

УДК 910.3:556(477.75)

Л. М. Соцкова

Экологические риски орошаемого земледелия в Крыму

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет
им. В.И. Вернадского», г. Симферополь
e-mail: slms2986@mail.ru

Аннотация. Проведен сбор, анализ, систематизация и обобщение правовых, статистических, литературных, фондовых материалов и личных полевых исследований по классификации и характеристике основных экологических рисков орошаемого земледелия в Крыму.

Ключевые слова. Экологические риски, земледелие, уровень грунтовых вод, подтопление, вторичное засоление, осолодение, адвентивная флора.

Введение

В период активных преобразований Крыма реализация стабильного развития региона в значительной степени определяется эффективностью сельскохозяйственного производства. В литературе (А.Н. Карпенко, М.Т. Устинов, А.Г. Шмаль и др.) встречается несколько основных и аргументированных подходов к понятию экологических рисков при орошении, характеризующихся как через вероятность негативных последствий, так и величины негативных экологических изменений. Ирригационное растениеводство формирует сложные многофакторные взаимодействия всех составляющих водных ресурсов вследствие чего оказывает чрезвычайно сильное воздействие на функциональные и структурные особенности, как самих антропоценозов, так и окружающей среды на различных уровнях ее организации. В основу анализа проявления рисков положены материалы сбора, анализ, обобщения литературных данных, Годовых отчетов по технической эксплуатации оросительных систем канала, Сводных итогов инвентаризации внутривозвратных коллекторно-дренажных систем и личных полевых исследований. Выбор темы исследования обоснован необходимостью превентивного анализа экологических издержек использования вод, в условиях возрастающей тенденции ограниченности мировых ресурсов пресной воды, роста экономической стоимости воды, развития глобального рынка виртуальной воды, противодействия проявлению повышенной антропогенной нагрузки и резкой интенсивности деградационных процессов.

Материалы и методы

В целях формирования банка данных использовались следующие материалы:

- нормативно-законодательные материалы;
- годовые отчеты по технической эксплуатации оросительных систем канала за 1998-2010 гг.;

- сводные итоги инвентаризации внутрихозяйственных коллекторно-дренажных систем, находящихся на балансе правопреемников в АРК на 01.01.2004-2011г.;

- цифровые модели залегания уровня грунтовых вод, подтопления населенных пунктов;

- данные личных полевых исследований по экспансии адвентивной флоры.

Актуальность исследования определяется необходимостью идентификации экологических рисков при перспективном использования транзитных вод Северо-крымского канала.

Целью статьи является анализ экологических рисков трех этапов развития орошаемого земледелия в Крыму для принятия превентивных мер, способствующих управлению рисками при восстановлении орошаемого земледелия Крыма.

Результаты и обсуждение

Согласно Федеральному Закону «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. (ред. от 29.07.2018 г.) под экологическим риском понимают вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера [1].

В развитии орошаемого земледелия в Крыму четко выделяются три этапа - первый с 1962 по 2014 годы, второй – с 2014 по 2022 и третий – современный.

В концептуальном отношении важнейшие источники и факторы экологических рисков орошения в Крыму представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Источники и факторы экологических рисков орошаемого земледелия

Источник экологического риска	Факторы экологического риска
Переброска стока и орошение	Режим и баланс вод на орошаемых землях Нарушение норм орошения Использование водоемких технологий орошения Отсутствие /недостаточность коллекторно-дренажных сетей
Изменение водного и водно-хозяйственного баланса территории и т.д.	Подъем уровня грунтовых вод и подтопление пашни и населенных пунктов Вторичное засоление Занос адвентивной (сорной) флоры

Составлено автором

Начиная с шестидесятих годов прошлого века по Северо-крымскому каналу (СКК) подавались пресные речные воды. Режим и баланс вод при ирригации можно описать уравнением:

$$\sum \Delta W = B + P - (E + Tr) + (U_f - U_\mu) - C - D \pm p, \quad (1)$$

где: $\sum \Delta W$ – общий баланс;

B – водозабор с учетом поверхностного притока и сбросов;

P – атмосферные осадки;

E – испарение;
 Tr – транспирация влаги растениями;
 U_i – боковой подземный приток со стороны;
 U_{μ} – боковой отток подземных вод;
 C – поверхностные сбросы непосредственно с полей; D – дренажный сток;
 $\pm p$ – подпитывание грунтовых вод снизу восходящим током подземных вод (+) или перетекание подземных вод в нижележащие водоносные горизонты (-).

