

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
ИНСТИТУТ СТЕПИ  
ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

А.Ж. Калиев

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА  
ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ  
ГАЗОХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА  
НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ**

Оренбург  
ИПК ГОУ ОГУ  
2009

УДК 332.142.4:502.171:546.212  
ББК 65.305.143.23+65.28  
К 17

Рецензент

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
Заслуженный деятель науки РФ А.И. Климентьев

**Калиев А.Ж.**

**К 17 «Экологическая оценка влияния выбросов газохимического комплекса на природную среду». / Под научной редакцией члена-корреспондента РАН А.А. Чибилева. – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2009. – 269 с.  
ISBN 978-5-7410-0885-0**

Настоящая работа подготовлена в рамках научно-технической программы 0.85.01.08.02.02 «Дать оценку изменениям наземных и водных экосистем в условиях антропогенного воздействия». Актуальность постановки проблемы обусловлена слабой изученностью влияния выбросов крупнейшего в Европе Оренбургского газохимического комплекса на природную окружающую среду. Дефицит пресной воды на Южном Урале, связанный как с природными условиями, так и с огромным ее потреблением в сфере промышленности и сельского хозяйства, вызывает необходимость изыскивать пути и способы бесперебойного снабжения их пресной водой. Известно, что увеличивающиеся потребности в пресной воде сопровождаются ухудшением ее качества за счет сброса сточных вод водопотребителями в открытые водоемы. Это приводит к пагубным последствиям: загрязняются источники, ухудшается экологическая обстановка, санитарное состояние рекреаций и урбоэкосистем, снижается комфортность и безопасность среды жизнедеятельности человека.

В книге на обширном фактическом материале изучены состав сточных вод и атмосферных выбросов газохимического комплекса, их влияние на экологическое состояние прилегающих территорий и комплексная экологическая оценка пригодности сточных вод для орошения. В исследованиях применены современные приборы, оборудование и методики, что позволило выявить общетоксический и мутагенный эффект сточных вод как микробных пул, так и на растительные и животные тест-объекты, а также на качество животноводческой продукции. Проведено ранжирование прилегающей к объекту территории по степени загрязнения почв и растительности атмосферными выбросами.

Разработаны и рекомендованы производству технологии возделывания на земледельческих полях орошения ряда кормовых культур и обоснована необходимость организации службы почвенно-экологического мониторинга, что позволит на основе комплексной программы осуществлять текущие и долгосрочные прогнозы состояния экосистем и принимать своевременные управленческие решения.

Книга может вызвать интерес у специалистов различных отраслей науки (инженеров по кадастрам, земледелов, почвоведов, биологов, географов, экологов и др.), осуществляющих мониторинг природной среды, а также у части деятелей практики, чьи интересы тесно связаны с охраной природных объектов и их рациональным использованием.

Она будет полезной также работникам нефтегазодобывающих компаний, промышленных предприятий и сотрудникам правительственных и частных экологических организаций. Может быть востребована преподавателями и студентами университетов, техникумов и колледжей, изучающих или участвующих в проведении исследований по указанным проблемам, а также учителям общеобразовательных школ в качестве учебного пособия по различным курсам (например, по земельному кадастру, земледелию, почвоведению, гидрологии, экологии и др.), изучающим и охраняющим природную среду.

ББК 65.305.143.23+65.28

К 2503010000  
6Л9-09

ISBN 978-5-7410-0885-0

© Калиев А.Ж., 2009  
© ГОУ ОГУ, 2009

**Russian Academy of Science  
Ural branch  
Institute of Steppe  
Orenburg State University**

A.Zh. Kaliyev

**Ecological estimation of gas and chemical complex emission  
influence on the environment**

Orenburg  
OSU Publishing House  
2009

UDC 332.142.4:502.171:546.212  
BBK 65.305.143.23+65.28  
K 17

Reviewed by PhD, professor, Honored Scholar of Russian Federation A.I. Klimentiev

**Kaliyev A.Zh.**

**K 17 “The ecological eastimation of gas and chemical complex emission influence on the environment”. / Scientific supervision by member of Russian Academy of Science A.A. Chibilyov. – Orenburg: OSU Publishing House, 2009. – P. 269  
ISBN 978-5-7410-0885-0**

The given paper is written within the scientific program 0.85.01.08.02.02 “Estimation of ground and water ecosystems changes under antropogenous influence”.

This urgent problem arises since the issue of waste from the largest in Europe Orenburg gaso-chemical industrial complex influence on environment is underdeveloped. The shortage of fresh water in South Urals due to both natural conditions and excessive consumption by industry and agricultural enterprises makes it necessary to find out the ways and approaches of their systematic fresh water supply. It is known that increasing fresh water demand leads to its worse quality due to waste water discharges into open reservoirs by water consumers. This results in adverse consequences such as: springs pollution, ecological situation deterioration, sanitary disorders of recreations and urban ecosystem, human safety and comfort worsening.

This book is dedicated to the vast study of waste waters and atmospheric wastes of gaso – chemical complex, their influence on nearby areas as well as complex ecological estimation of waste water use for irrigation. Modern equipment, devices and methods used in the research made it possible to find out waste waters general toxic and mutation effects on both microbe pools and plant animal test – objects, as well as animal produce. The territory near the industrial complex was ranged according to the soil and plant pollution level by atmospheric wastes.

The technology of fodder crops cultivation and irrigation is developed and recommended to enterprises. The necessity of creation soil – ecological monitoring service is proved that will enable to make current and long-term forecasts ecosystems and make managerial decisions.

The book is of interest to the professionals in different scientific spheres (cadastre engineering, agriculture, soil science, biology, geography, ecology, etc.), providing environmental monitoring, and those specialists dealing with natural objects protection and efficient use.

This book may be of use to the workers of oil and gas companies, industrial enterprises, governmental and private ecological organizations. The book may be of interest to the university professors and students, taking part in researches on mentioned issues, as well as school teachers as a text-book on different courses of studies (land cadastre, agriculture, soil science, hydrology, ecology, etc), studying and protecting environment.

BBK 65.305.143.23+65.28

K  $\frac{2503010000}{6J19-09}$

ISBN 978-5-7410-0885-0

© Kaliyev A.Zh., 2009  
© OSU, 2009

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
<b>Введение</b>	9
<b>I. Проблема утилизации сточных вод (современные представления)</b>	13
<b>II. Материал и методы исследования</b>	29
2.1. Методы очистки сточных вод	29
2.2. Методики определения параметров почвенных, гидрогеологических характеристик опытных участков и агробиологических исследований	32
2.3. Методики гисто-морфологических исследований	40
2.4. Методики оценки генетического, цитогенетического эффекта и экологического мониторинга	41
<b>III. Экологическая оценка влияния сточных вод газохимического комплекса на состояние земледельческих полей орошения</b>	44
3.1. Природно-климатические условия	44
3.2. Агротехника возделывания изучаемых культур	57
3.3. Оценка пригодности сточных вод для орошения кормовых культур	59
3.4. Водный баланс активного слоя почвогрунтов	68
3.4.1. Режим почвенной влаги и влагоперенос в поле кукурузы при поверхностном поливе	69
3.4.2. Режим почвенной влаги и влагоперенос в поле люцерны при поливе ДМ "Фрегат"	78
3.4.3. Суммарное испарение и коэффициенты водопотребления	84
3.5. Влияние поливов сточными водами на почвогрунты	96
3.5.1. Изменение агрегатного состава воднофизических свойств почвогрунтов	96
3.5.2. Влияние поливов на химизм почвогрунтов	101
3.6. Водный баланс зоны аэрации и грунтовых вод	120
3.6.1. Расход грунтовых вод в зону аэрации в зависимости от глубины их залегания и качества поливной воды (по лизиметрическим наблюдениям)	120
3.6.2. Суммарное испарение в зависимости от качества поливной воды и уровня грунтовых вод (УГВ)	126
3.6.3. Режим орошения при разной глубине уровня грунтовых вод	131
3.6.4. Влияние орошения сточными водами на грунтовые воды и водный баланс зоны аэрации	133
<b>IV. Биоиндикация влияния выбросов газохимического комплекса на почву, растения, водоисточники и животные организмы</b>	143
4.1. Оценка влияния сточных вод и атмосферных выбросов на химические свойства грунтовых вод и открытых водоисточников	143
4.2. Изучение влияния сточных вод на химический, аминокислотный состав и питательные свойства сельскохозяйственных культур	152

4.3. Оценка влияния атмосферных выбросов на почву и растения	163
4.4. Оценка общетоксического эффекта сточных вод в экспериментах на лабораторных животных	184
4.5. Оценка мутагенного эффекта сточных вод с использованием микробных, растительных и животных тест-объектов	186
4.6. Оценка влияния сточных вод и атмосферных выбросов по трофическим цепям (поллютанты-растения-животные)	204
<b>Заключение</b>	<b>225</b>
<b>Список литературы</b>	<b>237</b>

## Contents

<b>Introduction</b>	9
<b>I. The waste water recovery problem (present conceptions)</b>	13
<b>II. Materials and methods</b>	29
2.1. Waste water purification methods	29
2.2. The methods of soil and hydrogeological parameters measurement for experimental sections and the methods of agrobiological researches.	32
2.3. The methods of histological and morphological researches.	40
2.4. The methods of genetic and cytogenetic effects analysis, and the methods of the environment monitoring	41
<b>III. The ecological analysis of the influence by waste waters from the gas-transferring complex on the state of sewage-farms</b>	44
3.1. Climate	44
3.2. The agrotechnics of studied crops	57
3.3. The analysis of waste water suitability to the irrigation of forage crops	59
3.4. The water budget of a soil active layer	68
3.4.1. The soil water regime and water movements in a corn field under surface sprinkling	69
3.4.2. The soil water regime and water movement in a lucerne field under sprinkling by "Fregate"	78
3.4.3. Total evaporation and water consumption coefficients	84
3.5. The sprinkling influence on soils	96
3.5.1. The change of water-ground system physical properties (permeability) in soil-beds	96
3.5.2. The sprinkling influence on the chemical properties of soil-beds	101
3.6. The water budget of the aeration zone and groundwaters	120
3.6.1. The dependence of the groundwater discharge to the aeration zone on the bedding depth and on the sprinkling water quality (by the lysimetric observations data)	120
3.6.2. The dependence of the total evaporation on the sprinkling water quality and on the groundwater bedding depth	126
3.6.3. Suggested sprinkling regimes in dependence on the groundwater bedding.	131
3.6.4. The influence on groundwater and on the aeration zone water budget by the waste waters sprinkling	133
<b>IV. The bioindication of the influence by the gas-transferring complex emission on soils, plants, water sources and animals</b>	143
4.1. The analysis of the influence by waste water and emission to the atmosphere on the chemical properties of groundwaters and water bodies	143
4.2. The study of waste water influence on the general chemical and aminoacid composition and on the cultivated crops properties as nutrition	152
4.3. The analysis of the emission to the atmosphere on soils and plants	163

4.4. The analysis of the waste waters toxic effect through experiments on animals	184
4.5. The analysis of waste water mutagen effects through experiments on microbe, plant and animal test-objects	186
4.6. The analysis of the influence by waste waters and emissions to the atmosphere through the trophic sequences study (pollutants-plants-animals)	204
<b>Conclusions</b>	225
<b>References</b>	237

## ВВЕДЕНИЕ

Одной из главных причин дестабилизации экологической обстановки в земледелии является широкое использование несовершенных, ресурсозатратных, экологически необоснованных технологий, а также в связи с гибелью зеленых зон, лесов, загрязнением водоемов. Распространение токсикантов в виде отходов нефтепродуктов, пестицидов, радиоактивных веществ и тяжелых металлов приобретает глобальный характер. Их появление в окружающей среде и биосфере в целом связано с промышленными отходами, среди которых особое место занимают выбросы газоперерабатывающих предприятий. Например, эксплуатация Оренбургского газоконденсатного месторождения (ОГКМ) связана с выбросами в атмосферу вредных газов в виде окислов азота ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ), сернистого ангидрида ( $\text{SO}_2$ ), углеводородов, смесей природных меркаптанов и тяжелых металлов при сжигании неочищенного газа. Годовой объем сжигаемого газа составляет более 6 млн.м<sup>3</sup>. Кроме того, в процессе переработки газа на Оренбургском газохимическом комплексе (ОГХК) образуется до 4 млн.м<sup>3</sup> биологически очищенных сточных вод в год [249].

Дефицит пресной воды в Оренбуржье, связанный с ее огромным потреблением на нужды промышленности и сельского хозяйства, становится лимитирующим фактором экономического развития общественного производства. Увеличение потребности в пресной воде сопровождается ухудшением ее качества, прежде всего за счет сброса сточных вод в открытые водоемы. Поэтому использование сточных вод для полива сельскохозяйственных культур является надежным способом защиты водоисточников от загрязнения и эффективного использования воды [190, 225, 253].

Годовой объем сточных вод в странах СНГ составляет около 30 млрд. м<sup>3</sup>, из них для орошения пригодны не менее 7 млрд. м<sup>3</sup>. С их помощью можно оросить 1,5 - 2 млн. га, в то время как общая площадь земледельческих полей орошения (ЗПО) составляет около 300 тыс.га.

Реиспользование сточных вод в земледелии и аквакультуре получает широкое распространение во всем мире, но особенно в аридных и субаридных зонах. Основными доводами в пользу этого является необходимость экономии водных ресурсов, минеральных и органических удобрений и увеличение производства продуктов питания [353, 356, 367].

В Индии размеры системы почвенного использования сточных вод составляют от нескольких до десятков тысяч гектаров [365, 370]. В США число таких ирригационных систем растет постоянно, а в настоящее время превышает 3400 [358, 367]. В Израиле, Иордании, Перу, Саудовской Аравии использование сточных вод на орошение является государственной политикой.

