

УДК 621.039.7
МРНТИ 87.35.91
DOI 10.56525/KVWO7958

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ИСПАРЕНИЯ ВОД В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО КЛИМАТА

Музбаева К.М.

Университет Есенова, Актау, Республика Казахстан

e-mail: karlygash.muzbayeva@yu.edu.kz

Аннотация. Актуальность исследований состоит в исследовании способов и технологий по сокращению испарения с поверхности отстойного пруда, что позволит уменьшить объёмы сухих пляжей, которые способствуют ухудшению экологической обстановки в регионе. Поставленная задача является сложной, так как поверхность отстойного пруда составляет десятки квадратных километров, что осложняет выбор способа практической реализации разработки. В процессе проведения литературного и патентного поиска не выявлено эффективных способов сокращения потерь воды с большой поверхности токсичных водоемов.

Аналогов, поставленной перед нами проблеме, когда речь идет о необходимости противоиспарительной изоляции или покрытия поверхности, исчисляемой десятками квадратных километров, в проработанной нами литературе не имеется. Это лишний раз свидетельствует о том, что проблема, поставленная в данной работе, является грандиозной, требующей разработки и реализации весьма сложных и оригинальных нетрадиционных научно-технических решений.

Ключевые слова: испарение, хвостохранилище, солнечная радиация, токсичность, вода, пруд.

Введение

В результате анализа исследований способов снижения и предотвращения испарения вод с поверхности токсичных вод, сопровождающееся спонтанной миграцией радиоактивных веществ и естественных радионуклидов из объема водоёмов, установлено, что в основном используются искусственные покрытия из жидких маслянистых веществ, являющихся в свою очередь отходами, с высокими показателями поверхностного натяжения.

Эти мероприятия предусматриваются в период, предшествующий сезонному увеличению солнечной активности, что связано с необходимостью разогрева минеральных и органических масел, для обеспечения минимальной толщины неразрушающегося противоиспарительного слоя. В этой связи необходимо исследовать потенциал солнечной энергии для использования солнечной энергии, для решения проблемы появления новых «пылящих» токсичных участков хвостохранилища, представляющих потенциальную опасность для расположенных рядом населенных пунктов.

Для Казахстана, в распределении месячных и годовых сумм прямой солнечной радиации прослеживается ярко выраженная зональность, при которой увеличение месячных сумм происходит с севера на юг, что отражает общеизвестный факт зависимости прямой солнечной радиации от широты. По существу, эта закономерность прослеживается в течение всего года.

Так в январе суммы прямой солнечной радиации увеличиваются с севера 43 МДж/м² на юг 123 МДж/м², в июле от 391 МДж/м² до 614 МДж/м² соответственно. В районе Аральского моря наблюдаются локальные очаги высоких значений сумм прямой солнечной радиации: в январе 88 МДж/м² и 112 МДж/м² в июле соответственно 591 МДж/м² и 589 МДж/м² за год для этого региона гелиоресурсы оцениваются в 3913-4050 МДж/м². На

территории Казахстана в целом за год приток прямой солнечной радиации изменяется от 2528 МДж/м² (Рудный) до 4050 МДж/м² (Балхаш) [1].

Многолетняя изменчивость (σ) месячных сумм прямой солнечной радиации колеблется от 10-28 МДж/м² зимой до 44-84 МДж/м² летом. Представленные результаты в работе [2] показали, что для территории Казахстана прослеживается аналогичная закономерность в распределении месячных сумм суммарной радиации. При средних условиях облачности месячные суммы суммарной радиации изменяются в январе от 118 МДж/м² до 241 МДж/м² в июле от 666 МДж/м² до 847 МДж/м² в целом за год от 4623 МДж/м² до 6135 МДж/м². Месячные и годовые суммы прямой солнечной радиации в полной мере не удовлетворяют потребителей в области гелиоэнергетики, в силу того, что не позволяют выявить особенности внутрисуточного и внутримесячного хода рассматриваемой величины.