Риски первого этапа орошаемого земледелия. Основные процессы, запущенные использованием вод СКК для орошения и обводнения иллюстрирует рис.1.

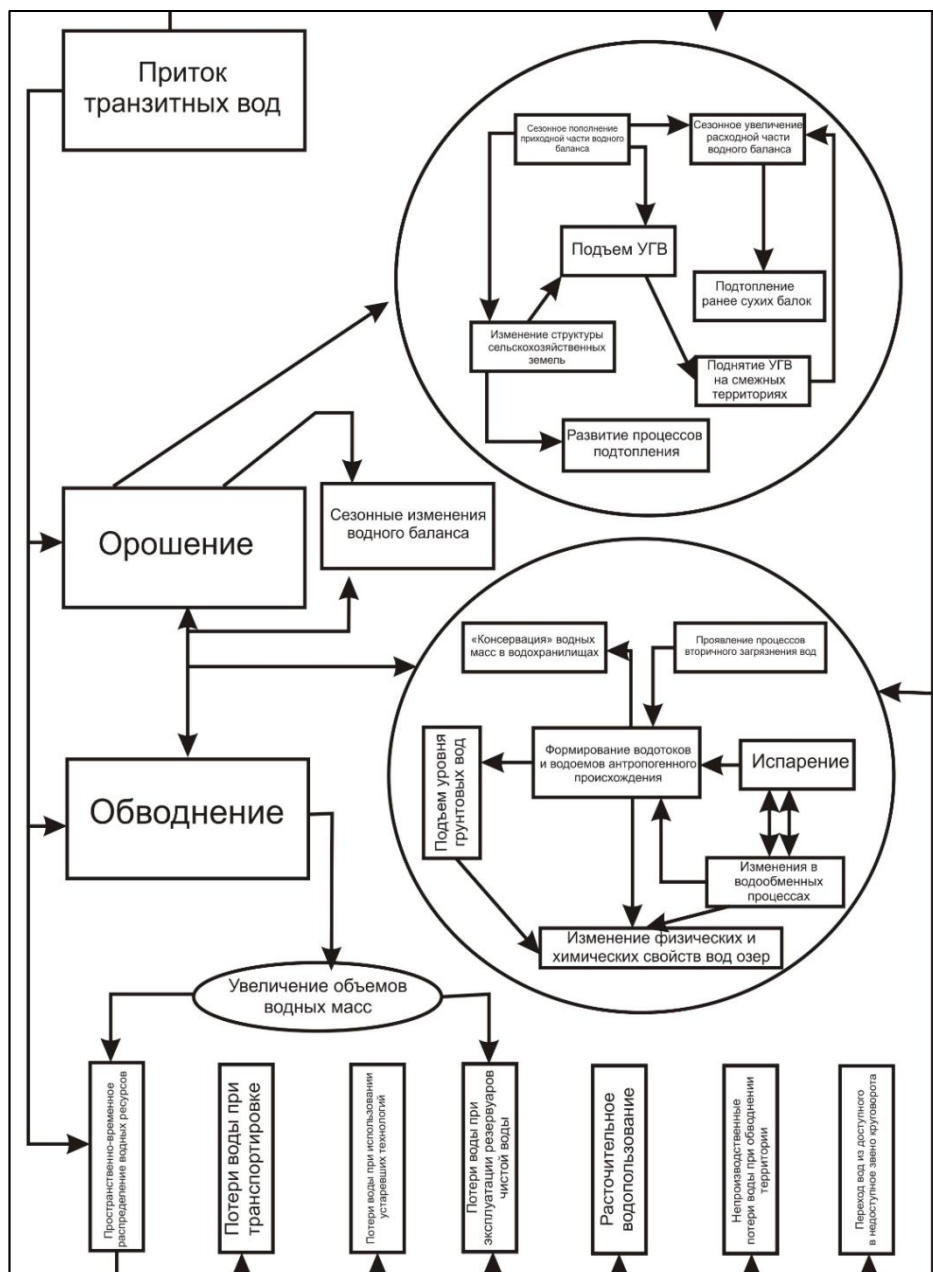


Рис. 1. Трансформация водных ресурсов Крыма под влиянием межбассейновой переброски вод
 Составлено автором

