

С.П.ВЫСОЦКИЙ, Е.А.ВОРОБЬЕВ, Н.А.НИКОЛЕНКО (АДИ Дон НТУ)

РЕШЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ПО ОЧИСТКЕ ВОД ОТ СОЛЕЙ

Наиболее актуальной на ближайшую перспективу является проблема охраны окружающей среды, в частности, водных ресурсов. Эта проблема по своим масштабам является как национальной, так и глобальной, поскольку отсутствуют какие-либо границы распространения в мировом океане и в атмосфере вредных примесей, поступающих в результате сброса большого количества промышленных и хозяйственных стоков в водоёмы. Огромное количество относительно чистой воды расходуется на разбавление вредных веществ этих сбросов до предельно допустимых концентраций (ПДК).

Деградация качества поверхностных вод, а во многих районах и подземных, приводит к острому дефициту пресных вод в промышленных районах, к которым относится Центральный район Донбасса (ЦРД).

Шахтные воды являются основным источником загрязнения поверхностных водоёмов. Вследствие высокой минерализации до 4 г/л шахтные воды шахт ЦРД поступая в реки вызывают их деградацию, засоление, что затрудняет их использование не только питьевого, но и для хозяйственного водоснабжения. Учитывая наличие дефицита в пресной воде на территории района, проблема использования шахтных вод является весьма актуальной.

В 1999 году шахты ЦРД сбросили 66,9 млн. м³ шахтных вод, (таблица 1) содержащих около 210 тыс. т соли.

Табл. 1. Количество шахтных вод сброшенных шахтами ЦРД в поверхностные водоёмы в 1999 г.

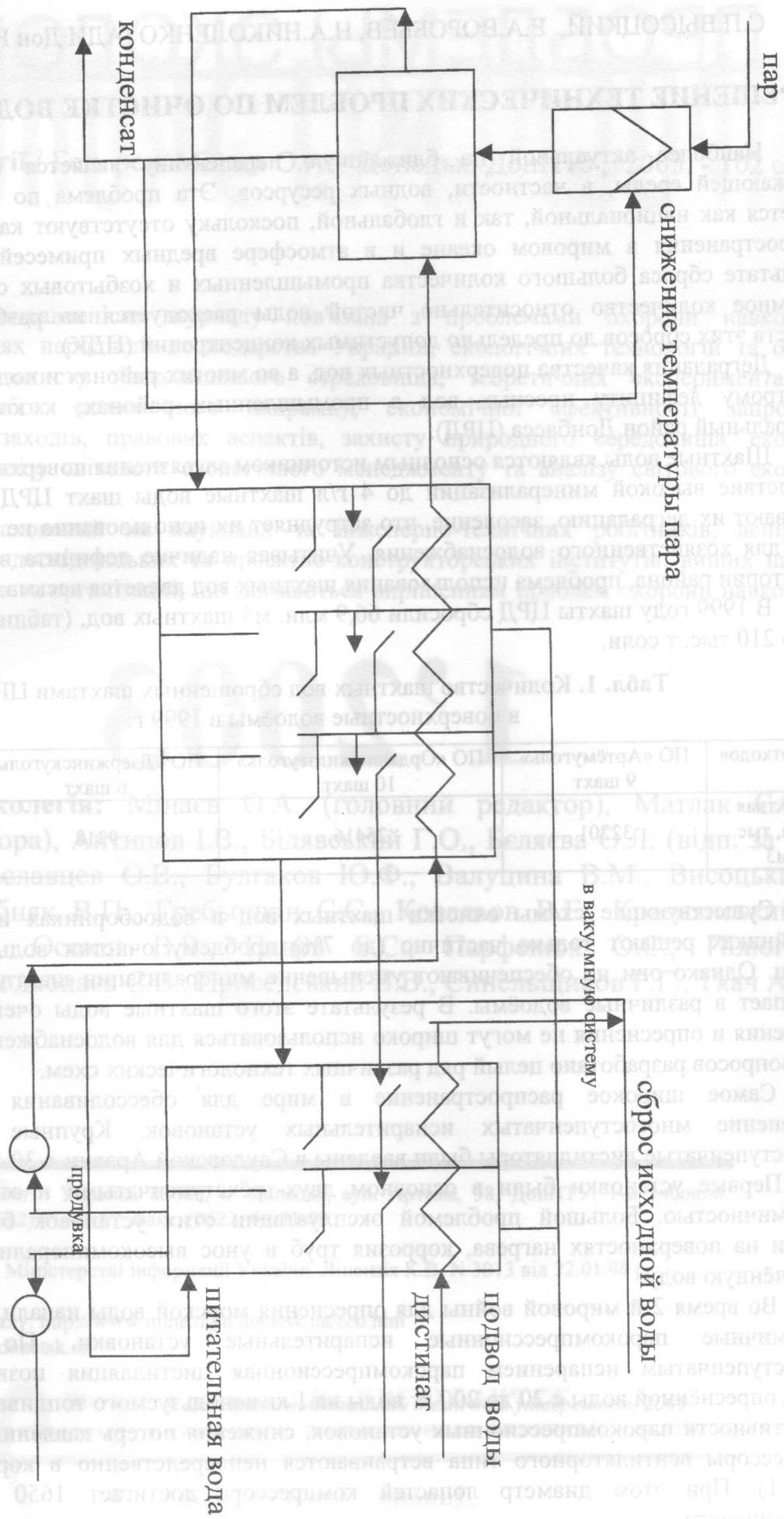
Вид отходов	ПО «Артёмуголь» 9 шахт	ПО «Орджоникидзеуголь» 10 шахт	ПО «Дзержинскуголь» 6 шахт	Всего по району
Шахтная вода, тыс. м ³	32201	25416	9318	66935

