимизировать конвективную составляющую переноса загрязняющих веществ и таким образом уменьшить ореол загрязнения горной породы в основе объекта складирования отходов, а также защитить необходимые сопредельные водоносные горизонты и водные объекты.

На практике указанные физико-химические барьеры могут быть представлены природными сорбентами в качестве мелиорантов, функционирующие совместно с оградительными дренажными устройствами в виде дренажно-аккумулирующей системы (ДАС) и интенсивной дренажно-аккумулирующей системы (ИДАС).

В качестве мелиоранта-сорбента предлагается использовать цеолит-сметитовый туф – мощный природный сорбент, ионообменник, вулканическую породу и промышленный отход. Большие его запасы имеются в Ровенско-Волынской области, а невысокая стоимость, высокие адсорбционные, ионообменные свойства обуславливают экономическую целесообразность использования этого материала в процессах очистки фильтрата, поверхностного стока и дезодорации территории складирования отходов [8].

В свою очередь, ДАС выступает в качестве техногенного геохимического барьера, в котором на относительно коротком расстоянии увеличивается концентрация химических соединений, и является совокупностью последовательно соединенных элементов в виде бесполостных дренажных устройств – дренажных траншей-поглотителей. Последние заполнены активным сорбционным (мелиорант-сорбент) и пассивным фильтрующим (грунт, песок, гравий и т.п.) материалами, для обеспечения локализации и дальнейшей

нейтрализации фильтрата, направляющегося в ОС, путем механической очистки, физической и физико-химической сорбции.

Для интенсификации понижения УГВ одновременно с возможностью безопасного отведения влаги из массива отвалов ТБО, целесообразно применять ИДАС, в которой объединяются техногенный геохимический (мелиорант-сорбент) и гидрофизический (в виде материального дренажа) барьеры. Основной конструктивный элемент ИДАС – интенсивная дренажная траншея поглотитель – водоотводное средство, заполненное активным сорбционным и пассивным фильтрующим материалами, по дну которого устроены материальные (гончарные или пластмассовые) трубы, принимающие из почвы избыточные загрязненные фильтрационные воды и отводящие их через систему закрытых собирателей (коллекторов) к месту сбора и утилизации (рис. 1).

В соответствии с конструкцией и принципом действия, дренажно-аккумулирующие системы предназначены для исполнения двух основных функций – фильтрационной (водоотводящей) и сорбционной (поглощение загрязняющих веществ из фильтрата) [8].

Таким образом, очищение потока грунтовой воды от загрязняющего вещества $\{\varphi\}$, $\varphi = 1, n_\varphi$, при его прохождении через техногенный физико-химический барьер длиной l_φ , представленный засыпкой траншеи-поглотителя, осуществляется при условии

$$t_\varphi = \frac{l_\varphi}{K_3} > t_r = 2\tau_{1/2\varphi}, \quad (1)$$

где t_φ – время прохождения потока грунтовой воды, загрязненной веществом $\{\varphi\}$, $\varphi = 1, n_\varphi$ через техногенный физико-химический барьер;

K_3 – коэффициент фильтрации засыпки траншеи-поглотителя;

t_r – время реакции системы «цеолит-сметитовый туф – фильтрат» относительно поглощения конкретного вещества $\{\varphi\}$, $\varphi = 1, n_\varphi$;

$\tau_{1/2\varphi}$ – время полуреакции системы «цеолит-сметитовый туф – фильтрат».

Для решения задач миграции загрязнений в грунтовом профиле в рамках подземной гидромеханики, а также обоснования дренажно-аккумулирующих систем как физико-химических барьеров, согласно [9], может быть использована математическая модель процесса утилизации мигрирующих в фильтрационном потоке веществ системой фильтров-уловителей в одномерном нестационарном случае (рис. 2).