Перед строительством ССК ведущими почвоведомы были произведены детальные почвенные изыскания в степной зоне полуострова. Благоприятный прогноз поднятия уровня грунтовых вод (УГВ) при использовании вод на протяжении 30-50 лет оказался самоаннулирующимся. Средний региональный подъем УГВ составлял от 30 см до 1,0 – 1,5 м в год, что спровоцировало круглогодичное обводнение ранее сухих балок, изменения гидрологического режима Сиваша. Например, только в Центральном Присивашье появилось 11 новых временных водотоков, общей протяженностью 518 км, сформировавшихся вследствие сброса дренажных вод и общего подъема уровня грунтовых вод в балках Зеленая, Стальная, Мирновка, Целинная и др.

Таблица 2.

Показатели уровней залегания грунтовых вод на орошаемых землях Крыма [2.3.4]

Годы	Площади, охваченные наблюдением, тыс. га, %	В том числе с уровнем залегания грунтовых вод				
		От 0 до 1 м	От 1 до 2 м	От 2 до 3 м	От 3 до 5 м	Более 5 м
1980	265,2 100 %	18,9 7,1 %	22,8 8,5 %	65,4 24,7 %	42,6 16,0 %	115,5 43,5 %
2000	397,7 100 %	10,8 2,8 %	20,9 5,2 %	65,1 16,4 %	89,8 22,5 %	211 53,1 %

При общей длине оросительной системы Крыма 10700 км, а коллекторно-дренажной сети превышала 15 тыс. км. Максимальные площади дренажа были сосредоточены в пределах Джанкойского, Нижнегорского и Советском районов.

Таблица 3

Площади подтопленных сельскохозяйственных угодий и количество подтопленных населенных пунктов в 2003 г [4,5]

Название УОС (Управление оросительных систем)	Площадь подтопленных сельскохозяйственных угодий, тыс. га	Количество подтопленных населенных пунктов, шт
Сакское УОС	1,681 (в госсистеме -1,529)	14, в т.ч. в зоне оросит. систем 15
Нижнегорское УОС	1,261	11
Красногвардейское УОС	0,013	2
Тайганское УОС	0,019	12
Ленинское УОС	0,004	21
Красноперекоепское УОС	0,048	21
Бахчисарайское УОС	0,046	6
Раздольненское УОС	1,99	3
Салгирское УОС	0,038 (0,018)	9

Площади подтопленных сельскохозяйственных угодий составляли в 2008 – 21402, а в 2009 году – 17733 гектар [4.5]. Использование вод канала, непроизводительные потери воды до 30% от водозабора резко изменили

механизмы трансформации водного баланса, привели к проявлению процессов дегумификации и снижению плодородия почвы

Чрезвычайно неблагоприятная ситуация сложилась в 77 населенных пунктах, располагающихся вдоль магистрального канала и его основных ответвлений, 21 были полностью подтоплены (рис.2).