За рубежом сточные воды используются в основном для орошения, поэтому выбор посевов для культивирования может играть важную роль в обеспечении защиты здоровья населения, когда сточные воды используются в неочищенном или частично очищенном виде. Например, в Мехико они применяются для ирригации 80 тыс. га земли, занятой главным образом люцерной, маисом, ячменем и овсом [371]. В Перу практикуется комбинация частичной очистки сточных вод и ограничения на виды растения. Не разрешается возделывание корнеплодов и овощей, растущих близко над землей и употребляемых в свежем виде. В Тунисе сточные воды после вторичной биологической очистки используются для полива несколько тысяч гектаров цитрусовых [367]. В то же время в исламских странах существует проблема использования сточных вод для орошения, связанная с запретом религиозными заповедями контакта с человеческими экскрементами [354, 358].

В Оренбургской области годовой объем стоков от промышленных объектов составляет 146 млн. м<sup>3</sup>, ими можно оросить около 30 тыс. га, а площадь ЗПО равна 2 тыс. га. В перспективе площадь полей орошения составит около 18 тыс. га.

В соответствии с Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР от 13 марта 1972 г. "О мерах по предотвращению загрязнения бассейнов рек Волги и Урала неочищенными сточными водами" на территории Оренбургской области в 1972-

1980 г.г. были построены и введены в эксплуатацию водоохранные объекты сметной стоимостью около 80,4 млн. руб. Для окончательной очистки сточных вод и экономии чистой воды, запасы которой здесь ограничены, необходимо ускорить практическое применение стоков для орошения кормовых культур [254].

В соответствии с приказом Минводхоза СССР №82 от 6 апреля 1971 г. проектирование ЗПО Оренбургского газохимического комплекса (ОГХК) было поручено Росгипроводхозу. Полностью оно было завершено на площади 1170 га в 1975 г. (I и II очереди). Ежегодно для орошения сельскохозяйственных культур используется около 4,2 млн.м<sup>3</sup> сточной воды. В настоящее время началась эксплуатация III очереди ЗПО на площади 500 га.

Опыт орошения сельскохозяйственных культур сточными водами газоперерабатывающей промышленности в Советском Союзе отсутствовал. Неизвестными оставались последствия от воздействия атмосферных выбросов данных предприятий на окружающую среду. Поэтому в соответствии с научнотехнической программой 0.85.01.08.02.02 «Дать оценку изменения наземных и водных экосистем в условиях антропогенного воздействия» были выполнены специальные исследования, результаты которых легли в основу настоящей работы.

Основная цель исследований состояла в изучении влияния сточных вод и атмосферных выбросов газохимического комплекса на экологическое состояние прилегающих территорий. Были поставлены следующие задачи:

1. Изучить влияние сточных вод ОГХК на мелиоративное состояние ЗПО, химизм грунтовых вод и открытых водоисточников.
2. Комплексная экологическая оценка пригодности сточных вод ОГХК для орошения кормовых культур.
3. Оценка общетоксического и мутагенного эффекта сточных вод ОГХК с использованием микробных, растительных и животных тестобъектов.
4. Оценка влияния сточных вод на качество животноводческой продукции и изменчивость морфофизиологических и биохимических свойств сельскохозяйственных животных.

5. Ранжировать территорию, прилегающую к ОГХК, по степени загрязнения почвы и растений атмосферными выбросами.

Все работы выполнены автором в 1976-2000 гг. на ЗПО Оренбургского газохимического комплекса, расположенных на территории землепользования колхоза им. Е. Пугачева Оренбургского района Оренбургской области, а также на опытных участках, расположенных с учетом розы ветров и удаления от источника выбросов (ОГХК) в Оренбургском и Переволоцком районах этой же области. Анализ химического состава почвогрунтов, грунтовых, поверхностных и поливных вод выполнен в лабораториях агрохимического центра «Оренбургский», Оренбургского филиала "Росгипрпроводхоз", "Оренбурггеология" и "Волгогипрозем". Зоотехнические и химические анализы кормов и животноводческой продукции проводились в комплексной химической лаборатории ВНИИ мясного скотоводства, Оренбургской ветбаклаборатории, лабораториях комбикормового завода и ОГАУ.

Автор выражает глубокую благодарность сотрудникам Оренбургского государственного аграрного университета, принимавших участие в исследованиях канд. с.х. наук, доценту Степановой М.И., канд. биол. наук, доценту Гариловой Р.Ф. и докт. биол. наук, профессору Завалеевой С.М.

## **Глава 1. Проблема утилизации сточных вод (современные представления)**

Осознание уязвимости экосистемы нашей планеты, понимание действенных мер по переходу всего мирового сообщества на модель устойчивого развития выдвинули экологические проблемы в ряд наиболее важных и приоритетных [208]. Экологический мониторинг представляет собой систему регулярного отслеживания параметров природной среды. Одна из его главных задач – своевременное обнаружение нарушений экосистемы, связанных с антропогенным воздействием, и принятие на этой основе соответствующих природоохранных решений [212], в частности, развитие орошаемого земледелия – одного из важнейших региональных и эколого – экономических факторов.

Водные ресурсы России распределены на территории крайне неравномерно. На бассейны Азовского и Каспийского морей, где сосредоточен основной сельскохозяйственный и промышленный потенциал и проживает более 80% населения страны, приходится менее 8% годового объема речного стока. Суммарный объем забора свежей воды из водоисточников составляет в целом около 3% среднего многолетнего стока, однако по бассейнам Кубани, Дона, Терека, Урала водозабор достигает 50% и более, что превышает экологически допустимый уровень.

Сброс сточных вод в поверхностные водные объекты в последние годы практически не сокращался, а доля очищенных вод не превышала 9%. В результате сложившейся ситуации качество вод в большинстве водных объектов не отвечает нормативным требованиям. Наиболее распространенные загрязняющие вещества в поверхностных водах – нефтепродукты, фенолы, тяжелые металлы, сульфаты, хлориды, соединения азота [329].

Гидрогеологическая обстановка на территории городов и промышленных объектов осложняется в результате повышения уровня грунтовых вод, что обусловлено утечками из водопроводных и теплофикационных сетей, напорных канализационных трубопроводов, а также из различных резервуаров и емкостных

сооружений и накопителей. Грунтовые воды сильно загрязнены и по качеству относятся к категории сточных вод, которые должны подвергаться очистке.

За пределами городов поверхностный сток с прибрежных зон водоемов (диффузионный сток) загрязняется остатками минеральных и органических удобрений и ядохимикатами, смываемыми с полей. Эти загрязнения дополняются веществами, которые сорбируют на себе атмосферные осадки, проходя через насыщенный газовыми и пылевыми выбросами воздух. Известно, что более 90% биогенных элементов, вызывающих цветение водоемов, поступают в них с диффузионным стоком. С ним также сбрасывается в водоем значительная часть тяжелых металлов и других токсичных веществ.

В настоящее время в водоемы сбрасывается 70,6 км<sup>3</sup> сточных вод, из них 3% неочищенные или очищенные неполностью, а за счет сброса так называемых диффузионных стоков идет глобальное загрязнение водоемов [335].

За последние годы разработаны новые технологии и конструкции очистных сооружений в области механической, физикомеханической, физикохимической и биологической очистки сточных вод промышленных предприятий различных отраслей народного хозяйства, но они внедряются недостаточно широко. Наиболее кардинальный способ, обеспечивающий охрану природных вод – сокращение сброса в открытые водоемы отработанных вод и их использование в замкнутых циклах производственного водоснабжения. В настоящее время совершенствуются технологические процессы на промышленных предприятиях, чтобы уменьшить потребление воды и сброс сточных вод, а также сооружения по очистке промышленных стоков. Однако даже при работающих очистных сооружениях реки продолжают сильно загрязняться, в них сбрасывается много органических и минеральных веществ, что вызывает эвтрофикацию (зарастание) водоемов и другие нежелательные явления. Доочистку сточных вод можно проводить естественными методами: при свободном стоке их по склону, засеянному специально подобранной травосмесью, и на так называемых "ботанических площадках", где произрастают высшие водные растения. Не исключены и почвенные методы очистки и доочистки промышленных стоков, пригодных для орошения сельскохозяйственных культур [239].

Использование сточных вод на сельскохозяйственных полях орошения – наиболее простой и выгодный способ их утилизации, однако он не исключает их вредного воздействия на окружающую среду: загрязнение водоемов и грунтовых вод, засоление земель, накопление нитратов и тяжелых металлов в почве, продукции растениеводства и животноводства.

ЗПО возникли на базе коммунальных полей орошения, которые появились в России в конце XIX в. и использовались как очистные сооружения, принимая на единицу площади большое количество сточной воды. В отличие от них, ЗПО являются новым видом специально организованных земельных угодий, которые проектируются и строятся как ирригационно – мелиоративные системы на землях колхозов и совхозов и находятся в их ведении [232]. В состав этих оросительных систем входят водозаборные устройства, насосные станции, пруды – накопители, смесительные камеры, регулирующие емкости, магистральные и внутрихозяйственные сети, водоохраные сооружения, наблюдательные скважины, дороги, лесозащитные насаждения [309]. По отечественным данным, нагрузка сточных вод на единицу площади, должна быть ограниченной и соответствовать сумме полезных температур (агрономического тепла) – примерно 1 – 2 м<sup>3</sup>/га в год на 1° суммы положительных температур [17, 197, 199].

В санитарном отношении наилучший способ полива очищенными сточными водами – подпочвенное орошение, но можно использовать также полив по бороздам (глубиной 15 – 20 см.), чекам и полосам [62, 67, 321]. Дождевание допускается только с помощью низконаправленных среднеструйных и короткоструйных установок на участках, расположенных не ближе 100 м от магистральных дорог. На ЗПО разрешается выращивать однолетние и многолетние травы, технические и кормовые культуры, а также древесную и кустарниковую растительность [50].

Согласно "Санитарным правилам устройства и эксплуатации сельскохозяйственных полей и орошения", утвержденным Министерством здравоохранения СССР от 26.03.85 г. № 3236 – 85, для орошения могут быть использованы хозяйственно – бытовые, промышленные и смешанные сточные воды после соот-

ветствующей подготовки на сооружениях механической и биологической очистки. В настоящее время нормативный документ, регламентирующий пригодность сточных вод для орошения, не разработан. При сельскохозяйственном использовании сточные воды должны способствовать сохранению и повышению плодородия почвы, угнетения роста и развития растений.

Пригодность сточной воды для орошения зависит от вида растений, типа почв, их дренированности, соотношения катионов и анионов в воде. Для поливов можно использовать воду повышенной минерализации при наличии дренажа на орошаемых землях и высоких оросительных нормах, обеспечивающих промывной режим [228, 235]. Если состав сточных вод не соответствует агро-мелиоративным и санитарно – гигиеническим требованиям, то перед орошением проводят их предварительную подготовку – усреднение, отстаивание, нейтрализацию, изоляцию агрессивных стоков, длительное хранение, повышение удобрильной ценности [84, 110, 261].

По прогнозу ВНПО «Прогресс», к 2005 г. можно будет использовать сточные воды на площади 5 млн. га, а к 2010 г. – на площади 7 млн. га, что позволит ежегодно получать дополнительно 40 – 60 млн. корм. ед., сократить сброс сточных вод в водоемы, снизить дефицит чистой воды на поливы в объеме 40 км<sup>3</sup> в год, дополнительно получить 6 – 7 млн. т удобрений в пересчете на стандартные туки [228, 232]. По данным этого научно – производственного объединения, при соответствующей подготовке можно успешно использовать для орошения сельскохозяйственных культур сточные воды крахмального, дрожжевого и сахарного производств, маслосырозаводов, стоков животноводческих комплексов и других предприятий.

Рост и развитие биохимической промышленности сопровождается ежегодным увеличением объема сточных вод. Их использование на ЗПО стало одним из главных решений вопроса охраны водоемов от загрязнений. Перспективность этого способа подтверждается опытом комбинатов: Светлоярского белково – витаминных концентратов (БВК) Волгоградской области и биохимического (БХ) Ленинградской области [239].

В последние годы в нашей стране и за рубежом накоплен большой опыт по изучению влияния сточных вод на свойства и плодородие почв [60, 187, 276, 323, 340].

Многолетние исследования Всероссийского научно – производственного объединения «Прогресс» показали, что на микробиологические процессы в почве сильное влияние оказывает режим орошения: поливная норма, частота полива, глубина увлажняемого слоя. При избыточном поливе часть воздуха из почвенных пор вытесняется водой, при этом усиливается деятельность анаэробных микроорганизмов, затрудняется дыхание корней вследствие недостатка кислорода, и растения подвергаются токсическому воздействию продуктов анаэробного процесса. При оптимальной влажности увеличивается количество микроорганизмов, усиливаются их жизнедеятельность и биологическая активность почвы. При влажности увядания растений деятельность микроорганизмов ослабляется [228].

Питательные вещества, содержащиеся в сточных водах, попадая в почву, подвергаются глубоким изменениям. Фосфор хорошо удерживается почвой и, несмотря на небольшое содержание его в сточной воде, может накапливаться в ней. Азот и калий подвержены вымыванию при больших оросительных нормах, что значительно снижает эффективность поливов. Помимо этих элементов, сильному вымыванию в глубокие слои почвы подвержен и кальций [198, 235]. Используя удобрительные свойства веществ, содержащихся в сточных водах, можно значительно повысить плодородие почвы и урожай сельскохозяйственных культур [19, 60, 63, 92, 138].

Для стабильного повышения плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных угодий необходимо систематически вносить органические удобрения. Вывоз и внесение навозных стоков мобильным транспортом в большинстве случаев убыточны. Для обеспечения рентабельности их применения в растениеводстве следует использовать оросительные системы. Нормы внесения животноводческих стоков рассчитывается по количеству основных биогенных элементов (N, P, K), необходимому для получения запланированных

урожаев сельскохозяйственных культур – обычно они составляют 100 – 300 м<sup>3</sup>/га. Такие нормы, как правило, не покрывают дефицита влаги для кормовых культур. Поэтому утилизация стоков на полях орошения требует дополнительного источника орошения.