Существующие схемы очистки шахтных вод в водосборниках и горизонтальных отстойниках решают только частично (до 7%) проблему очистки воды от взвешенных частиц. Однако они не обеспечивают уменьшение минерализации шахтной воды, которая поступает в различные водоёмы. В результате этого шахтные воды очень жёсткие и без умягчения и опреснения не могут широко использоваться для водоснабжения. Для решения этих вопросов разработано целый ряд различных технологических схем.

Самое широкое распространение в мире для обессоливания воды получило применение многоступенчатых испарительных установок. Крупные опреснительные многоступенчатые дистилляторы были введены в Саудовской Аравии в 30-х годах прошлого века. Первые установки были в основном двух-трёхступенчатыми и отличались низкой экономичностью. Большой проблемой эксплуатации этих установок было образование накипи на поверхностях нагрева, коррозия труб и унос высокоминерализованной воды в опреснённую воду.

Во время 2-й мировой войны для опреснения морской воды начали применять более экономичные парокомпрессионные испарительные установки. По сравнению с многоступенчатым испарением парокомпрессионная дистилляция позволила повысить выход опреснённой воды с 20 до 200 кг воды на 1 кг используемого топлива. Для повышения эффективности парокомпрессионных установок, снижения потерь давления в паропроводах компрессоры вентиляторного типа встраиваются непосредственно в корпусе испарителя (рис. 1). При этом диаметр лопастей компрессора достигает 1650 мм при общей эффективности

Рис. 1. Схема очистки воды на установках мгновенного вскипания



работы компрессора достигающей 78 %. Однако на этих установках проблема накипеобразования оставалась не решенной.

Уже в 50-х годах в США были разработаны установки мгновенного выкипания, на которых удалось решить проблему накипеобразования.

Принцип работы установок, работающих путём «вымораживания» чистой воды состоит в следующем. Кристаллы льда вымораживаются из концентрированного водного раствора, при этом растворимые соли остаются преимущественно в растворе концентрата, а в кристаллы льда выделяется, в основном, чистая вода.

Все установки очистки воды методом вымораживания включают шесть основных этапов: захлаживание поступающего потока воды; частичная кристаллизация льда из концентрированного раствора солей (солёной воды); отделение льда от солёной воды; плавление льда; замораживание; утилизация тепла. При внедрении испарительных технологий может быть получена чистая вода, сухие соли (NaCl , CaCO_3) и насыщенные рассолы хлористого магния.