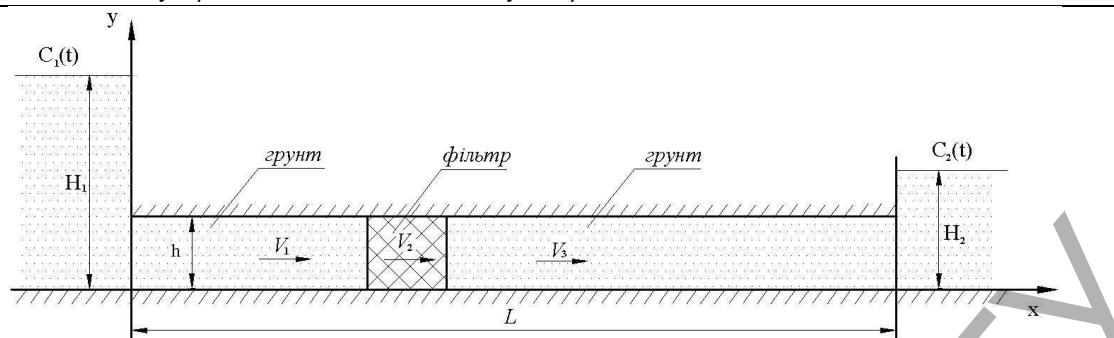


Рис. 2. Схема утилизации мигрирующих загрязняющих веществ с использованием фильтра-уловителя

Обычно процесс миграции загрязнений в грунтовом профиле обусловлен и сопровождается явлениями массопереноса, кинетики сорбции и фильтрации.

Согласно [9], краевая задача такой модели описывается в виде системы уравнений:

- для концентраций $c_i(x, t)$, $i = \overline{1, n}$,

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(D_i(c) \frac{\partial c}{\partial x} \right) - V_i(c) \frac{\partial c_i}{\partial x} - \frac{\partial N}{\partial t} = \sigma_i \frac{\partial c_i}{\partial t}, \quad i = \overline{1, n}; \quad (2)$$

- кинетики сорбции

$$\frac{\partial N}{\partial t} = \gamma(c_i - C.), \quad i = \overline{1, n}; \quad (3)$$

- фильтрации подземных вод
а) согласно закону Дарси

$$V_2 = -k_i \frac{\partial h_i}{\partial x} + v_i \frac{\partial c_i}{\partial x}, \quad i = \overline{1, n}; \quad (4)$$

- б) уравнению неразрывности потока

$$\frac{\partial V_i}{\partial x} = 0, \quad i = \overline{1, n}. \quad (5)$$

При следующих краевых условиях для концентраций c_i и напора h :

- начальном условии для концентраций

$$c_i(x, 0) = \tilde{C}_0^i(x), \quad i = \overline{1, n}; \quad (6)$$

- граничных условиях для концентраций

$$c_i(0, t) = \tilde{C}_1(t). \quad (7)$$

Условиях сопряжения для концентраций

$$c_i(l_i, t) = c_{i+1}(l_i, t), \quad i = \overline{1, n-1}; \quad (8)$$

- граничных условиях для напора

$$h(0) = H_1, \quad h(l) = H_2. \quad (9)$$

Условиях сопряжения

$$V_i(l_i) = V_{i+1}(l_i), \quad i = \overline{1, n-1}, \quad (10)$$

где D_i – коэффициент конвективной диффузии;

V_i – скорость фильтрации;

γ – коэффициент массообмена;

$\sigma(x)$ – напряжение грунтового массива;

$\tilde{C}_0^i(x)$ – распределение концентраций в слое грунта в начальный момент времени;

$\tilde{C}_1(t)$ – концентрация растворенных веществ перед фильтром;

$\tilde{C}_2(t)$ – концентрация растворенных веществ после прохождения фильтра;

$C.$ – концентрация предельного насыщения;

H_1, H_2 – пьезометрические напоры соответственно в верхнем и нижнем бассейнах;

t – время.

Реализация данной математической модели в среде визуального программирования (например Delphi 7.0) дает возможность проводить значительное количество числовых экспериментов и выполнять их анализ. Такой подход, состоящий в поиске численных решений дифференциальных уравнений процесса миграции загрязнений с использованием соответствующих моделей, основан на принципе наиболее полного учета механизма их перемещения по профилю почвы и во времени, поэтому с теоретической точки зрения является наиболее обоснованным.

Но, поскольку нет прямого решения дифференциальных уравнений без определения значительного количества необходимых ограничений и упрощений, что часто не отвечает требованиям производства, а также учитывая прикладной характер применения природоохранных мелиоративных мероприятий, при обосновании их вида, состава и параметров, считаем целесообразным использовать традиционные в мелиорации и водном хозяйстве балансовые модели в дискретном виде.