Высокая степень поглощения органических веществ биогенных элементов почвой и их вынос с урожаем сельскохозяйственных культур превращают поля орошения в высокоэффективные очистные и надежные водоохранные сооружения. Биогенные элементы на 95 – 99% поглощаются и перерабатываются метровым слоем почвы [219].

Использование сточных вод г.Баку для орошения кормовых культур показало, что их очистка от примесей на супесчаных почвах происходит на глубине 0 – 60 см, эффект поглощения почвой из сточных вод органических веществ по БПК<sub>5</sub> аммиака составляет 99,1%; окисляемости СПАВ – 98,3%; фенола – 94,6% и нефтепродуктов – 99,1%. При фильтрации через метровый слой почвы сточная вода при норме 5,10,15 тыс. м<sup>3</sup>/га оставляет в ней соответственно 99,87; 99,01 и 91,86 % бактериальных и санитарно – химических веществ [184]. Орошение в течении 13 лет сточными водами г.Харькова способствовало некоторому разуплотнению почвы, снижению гумуса, рН почвы, увеличению емкости поглощения. Величина плотного и прокаленного остатков при этом не изменяется, в то же время отмечается активность ионов натрия в верхних слоях (0 – 60 см) почвенного профиля при неизменной активности ионов кальция, магния и нитрат – иона. Снижения урожайности сельскохозяйственных культур не обнаружено [216].

Шахтные воды г. Донбасса использовались для орошения кормовых культур после предварительной подготовки с применением мелиорантов в виде гипса. При этом количество не обнаружено снижения органического вещества почвы, а также содержание содержания подвижных форм азота, фосфора и калия не снизилось. Прибавка урожая многолетних трав составила 141%, почвенная доочистка сточных вод позволила предотвратить загрязнение поверхностных вод [144].

При орошении сельскохозяйственных культур сточными водами крахмальных заводов в почву поступает большое количество органических и минеральных веществ, а также растворенных солей. Как показали исследования, орошение этими водами не оказывало существенного влияния на солевой состав дерново – слабоподзолистых супесчаных почв, содержание гумуса и азота в почве увеличилось в 2 – 3 раза, калия – в 1,5 – 1,9 раза, емкость поглощения – на 2,1 мг – экв/100 г. почвы [142].

Технология подготовки и использования сточных вод крахмального производства для орошения сельскохозяйственных культур позволяет заменить биологическую очистку сточных вод почвенной, повысить плодородие дерново – слабоподзолистых почв, сэкономить пресную воду, прекратить сбросы сточных вод и тем самым способствовать охране водоисточников от загрязнения [244].

Исследования, проведенные в Ставропольском крае, показали, что сточные воды гидролизного производства при поливной норме 700 – 1000 м<sup>3</sup>/га хорошо очищаются темно – каштановыми карбонатными почвами. Пройдя слой почвы в 70 – 100 см, сточная вода становится бесцветной, лишенной специфического запаха, т.е. почвой поглощаются все взвешенные вещества, и количество растворенных органических веществ в воде уменьшается на 90 – 95% [110].

В производственных условиях очистка осуществляется всем слоем аэрации, мощность которого составляет для большинства районов от 2,5 до 25 м. В этом случае в грунтовые воды сточная вода поступает полностью очищенной [60, 64, 65, 309].

Сточные воды молочной промышленности после соответствующей подготовки рекомендуются ВНПО «Прогресс» для орошения зерновых, кукурузы на силос, подсолнечника на силос, суданской травы, кормовой свеклы и других культур [257].

Действующие в странах СНГ более 300 крупных сахарных заводов сбрасывают в год около 5 млрд. сточных вод, являясь потенциальными загрязнителями окружающей среды. Очистка этих вод проводится в основном на полях фильт-

рации, однако в последние годы стали применять сооружения искусственной биохимической очистки. Хотя и не требует отчуждения земельных площадей, как при использовании полей фильтрации, но и затраты на строительство таких сооружений значительны [277]. Кроме того, станции искусственной биохимической очистки сложны в эксплуатации [315].

Устройство ЗПО целесообразно и в свеклосеющих зонах со слабой естественной водообеспеченностью и неравномерностью распределения водных источников. Например, 8 сахарных заводов свеклосеющей зоны Казахстана (Алматинская, Джамбулская, Талды – Курганская области), сбрасывающие в год 12 млн. м<sup>3</sup> сточных вод, с помощью ЗПО могут улучшить водный и питательный режимы 2,5 тыс.га сельскохозяйственных угодий с одновременным обеспечением природоохранных мероприятий в районах расположения этих заводов [198, 258]. Орошение осветленными сточными водами Меркенского сахарного завода при оросительной норме 6000 м<sup>3</sup>/га (сероземные почвы) повысило урожайность сахарной свеклы на 10 %, озимой пшеницы – на 15 %, кукурузы на силос – на 25 % при более высоком качестве по сравнению с орошением чистой водой. Орошение не оказало отрицательного влияния на плодородие почв. Не отмечалось и накопления водорастворимых солей в активном слое [258].

Исследования показали, что сточные воды сахарного завода, обладая невысокой удобрительной ценностью, все же обогащают почву питательными веществами. Следует отметить, что при поливе необходимо регулировать направление почвенных процессов посредством правильной и своевременной обработки почвы и поддержания ее структуры. Если состав сточных вод не соответствует требованиям, проводят ее подготовку, которая включает разбавление речной водой, нейтрализацию, аккумуляцию и длительное хранение в осенне – зимний период [4, 110].

Полив сточными водами улучшает водно – химические и физико – химические свойства почвы. Высокая водопроницаемость и фильтрационная способность легких песчаных почв в результате многолетнего орошения сточными водами, снижается. Накапливается гумус (в результате закрепления органиче-

ского вещества), уменьшается объемная масса, а капиллярная влагоемкость возрастает. Образующиеся водопрочные агрегаты увеличивают гидрофильность и способность почвы лучше поглощать воду и питательные вещества, накопление гумуса, азота, фосфора и калия в почве при орошении сточными водами – один из главных показателей благоприятного влияния этих вод. Содержание этих элементов увеличивается благодаря присутствию в сточных водах большого количества биогенных веществ, которые осаждаются во время полива в почве, а затем гумифицируются или минерализуются микроорганизмами [64].

Орошение сточными водами снижает не только актуальную, но и гидролитическую кислотность почвы, увеличивает емкость поглощения за счет вхождения ионов кальция и магния в почвенно – поглощающий комплекс (ППК), повышает степень насыщенности основаниями и содержание подвижных форм азота, фосфора и калия. Благодаря наличию в сточных водах растворимых органических, взвешенных и коллоидных веществ и микроэлементов повышается их содержание в почве [304, 322].

Важное значение для повышения показателей плодородия почв имеют микроорганизмы, содержащиеся в огромном количестве в сточной воде. Попадая в почву, они развиваются и стимулируют развитие других групп почвенных микроорганизмов, способствуют минерализации и гумификации органического вещества сточных вод и превращению нерастворимых соединений в легкодоступные для растения формы.

Биологическая активность и воздухопроницаемость почвы в связи с этим увеличивается благодаря оптимальной влажности, повышению интенсивности образования свободных аминокислот, разрушению целлюлозы и увеличению нитрофикационной способности [321].

Орошение в течение 4 лет сточными водами завода фосфорных удобрений способствовало улучшению состава обменных оснований черноземной почвы: наблюдалась постепенная замена щелочных металлов натрия и калия в почвенно – поглощающем комплексе на щелочно – земельные – кальций и магний,

преобладающие в сточных водах суперфосфатного производства. За период исследований вредных явлений осолонцевания почвы в результате орошения не наблюдалось [279].

В результате многолетнего орошения сточными водами коксохимического завода содержание водно – растворимых солей не превышало содержания солей в почвах, орошаемых чистой водой, и составило 0,07 – 0,16%. Повышение количества анионов сульфатов и хлоридов не превысило порога токсичности этих элементов, равного 0,01%. Обнаружено некоторое подкисление почвы за счет аммиачного азота, вносимого со стоками в период поливов. Выноса коллоидных частиц не происходит и в целом плодородие почвы остается неизменным [48].

Каштановые почвы степной и сухостепной зон обладают высокой адсорбционной способностью. Сорбция активным слоем почвы составляет в %: соединений азота 97 – 98, фосфора – 100, калия – 81 – 98, метанола – 96, хлорофоса – 98, формальдегида и диметилдиоксана – 100, нефтепродуктов – 76. Высокая сорбционная способность почв обеспечивает надежную охрану грунтовых вод от загрязнения сточными водами.

Поглощенные почвой органические вещества обезвреживаются в почве и растениях в течение нескольких суток после полива. Сроки биохимического распада составляют – 5 – 7 суток, ацетальдегида – 7 – 9, метионина 3 – 5, метанола 7 – 9, нефтепродуктов – 3 – 6 суток. При наличии указанных веществ в концентрациях до 300 мг/л межполивной период должен быть не менее 15 сут [191].

Исследования, проведенные на юге Казахстана, подтверждают возможность организации ЗПО круглогодичного действия, что позволили использовать весь расчетный объем сточных вод, сократить объем пруда – накопителя, полностью обеспечить охрану водоемов от загрязнения. Поступившие со сточными водами ингредиенты в основном задерживаются в активном слое почвы. Фильтрат на глубине 1,5 м практически был чистым [99].

Классификация сточных вод различных предприятий, городов и поселков и их оценка по агро-мелиоративным показателям даны в работах В.Т. Додолиной, Л.Е.Кутепова, Ковалевой, С.И. Мишина, Л.И. Сергиенко и др. [80, 82, 83, 140, 170, 172, 206, 278]. Экологический мониторинг водных объектов в России жестко привязан к нормативной системе предельно – допустимых концентраций. Очень часто для оценки загрязненности водоисточников приходится определять несколько десятков показателей. Порочность этой системы общеизвестна, но она продолжает существовать и тянет за собой шлейф неразрешимых проблем. Ряд авторов [86, 207, 212, 317, 326, 364] предлагали методы интегральной оценки загрязненности вод. В основе подхода лежит отбор из большого массива данных таких показателей, которые несут максимальную информацию о гомеостатических реакциях экосистемы на загрязнение вод. Однако Н.А. Смирнов [82] считает, что построение единого универсального индекса для всех водоемов невозможно и нецелесообразно.

Использование ЗПО как главного барьера защиты водоисточников от загрязнения позволяет изменить направление исследований в поиске и разработке научно – обоснованных методик оценки экологической и токсикологической опасности сбросов очищенных сточных вод городов и промышленных предприятий в водоемы, а также принципов организации мониторинга за сбросом. При этом одной из актуальных задач является всестороннее изучение биологической ценности и безвредности кормовой продукции с ЗПО, которая в процессе выращивания непосредственно контактирует со сточными водами.

Несмотря на важность проведения ветеринарно – токсикологической оценки кормов, поступающих с ЗПО, исследований в этой области как у нас в стране, так и за рубежом недостаточно. Это объясняется большой сложностью и трудоемкостью проведения экспериментов, а также отсутствием официально – разработанных методических указаний. Определенную работу в данном направлении проводит лаборатория ВНИИССВ [271].

В.И. Марымова [191] отмечает, что при непрерывном пятилетнем скармливании подопытным животным (куры, кролики, овцы, дойные коровы) свежей

травы, сена, силоса, зерна, выращенных при орошении сточными водами промышленных предприятий, не обнаружено признаков токсичности. Животные нормально развивались и давали здоровое потомство.

Ответная реакция кроликов на фоне продолжительного кормления испытуемым сеном, выращенным при поливе сточными водами Астраханского целлюлозно – картонного комбината, оценивалась целым комплексом биологических показателей, который включал: общее состояние животных, их поведение, температуру, пульс, дыхание, количество эритроцитов и лейкоцитов, содержание гемоглобина, скорость оседания эритроцитов, содержание общего белка и белковых фракций в сыворотке крови, показатели резистентности мембран эритроцитов, активность щелочной фосфатазы и пероксидазы в нейтрофилах крови, динамику привесов и др. За время исследований отклонений по перечисленным выше показателям не было обнаружено [250].

Возможность использования в рационах животных кормов, полученных в условиях орошения животноводческими стоками и сточными водами коврово – тонкосуконной фабрики отмечены, в работах М.В.Старкова, В.П.Саяпина, Ю.И.Тарарина, Н.И. Матулявичене [275, 300].

При орошении кормовых культур сточными водами существует реальная опасность аккумуляции растениями химических веществ с мутагенными свойствами. В связи с этим при сельскохозяйственном использовании сточных вод особую актуальность приобретают вопросы, связанные с изучением мутагенной активности, как самих сточных вод, так и получаемой растениеводческой и животноводческой продукции. Такие исследования представляют большой интерес не только с точки зрения познания общебиологического процесса, но имеют важное практическое значение при разработке ветеринарно – санитарного и гигиенического регламентов использования сточных вод в орошаемом земледелии в аспекте обеспечения охраны окружающей среды, включая животный мир и человека [272].

Прогнозирование индуцированного мутагенеза у человека означает оценку изменения интенсивности мутационного процесса в зародышевых клетках в

связи с воздействием факторов окружающей среды. Прогнозирование мутагенных эффектов в соматических клетках с точки зрения канцерогенеза, как и других соматических эффектов действия мутагенов, не рассматривается. Любое прогнозирование всегда основывается на некоторых исходных характеристиках процесса, в соответствии с которыми формулируются его принципы. Главная из них универсальность спонтанного и индуцированного мутагенеза, т.е. его наличие у всех биологических объектов, и зависимость интенсивности индуцированного мутагенеза от дозы.

Практически каждая из живых систем позволяет учитывать разные типы мутаций. Единственное исключение – культуры клеток человека и млекопитающих. На этих объектах нельзя учесть анеуплодию из-за трудностей оценки факторного изменения числа хромосом при приготовлении препаратов. В генетическом смысле необходимо различать прогноз индуцированных мутаций для индивида и для популяции, поэтому всякая оценка опасности факторов внешней среды для наследственности человека должна быть индивидуальной и популяционной. Индивидуальный прогноз определяется только количеством химического вещества и его мутагенной активностью, популяционный – числом лиц, контактирующих с мутагеном и дозой фактора для каждого из них. Для правильности оценки определяют среднюю популяционную дозу мутагена.

Прогнозирование мутационного процесса у человека может осуществляться двумя путями: 1) на основе аналогий с экспериментальными объектами; 2) путем экстраполяции на основе мониторинга мутационной изменчивости в популяциях человека (во время или путем сравнения "экспонированных" и контрольных групп). Эти два подхода дополняют друг друга.

В настоящее время наиболее разработаны методы аналогии с экспериментальными объектами. Оценка или прогнозирование генетических эффектов действия факторов внешней среды этими методами должна основываться на данных двоякого рода: экспериментально – генетических и гигиенических. Экспериментально – генетические данные должны обеспечить выполнение главных условий для правильного прогнозирования: 1) первичную идентифи-

кацию мутагенных факторов в среде; 2) последующую проверку мутагенности и установление количественных закономерностей; 3) определение "коэффициентов" экстраполяции в пределах экспериментального мутагенеза; 4) определение "коэффициентов" экстраполяции с экспериментальных объектов на человека.

Наиболее трудным вопросом является экстраполяция результатов как в пределах разных "моделей" экспериментального мутагенеза, так и с экспериментальных "моделей" на человека. В этом направлении основные результаты могут быть получены при широком изучении сравнительного мутагенеза, который в проблеме экстраполяции может быть назван разделом первостепенной важности. Еще не разработаны экспериментально доказанные правила экстраполяции с одного вида на другой, с соматических клеток на половые, с хромосомных аббераций на генные мутации. Единственное правило, которого надо придерживаться – это наименьшее число ступеней для экстраполяции.

Другой подход в прогнозировании индуцированного мутагенеза – это экстраполяции на основе мониторинга наследственной изменчивости у человека. Суть этого метода заключается в оценке интенсивности мутационного процесса во времени с последующей экстраполяцией тенденций.

Прогнозирование химического мутагенеза на основе экстраполяции тенденций в изменении мутационного процесса требует дальнейших серьезных разработок. Во-первых, должны быть продолжены разработки моделей разных сторон мутационного процесса у человека, чтобы правильно накапливать и использовать фактические данные. Во-вторых, необходимо иметь глубокое представление о сложных популяционных процессах в современном обществе, которые становятся все более динамичными.

Количественное выражение прогноза частот наследственной патологии при условии мутагенного действия факторов внешней среды может быть разным. Возможны четыре способа такой оценки: 1) сравнение со спонтанным уровнем мутаций, т.е. определение возрастания мутационного процесса; 2) учет абсолютного числа мутантов; 3) определение дозы, удваивающей число спон-

танных мутаций; 4) определение эквивалентности дозы ионизирующих излучений, вызывающих такое же число мутаций, как и химические вещества. Наиболее обоснована оценка, проводимая путем сравнения со спонтанным уровнем. Такой подход позволяет не только определить вклад новых индуцированных мутаций, но и представить его относительную значимость по сравнению с ранее накопленным генетическим грузом и постоянным уровнем спонтанного мутационного процесса. Принцип "удваивающей" дозы неприменим в связи с тем, что возрастание частот мутаций от действия химических веществ нелинейное, и поэтому удваивающая доза имеет слишком частное значение, т.е. для конкретного вещества и конкретной дозы. Определение радиационно – индуцированных эквивалентов химического мутагенеза (концентрация химического вещества, вызывающая такой же мутагенный эффект, как и облучение в дозе 0,01 Гр) также не уточняет оценки, так как величина эквивалента может восприниматься только путем сравнения с уровнем спонтанных мутаций.

Разработка и постоянное усовершенствование методов учета мутации обеспечили прогресс в изучении индуцированного мутагенеза. В настоящее время существует более 100 методов для предварительной (просеивающей) проверки на мутагенность. Подобные опыты проводят на микроорганизмах, растениях, животных и клетках человека. Разрабатываются методы молекулярной дозиметрии мутагенов в организме путем количественной оценки реакции мутагенов с клеточными макромолекулами (комплексов мутаген – ДНК, мутаген – белок или алкилированных соединений), применяя для этого различные биохимические иммуно – химические методы и моноклональные антитела (Kilbey, 1977; Brusick., 1980; Heddle, 1982) [29].

Изучение мутагенной активности кормовой продукции, выращенной при орошении сточными водами Авдеевского коксохимического завода [277], путем постановки биологической пробы на лабораторных животных (кроликах) показало, что при 24 – месячном скормливании спецрациона общее число клеток костного мозга кроликов с патологией хромосомного и геномного характера составляет в опытной группе  $9,40 \pm 1,38$  и не имеет статистически подтвер-

ждаемой разницы относительно контроля. В обеих группах отмечались ахроматические проблемы хромосом, структурные aberrации, анеуплоидные клетки. Поскольку частота хромосомных aberrаций является отражением уровня мутаций при мутационном процессе, полученные материалы свидетельствуют об отсутствии мутагенных свойств у кормовой продукции. Использование в рационе кроликов овса и картофеля более 9 месяцев приводит к сдвигам в минеральном обмене, активности некоторых ферментных систем, индуцирует хромосомные мутации и вызывает начальные нарушения в структуре внутренних органов.

В.П. Саяпин и Ю.И. Тарарин исследовали также мутагенную активность мяса кроликов и молока коров, получавших в рационах растениеводческую продукцию с ЗПО.

Мутагенную активность они оценивали цитогенетическим методом на клетках костного мозга крыс, которым в течение 15, 30, 60 и 90 дней в виде составной части рациона скармливалось мясо кроликов и молоко коров. Об отсутствии мутагенного действия свидетельствовал тот факт, что ни в один из сроков исследования не было выявлено отличий в числе полиплоидных и анеуплоидных клеток, а также клеток с хроматидными aberrациями хромосом.

Обзор литературы показывает, что проблеме использования сточных вод на сельскохозяйственных полях орошения уделяется большое внимание ученых как у нас в стране, так и за рубежом. Основные выводы этих исследований сводятся к тому, что орошение сточными водами при соответствующей их подготовке не вызывает негативных явлений в почве, не снижает качества кормов и животноводческой продукции, способствует предотвращению загрязнения водоемов.

## Глава 2. Материал и методы исследования

### 2.1. Методы очистки сточных вод

Технологическая схема работы очистных сооружений Оренбургского газохимического комплекса (Оренбургский газоперерабатывающий и гелиевый заводы, промбаза «Оренбургэнергострой») показана на рис.1. Все стоки, поступающие с этих объектов в объеме  $9304 \text{ м}^3/\text{сут}$ , подаются в усреднитель проточного типа с перемешивающими устройствами (барбатерами) для выравнивания по температуре и скорости. Из усреднителя стоки объемом до  $6978 \text{ м}^3/\text{сут}$  перекачиваются насосом в приемные камеры, из которых они поступают на четыре песколовки производительностью  $4200 - 7000 \text{ м}^3/\text{сут}$ , предназначенные для осаждения крупных фракций механических примесей. Из песколовок стоки поступают на водоизмерительный лоток 1-й и 2-й линии биоочистки.

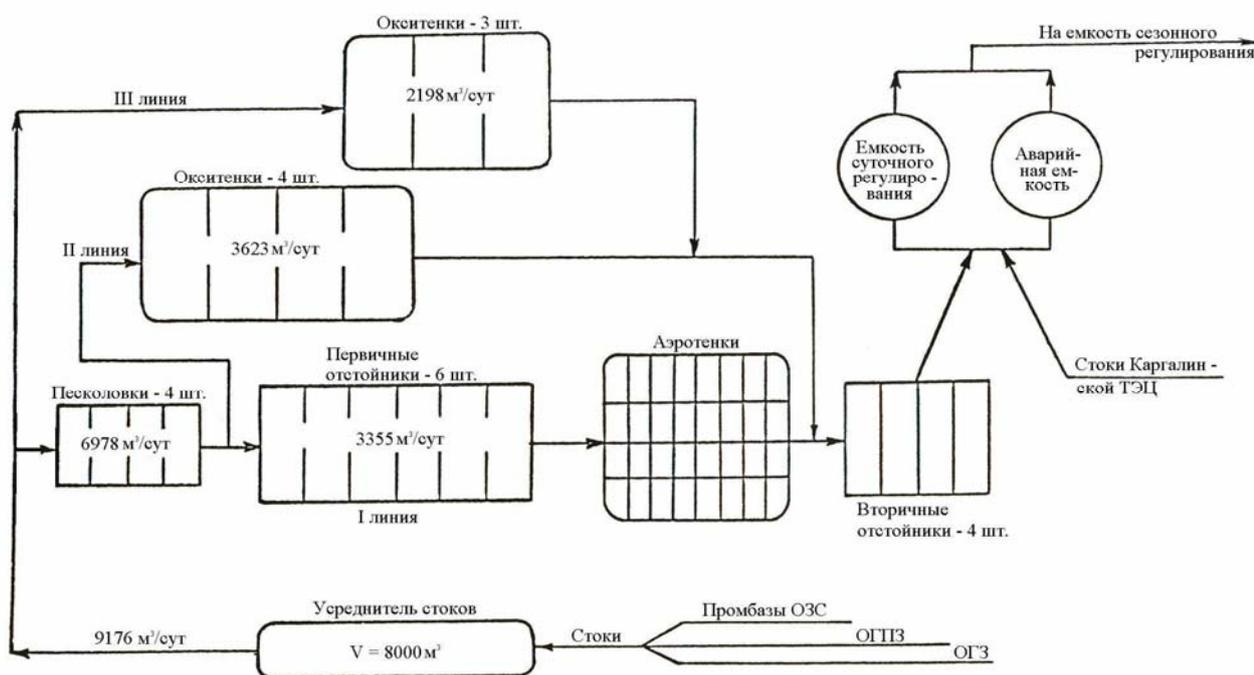


Рис. 1. Технологическая схема очистки сточных вод Оренбургского газохимического комплекса

Биологическая очистка в аэротенках (1-я линия) протекает по следующей схеме. С водоизмерительного лотка стоки самотеком поступают в распределительный лоток, откуда они поступают в аэротенки.

тельную чашу первичных двухъярусных отстойников, и далее на лотки 6 отстойников. Отстаивание взвесей происходит в течение 1 часа при скорости протекания до 7 мм/с. Затем сточные воды поступают в осадочные желоба в верхней части отстойника, где происходит выпадение в осадок взвешенных частиц. Осадок опускается по наклонным стенкам в иловую камеру, где происходит его частичное сбраживание и уплотнение. После отстойников в осветленной воде взвешенных частиц содержится до 10,6 мг/л.

Из иловой камеры осадок под гидравлическим напором по трубе подается на иловые площадки. Осветленная вода из желобов переливается в сборный, а затем в отводящий лоток, далее она самотеком через распределительную камеру поступает в аэротенки с пневматической аэрацией. В аэротенки поступают сточные воды с БПК до 150 мг/л. Для подкормки микроорганизмов в лоток перед аэротенками с установки биогенной подпитки подаются растворы сульфата аммония и суперфосфата. Доза активного ила составляет 1,55 г/л, глубина жидкости в аэротенках – 1,2 м, продолжительность аэрации – 77 часов.

Из аэротенков очищенная вода вместе с илом самотеком поступает во вторичные отстойники, где отстаивание длится 1,5 ч. Осветленная очищенная вода направляется в емкость суточного регулирования, где смешивается со стоками ТЭЦ, прошедшими локальную очистку.

Схема биологической очистки в окситенках (2-я линия) следующая: Часть стоков (3623 м<sup>3</sup>/сут) идет на окситенки по схеме лоток – водоприемный колодец – коллектор неочищенных стоков – окситенки. Стоки в окситенки поступают снизу вверх в зону реактора, где происходит интенсивное насыщение их кислородом в целях биохимической очистки. В реакторе автоматически поддерживается избыточное давление (5 – 25 мм водного столба). Здесь сточная вода насыщается техническим кислородом до концентрации 8 – 10 мг/л. Очищенные стоки с частью активного ила через выпускные отверстия выводятся из реактора в илоотделительную камеру окситенка, где идет оседание ила. Верхний осветленный слой стоков через переливные окна поступает в коллектор и далее на вторичные отстойники для окончательного

их отделения от активного ила. Последний через иловую насосную станцию подается в лоток перед аэротенками. Очищенные стоки после вторичных отстойников накапливаются в суточной емкости и затем откачиваются в емкость сезонного регулирования.

Схема биологическая очистка в окситенках (3-я линия) следующая: Стоки после приемной камеры (до 2198 м<sup>3</sup>/сут) направляются равномерно на три окситенка, где насыщаются кислородом в реакторе и очищаются. Для перемешивания стоков с кислородом предусмотрен аэратор. Далее все идет аналогично схеме 2 – й линии. Избыток активного ила из илоотделительной части окситенков выводится по трубопроводу сырого активного ила в иловую камеру и далее в окситенк – стабилизатор ила, где идет сбраживание и уплотнение избыточного активного ила.

Установка биогенной подпитки служит для подготовки и дозирования растворов, так как для биологического окисления сточных вод необходимо присутствие биогенных элементов, из которых особое внимание уделяется азоту аммонийных солей и фосфору в виде фосфатов. Согласно СНиП П–32–74, содержание N и P в них должно удовлетворять следующим соотношениям: БПК : N : P = 100 : 5 : 1 или БПК : NH<sub>4</sub> : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 100 : 6,4 : 2,3.

Для стоков, поступающих в очистные сооружения, БПК равна 160 мг/л, а соотношения БПК: NH<sub>4</sub> и P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> равны 160 : 10,2 : 3,7. Если N и P меньше, то в раствор биогенной подпитки их добавляют в виде сульфата аммония и суперфосфата. Реагент с концентрацией фосфатов 3,74 г/л по P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, аммония – 20,1 г/л по NH<sub>4</sub> поступает в растворный бак из контейнера с интенсивностью подачи 10 л/с на 1 м<sup>2</sup> площади бака, где идет перемешивание воздухом. Затем раствор отстаивается и поступает в расходный бак, откуда центробежным насосом подается в дозатор, а из него самотеком направляется в лоток перед очистными сооружениями.

## 2.2. Методики определения почвенных и гидрогеологических параметров и схемы опытов

Исследования проводили на ЗПО газохимического комплекса, расположенных на территории колхоза им Пугачева Оренбургского района Оренбургской области (Рис. 2).

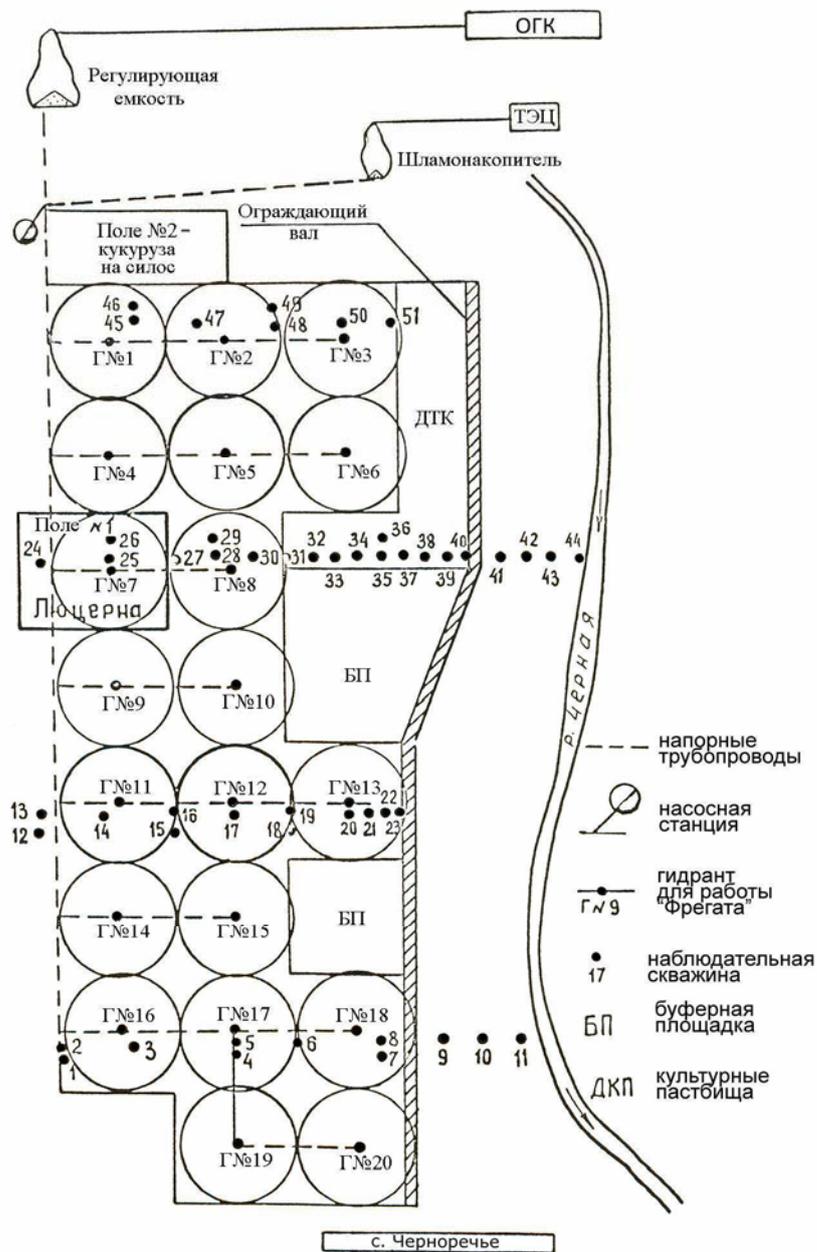


Рис.2. Схема оросительной системы земельных полей на базе сточных вод Оренбургского газохимического комплекса

Опыты вели на посевах кукурузы при поверхностном поливе (по бороздам) в двух вариантах: I – полив сточной водой; II – полив уральской водой, а также

люцерны полив сточной водой производился агрегатом ДМ «Фрегат» (Рис. 3). Повторность опытов – четырехкратная. Для каждой культуры контролем служил вариант без полива.

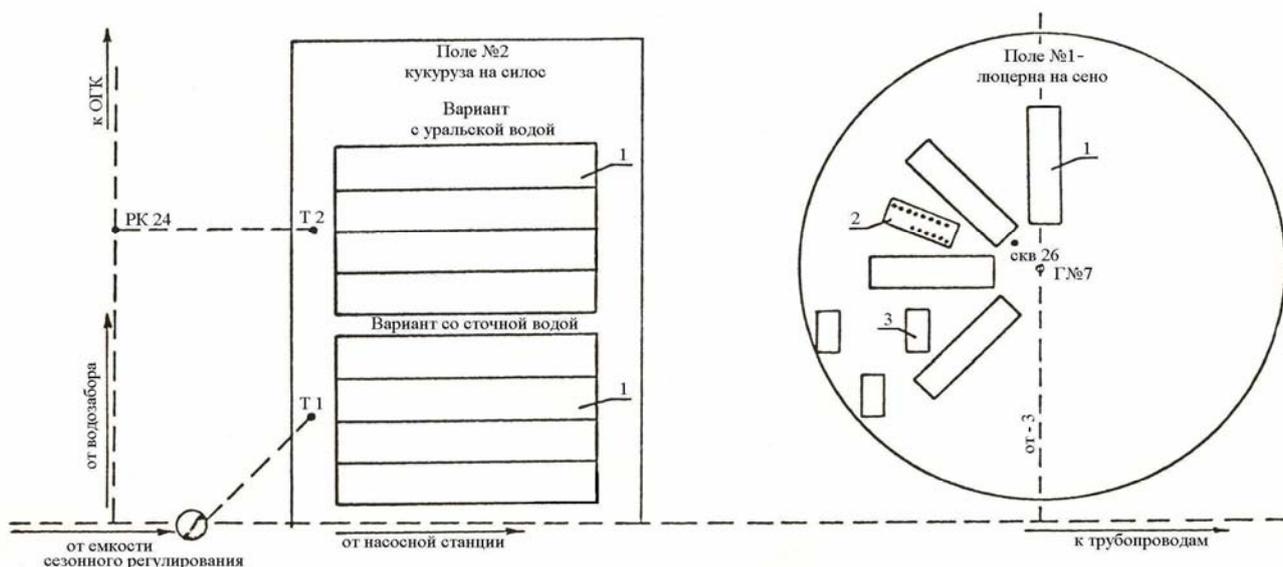


Рис. 3. Схема опыта:

РК 24 — распределительный колодец; Т 1 — точка выдела сточной воды;  
Т 2 — точка выдела уральской воды; 1 — учетные делянки; 2 — балансовая площадка;  
3 — стоковые площадки; Г №7 — гидрант для подключения ДМ «Фрегат»; • скв. 26 — наблюдательная скважина

Учетные делянки площадью  $200 \text{ м}^2$  (кукуруза) и  $1,0 \text{ га}$  (люцерна) выделяли на производственных посевах.

Суммарное испарение и влагообмен грунтовых вод с зоной аэрации яровой пшеницы с подсевом люцерны и люцерны последующих лет при близком залегании уровня грунтовых вод (УГВ) в зависимости от качества поливной воды определяли испарителями и лизиметрами площадью  $1 \text{ м}^2$  на глубинах  $1,0$ ;  $1,5$ ;  $2,5$  и  $3,5 \text{ м}$ . (Рис. 4). Для изучения влагопереноса в почвогрунтах и определения инфильтрации при поливах на полях обеих культур были установлены тензиометры на глубинах  $0,5$ ;  $1,0$ ;  $1,5$ ;  $2,0$  и  $2,5 \text{ м}$  (Рис. 5, 6).

Динамику УГВ на оросительной системе изучали по наблюдательным скважинам, расположенным по четырем параллельным створам с учетом топографических и гидрогеологических условий ЗПО.

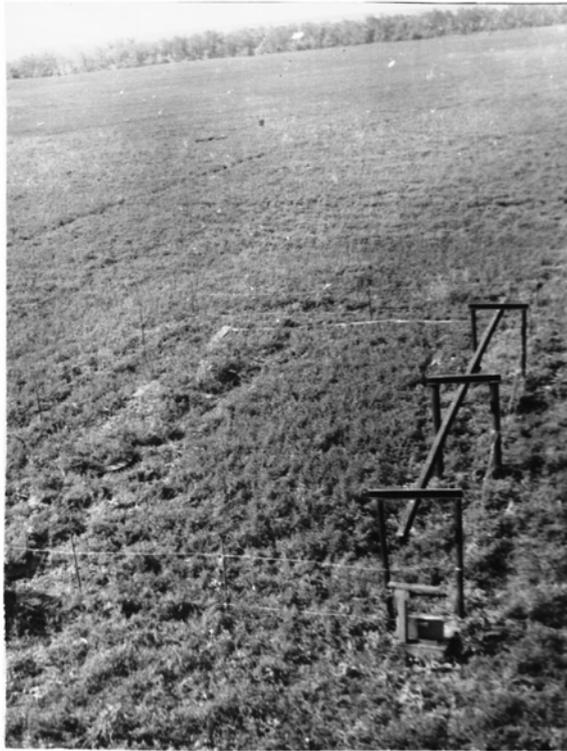


Рис.4. Общий вид балансовой площадки

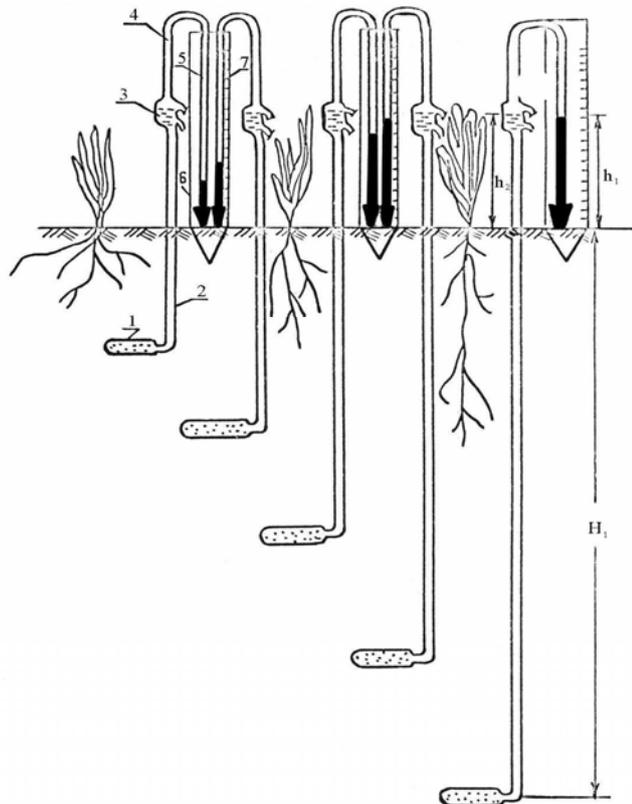


Рис. 5. Схема установки тензиометров в поле:  
 1 – керамический датчик; 2 – соединительная трубка;  
 3 – воздухоуловитель; 4 – соединительный шланг;  
 5 – ртутный капилляр; 6 – сосуд с ртутью; 7 – рейка со шкалой

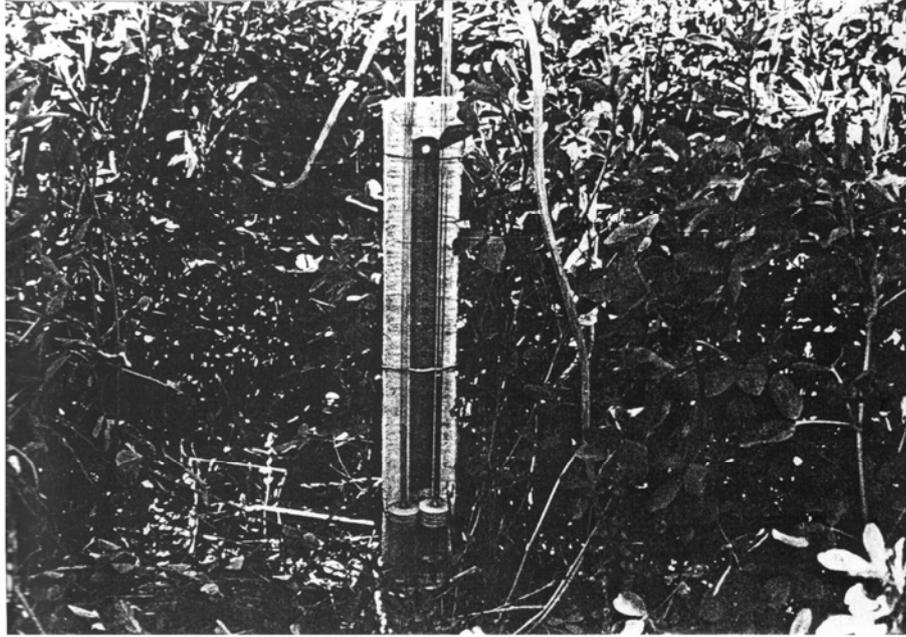


Рис.6. Установка тензиометра в поле

Водный баланс зоны аэрации и грунтовых вод. Уравнение водного баланса зоны аэрации и грунтовых вод исследуемого орошаемого участка определяемого за промежуток времени, согласно А.Н.Костякову [158], имеет следующий вид:

$$10000 \delta \Delta H = (M_{нт} + 10\beta A + \Phi + V + G + E_{гр}) - (E + O_{гт} + Y + S) \pm (W_{н} - W_{к}), \quad (1)$$

где  $\delta$  – коэффициент свободной порозности грунтов;  $\Delta H$  – изменение уровня грунтовых вод, м;  $M_{нт}$  – оросительная норма, нетто; (все величины даны в  $\text{м}^3/\text{га}$ );  $\beta$  – коэффициент использования осадков;  $A$  – осадки, мм;  $\Phi$  – фильтрация;  $V$  – приток поверхностных вод;  $G$  – приток грунтовых вод;  $E_{гр}$  – влагообмен грунтовых вод с зоной аэрации;  $E$  – суммарное испарение;  $O_{гт}$  – отток грунтовых вод;  $Y$  – поверхностный сток;  $S$  – сброс;  $(W_{н} - W_{к})$  – использованные влагозапасы в зоне аэрации.

На оросительных системах закрытого типа фильтрация ( $\Phi$ ) и сброс ( $S$ ) практически отсутствуют. Ввиду того, что опытный участок находился на водоразделе, приток поверхностных вод ( $V$ ) исключается. Остальные элементы водного баланса определялись следующим образом.

Коэффициент свободной порозности в грунтах  $\delta$  представляет собой разность между полной влагоемкостью (ПВ) зоны аэрации за вычетом заземленного воздуха и естественной влажностью (1).

Полную влагоемкость, равную скважности, рассчитывали по формуле

$$ПВ = (1 - d/p) \cdot 100, \quad (2)$$

где  $d$  – объемная масса, г/см<sup>3</sup>;  $p$  – удельная масса, г/см<sup>3</sup>.

Водно–физические свойства почвогрунтов – объемная и удельная масса, максимальная гигроскопичность (МГ), влажность устойчивого завядания (ВУЗ), влажность разрыва капилляров (ВРК), наименьшая влагоемкость (НВ), механический и агрегатный состав, скорость просачивания и фильтрации, высота капиллярной каймы определяли по методикам А.А.Роде и В.С.Астапова [11, 263]. При закладке опыта все эти показатели измеряли два раза в году (в начале и в конце вегетации) на всю зону аэрации на глубину активного слоя.

Значение  $\Delta H$  определяли при периодических наблюдениях за уровнем грунтовых вод (через 10 дней). Пробы грунтовых вод на химический анализ брали весной – до и после снеготаяния и осенью [131,132].

Поливную норму (Мнт) при поливе «Фрегатом» учитывали дождемерными стаканами, установленными на поверхности почвы с учетом положения дождевальных аппаратов. При поливе по бороздам ее измеряли водомерами и водосливами Томсона. Поливы проводили при нижнем пороге влажности (не ниже 0,75 НВ) из расчета увлажнения слоя почвы 0,7 м для яровой пшеницы и кукурузы и 0,9 м – для люцерны.

Сумму эффективных осадков (10 βА) определялась согласно наставлениям ГУМС, высоту и плотность снежного покрова измеряли перед началом снеготаяния [217].

Приток (V) и сток (Y) поверхностных вод изучался методами стоковых площадок и русловым с учетом почвенных условий и рельефа местности. Для сравнения величин поверхностного стока при орошении и на богаре на поле люцерны строили три площадки. Сток измеряли водосливами Томсона, установленными на каждой площадке. Для учета воды со всего опытного участка служили трапециевидные водосливы Чиполетти. Учет стока выполнялся согласно руководству [162]. Кроме того, он рассчитывался согласно балансу снегозапасов [161]:

$$y = (X_3 + X_{сн}) - \Delta W_{мм}, \quad (3)$$

где  $X_3$  – снеготаяния;  $X_{сн}$  – осадки за период снеготаяния;  $\Delta W$  – увеличение влагозапасов в двухметровой толще.

Определение притока и оттока грунтовых вод ( $G - Oг$ ) опытным путем требует специальных гидрогеологических наблюдений, что не входило в наши исследования, поэтому данную величину вычисляли как остаточный член водного баланса.

Суммарное испарение при глубоком залегании УГВ определяли по уравнению водного баланса активной зоны:

$$E = (W_n - W_k) + 10\beta A + M_{нт} - f, \quad (4)$$

а при близком залегании УГВ (лизиметры) по уравнению:

$$E = (W_n - W_k) + 10\beta A + M_{нт} + E_{гр} - f, \quad (5)$$

где  $f$  – инфильтрация, а остальные обозначения прежние. Все величины даны в  $m^3/га$ .

Изменение запасов влаги ( $W_n - W_k$ ) во всей зоне аэрации рассчитывали по влажности грунтов, определяемой термостатновесовым методом, перед уходом в зиму, до и после снеготаяния. Бурение производили станком УРБ-5. Пробы отбирали на протяжении первого метра через 10 см, во второго – 20 см и далее до грунтовых вод через каждые 50 см. В лизиметрах запасы влаги определяли весной перед посевом или в начале отрастания, а также перед уборкой или последним укосом люцерны. Влагозапасы в активной зоне измеряли перед посевом (отрастанием) и после уборки (укоса) один раз в декаду – до и после полива.

Инфильтрацию ( $f$ ) рассчитывали по данным измерений влажности почвы и тензиометрическим наблюдениям. Наблюдения по тензиометрам сводились к измерению высоты ртутного столбика один раз в пятидневку и обязательно перед и после полива по методике, разработанной Киевским госуниверситетом [91], а также согласно и рекомендациям [213]. При высоте ртутного столба ( $h_1$ , см) и ее удельной массе  $13,6 \text{ г/см}^3$  всасывающее давление ( $P$ ) =  $13,6 h_1$  см вод.ст. Всасывающая сила почвы:

$$P_s = 13,6 h_1 - (H_1 + h_2) \quad (6)$$

(так как столб воды в приборе действует по направлению всасывающей силы почвы, то высота слоя воды вычитается, см. рис.5).

Капиллярный потенциал, если за условный нуль отсчета принять поверхность земли, равен:

$$\Phi = H_1 - [13,6 h_1 - (H_1 + h_2)], \quad (7)$$

В ненасыщенной среде передвижение влаги происходит от точки большим потенциалом к точке с меньшим потенциалом или по градиенту потенциала.

Согласно закону Дарси

$$V = K_0 \cdot \Delta\Phi / l, \quad (8)$$

где  $V$  – скорость потока, м/сут;  $K_0$  – коэффициент влагопроводности, м/сут;  $\Delta\Phi/l$  – градиент потенциала.

Объем влагопереноса  $J$  за время  $t$  через единицу площади ( $1 \text{ м}^2$ )

$$J = K_0 \Delta\Phi t / l. \quad (9)$$

Коэффициент влагопроводности  $K_0$  рассчитывали по формуле С.Ф.Аверьянова [164]:

$$K_0 = K_f \left[ \frac{W - W_{\text{мг}}}{P - W_{\text{мг}}} \right]^{3,5} \quad (10)$$

где  $K_f$  – коэффициент фильтрации грунта, м/сут;  $W$  – объемная влажность почвы в естественных условиях, %;  $W_{\text{мг}}$  – то же при максимальной гигроскопичности, %;  $P$  – порозность, %.

В полевых условиях коэффициент фильтрации определяли на затопляемых площадках [165].

Влагообмен грунтовых вод с зоной аэрации ( $E_{\text{гр}}$ ) учитывали стационарными лизиметрами один раз в пятидневку. Измерение количества воды, долитой в лизиметр или откаченной из него в процессе стабилизации уровня, дает, соответственно, расход грунтовых вод в зону аэрации или их пополнение за счет инфильтрации.

Содержание подвижных форм питательных веществ ( $N$ ,  $P$ ,  $K$ ) в почве определяли ежегодно осенью согласно существующим методикам [45]. Пробы почвогрунтов всей зоны аэрации на химический анализ отбирали при закладке

опыта и ежегодно весной и осенью. Ежегодно в начале и конце вегетации по существующим методикам [10] следили за изменением химического состава почвогрунтов в активном слое (1,5–2,0 м)

Химический анализ поливных вод – проводили перед поливами, а грунтовых вод перед уходом в зиму, до и после снеготаяния по методике Ю.Ю.Лурье и Л.И.Рыбниковой [180].

Качество урожая изучаемых культур определяли путем взятия проб по укосам люцерны и при уборке пшеницы и кукурузы. Проводился зоотехнический анализ взятых проб, определяли их минералогический и аминокислотный состав [240, 319].

Агробиологические исследования состояли из фенологических наблюдений, учета засоренности посевов, болезней и вредителей, биологического урожая и его структуры на всех вариантах по методике опытного дела [58, 85, 260].

Влияние атмосферных выбросов на почву, растения и водоисточники изучали согласно принятой схеме (рис.7) с учетом ветрового режима и расстояния от источника загрязнения. Отбор проб почвы на спектральный анализ производился в трехкратной повторности через 10 см до глубины 30 см. В отобранных пробах растений, почвы и воды определяли содержание редких и тяжелых металлов атомно–эмиссионным и атомно–абсорбционным методами.

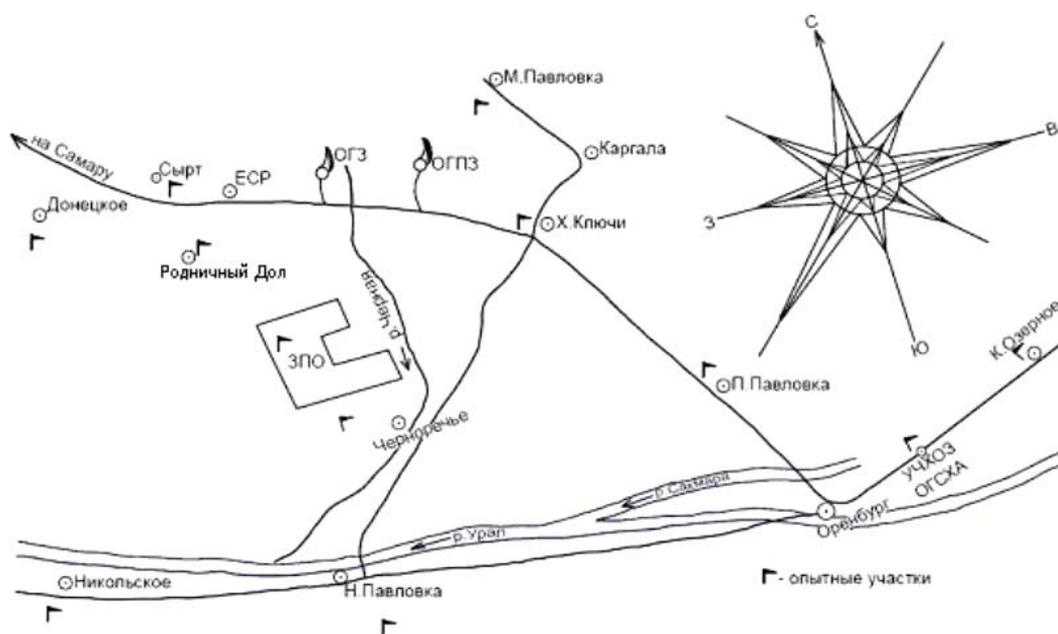


Рис.7. Схема расположения опытных участков

### 2.3. Методики гисто–морфологических исследований

Исследования были проведены на животных в подсобном хозяйстве Оренбургского гелиевого завода (ОГЗ) и Учхозе ОГАУ. Анализы животноводческой продукции и кормов выполняли в Оренбургской ветбаклаборатории, лабораториях ОГАУ, комбикормового завода и ВНИИМСа. Для наблюдения были подобраны группы по 10–20 коров и по 10 телок, которые были разбиты на группы по продуктивности и возрасту. Рационы животных анализировали по периодам года (зима, лето, осень).

У коров и телок в крови определяли следующие показатели:

1. Содержание эритроцитов и лейкоцитов в  $1 \text{ мм}^3$  крови, путем подсчета в камере Горяева.
2. Содержание гемоглобина с помощью гемомера.
3. Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) на приборе Панченкова.
4. Содержание белка– рефрактометрическим методом и белковых фракций – методом электрофореза на бумаге.
5. Резервную щелочность по Неведову.
6. Содержание кальция в сыворотке крови– по Де–Ваарду.
7. Содержание фосфора в сыворотке крови–калориметрическим методом по Бригсу в модификации Юделовича.
8. Содержание каротина– калориметрическим методом.
9. Содержание холестерина – по методу П.Т Лебедева. и А.Т Усовича [177].
10. В молоке коров определяли жир, СОМО, кислотность, сухое вещество, редуктазную пробу, общий белок по общепринятым методикам [211].
11. Зоотехнический анализ кормов (травы, сена, силоса, зерна) проводили по методам, описанным Л.А. Петуховой с соавторами.
12. Определение токсичности кормов проводили на кроликах согласно методике А.И. Антоновой и И.А. Блиновой и на аквариумных рыбках гуппи согласно рекомендации ветеринарной санитарии (1983 г.)
13. Полученный материал по гистоструктуре тканей печени, поджелудочной железы, сердца и мозгового вещества почек фиксировали в 10% – м рас-

творе нейтрального формалина, затем (промывали) проводили через спирты возрастающей концентрации и заливали в парафиновые блоки. Срезы толщиной 5 – 10 мкм после депарафинизации окрашивали гематоксилин–эозином. Для дифференциации эпителиальной, соединительной и мышечной тканей проводили окраску железным гематоксилином по методу ван Тизона. Полученные гистологические препараты изучали при увеличении: ок.15х, об.40х.

14. Результаты морфологических и биохимических исследований были обработаны методами вариационной статистики по Ойвину.

#### **2.4. Методики оценки генетического, цитогенетического эффекта и экологического мониторинга**

1. Оценка активности сточной воды ОГХК как мутагенного фактора, усиливающего частоту морфозов в растительных организмах. Используемые объекты – фасоль *Paseolus veulgaris* и пшеница *Triticum durum*. Растения проращивали на фильтровальной бумаге при температуре 22–25°С. Полив в контроле – отстоявшейся водопроводной водой в опыте до фазы 1–го листа сточной водой. В фазе 1–го листа растения отсаживали, и дальнейшее развитие растений продолжалось при поливе водой, предназначенной для контроля. Осмотр растений и фиксация аномалий через каждые 1–2 сут. Фиксируемые аномалии: изменения формы и расположения листовой пластинки, нарушения жилкования, пигментации, некротические образования. Параллельно оценивали возможные соматические мутации.

2. Оценка действия сточной воды Оренбургского ХПК и солей Ni, Cu, Zn на рост и развитие проростков пшеницы. В 8 вариантах проращивали зерна твердой пшеницы «Оренбургская–2». Анализ во всех вариантах проводился одномоментно (экспозиция в растворах и сточной воде ОГХК одинаковая). Учитывали количество погибших семян, длину проростков и coleoptилей, развитие coleoptиле и первого настоящего листа, количество растений с морфозами, характер морфозов. Данные были обработаны статистически и представлены в форме графиков и таблиц.

3. Оценка действия сточной воды Оренбургского ГХК и солей Ni, Cu, Zn на корешки лука *A. сера*. В 8 вариантах проращивали луковички *A. сера*. Корешки фиксировали в уксусном спирте. Мацерацию проводили в 10% – ном

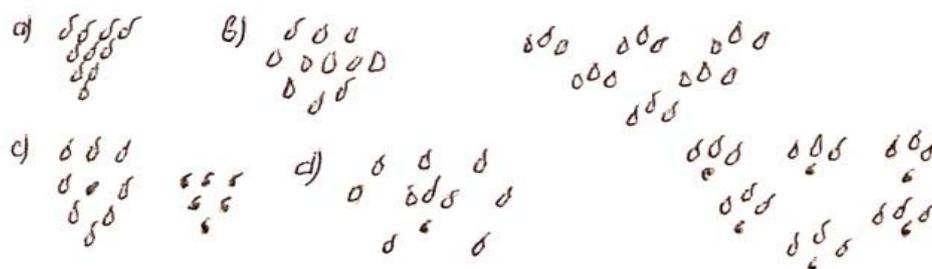
растворе HCl перед окрашиванием ацетокармином. Митотический индекс оценивали по методике З.П.Паушевой [235].

4. Оценка наследуемых клеточно–летальных эффектов на дикой популяции дрожжей – сахаромицетов и его j – мутанте.

Отфильтрованная, пропущенная через миллиметровые фильтры сточная вода используется для смыва культуры с питательной плотной среды в чашках Петри и для приготовления суспензии в концентрациях 1000 и 10000 кл/мл. Засеваются в опыте 5 чашек, в контроле 3 чашки по каждой концентрации суспензии с дрожжами каждой культуры. Работа проводилась в соответствии с методическими указаниями [96].

5. Оценка частот соматических мутаций и рекомбинаций, индуцируемых сточной водой ОГХК и солями Zn, Cu, Sn. Для изучения соматических мутаций и рекомбинаций по крыловым маркерам использовали линии дрозофилы: гомозиготные виргинные самки линии mwh ju и гетерозиготные самцы линии DR(103)SE<sup>14</sup>; flr/TM1, Meri Sbd<sup>2</sup> (Lindsly, Grell 1968 и др). Самцов и самок указанных линий при скрещивании высаживали на корм, в который предварительно добавлялся 1 мл исследуемого вещества. В первом поколении получили мух с генотипом mwh/flr, фенотипически отличающихся от мух с генотипом mwh/TM1. Последние имели на крыльях вырезки. Для анализа мозаичных пятен использовались гетерозиготы, без вырезок на крыльях. Мух помещали на 2 ч в 75% – ный раствор уксусной кислоты, а затем в 70% – ный спирт, где их сохраняли до изготовления временных препаратов.

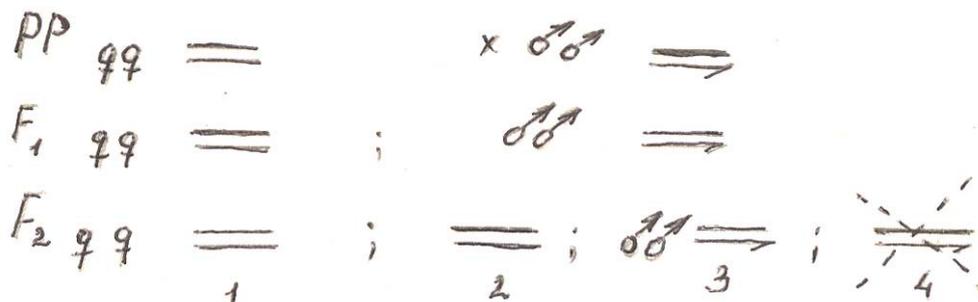
Соматические мутации и кроссинговер учитывали по появлению одиночных (mwh, flr) и двойных (mwh/flr)пятен, фенотипически проявляющихся в изменении формы и числа щетинок:



a) Normal; b) mwh; c) flr; d) mwh/flr

Одиночные пятна появляются в результате деления, нерасхождения хромосом или митотического кроссинговера при утрате одного из компонентов двойного пятна. Учет пятен проводили под микроскопом при увеличении 15x40. Всего проанализировано 100 препаратов. Для учета рецессивных, сцепленных с полом летальных мутаций пользовались методикой Мёллер–5. В опытах изучали 2 линии дрозофилы: дикая Д–32 – й, линия Меллер–5. Исследуемое вещество добавляли в корм 4–5 суточных самцов дикой линии (Lewis E., Vacherf, 1968). Затем обработанных самцов скрещивали с виргинными самками М–5. От каждого тестируемого самца брали потомство самок для следующего скрещивания. Если в X–хромосоме сперматозоидов возникает рецессивная летальная мутация, то в культурах вместо свойственной норме двух классов самцов (Д–32 и М–5) должны обнаруживаться только самцы М–5, а самцы дикого типа, гемизиготные по летальной мутации, не должны развиваться.

Схема скрещивания *D. melanogaster* с использованием методики Меллер–5:



1.– самки с фенотипом М–5; 2.– нормальные по фенотипу самки, гетерозиготные по возникающей летальной мутации в X–хромосоме; 3.– самцы с фенотипом М–5; 4.– нормальные самцы, при наличии летальной мутации в X–хромосоме, не развиваются.

6. Оценка общетоксичного действия сточной воды ОГХК на млекопитающих. Используемый объект – китайский хомячок *Cricetus* массой 100–110 г. Суточную воду вводили в организм животных ежедневно с пищей из расчета 2 мл/сутки на каждую особь. Скрещивание с интактными особями производили после проверки на плодовитость.

## **Глава 3. Экологическая оценка влияния сточных вод газохимического комплекса на состояние земледельческих полей орошения**

### **3.1. Природно – климатические условия**

Климат района исследований резко континентальный, с холодной зимой и жарким сухим летом. Продолжительность вегетационного периода составляет 148 дней. Среднегодовая сумма осадков равна 372 мм, из них 68% приходится на теплый период года [3]. Осадки летнего периода, как правило, носят ливневый характер. Район исследований относится к зоне недостаточного увлажнения; гидротермический коэффициент изменяется от 0,6 до 0,8. Максимально возможное испарение превышает 800 мм. Рельеф местности представляет собой расчлененную равнину с общим уклоном 0,005 – 0,05.

В геологическом отношении участок ЗПО представлен отложениями четвертичного и пермского возраста. Пермские отложения, широко распространенные далеко за пределами изучаемого района, сложены толщей глин и аргиллитов с прослоями песчаников верхнетатарского подъяруса мощностью свыше 90 м. Поверхность их размыта, в связи с чем, они вскрываются скважинами на абсолютных отметках от 91 до 180 м. Максимальные отметки кровли пермских отложений отмечаются по северной и юго–западной окраинах участка ЗПО, минимальные – на востоке и северо–востоке.

Четвертичные отложения, залегающие сплошным покровом на глинах и аргиллитах пермского возраста, состоят из суглинков и глин делювиального генезиса. Наиболее распространены суглинки, представленные преимущественно тяжелыми разностями темно–коричневого цвета, содержащими стяжения гипса и карбонатов. Мощность делювиального покрова изменяется в пределах 1,7 – 25,0 м: его минимальная величина отмечается в северной и юго–западной частях района, максимальная – на северо–востоке и юге. Подземные воды на участке связаны с прослойками песчаников и аргиллитами верхнетатарского подъяруса. Четвертичные отложения хорошо дренированы, и вода в них вскрыта лишь на участке скважины 44, находящейся близ русла р.Черной.

Грунтовые воды, формирующиеся в результате разгрузки пластовых вод верхнетатарских отложений, образуют поток, направленный в сторону долины р.Черной. Его поверхность в пределах юго-западной окраины участка фиксируется на абсолютных отметках 162–176. Близ русла р.Черной глубина залегания грунтовых вод составляет 6–22,9 м. Максимальная глубина приходится на юго-восточную часть района. Исходное положение уровней грунтовых вод на ЗПО представлено на рис.8.

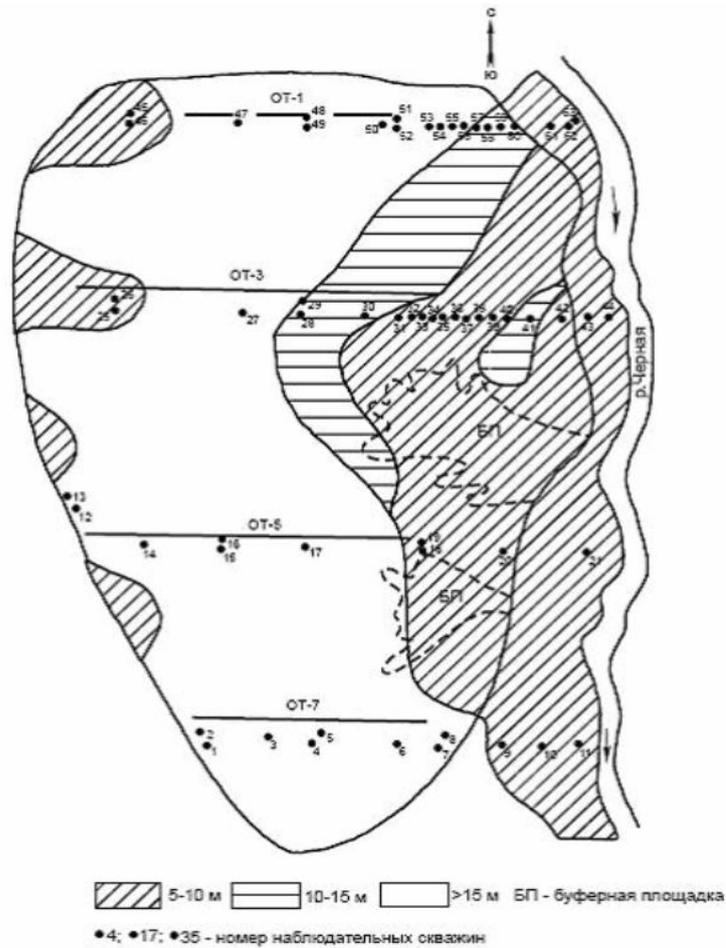


Рис.8. Исходное положение уровня грунтовых вод на ЗПО

В районе исследований доминируют черноземы южные. На разделение южных черноземов по мощности гумусового горизонта немаловажное влияние оказывает приуроченность почв к элементам рельефа, а именно: среднемошные разновидности южных черноземов, у которых гумусовый горизонт (А – В) достигает мощности 50 – 55 см, развиты на плоскоравнинной части водораздела, где поверхностный сток значительно затруднен и основная часть осадков аккумулируется на месте; маломощные южные черноземы мощность гумусового

горизонта до 30 – 40 см приурочены к склонам водораздела со значительно облегченными условиями поверхностного стока.

По механическому составу почвы участка в основном глинистые и тяжело-суглинистые. В северной части района, на сравнительно небольших площадях отмечено облегчение механического состава до средних и легких суглинков. Содержание гумуса в почвах составляет около 4%. поглощающий комплекс южных черноземов насыщен кальцием (до 30 мг/экв на 100 г почвы) и магнием. Почвы незасоленные. На отдельных участках, как на плато, так и на склонах водораздела обнаружено (на глубине 150 – 200 см и более) слабое и среднее сульфатно–кальциевое засоление. Кроме того, в единичных разрезах на таких глубинах отмечается присутствие соды.

Основные метеорологические показатели за годы исследований и средние многолетние данные приведены в табл. 1. По данным метеостанции Оренбурга и наших полевых наблюдений на балансовой площадке по обеспеченности осадками вегетационные периоды 1978 и 1979 гг. относятся к влажным, а 1977 и 1980 гг. к среднезасушливым. За осенне–зимний период 1976 – 77г. выпало 75 мм осадков, или 62,5% от нормы. Апрель оказался холоднее обычного на 2°, поэтому сроки сева яровой пшеницы с люцерной передвинулись на начало мая. В мае – июле преобладала жаркая сухая погода с наличием суховейных явлений. Осадков за два месяца выпало 74 мм, в июле их почти не было. Август и сентябрь по температурному режиму оказались близкими к норме. Осадков за вегетационный период изучаемых культур выпало 152 мм, что на 36 мм ниже нормы.