На рисунке 2 показана схема вымораживания льда из засолённой (морской) воды. Лёд выпадает в виде кристаллов из воды при её упаривании в кристаллизаторе под вакуумом. При этом 1 кг упариваемой под вакуумом воды замораживает 7 кг льда, так как при упаривании удаляется в 7 раз больше тепла, чем требуется для замораживания той же массы льда. В этой технологии твёрдая фаза – кристалл льда, жидкая – рассол и газообразная – пары воды присутствуют одновременно при одной и той же температуре. Поэтому процесс носит название «тройной точки». Пары воды при помощи компрессора подаются в кристаллизатор в зону плавления льда, где они контактируют с плавящимся льдом [1].

Пары воды удаляются с использованием механического компрессора абсорбционной системы, парового эжектора или комбинаций эжектора и абсорбера. Процесс вымораживания осуществляют под вакуумом при давлении 3,5 торр, при этом пары воды и присосы воздуха должны постоянно отсасываться из системы.

Находят применение также системы замораживания с использованием вторичных охладителей, в которых инертный охладитель (углеводороды, бутан, изобутан или фторуглероды) смешиваются с вымораживаемой водой.

Преимущества системы обессоливание воды методом вымораживания:

- замораживание не требует какой-либо подготовки для кондиционирования воды перед её обессоливанием;
- отсутствует проблема образования накипи или загрязнения поверхностей;
- исключаются коррозионные процессы вследствие температур растворов;
- процесс замораживания требует низких энергетических затрат.

Для реализации этого процесса очистки может быть использована тепло или механическая энергия.

Недостатками систем замораживания является:

- процесс более сложен по сравнению с большинством других, например, упариванием. Процесс очистки включает большее количество отдельных элементов;
- в процессе замораживания тепло отводится от жидкости в окружающую среду.

Получают: чистую воду, сухие соли (NaCl , CaCO_3), насыщенные рассолы $\text{MgCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Технология очистки сточных вод электродиализом [3] основана на разделении под действием электродвижущей силы анионов и катионов, создаваемой в растворе по обе стороны специальных мембран, разделяющих межэлектродное пространство на камеры.

Движущей силой процесса электродиализа является электрический ток. Ионы солей удаляются из воды при направленном движении ионов солей через полупроницаемые для отдельных видов ионов катионитовые и анионитовые мембраны. Электродиализный аппарат состоит из чередующихся камер (ячеек) обессоливания и концентрирования солей. Ячейки ограничены последовательно расположенными катионитовыми и анионитовыми мембранами.