Заключение. Таким образом, вопрос защиты от загрязнения территорий и водных объектов в зоне складирования ТБО является актуальным и имеет сложный комплексный характер. Одним из подходов к его решению является формирование на пути движения техногенных потоков искусственных физико-химических барьеров в виде защитных дренажно-аккумулирующих систем в комплексе с природными (или искусственными) сорбентами в качестве соответствующих мелиорантов с соблюдением условия согласования процессов фильтрации и сорбции.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рокочинский, А.М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водо регулювання осушуваних земель на еколого-економічних закладах: монографія / За редакцією академіка УААН М.І. Ромашенка – Рівне: НУВГП, 2010 – 351 с.
2. Батищев, В.В. Фильтрационные процессы в районах полигонов ТБО / В.В. Батищев, В.И. Кияшкин, С.А. Довгань. – М.: ЗАО «Фирма Сибико Интернэшнл», 2001. – С. 139–140.
3. Сталинский, Д.В. Технология обезвреживания сточных вод полигонов твердых бытовых отходов / Д.В. Сталинский, Г.С. Пантелют, М.С. Рубан // Экология и промышленность. – 2004. – № 1. – С. 38–39.
4. Голованов, А.И. Геохимия техноприродных ландшафтов: учебное пособие / А.И. Голованов, Л.Ф. Пестов, С.А. Максимов. – М.: Изд. МГУП, 2006. – 203 с.
5. Rowe, R.K. Barrier Systems for Waste Disposal Facilities / R.K. Rowe, R.M. Quigley, R.W. Brachman, J.R. Booker – London: Taylor & Francis Books Ltd, 2004. – 587 p.
6. Rowe, R.K. Barrier Systems / R.K. Rowe // Geotechnical and Geoenvironmental Engineering Handbook. – Norwell: Kluwer Academic Publishing, 2001. – P. 739–788.
7. Громаченко, С.Ю. Обґрунтування необхідності розробки комплексу інженерно-меліоративних заходів для запобігання заб-

- руднения природных экосистем полигонами та звалищами відходів / С.Ю. Громаченко, А.М. Рокочинський // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво: зб. наук. праць. – Рівне: НУВГП, 2009. – Вип. 34 – С. 88–96.
8. Громаченко, С.Ю. Исходные предпосылки к обоснованию конструкции и расчету параметров дренажно-аккумулирующих систем для природоохранного обустройства объектов складирования отходов / С.Ю. Громаченко, А.Н. Рокочинский // Сб. научн. трудов. под ред. А.А. Волчека [и др.]. – Брест, 2012. – С. 92–95.
9. Власюк, А.П. Числове моделювання процесу перехоплення мігрантів утилізацією їх з використанням фільтрів – вловлювачів / А.П. Власюк, Г.М. Куліш // Вісник НУВГП. – 2009. – Вип. 31. Частина 2 – С. 214–219.

Матеріал поступил в редакцію 13.02.13

ROKOCHINSKIY A.N., GROMACHENKO S.Y. The substantiation of environment protection measures in the municipal solid wastes disposal area based on the theory of physicochemical barriers

The methodological approaches to mathematic modeling the process of substances migration interception within the wastes site with anthropogenic physicochemical barriers as drainage-accumulation networks in nature conservation land-reclamation measures have been considered.

УДК 628.544

Романовский В.И., Грузинова В.Л.

ВОДОУДЕРЖИВАЮЩИЕ СВОЙСТВА АГРЕГАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ОТХОДОВ ОТРАБОТАННЫХ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ

Уровень использования отходов производства в нашей стране продолжает оставаться низким. Многие из них до сегодняшнего дня не перерабатываются, а размещаются на ведомственных полигонах и полигонах твердых коммунальных отходов и в течение длительного времени практически не поддаются биодеградации. К таким отходам относятся и отходы водоподготовки. В литературе предложено множество технологических схем по использованию некоторых из них, однако в Республике Беларусь данные отходы не перерабатываются, а складываются на промышленных площадках и по мере накопления вывозятся на объекты захоронения. Однако состав многих из них позволяет использовать их в качестве вторичного сырья.