Годовой ход солнечной радиации позволяет судить лишь о режимах работы гелиоустановок в течение года и общей ее энергообеспеченности. Важно изучить внутримесячную изменчивость сумм радиации, т.к. в этом случае произведенная энергия определяет эффективность использования установленной мощности гелиоустановок и необходимое длительное (месячное и сезонное) их регулирование за счет создания аккумулирующих устройств или резервных источников энергии.

Мангистауская область, от других регионов Казахстана отличается резко континентальным, засушливым знойным продолжительным летом, низкой относительной влажностью, малой облачностью. Здесь самая наибольшая в Казахстане солнечная радиация – до 1 кВт/м². Этим объясняются высокие летние температуры 27-32°C, иногда они достигают 47°C. Период с отрицательными температурами составляет 2,5-3 месяца. Снежный покров непродолжителен или вовсе не образуется. Скорость ветра с господствующим юго-восточным направлением зимой достигает 8,9 м/с, летом преобладает ветер преимущественно восточного направления со скоростью до 7,3 м/с [3].

Климат Мангистауской области, формируется под действием континентальных тропических и полярных воздушных масс, которые смешиваются в зависимости от развития и перемещения атмосферных образований. Заметное воздействие оказывает незамерзающее Каспийское море, которое сказывается в сезонной смене преобладающих ветров. Полуостров Мангышлак относится к 4 зоне климатического района в зоне пустынь.

Материалы и методы исследования. Проведен литературный анализ и обобщение материалов по исследуемой теме и использованы сравнительный анализ различных методов стабилизации испарения токсичной влаги.

Результаты исследования. Изменения уровня воды в водоемах нем можно рассматривать как некоторые проявления глобального масштаба. На основании этих исследований, получено следующее ниже выражение. Так, для рассматриваемого отстойного водоёма, может быть, справедливо уравнение водного баланса [4]:

$$\frac{dV}{dt} = \left(\frac{U_b(t)}{S(H)} - E_b(t) \right) \cdot S(t), \quad (1)$$

где: V - объем водоема в момент времени t ; $U_b(t)$ - приток воды в единицу времени; $E_b(t)$ - слой видимого испарения ($E_b = E - P$), теряемый в единицу времени; E - испарение; P - осадки; $S(t)$ - площадь поверхности водоема.

Вместе с этим, учитывая, отсутствие поступающих стоков, можно уравнение водного баланса представить в следующем виде:

$$\frac{dH}{dt} = \frac{U_b(t)}{S(H)} - E_b(t), \quad (2)$$

где: H - уровень воды в водоеме в момент времени t ; $S(H)$ - площадь поверхности водоема при определении значения H .

Заметим, что успех исследования будет зависеть как от точности (методики) определения составляющих водного баланса, так и от выяснения причин их изменения, приток воды, площадь водоема, а также уровень воды в нем измеряются инструментально и только испарение рассчитывается. Недостаточная изученность испарения приводит к наибольшей неопределенности при использовании уравнений водного баланса. Большое влияние на интенсивность испарения оказывает воздушный поток, образующийся над водной поверхностью. Если на свободную поверхность воды поступают новые массы воздуха с малым содержанием водяного пара, испарение может активизироваться. Однако при испарении с больших водных поверхностей, значительный приток сухого воздуха ограничен.

Как известно, повышение температуры только на 1°C , при остальных неизменных условиях увеличивает процесс испарения влаги в 10 раз [5]. В этой связи, для достижения условий минимального испарения с поверхности токсичных вод, необходимо чтобы температура наружного воздуха была выше температуры воды на $1-3^{\circ}\text{C}$. Для прудов-испарителей устанавливаются следующие параметры: температура воздуха $28-30^{\circ}\text{C}$, температура воды $25-28^{\circ}\text{C}$, относительная влажность воздуха $65-70\%$. Испарение влаги с водной поверхности хвостохранилища, кроме экологической нагрузки, влечет за собой также и влияние на влажность окружающего воздуха.

Интенсивность испарения, будет зависеть от площади водной поверхности, температуры воды, влажности воздуха и скорости воздушного потока. Для расчета количества испаряющейся влаги существует достаточно много расчетных формул [6]. Как показывает практика, наиболее полно учитывают изменение условий влаги (в закрытых прудах) эмпирические зависимости, выведенные на основе измерений. Таким образом построена таблица 8, и график для определения количества испаряющейся влаги с 1 м^2 поверхности пруда-испарителя (рисунок 1).

Таблица 1.- Интенсивность испарения для прудов-испарителей, г/м^2

Тем- ра воды, $^{\circ}\text{C}$	Тем- ра возд, $^{\circ}\text{C}$	24		25		26		27		28		29		30	
	Отн-я влаж, %	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60
22		204	182	197	174	190	165	185	156						
23		217	194	209	187	203	178	199	169	187	158				
24		230	208	223	200	216	191	211	182	118	172	192	162		
25				235	213	229	204	221	195	213	185	205	175	196	169
26						244	219	236	210	228	200	220	190	211	179
27								250	223	243	215	235	205	226	194
28										259	230	250	221	241	209

29												268	238	259	227
30														277	244

Во многих литературных источниках указывается на трудность моделирования процесса испарения воды в лабораторных условиях. Известно, при испарении воды ее молекулы образуют водяной газ, называемый *водяным паром*. В атмосфере содержится также вода в жидком состоянии в виде облачных капелек и дождевых капель [7].

В отличие от большинства других присутствующих в атмосфере газов содержание водяного пара может очень сильно меняться. Оно зависит от температуры воздуха и состояния испаряющей поверхности (вода, почва влажная или сухая, лед). В очень холодном и поэтому сухом воздухе водяной пар может находиться в лишь малом, с трудом измеряемом количестве; в жарком воздухе его содержание может достигать до 4 процентов объема воздуха и тогда такой воздух становится влажным.

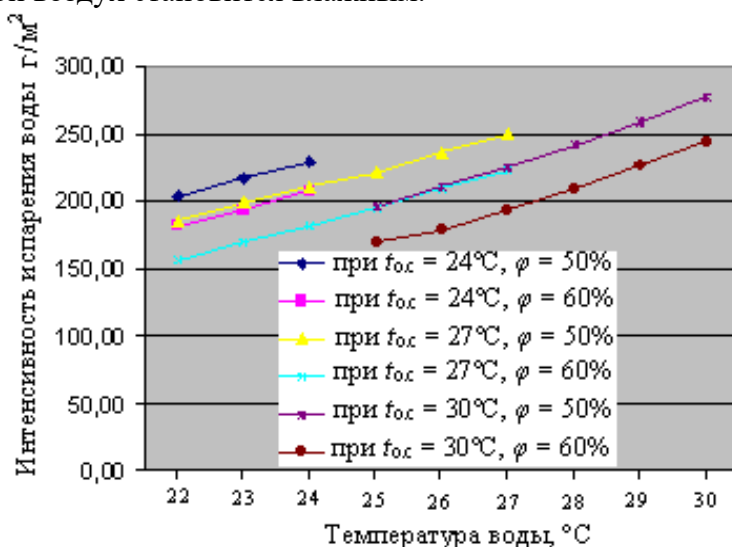


Рисунок 1. Зависимости интенсивности испарения пруда-испарителя от температуры и влажности

В этой связи, для достаточно точного определения количества испаряемой влаги изготовлена лабораторная установка (рисунок 1) [8]. Сам резервуар с жидкостью (водой) изготовлен из листового винипласта (толщина 10,0 мм). В качестве уровня для определения объема жидкости используют вмонтированную на резервуар с наружной стороны обыкновенную линейку с делениями, цена деления составляет 1,0 мм.

Часть цилиндрического пространства по длине линейки выполнена из плексигласа, что позволяет без особых трудностей фиксировать объем жидкости в резервуаре. Объем жидкости в резервуаре равен 30,0 дм³, верхний уровень жидкости находится напротив отметки «0». Цена каждого деления по высоте жидкости (сверху-вниз) равна 0,1 дм³ (100 см³), что позволяет оперативно снимать показания при проведении экспериментов.

Устройство работает следующим образом. Жидкость наливают в резервуар (1) до нулевой отметки. На контактном термометре (1-3) посредством верхней шайбы устанавливают заданную температуру, при которой должна испаряться жидкость (например, + 20°C; + 25°C и т.д.). После включения пускателя П-6 в электросеть происходит постепенный нагрев жидкости до заданной температуры, а затем срабатывает реле (устройство на теристорах) с отключением нагрева жидкости.

Контрольный термометр (1-4) позволяет фиксировать необходимую температуру жидкости. После проведения эксперимента (он исчисляется в сутках) отключают

нагревание жидкости, ее температуру доводят до 20°C и снимают показания. Предлагаемая методика позволяет четко определить количество испаряемой воды с поверхности жидкости за единицу времени, а также оценить этот показатель при введении в испаряемую жидкость поверхностно-активных и других веществ, способных притормозить процесс испарения воды из заданной жидкости.

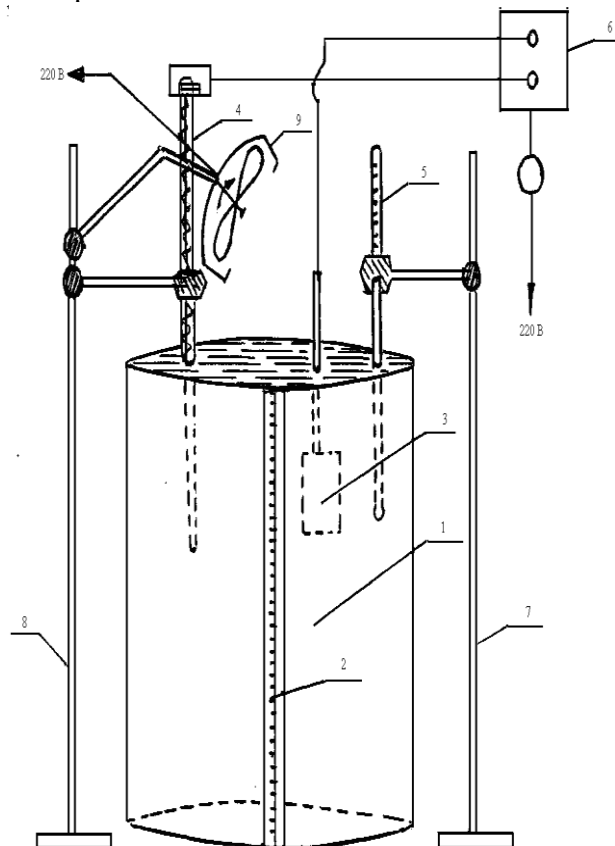


Рисунок 2. Устройство для определения испарения воды

1 - резервуар; 2 - уровень определения объема жидкости; 3 - нагревательный элемент; 4 - контактный термометр; 5 - термометр; 6 - пускатель П-6; 7 и 8 - штативы; 9 - вентилятор отгонной вентиляции (10-кратный обмен воздуха в сутки).

Применительно к региону Мангистауской области среднегодовая температура воздуха составляет 9,05 °С. Тем не менее, в течение пяти месяцев (май-сентябрь) она колеблется в пределах в среднем (+20 до +28) °С.

С учетом того, что экологические мероприятия целесообразно осуществлять в относительно теплое время года, необходимо было для проведения экспериментальных работ избрать заданные температурные параметры. После анализа среднемесячных и среднегодовых температур воздуха по указанной области мы пришли к заключению, что параметры по испарению дистиллированной воды следует определить при температурах окружающего воздуха (+20, +25, +30 и +35) °С.

Результаты по степени испарения дистиллированной воды представлены в таблице 2. Из таблицы 2 видно, что, как и следовало ожидать, при повышении температуры количество испаряемой воды возрастает в пределах 3,7 - 7,4 дм³/сут.

Для расчета удельного испарения воды с поверхности мы исходим из того, что площадь круга (S) определяется по формуле [9]:

$$S = \pi R^2, \quad (18)$$

где R - радиус окружности.