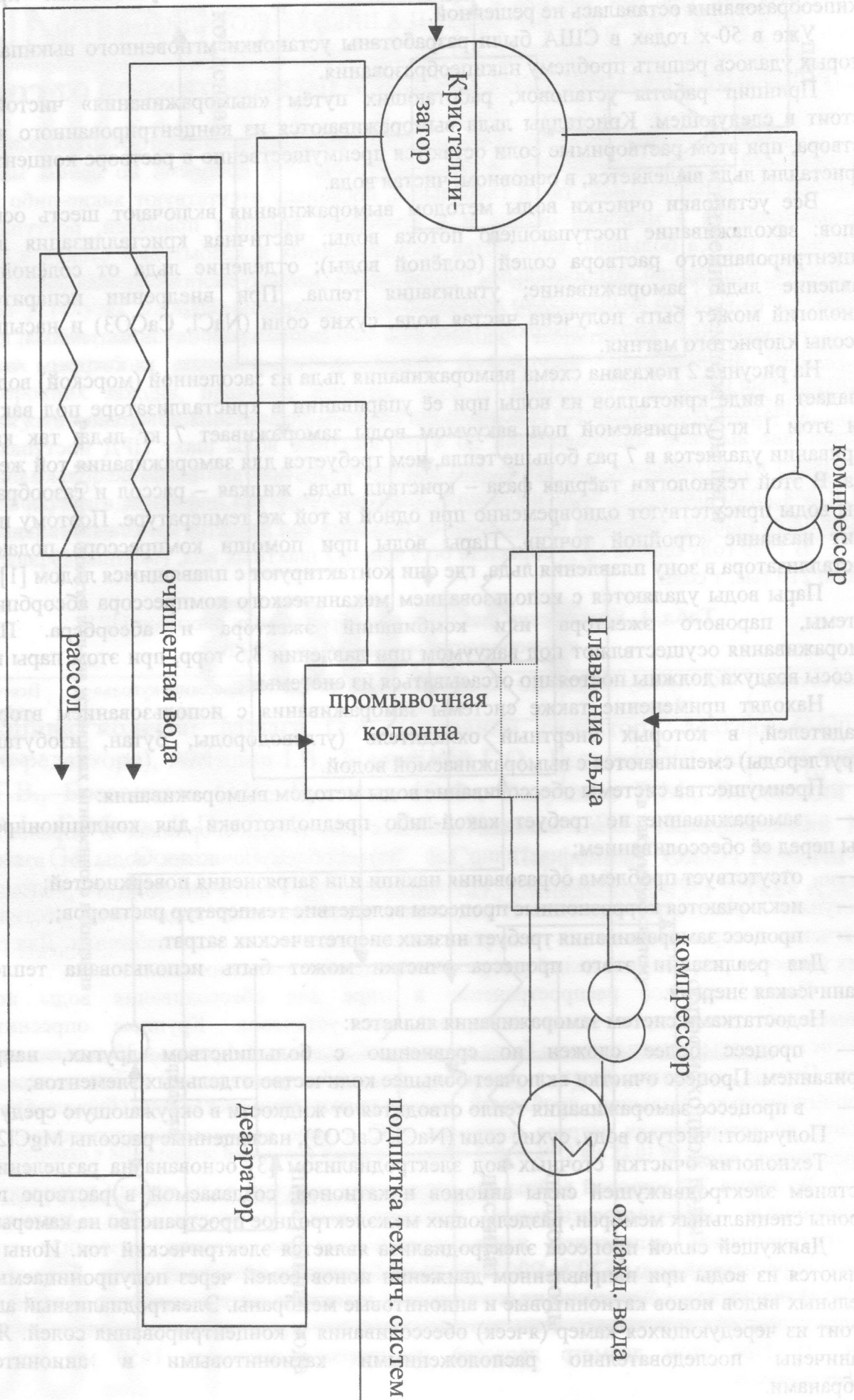


Рис. 2. Схема очистки воды методом вымораживания

Потребление энергии на обессоливание воды пропорционально количеству удаляемых солей. При снижении солесодержания обессоливаемой воды менее 100-200 мг/л происходит поляризация ионитовых мембран, сопровождаемая переносом гидроксильных ионов через анионитовые мембраны. Учитывая большую поляризуемость анионитовых мембран происходит избыточный перенос гидроксильных ионов. Это вызывает образование отложений карбоната кальция, гидроксида магния и гидроксидов тяжелых металлов (железа и марганца) на поверхности мембран и, соответственно, снижает удельную производительность электродиализных аппаратов.

Обратный осмос – выделение из воды гидратированных ионов, молекул и других мельчайших частиц путем пропускания ее под большим давлением через мембраны, размеры пор в которых меньше размеров извлекаемых из воды частиц [4]. В настоящее время эта технология широко применяется для обессоливания сточных и промышленных вод. Очищенная по этой технологии вода используется во многих странах в качестве питьевой. В нашей стране с 1998 года на концерне «Стирол» эксплуатируется установка производительностью 700 т/час. Применение этой установки позволило значительно сократить сброс солей в поверхностные водоемы, что имеет большое значение для Центрального района Донбасса. Недостатком этой технологии является опасность загрязнения мембран при поступлении недостаточно подготовленной воды, что приводит к частой их замене и, соответственно, повышению затрат на процесс обессоливания.

Обратный осмос является в настоящее время наиболее прогрессивной технологией обессоливания воды. Это обусловлено в первую очередь существенно меньшими энергетическими затратами на процесс обессоливания, так как этот процесс происходит без фазового перехода по сравнению с рассмотренными выше технологиями дистилляции и вымораживания. В настоящее время в мире методом обратного осмоса производится более 2 млн.м³ воды в день.

Несмотря на высокую эффективность выше указанных технологий они не нашли применения на шахтах Центрального района Донбасса из-за высоких капитальных и эксплуатационных затрат.

Выходом из создавшегося положения является поиск более дешевых технологий обессоливания шахтных вод.

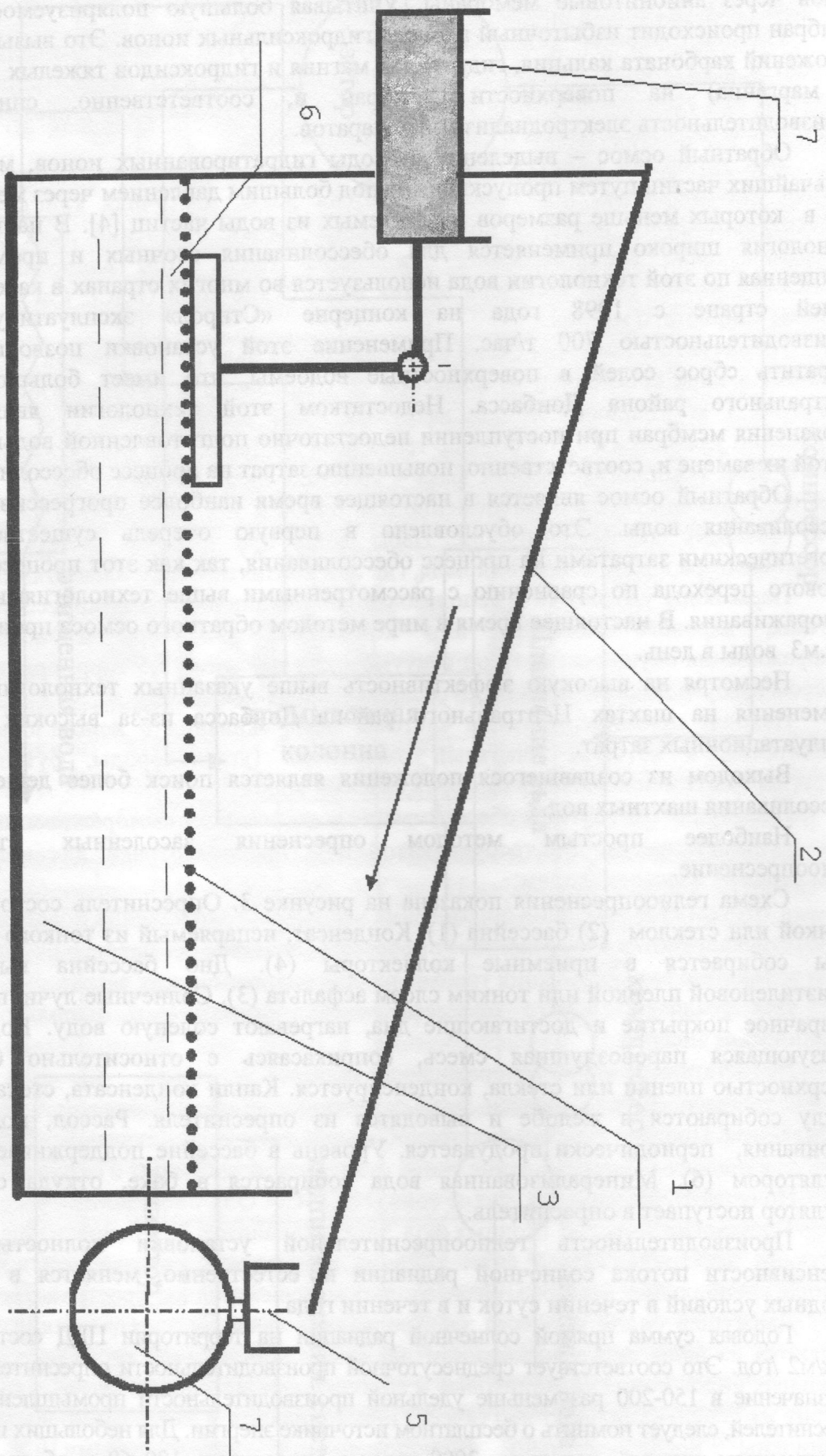
Наиболее простым методом опреснения засоленных стоков является гелиоопреснение.

Схема гелиоопреснения показана на рисунке 3. Опреснитель состоит из покрытого пленкой или стеклом (2) бассейна (1). Конденсат, испаряемый из тонкого слоя засоленной воды собирается в приемные коллекторы (4). Дно бассейна выложено черной полиэтиленовой пленкой или тонким слоем асфальта (3). Солнечные лучи, прошедшие через прозрачное покрытие и достигающие дна, нагревают соленую воду. Вода испаряется и образующаяся паровоздушная смесь, соприкасаясь с относительно более холодной поверхностью пленки или стекла, конденсируется. Капли конденсата, стекая по пленке или стеклу собираются в желобе и выводятся из опреснителя. Рассол, получаемый после упаривания, периодически продувается. Уровень в бассейне поддерживается простейшим регулятором (6). Минерализованная вода собирается в баке, откуда самотеком через регулятор поступает в опреснитель.

Производительность гелиоопреснительной установки полностью зависит от интенсивности потока солнечной радиации и, естественно, меняется в зависимости от погодных условий в течении суток и в течении года.

Годовая сумма прямой солнечной радиации на территории ЦРД составляет 4100-4700 мДж/м² /год. Это соответствует среднесуточной производительности опреснителя 4-5 л/м². Хотя это значение в 150-200 раз меньше удельной производительности промышленных термических опреснителей, следует помнить о бесплатном источнике энергии. Для небольших шахтных поселков с количеством жителей, например, 3000 человек опреснитель 100х60 м обеспечивает население питьевой водой при потреблении питьевой воды 20л в сутки на одного человека.

Рис. 3. Опреснитель: 1 – бассейн; 2 – прозрачное перекрытие; 3 – покрытие дна бассейна; 4 – коллектор для сбора очищенной воды; 5 – желоб; 6 – регулятор уровня воды в бассейне; 7 – трубопровод минерализованной воды.



Повышение удельной производительности в несколько раз может быть достигнуто за счет увеличения поверхности испарения при распылении жидкости, а также за счет транспирации воды листьями растений.

Осветленные шахтные воды сульфатного и сульфатнохлоридного класса с минерализацией до 3-4 г/л при соотношении ионов $Na/(Ca + Mg) < 0,7$ пригодных для полива черноземных почв и, соответственно, могут быть использованы в качестве «питательной» воды солнечных испарителей парникового типа.

Учитывая наметившуюся стабилизацию работ шахт ЦРД, открывается широкая перспектива для размещения инвестиций с целью применения технологий для обессоливания шахтных вод, что кроме прямых выгод позволит обеспечить дополнительно создание рабочих мест, в т.ч. на закрывающихся шахтах.

Библиографический список

1. Gordon F. Leither, Desalination by Distillation. Desalination and water reuse vol 3, 1998, p.p.5-10.
2. Wallace E. Johnson, The Story of Freeze desalting, Desalination and water reuse vol 4, p.p.7-10.
3. С.П.Высоцкий и др. «Обеспечение стабильной работы обратноосмотических установок». Труды международной научно-технической конференции «Экология промышленных регионов». Горловка 30-31 марта 1999г. Лебедь, Донецк, 1999г.
4. С.П.Высоцкий «Мембранная и ионитная технологии водоподготовки в энергетике», Киев, «Техника», 1989г.; 176с.

УДК 631.6.02

ВОЛКОВ А.И., ГУБАНОВА Е.Р., САФРАНОВ Т.А. (ОГМИ)

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ УЩЕРБА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ТВЁРДЫМИ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОТХОДАМИ

В результате интенсивного образования и накопления промышленных отходов на территории Украины особое значение приобретает разработка методики расчёта ущерба от загрязнения окружающей среды твёрдыми отходами, аналогичной уже существующей для определения ущерба от загрязнения атмосферного воздуха и водных объектов [1].

В настоящее время, в соответствии с Законом Украины "Про охорону навколишнього природного середовища" и постановления Кабинета министров Украины №303 (от 1.03.99г) предприятия, являющиеся источниками образования твёрдых промышленных отходов обязаны выплачивать сбор за загрязнение природной среды согласно установленным нормативам.

Предварительная оценка сумм ущерба и сбора за загрязнение окружающей природной Среды выбросами в атмосферу вредных веществ и сбросами в водные объекты свидетельствуют о несоразмерности фактических выплат предприятия (плательщиков сбора) с реальным материальным ущербом, наносимым природной среде.

Целью настоящей работы является разработка методики оценки ущерба, от загрязнения окружающей среды твёрдыми промышленными отходами, образующимися на территории Одесской области.