Одними из таких отходов являются отработанные синтетические иониты, которые до настоящего времени в нашей стране не рассматривались в качестве вторичного сырья. Однако такие свойства отработанных ионитов, как достаточно высокая остаточная сорбционная емкость, идентичность химического состава составу водорастворимых полиэлектролитов, которые являются эффективными флокулянтами, и др. свидетельствуют о перспективности их использования для получения различных продуктов.

Известно, что противоположно заряженные водорастворимые полиэлектролиты способны образовывать полиэлектролитные комплексы, обладающие рядом свойств [2]. Процесс взаимодействия противоположно заряженных дисперсных частиц в дисперсионной среде (гетерокоагуляция), лежит в основе нарушения устойчивости дисперсных систем. Отделяемый от жидкой фазы осадок, как правило, хорошо уплотняется. При взаимодействии в водной среде измельченных до определенной степени дисперсности отработанных ионитов происходит агрегация агрегатов в основном за счет электростатического взаимодействия.

Как правило, имеет место незавершенность интерполимерных взаимодействий, и степень связывания, определяемая по наличию остаточных функциональных групп, никогда не равна 100%. Оставшиеся свободными функциональные группы оказываются способными к ионному обмену.

Взаимодействуя между собой, противоположно заряженные макромолекулы способны включать в образующиеся агрегаты частицы загрязняющих веществ, как имеющие поверхностный заряд, так и незаряженные.

Частицы измельченных отработанных ионитов, как показано в работе [1], в водной среде имеют заряды, которые отличаются по знаку и величине. Противоположно заряженные дисперсные частицы образуют агрегаты, природа которых несколько отличается от полиэлектролитных комплексов, которые образуют водораствори-

мые полиэлектролиты. Однако и для одних и для других в основе образования лежит взаимодействие между противоположно заряженными частицами, молекулами. В работе [1] была отмечена возможность образования таких агрегатов, однако до настоящего времени они подробно изучены не были.

Цель настоящей работы – определение водоудерживающей способности агрегатов, полученных из отходов отработанных ионитов.

Методики эксперимента. Для получения агрегатов применяли отработанные синтетические иониты, которые использовались в процессах водоподготовки в течение 2 лет (АВ-17-8 и КУ-2-8) в соотношении анионита к катиониту 1:4, 1:2, 1:1, 2:1, 4:1. Исследования проводили на ионитах в Н- и ОН-формах с различным содержанием связанной воды. Анионит АВ-17-8 и катионит КУ-2-8 имеют схожую структуру (сополимер стирола и дивинилбензола) [4]. Отличие рассматриваемых ионитов наблюдается только в заместителях в паре положении. Также следует отметить, что выбранные иониты по составу близки к применяемым в настоящее время водорастворимым флокулянтам.

Измельчение отработанных ионитов проводили в планетарной шаровой мельнице (мощность двигателя – 250 Вт, внутренний диаметр загрузочных барабанов – 40 мм, мелющие тела (металлические шарики) диаметром 7–9 мм, объем загрузки ионита – 25 см³).

Исследование дисперсного состава измельченных ионитов проводили методом микроскопии [5]. Дисперсный состав оценивали для пробы, содержащей не менее 500 частиц. Для каждого образца проводилось исследование не менее 10 проб.

Результаты исследований. Отработанные иониты предварительно измельчались в планетарной мельнице в течение 4 мин. Для исследований отбирали фракцию размером менее 250 мкм (составляет более 90% от общей массы).

Для получения исследуемых агрегатов использовали несколько методов:

- непосредственное смешение противоположно заряженных диспергированных ионитов, взятых в соответствующих соотношениях;
- постепенное добавление одного диспергированного ионита к другому.

Одной из важных характеристик получаемых агрегатов является водоудерживающая способность. Для определения водоудерживающих свойств находили отношение образованного в водной среде агрегата к объему сухой смеси ионитов. Также параллельно исследовалась способность получаемых агрегатов к уплотнению в течение суток, как отношение объема образованного агрегата к объему его через 24 часа. Полученные значения для агрегатов, образованных при различ-

Романовский Валентин Иванович, ассистент кафедры промышленной экономики Белорусского государственного технологического университета.

Беларусь, БГТУ, 220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а.

Грузинова Валерия Леонидовна, ст. преподаватель кафедры экологии и рационального использования водных ресурсов Белорусского государственного университета транспорта.

Беларусь, БелГУТ, 246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34.

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология