

УДК 634.02:631.6

Экологическое обоснование технологии использования сточных вод в специализированных агроландшафтах

Умирзаков С.И., Мустафаев Ж.С., Шегенбаев А.Т.

Казахский НИИ рисоводства, г. Кызылорда, Казахстан;

Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан;

Кызылординский государственный университет, г. Кызылорда, Казахстан

Новым элементом во взаимоотношениях общества и природы на современном уровне развития научно-технического прогресса стало то обстоятельство, что взаимодействие человека и природы стало сложным и интенсивным. Высокая концентрация производства и рост городов, воспроизводящих вторичные ресурсы, вызывают в природных системах необратимые процессы отрицательного свойства и нежелательные изменения в природной системе, в том числе качественных показателей поверхностных и подземных водных источников. Именно поэтому сохранение природных ресурсов, их рациональное использование, а где возможно, и продуманное воспроизведение и, кроме того, скрупулезная оценка вероятных экологических последствий любых планируемых действий, становятся актуальными задачами для каждого государства и для человечества в целом, направленными на обеспечение устойчивого развития.

История развития науки дает основания утверждать, что научный поиск повторного использования промышленных отходов, начатый еще в далеком прошлом, и границы познания материального мира, закономерностей и специфики общественного развития постоянно расширяются. В конкретных исторических условиях некоторые области науки, такие как экология, приобретают статус своеобразных лидеров, поскольку их результаты позволяют решать самые актуальные проблемы XXI века, обеспечивая устойчивость природных систем и воспроизводство без утраты своего собственного базиса. При этом одной из наиболее сложных и актуальных проблем природопользования, требующей своевременного решения, является накопление в водной среде производственных и бытовых отходов, то есть сточных вод городов и промышленных объектов, требующих безопасной утилизации. Эта проблема тесно связана с экологическим нормированием, на основе которого определяются параметры состояния, интервалы их естественного колебания, выявляются пороговые и критические величины параметров, обеспечивающих сохранение природных систем. В настоящее время, тенденция конструктивного совершенствования системы и технологических схем утилизации сточных вод развивается в направлении их максимальной адаптации к природным условиям, совмещения функций, автоматизации технологического процесса и обеспечения экологической безопасности.

С учетом современных требований, разработка конструктивных и технологических схем ресурсооборотных и экологически безопасных систем утилизации сточных вод в специализированных агроландшафтах, на основе регулирования динамического баланса потоков вещества, энергии и информации, а также за счет активизации восстановительных процессов, является одной из актуальных проблем природопользования, решение которой приведет к снижению

негативных последствий антропогенного воздействия на природную среду.

Рост городов и промышленных центров, развитие современной индустрии и интенсификация сельскохозяйственного производства в больших масштабах, увеличивают забор воды на бытовые и производственные нужды. Вместе с тем возрастает и объем сточных вод, сбрасываемых в реки и открытые водоемы (табл. 1). Орошение земель биологически очищенными водами городов и поселков в республике превысило 49700 га, из которых 39500 га построены с использованием городских стоков. Из них: Алматы – 16500 га, Актобе – 988 га, Атырау – 14600 га, Дзезказган – 500 га, Костанай – 190 га, Петропавловск – 100 га, Аркалык – 288 га, Уральск – 1536 га, Жанатас – 1500 га, Шымкент – 1550 га. Для маловодного Казахстана это, во-первых, является важным шагом на пути повышения эффективности использования вторичных водных ресурсов, во-вторых - это одно из мероприятий по охране окружающей среды [1-2].

В последнее время мелиоративной наукой ведется поиск путей снижения антропогенного воздействия при утилизации сточных вод на природную среду, на основе водооборотных гидромелиоративных технологий [119; 120], то есть назрела необходимость разработки современных экологически безопасных технологий утилизации сточных вод в специальных агроландшафтах. При этом повторное использование сточных вод в специальных агроландшафтах необходимо предусматривать с целью предотвращения или снижения степени загрязнения водоемов сточными водами, утилизации растворенных в этих водах химических веществ, а также повышения экологической емкости малопродуктивных ландшафтов, путем регулирования направленности почвообразовательных процессов.

Таблица 1 - Объем сточных вод по областям Казахстана, млн. м³ [1]

№	Наименование областей	1980		2000	
		Бытовые стоки	Нормативно чистые	Бытовые стоки	Нормативно чистые
1	Алматинская	391.0	19.9	502.7	29.5
2	Актобенская	94.0	11.0	97.2	13.0
3	Акмолинская	145.8	12.9	181.6	23.9
3	Атырауская	129.3	48.1	189.4	157.0
5	Восточно-Казахстанская	372.6	61.4	424.1	75.1
6	Западно-Казахстанская	55.9	2.5	71.0	3.9
7	Жамбылская	172.2	51.2	251.7	58.1
8	Карагандинская	453.8	94.3	529.7	108.5
9	Кызылординская	123.0	8.1	142.1	16.2
10	Кустанайская	529.7	15.9	253.8	22.4
11	Мангышлакская	91.5	5.2	135.4	8.9
12	Павлодарская	251.9	290.6	385.6	397.0
13	Северо-Казахстанская	82.5	8.0	98.0	8.8
14	Южно-Казахстанская	262.2	40.6	305.4	75.9
	Итого	2841.7	674.6	3568.7	1058.2

Технологический водооборотный мелиоративный цикл для экологически безопасной утилизации сточных вод в специальных агроландшафтах включает три стадии: «накопление сточных вод (сток) - орошение - осушение

(эвапотранспирация)», он является замкнутым в отличие от существующих систем сельскохозяйственных полей орошения (ЗПО). Одной из недостаточно решенных проблем, сдерживающих практическое использование водооборотного мелиоративного цикла, является определение оптимального объема накопительных емкостей, которые зависят от объема коммунально-бытовых и промышленных стоков (W_{cm}), а также поверхностного (склонового) стока (W_n) прилегающих территорий.

Для определения максимально-возможных объемов коммунально-бытовых стоков и сточных вод промышленных объектов городов, формирующихся в регионе, их необходимо разделить на две части:

- сток, формирующийся в теплый период года (W_{cm}^m), который непосредственно утилизируется в специальных агроландшафтах;

- сток, формирующийся в холодный период года (W_{cm}^x), который аккумулируется на специальных пастбищных полях, используется для промывки засоленных почв, или аккумулируется в прудах-накопителях сточных вод, а также может быть сброшен в водоисточник, если качество стока соответствует санитарно-экологическим требованиям.

При этом, полезный объем прудов-накопителей ($W_{nз}$) целесообразно определять по аналогии с прудами сельскохозяйственного назначения, по формуле:

$$W_{nз} = W_{cm}^x + W_n,$$

где W_n - весенний, поверхностный сток водосборного участка вокруг прудов-накопителей.

Исходя из этих соображений, общий располагаемый сток ($W_{об}$) определяем, как сумму полезных объемов прудов-накопителей ($W_{nз}$) и стока, формирующегося в теплый период года (W_{cm}^m):

$$W_{об} = W_{cm}^m + W_{nз}.$$

Основой проведения теоретических исследований для оценки испаряющей способности природной системы служили известные уравнения математической физики [3-7]:

- теплопроводности в случае однородности условий испарения:

$$dy / dt = a \left(d^2 y / dx^2 \right), \text{ где } y(x, t) - \text{ функция распределения тепла и в случае}$$

их неоднородности - $dy / dt = a \left(d^2 y / dx^2 \right) + g(x, t)$, где $g(x, t)$ - функция, описывающая источники тепла;

- диффузии - $dC / dt = D \left(d^2 C / dx^2 \right)$, где $C(x, t)$ - коэффициент диффундирующего вещества; D - коэффициент теплопроводности;

- гидропроводности - $dh / dt = (kh / m) \left(d^2 h / dx^2 \right) + f(x, y, t)$.

Следует отметить, что для обеспечения максимально возможного испарения влаги в агроландшафтных системах степень увлажнения почвы должна быть в пределах 0.8-0.9 НВ. Тогда это можно рассматривать как испарение влаги с

затененной высоко увлажненной поверхности. Для учета влияния зарастания высоко увлажненной или водной поверхности на интенсивность испарения необходимо решить уравнение диффузии - $dC/dt = D(d^2C/dx^2)$, то есть испарения, как диффузии пара в атмосферу. Так как диффузия пара не зависит от времени t , а зависит только от концентрации пара на границах области Γ , то в этом случае уравнение диффузии имеет следующий вид: $D(d^2C/dx^2) = 0$.

Решением системы уравнения является стационарное распределение концентрации пара в заданной области при условии, что концентрация на границах (0; 1) известна, то есть, ее решением является линейная функция $C = A \cdot x + B$ (стационарное распределение), то есть:

$C = C_l - C_o + C_o = C_l$, то есть при $x = 0$ $C = C_o$, что физически правдоподобно.

В естественных условиях этой силой является градиент упругости водяного пара $(C_o - C_l)$, в связи, с чем уравнение испарения с открытой водной поверхности при следующих обозначениях, которые характерны для метеорологии $C = E$, $(C_o - C_l) = (E_l - e_o)$ и $D = x/l \cdot t$ примет вид: $E = D \cdot (E_l - e_o) \cdot t$, где E - испарение, мм; E_l - упругость насыщения, мб; e_o - парциальное давление, мб; D - удельная всасывающая сила атмосферы, равная 0.14 мм/(мб сутки).

Для учета влияния зарастания высоко увлажненной поверхности почвы на интенсивность испарения вместо величины E_l необходимо ввести $\gamma \cdot E_l$, в котором γ - коэффициент, учитывающей изменения температуры воздуха над затененной водной поверхностью. Уравнение для установления интенсивности испарения с заросшей водной поверхности будет иметь следующей вид: $E = D \cdot (\gamma \cdot E_l - e_o)(1 + a \cdot w) \cdot t$, то есть уравнение по физической характеристике является модификацией формулы Н.Н. Иванова для определения испаряемости с открытой водной поверхности:

$$\dot{A} = 0.0061(25 + t)^2(100 - a),$$

где t - температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$; a - относительная влажность воздуха за расчетный период, % [69].

Сумма месячных дефицитов испарения (ΔE , мм) определяется как разность между испаряемостью природной системы и ее природной влагообеспеченностью по формуле:

$$\Delta E = E - O_c.$$

Максимально-возможная норма водопотребности (O_p , мм) при утилизации сточных вод в агроландшафтных системах за биологический активный период года будет равна:

$$O_p = \sum_{i=1}^{i=n} \Delta E.$$

В таблице 2 приведены нормы утилизации сточных вод в специализированных агроландшафтах (ΔE_o) в пределах территорий, прилегающих к городам Казахстана.

Как видно из таблицы 2, испаряющая способность природной системы

достаточно высокая и колеблется в пределах от 665 до 1705 мм в зависимости от географического расположения городов Казахстана. Наличие таких достаточно высоких энергетических ресурсов природной системы Казахстана позволяет без привлечения дополнительных ресурсов экологически безопасно утилизировать сточные воды городских систем, являющиеся одним из главных источников загрязнения окружающей среды. Оценка степени эффективности испаряющей способности природной системы Казахстана выполняется по комплексу показателей, среди которых продолжительность теплого периода года, сумма активных температур и испаряемость (табл. 3)

Как видно из таблицы 3, высокая эффективность испаряющей способности природной системы создается при сумме температур более 2600 °С. Следует отметить, что практически все крупные города Казахстана находятся южнее изолинии этой суммы температур, что позволяет эффективно использовать их природно-ресурсный потенциал для утилизации сточных вод в специализированных агроландшафтах.

В заключении следует отметить, что водооборотные технологии утилизации сточных вод в специализированных агроландшафтах являются одним из основных направлений повышения экологической надежности повторного использования вторичных ресурсов в системе природопользования.

Таблица 2 – Нормы утилизации сточных вод в специализированных агроландшафтах (ΔE_o) на прилегающих территориях городов Казахстана

Метеостанции	Показатели уравнивания водного баланса агроландшафтов (мм)		
	E_o	O_c	ΔE_o
Петропавловск	665	320	345
Павлодар	795	352	443
Экибастуз	803	334	469
Костанай	754	373	381
Аркалык	876	373	503
Тургай	925	282	643
Семипалатинск	714	364	350
Аягуз	743	330	413
Караганда	750	246	504
Жезказган	964	208	756
Балхаш	948	195	753
Уральск	902	374	528
Астана	895	411	484
Кокчетав	717	465	252
Актобе	877	315	562
Чалкар	1047	237	810
Актау	1014	236	778
Атырау	1156	141	1015
Усть-Каменогорск	774	536	238
Талды-Курган	952	412	540
Алматы	902	509	393
Тараз	1048	353	695
Шымкент	1219	582	637
Кызылорда	1129	151	978

Таблица 3 - Шкала эффективности испаряющей способности природной системы Казахстана

Показатели	Испаряющая способность природной системы			
	низкая	средняя	высокая	очень высокая
Сумма температур воздуха за период $>10^{\circ}\text{C}$	1000-1800	1800-2600	2600-3500	3500-4400
Испаряемость, мм	400-700	700-1000	1000-1400	1400-1700
Продолжительность теплого периода года, сутки	150-180	180-220	220-250	250-280

Литература

- Бакиров Ш.Б. Охрана водных ресурсов Казахстана // Вопросы рационального использования водных ресурсов и охрана их от загрязнения в условиях Казахстана / Труды ТИИИМСХ. – Ташкент, 1983. – Вып. 129. - С. 3-21.
- Коробкин В.А., Симонова В.А. Перспектива развития в Казахстане орошения за счет сточных вод // Вестник АН КазССР. - Алма-Ата: Наука, 1988. - №11.- С. 38-50.
- Растворова О. Г. Физика почв. – Л.: ЛГУ, 1983. – 191 с

4. Попов, В. А., Квасинин Л. Д. Физика и математическая модель транспирации // Рисоводство, 2002. – № 2. – С. 85–88.
5. Попов В.А., Рындин А.Н. Математический модели испарения // Научный журнал КубГАУ. – Краснодар, 2006.- №1(17). – С. 45-50.
6. Умирзаков С.И. Принципы нормирования испаряющей способности природной системы при утилизации сточных вод // Вестник Кыргызского аграрного университета. – Бишкек, 2009.- №3(14). – С.152-161.
7. Умирзаков С.И., Шегенбаев А.Т. Математическое моделирование испаряющей способности ландшафтной системы // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Математическая наука и ее вклад в развитие прикладных научных исследований».- Тараз, 2010. – С. 378-380.