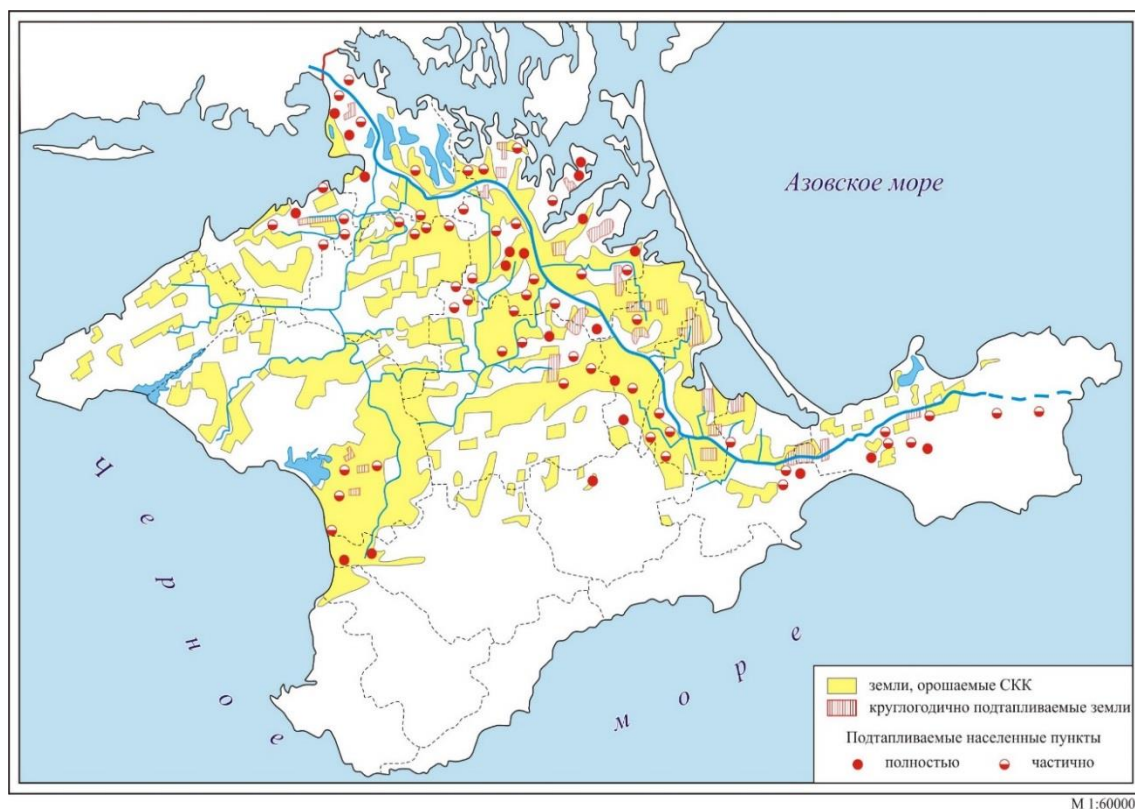


Рис. 2. Расположение подтопленных населенных пунктов вдоль СКК
Составлено автором по [4,5]

Сезонное поступление больших объемов оросительных вод привело к увеличению приходной части и резкому изменению водного баланса. С приходом Днепровских вод и широко масштабным орошением связаны занос и экспансия сорных местных и адвентивных видов как на поливных, так и на прилегающих землях. Например, в Присивашье отмечалось активное внедрение в местную флору более 200 новых видов сорняков [6]. Экспансия адвентивных видов носила внутри региональный характер. «Флора» сорных растений региона, находящихся на разных стадиях инвазии, насчитывает чрезвычайно разнообразна. Таким образом, под воздействием орошения происходило нивелирование и потеря индивидуального облика ранее различных территорий.

Полевые исследования и литературные данные демонстрируют, что группа наиболее распространенных адвентивных растений лишь центрального Присивашья составляет список из 16 видов. Сорные растения избирательно приурочены к различным агроценозам, но наиболее высокая степень засорения характерна для садов и виноградников, средняя – для зерновых и овощных и слабая – для технических и кормовых культур. Широкий набор видов, характерных для всех сельскохозяйственных посевов приведен в табл. 4.

По способу заноса среди 9 адвентивных видов различаются следующие группы: аколотофиты (6 наиболее распространенных видов) – случайно занесенные и развившие дальнейшую экспансию; эргазиофиты (2 вида) – одичавшие и дичающие из культуры; ксенофиты (1 вид) – случайно занесенные под влиянием хозяйственной деятельности [6].

Таблица 4.

Сорные адвентивные виды Присивашья [6]

Название растений	По способу заноса	По времени заноса	По степени натурализации
Щирица белая	аколотофит	эунеофит	эргазиофит
Амброзия полыннолистная	аколотофит	эунеофит	агриофит
Циклохена дурнишничко листовая	аколотофит	эунеофит	агриофит
Щетинник сизый	аколотофит	эунеофит	эргазиофит
Тимьян Маршалов	аколотофит	неофит	эфемерофит
Индау посевной	аколотофит	эунеофит	эфемерофит
Кохия веничная	эргазиофит	эунеофит	эпекофит
Змееголовник тимьяноцветный	эргазиофит	эунеофит	эфемерофит
Вербена лежащая	ксенофит	неофит	эфемерофит

Начиная со второй половины 90 - х годов, территории поливных земель неуклонно сокращались. Соответственно снижалась и вероятность вторичного засоления почв (табл. 5).

Таблица 5.

Динамика показателей засоленности орошаемых земель Крыма [5,7]

Год	Площадь орошаемых земель тыс. га, %	Площадь засоленных земель тыс. га, %	В том числе		
			Слабо-засоленные	Средне-засоленные	Сильно-засоленные
1980	265,2 100 %	42,4 16,9 %	36,0 13,8%	6,2 2,3%	0,2 0,7%
2000	401,9 100%	27,7 6,9%	23,5 5,8%	4,0 1,0 %	0,2 0,04%

Второй этап орошаемого земледелия. К началу 2014 года водоподача из системы СКК не превышала 1,1 млрд. м³. В условиях водной блокады резко изменился характер экологических рисков. Отказ от выращивания водоемких культур, снижение показателей «скрытого экспорта воды», внедрение водосберегающих технологий преимущественно капельного полива привели к стабилизации и снижению уровня грунтовых вод (УГВ).

Под критическим УГВ традиционно понимают глубину их расположения относительно земной поверхности до 1,5 – 2,5 м. Например, для территории орошаемых и прилегающих к ним земель Красногвардейского района сложилась в целом благоприятная ситуация (рис.3). Своеобразная зональность проявляется в доминирующих УГВ от 3 до 5-8 м.

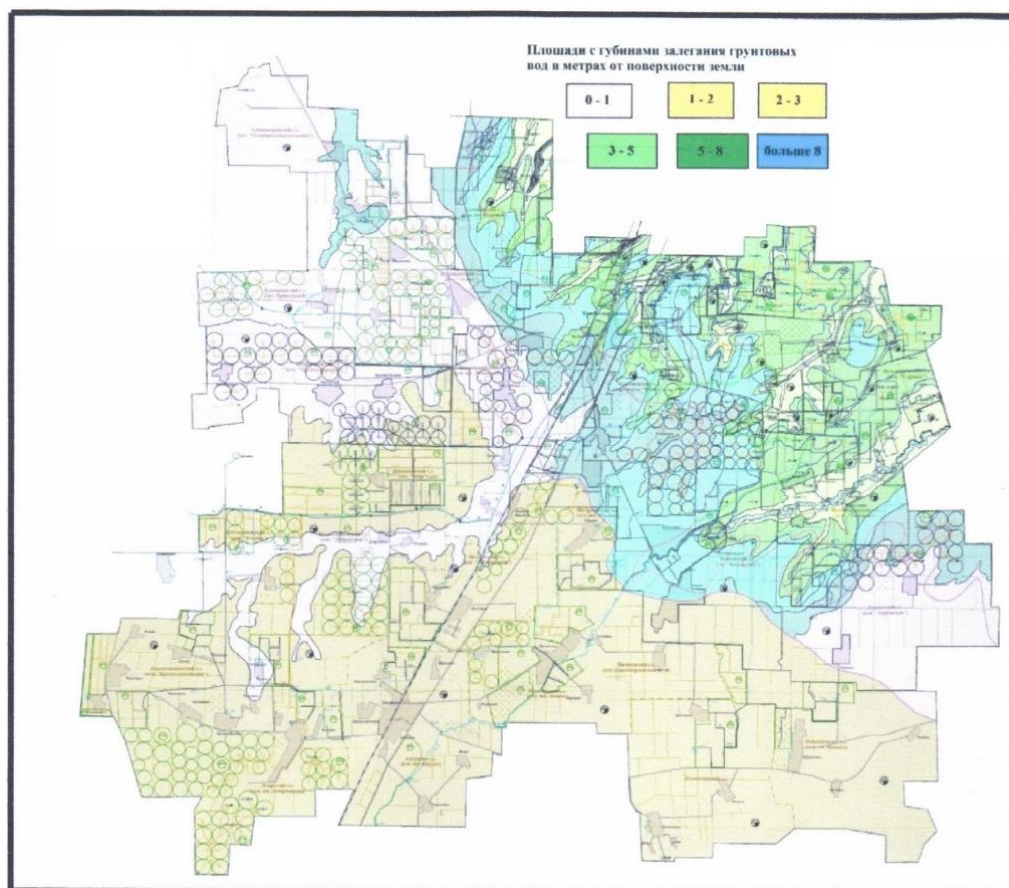


Рис. 3. Глубина залегания грунтовых вод на территории Красногвардейского района. Составлено по [8]

Восстановление функционирования Северо - Крымского канала и, соответственно, орошения требует поэтапного решения и учета, как негативного, так и лучшего опыта прошлого.

Например, за поливной период 2022 года в Красногвардейском районе суммарный водозабор составил 17132 тыс. м³. Подано воды хозяйствам района на полив сельскохозяйственных культур 6493 тыс. м³, в том числе на проведение влагозарядковых поливов 250 тыс. м³ полито 17138 га орошаемых земель. В том числе по Красногвардейской госсистеме - 16503 га, по Салгирской оросительной система - 100 га и от реки Салгир - 250 га, малое орошение - 285 га [9], что фактически не отразилось на уровне залегания грунтовых вод.

В частности, необходимо отметить и тенденцию снижения УГВ на поливных пахотных землях Кировского района Республики Крым.

Таблица 6.

Изменение уровня грунтовых вод на территории Кировского района [9]

Интервал глубин УГВ, м	Площадь пахотных земель, га, по состоянию на:				Изменение за:	
	IX.21	IX.22	III.22	IX.22	год	период
0-1	-	-	0	-	-	0
0-2	40	54	12	54	+14	+42
0-3	4251	4289	3472	4289	+38	+817
3-5	25173	25157	2554	25157	-16	-385
Более 5,0	27030	27008	27439	27008	-22	-431

По данным Кировского филиала Госкомводхоза и Крымской гидрогеолого-мелиоративной экспедиции [8], замеры уровней грунтовых вод свидетельствуют о том, что в течение 2022 года продолжали происходить незначительные изменения в уровненом режиме грунтовых вод. Положение зеркала грунтовых вод, отслеженное по результатам замеров гидрогеолого-мелиоративной экспедицией, наблюдательных скважин увеличивалось в интервале 0-3 м.

Таким образом, основные риски орошаемого земледелия современного этапа сводятся преимущественно к качеству поливных вод. В начале поливного сезона 2023 года общая минерализация вод канала составила 0,290 г/л. Результаты химического анализа проб воды из Северо-Крымского канала представлены в табл.7.

Таблица 7.

Солевой состав воды Северо-Крымского канала

Наименование показателя	Содержание, мг/дм ³	Содержание, мг-экв/л
Натрий-Калий	39	1,61
Натрий	22	0,96
Хлориды	29	0,82
Кальций	49	2,45
Магний	14	1,15
Сульфат-ионы	70	1,46
Гидрокарбонаты	177	2,91

Составлено автором

Исходя из результатов химического анализа, содержание ионов натрия больше содержания хлоридов, но меньше суммарного содержания ионов сильных кислот (хлориды+сульфаты). Оценка экологического риска возможна путем расчета ирригационного коэффициента Стеблера ($K_{и}$), аппроксимируемого выражениями:

$K_{и} = 288 / (rNa^{+} + 4rCl^{-})$, $K_{и} = 288 / (0,96 + 4 \cdot 0,82)$, $K_{и} = 288 / 4,24 = 67,9$. Значение Коэффициента Стеблера указывает на хорошую пригодность воды и возможности ее успешного применения для орошения.

Выводы

Таким образом, на первом этапе развития орошаемого земледелия в Крыму ирригация на фоне эксплуатации расточительных способов полива и привели к феноменальному пространственно-временному перераспределению всех компонентов поверхностной и подземной составляющих водных ресурсов Крыма. В этой связи проявились риски подъема уровня грунтовых вод и подтопление пашни и населенных пунктов, вторичного засоления и заноса адвентивной (сорной) флоры. Опыт развития растениеводства в условиях водной блокады, экономии водных ресурсов, внедрении водосберегающих технологий (преимущественно капельного орошения) демонстрирует широкие перспективы развития аграрного сектора Республики Крым. Нынешнее положение с недостатком сельскохозяйственной продукции в мире называют «тихим цунами». Геополитическое положение Крыма в купе с разноплановыми интересами стран Причерноморья диктуют необходимость восстановления инфраструктуры канала

и орошения. На базе анализа и учета ошибок в организации ирригации и обводнения на первом этапе внедрения орошаемого земледелия, широкого использования современных водосберегающих технологий, включая инновационные мелкодисперсные и внутрпочвенные способы поливов, создания информационной системы регионального мониторинга, на фоне сохранения и улучшения плодородия почв и мелиоративного состояния поливных земель и прилегающих территорий. Развитие механизмов оптимизации водоподачи и водораспределения, сохранение высокого качества вод канала, реализация компенсационных мероприятий, нацеленных на улучшение солевого режима и противодействию процессам деградации и снижения плодородия почвы нивелируют вероятность проявления экологических рисков орошаемого земледелия.

Литература

1. ФЗ № 7 «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 (ред. от 29.07.2018)
2. Научно обоснованная система земледелия республики Крым. Симферополь: Таврида, 1996:356 с.
3. Годовые отчеты по технической эксплуатации оросительных систем канала за 1998-2010 гг. Симферополь. Рескомводхоз Крыма.
4. Сводные итоги инвентаризации внутрихозяйственных коллекторно-дренажных систем, находящихся на балансе правопреемников в АРК на 01.01.2004, Крымская геолого-гидро- мелиоративная экспедиция
5. Водное хозяйство Крыма. Симферополь: Доля, 2008. 264 с.
6. Гаркуша Л. Я., Соцкова Л. М. Изменения растительного покрова Центрального Присивашья под влиянием орошения Вестник МГУ, сер.5. География, 2007..№ 2. С.55-59
7. Соцкова Л. М. Использование транзитных вод в Крыму: проблемы и экологические последствия // Мат. Международной научно-практической конференции «Теоретические и прикладные проблемы географической науки: демографический, социальный, правовой, экономический и экологический аспекты». Воронеж. 2016. С. 314-319.
8. Годовой отчет по технической эксплуатации за 2015 год Красногвардейский филиал ГБУ РК «Крымское управление водного хозяйства и мелиорации». С. 78
9. Годовой отчет по технической эксплуатации за 2021 год Кировский филиал ГБУ РК «Крымское управление водного хозяйства и мелиорации». 85 с.

L. M. Sozkova

Environmental risks of irrigated agriculture in Crimea

V.I. Vernadsky Crimean Federal University,
Simferopol
e-mail: slms2986@mail.ru

Abstract. *The collection, analysis, systematization and generalization of legal, statistical, literary, stock materials and personal field research on the classification*

and characterization of the main environmental risks of irrigated agriculture in the Crimea was carried out.

Key words: *Environmental risks, agriculture, groundwater level, flooding, secondary salinization, sedimentation, adventitious flora.*

References

1. FZ № 7 «Ob ohrane okruzhayushchej sredy» ot 10.01.2002 (red. ot 29.07.2018). (in Russian)
2. Nauchno obosnovannaya sistema zemledeliya respubliki Krym. Simferopol': Tavrida, 1996. 356 s. (in Russian)
3. Godovye otchety po tekhnicheskoy ekspluatatsii orositel'nyh sistem kanala za 1998-2010 gg. Simferopol'. Reskomvodhoz Kryma. (in Russian)
4. Svodnye itogi inventarizatsii vnutrihozyajstvennyh kollektorno-drenazhnyh sistem, nahodyashchihsya na balanse pravopremnikov v ARK na 01.01.2004, Krymskaya geologo-gidro- meliorativnaya ekspeditsiya (in Russian)
5. Vodnoe hozyajstvo Kryma. Simferopol': Dolya, 2008. 264 s. (in Russian)
6. Garkusha L. YA., Sockova L. M. Izmeneniya rastitel'nogo pokrova Central'nogo Prisivash'ya pod vliyaniem orosheniya Vestnik MGU, ser.5. Geografiya , 2007..№ 2. S.55-59. (in Russian)
7. Sockova L. M. Ispol'zovanie tranzitnyh vod v Krymu: problemy i ekologicheskie posledstviya / Mat. Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Teoreticheskie i prikladnye problemy geograficheskoy nauki: demograficheskij, social'nyj, pravovoj, ekonomicheskij i ekologicheskij aspekty». Voronezh, 2016. S. 314-319. (in Russian)
8. Godovoj otchet po tekhnicheskoy ekspluatatsii za 2015 god Krasnogvardejskij filial GBU RK «Krymskoe upravlenie vodnogo hozyajstva i melioratsii». S. 78. (in Russian)
9. Godovoj otchet po tekhnicheskoy ekspluatatsii za 2021 god Kirovskij filial GBU RK «Krymskoe upravlenie vodnogo hozyajstva i melioratsii». S 85. (in Russian)

Поступила в редакцию 01.12.2023 г.