Таблица 2- Результаты по количественному испарению дистиллированной воды при повышенных температурах и во времени

№ опыта	Тем-ра воздуха, °С	Температура воды, °С	Время испарения, сут.	Кол-во испаряемой воды, дм ³ /сут.	Среднее кол-во испаряемой воды, дм ³ /сут	Удельное испарение воды с поверхности дм ³ /м ² сут	Степень испарения воды в сутки, %
1.	12	20	1,0	4,0	3,7	37,6	3,76
2.	12	20	1,0	4,0			
3.	12	20	1,0	4,0			
4.	12	20	1,0	2,8			
1.	12	25	1,0	3,6	4,1	41,7	4,17
2.	12	25	1,0	4,0			
3.	12	25	1,0	4,0			
4.	12	25	1,0	4,8			
1.	12	30	1,0	6,4	6,4	65,0	6,5
2.	12	30	1,0	6,4			
3.	12	30	1,0	6,4			
4.	12	30	1,0	6,4			
1.	12	35	1,0	7,6	7,4	75,2	7,5
2.	12	35	1,0	7,6			
3.	12	35	1,0	7,6			
4.	12	35	1,0	7,6			

Так как резервуар в устройстве имеет радиус 17,7 см, то площадь испаряемой поверхности составит:

$$3,14 \cdot (17,7)^2 = 3,14 \cdot 313,29 = 983,7306 \cdot 983,7 \text{ см}^2 = 0,09837 \text{ м}^2.$$

При расчетах необходимо среднее количество испаряемой воды разделить на указанную площадь. Из полученных экспериментальных данных видно, что удельное испарение воды с поверхности возрастает в пределах от 37,6 до 75,2 дм³/м²·сут, а степень испарения воды возрастет в пределах от 3,7 до 7,5 вес %. Необходимо также принять во внимание, что экспериментальные работы проведены на одной системе, практически не содержащей минеральных солей. На рисунке 3 представлена графически динамика испарения дистиллированной воды в зависимости от температуры [10,11].

Обращает на себя внимание, что для всех 4 видов экспериментов имеет место прямая зависимость количества испаряемой воды от ее температуры. При этом, чем выше температура воды, тем прямая приближается к оси абсцисс, характеризующей количественные показатели жидкости.

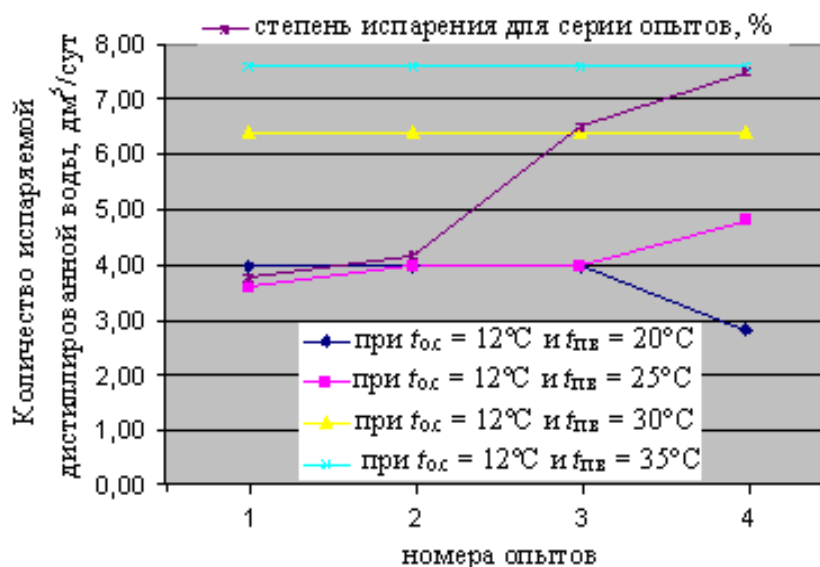


Рисунок 3. Динамика испарения дистиллированной воды во времени в зависимости от температуры воздуха

Механизм протекания процесса испарения можно объяснить следующим образом. Молекулы поверхностного слоя жидкости испытывают меньшее притяжение со стороны соседних молекул, чем молекулы нижних слоев, поскольку над поверхностью жидкости имеется газ, молекулы которого взаимодействуют с молекулами поверхностного слоя жидкости значительно слабее. Поэтому некоторые молекулы поверхностного слоя жидкости с достаточной кинетической энергией могут преодолеть притяжение соседних молекул жидкости и покинуть ее, т.е. перейти в пар.

Быстрее испаряются жидкости, молекулы которых притягиваются друг к другу с меньшей силой. При увеличении площади поверхности жидкости увеличивается возможность большему числу молекул покинуть ее. Некоторые молекулы пара, двигаясь хаотично и оказавшись достаточно близко от поверхности жидкости, могут быть втянуты обратно в жидкость силами притяжения большого количества молекул жидкости.

Заключение. Так, из результатов исследования видно, что при различной температуре количество времени, необходимое для испарения одних и тех же веществ различно. Для одной и той же жидкости процесс испарения протекает быстрее при более высокой температуре. Это доказывает зависимость исследуемого процесса от данного физического параметра. При уменьшении температуры увеличивается продолжительность процесса испарения и наоборот.

ЛИТЕРАТУРА

- 1.Объедкова В.А. Стоимостная оценка рекультивационных работ на хвостохранилище. - СПб.: СПГТУ, 2006. – С. 492-495.
2. Климат Казахстана / Под ред. А.С. Утешева. - Л.: Гидрометеиздат, 1959. - 368 с.
3. Полякова С.Е. Особенности месячного поступления прямой солнечной радиации на территорию Казахстана // Вестник КазГУ. Серия экологическая. - 2000. - №1,2 (6,7). - С. 107-114.
4. Попова Н.В. Использование искусственных рифов для интенсификации процессов самоочищения воды Северного Каспия // Материалы II Международной конференции «Человек и животные» (Астрахань, 13-14 мая 2004 г.).- С.112-114

5. Сокольский А.Ф., Колмыков Е.В., Умербаева Р.И., Степанова Т.Г., Ардабьева А.Г., Тарасова Л.И., Малиновская Л.В., Ушивцев В.Б., Попова Н.В. Влияние искусственных рифов на продуктивность и самоочищение морской среды // Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 2003 год. - Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2004. - С.125-128.

6. Абдурахманов Г.М., Ахмедова Г.А., Гасангаджиева А.Г. Загрязнение западной части Среднего Каспия нефтяными углеводородами и биологическое разнообразие // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2006. - №3. - С.151-158.

7. Ушивцев В.Б., Водовский Н.Б., Галактионова М.Л., Курапов А.А., Монахов С.К. Экологические и экономические предпосылки к созданию на акватории Северного Каспия искусственных рифовых зон // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. - 2008. - №5. - С.78-83.

8. Ахмедова Г.А. Ушивцев В.Б. Гасангаджиева А.Г. Биоресурсный потенциал и особенности биопродукционных возможностей искусственных биотехнических конструкций в условиях Северного и Среднего Каспия // Научный журнал КубГАУ, №71(07), 2011 года

9. Справка об экологической обстановке в районе хвостохранилища ХГМЗ "Кошкар-Ата". Д.Салман. (Зам. начальника отдела государственного экологического контроля) ~1999г.

10. Отчет по топографо-геодезическим работам на территории пляжа хвостохранилища Кошкар-Ата. ТОО «Проектировщик», г.Актау, 2003г.

11. Глухов В.В., Некрасова Т.П. Экономические основы экологии. - СПб.: Питер, 2003. - 384 с.

REFERENCES

1. Obedkova V.A. Cost assessment of reclamation works at the tailings dump. - St. Petersburg: SPGTU, 2006. - Pp. 492-495.

2. Climate of Kazakhstan / Ed. A.S. Uteshev. - L.: Gidrometeoizdat, 1959. - 368 p.

3. Polyakova S.E. Features of the monthly influx of direct solar radiation on the territory of Kazakhstan // Bulletin of KazSU. Ecological series. - 2000. - No. 1,2 (6,7). - Pp. 107-114.

4. Popova N.V. Using artificial reefs to intensify self-purification processes in the Northern Caspian water // Proceedings of the II International Conference "Man and Animals" (Astrakhan, May 13-14, 2004). - P. 112-114

5. Sokolsky A.F., Kolmykov E.V., Umerbaeva R.I., Stepanova T.G., Ardabyeva A.G., Tarasova L.I., Malinovskaya L.V., Ushitsev V.B., Popova N.V. The influence of artificial reefs on the productivity and self-purification of the marine environment // Fisheries research in the Caspian: Research results for 2003. - Astrakhan: KaspNIRKh Publishing House, 2004. - P. 125-128.

6. Abdurakhmanov G.M., Akhmedova G.A., Gasangadzhieva A.G. Pollution of the western part of the Middle Caspian with oil hydrocarbons and biological diversity // Bulletin of the Astrakhan State Technical University. 2006. - No. 3. - P. 151-158.

7. Ushitsev V.B., Vodovsky N.B., Galaktionova M.L., Kurapov A.A., Monakhov S.K. Ecological and economic prerequisites for the creation of artificial reef zones in the waters of the Northern Caspian // Environmental Protection in the Oil and Gas Complex. - 2008. - No. 5. - P. 78-83.

8. Akhmedova G.A. Ushitsev V.B. Gasangadzhieva A.G. Bioresource Potential and Features of Bioproduction Capabilities of Artificial Biotechnical Structures in the Northern and Middle Caspian Sea // Scientific Journal of KubSAU, No. 71 (07), 2011

9. Information on the environmental situation in the area of the tailings pond of the Kharkiv State Mineral Resources Plant "Koshkar-Ata". D. Salman. (Deputy Head of the State Environmental Control Department), ~1999.

10. Report on topographic and geodetic works on the beach of the Koshkar-Ata tailings pond. ТОО "Proektirovshchik", Aktau, 2003.

11. Glukhov V.V., Nekrasova T.P. Economic Foundations of Ecology. - St. Petersburg: Piter, 2003. - 384 p.

ЫСТЫҚ КЛИМАТТАҒЫ СУДЫҢ БУЛАНУ ПРОЦЕССТЕРІН ТАЛДАУ

К.М. Мұзбаева

Ш. Есенов атындағы Каспий технология және инжиниринг университеті, Ақтау,
Қазақстан Республикасы
e-mail: karlygash.muzbayeva@yu.edu.kz

Аннотация. Бұл зерттеудің өзектілігі тұндырғыш тоған бетінен булануды азайту әдістері мен технологияларын зерттеуде жатыр, бұл аймақтағы қоршаған ортаның нашарлауына ықпал ететін құрғақ жағажайлардың көлемін азайтады. Тапсырма күрделі, себебі тұндырғыш тоғанның беті ондаған шаршы шақырымды құрайды, бұл практикалық енгізу әдісін таңдауды қиындатады. Әдебиеттер мен патенттік іздеу улы су айдындарының үлкен беткі аймағынан су шығынын азайтудың тиімді әдістерін таппады.

Біз қойған мәселе, ондаған шаршы шақырым беткі аймаққа булану оқшаулауын немесе жабынды қажет ететін мәселе, біз қарастырған әдебиеттерге ғана тән. Бұл осы мақалада қойылған мәселенің өте күрделі және ерекше, дәстүрлі емес ғылыми және техникалық шешімдерді әзірлеуді және енгізуді талап ететінін көрсетеді.

Түйін сөздер: булану, қалдық қоймасы, күн радиациясы, уыттылық, су, тоған.

ANALYSIS OF WATER EVAPORATION PROCESSES IN A HOT CLIMATE

K. Muzbayeva

Yessenov University, Aktau, Republic of Kazakhstan
e-mail: karlygash.muzbayeva@yu.edu.kz

Abstract. The relevance of this research lies in exploring methods and technologies for reducing evaporation from the surface of a settling pond, which will reduce the volume of dry beaches that contribute to environmental degradation in the region. The task is complex, as the surface of the settling pond is tens of square kilometers, complicating the choice of a practical implementation method. A literature and patent search revealed no effective methods for reducing water loss from the large surface area of toxic water bodies.

The problem we've posed, which requires evaporative insulation or coating over a surface area of tens of square kilometers, is unique to the literature we've reviewed. This further demonstrates that the problem posed in this paper is enormous, requiring the development and implementation of highly complex and original, unconventional scientific and technical solutions.

Keywords: evaporation, tailings storage facility, solar radiation, toxicity, water, pond.