В целом истекший сельскохозяйственный год характеризовался короткой холодной осенью с осадками меньше нормы на 68 мм; а холодной малоснежной зимой, ранней и сухой весной и жарким, с наличием почвенной и атмосферной засух, летом. В октябре 1977 года была неустойчивая погода. Ноябрь был теплее обычного, небольшой снежный покров образовался лишь к концу месяца. Люцерна 1–го года жизни ушла в зиму окрепшей.

Зима (ноябрь – февраль) 1978 г. была умеренно холодной. Осадков за этот период выпало 156 мм, или 130% от нормы. Высота снежного покрова достигала 25 – 30 см, в связи с чем перезимовка люцерны прошла благоприятно.

Таблица 1

Метеорологические условия за 1977-1980 гг.

Год	Месяцы												Всего за год
	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Среднегоголет- ние 1976/1977 1977/1978 1978/1979 1979/1980	39	29	26	19	22	24	25	41	39	42	38,4	32	372
	57,0	26,8	1,5	7,8	27,7	11,6	20,0	45,2	28,6	6,9	15,6	33,0	304
	31,7	27,8	50,0	36,8	37,4	3,7	4,8	26,4	69,2	56,8	22,5	21,9	382
	42,1	47,8	59,1	20,0	33,9	8,9	28,4	3,2	40,6	68,6	42,0	46,3	421
	44,7	22,0	29,8	19,8	33,8	21,0	30,0	1,4	20,5	26,0		61,0	352
Среднегоголет- ние 1976/1977 1977/1978 1978/1979 1979/1980	4,9	-4,1	-11,3	-14,8	-14,2	-7,9	4,6	14,6	19,7	22,0	19,9	13,2	3,8
	4,9	-4,1	-11,8	-19,2	-14,3	-7,9	3,6	14,1	19,1	21,5	19,2	12,5	3,1
	2,0	-4,1	-11,1	-11,8	-13,8	-4,0	5,7	13,2	18,8	21,0	18,5	14,2	4,0
	3,2	-2,7	-14,7	-16,5	-11,0	-4,1	2,2	18,2	15,8	21,4	21,0	14,1	3,9
	2,7	-4,2	-5,5	-15,9	-16,6	-10,6	5,4	16,1	19,4	22,5	17,6	12,9	3,9
Среднегоголет- ние 1976/1977 1977/1978 1978/1979 1979/1980	89,9	27,0	12,4	12,4	11,2	21,7	117	291	396	425	406	234	2044
	44,0	21,0	15,0	7,0	12,0	29,0	201	371	420	445	394	235	2194
	71,0	16,0	13,1	16,1	11,0	25,0	102	243	266	278	379	219	1639
	68,0	15,0	9,2	12,0	9,0	18,0	58	395	240	314	411	213	1762
	64,0	23,0	17,0	13,0	8,0	22,0	106	365	362	466	307	215	1966

Среднесуточная температура воздуха, °С

Осадки, мм

Сумма дефицитов влажности, мб

Весна наступила рано. Очень теплая погода в третьей декаде марта вызвала быстрое таяние снега. Резкое похолодание наблюдалось лишь в конце второй декады апреля. В целом месяц оказался теплее обычного на 1,1°; отрастание люцерны шло нормально. Май характеризовался неустойчивой погодой. В конце месяца на почве наблюдались заморозки, поэтому сроки сева кукурузы оказались растянутыми. Первоначальное развитие кукурузы проходило при неблагоприятных условиях погоды.

Лето характеризовалось пониженным температурным режимом. Осадки ливневого характера выпадали часто. За вегетационный период люцерны выпало 195 мм осадков, или 92% от нормы.

Сентябрь оказался теплее обычного, что способствовало получению хорошего урожая люцерны в третьем укосе. После уборки люцерны провели осеннюю влагозарядку. В осенне–зимний период 1978 – 1979 гг. преобладала теплая погода. Только в октябре и декабре аномалия средней месячной температуры имела отрицательные значения. За холодный период выпало 212 мм осадков.

Весна 1979 г. наступила поздно. Апрель был холоднее обычного на 2,4°. Отрастание люцерны происходило очень медленно. В мае преобладала жаркая сухая погода. В течение месяца осадков почти не было. Летний период по температурному режиму был близок к норме, а осадков выпало 115% от нормы. В августе их было мало, что благоприятствовало уборочным работам. Первая декада сентября оказалась прохладной, и это задержало рост и развитие люцерны. Третий укос ее провели лишь в конце первой декады сентября.

За вегетационный период люцерны сумма осадков составила 210 мм, или 105% от нормы. По метеорологическим показателям октябрь и ноябрь оказались близкими к норме. Устойчивый снежный покров установился только в конце октября. Из–за теплой погоды к концу декабря высота снежного покрова не превышала 5 см. Люцерна 3 – го года жизни ушла в зиму хорошо раскустившейся.

В первой половине зимы преобладала теплая погода, а во второй – холодная. В феврале высота снежного покрова составила 25 – 30 см. Морозная погода стояла до конца марта. За осеннее – зимний период (октябрь-март) осадков выпало 171 мм, или 107% от нормы.

Прошедшие в начале апреля дожди ускорили сход снежного покрова. Впитывание талых вод в почву было небольшим, так почва оттаяла всего на 20 – 30 см. Апрель оказался теплее обычного, отрастание люцерны началось во второй декаде апреля. В мае преобладала теплая сухая погода. Сразу после всходов кукурузы потребовался первый полив.

Лето 1980 г. по температурному режиму было близким к норме. Теплая погода сохранялась до конца второй декады сентября. За вегетационный период люцерны выпало 114 мм осадков.

В целом для 1979 – 1980 гг. Были характерны теплая с дождями осень; первая половина зимы теплая и вторая холодная; весна с повышенным температурным режимом и наличием суховейных явлений; теплые лето и осень.

### ***Почвенные и гидрогеологические условия опытных участков***

На участке люцерны (поле №1) доминировали южные черноземы тяжело-суглинистого механического состава. Почвообразующая порода представлена желто – бурыми суглинками мощностью 4 м, далее на глубине 4,3 м располагается песчаник мелкозернистый буровато – серый трещиноватый на глинистом цементе слоем 0,6 м. Грунтовые воды находятся на глубине 5,5 – 6,5 м. Минерализация вод составляет 0,2 г/л.

По пяти шурфам, заложенным на глубину 2 м в разных местах опытного поля люцерны, приводится морфологическое описание почвенного профиля:

A<sub>1</sub> 0 – 22 см – темно – бурый, мелкокомковатый, тяжелосуглинистый, влажный, уплотнен, переход резкий. В 22 – 31 см – черный, призмевидный с острыми гранями, глянec, тяжелосуглинистый, уплотнен, переход резкий. B<sub>1</sub> 31 – 45 см – желто – бурый, плитчато – призмевидный, тяжелый суглинок,

плотный, лжемицелий карбонатов, переход резкий. В<sub>2</sub> 45 – 57 см – черный призмовидный тяжелый суглинок, плотный, переход резкий. 57 – 75 см – желто – бурый той же структуры, глинистый, очень плотный, массовое скопление карбонатов в форме "белоглазки", переход резкий. 75 – 90 см – черный, призмовидный, глинистый, очень уплотнен, переход заметный. 90 – 102 см – неоднородный по строению и окраске, на буром – коричневом фоне отдельные темно – окрашенные куски призмовидной структуры, глинистый, плотный, переход постепенный. С 102 – 113 см – желто – бурый мелкокомковатый, тяжелый суглинок, отдельные гумусовые подтеки, обилие карбонатов ("белоглазки"), уплотнен, переход постепенный. 113 – 200 см – на желто – буром фоне отдельные подтеки гумуса, тяжелосуглинистый, комковатый, плотный, вскипает от 10%-ной HCl по всему профилю бурно.

Водно – физические свойства почвогрунтов поля № 1 представлены в табл. 2 и на рис. 9. От поверхности почвы к суглинкам МГ, ВУЗ, НВ снижаются. Также значения их характерны для механического состава генетических горизонтов. Объемная масса изменяется от 1,02 г/см<sup>3</sup> в почвенном слое до 1,63 – в почвообразующей породе. Удельная масса почвогрунтов постепенно возрастает с увеличением глубины и находится в пределах 2,52 – 2,76 г/см<sup>3</sup>. От поверхности к суглинкам снижается и величина скважности. Водопроницаемость почвогрунтов колеблется от 1,52 мм/мин на поверхности до 0,16 мм/мин в материнской породе (желто – бурые суглинки).

Таблица 2

## Водно-физические свойства и агрегатный состав почвогрунтов на участке люцерны

Глубина, см	Удельная масса, г/см <sup>3</sup>	Объемная масса, г/см <sup>3</sup>	Скважность, %	В процентах от сухой массы				Сумма фракций, %		
				НВ	МГ	ВУЗ	ВРК	>3 мм	3-0,25 мм	<0,25 м
0-10	2,52	1,02	60	30,0	9,4	12,6	14,8	-	-	-
10-20	2,56	1,07	58	28,5	9,3	12,2	14,2	-	-	-
20-30	2,58	1,10	57	26,2	9,0	11,8	13,8	-	-	-
30-40	2,63	1,23	53	25,4	8,8	11,0	13,4	-	-	-
0-30	-	-	-	-	-	-	-	3,6	30,0	66,4
40-50	2,64	1,24	53	25,4	8,4	9,6	12,6	-	-	-
50-60	2,65	1,27	52	23,1	8,7	11,3	13,2	-	-	-
30-60	-	-	-	-	-	-	-	4,8	62,0	33,2
60-70	2,72	1,31	52	22,2	8,3	10,8	13,0	-	-	-
70-80	2,76	1,40	49	21,2	8,0	10,4	12,6	-	-	-
80-90	2,76	1,46	47	21,4	8,0	10,5	12,8	-	-	-
90-100	2,76	1,55	44	20,5	7,8	10,0	12,0	-	-	-
60-100	-	-	-	-	-	-	-	1,4	48,4	41,2
100-120	2,76	1,55	44	21,6	7,8	10,1	-	-	-	-
120-140	2,75	1,57	43	21,2	7,4	9,4	-	-	-	-
140-160	2,74	1,63	41	20,4	7,2	9,2	-	-	-	-
160-180	2,73	1,54	44	21,3	7,1	9,0	-	-	-	-
180-200	2,73	1,55	43	21,2	7,1	9,0	-	-	-	-

Кукурузу (поле №2) возделывали на легкосуглинистых южных черноземах малой мощности. Почвенный слой подстилает буровато – желтая твердая супесь с прослойками песка (15%). Далее, как и на всей территории ЗПО, располагаются пермские отложения, представленные аргиллитами с прослойками песчаников. Уровень грунтовых вод залегает на глубине 9 – 10 м. Минерализация вод составляет 0,25 г/л.

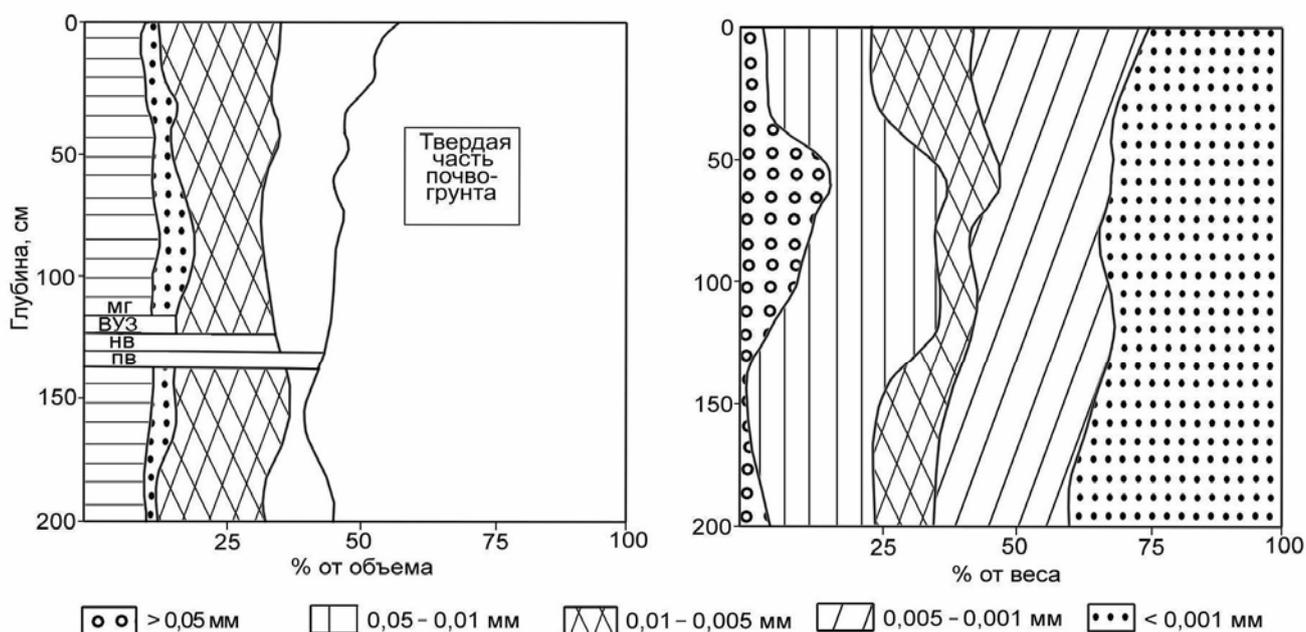


Рис.9. Водные свойства и механический состав почвогрунтов на участке люцерны

Водно – физические свойства почвогрунтов приведены в табл. 3 и на рис.10. Величины НВ, МГ, ВУЗ несколько ниже, чем на поле люцерны, что связано с механическими свойствами почвогрунтов (рис.11). Объемная масса с увеличением глубины почвенного слоя возрастает, начиная с 60 см и до 120 см – снижается, что связано с облегчением механического состава, затем до конца расчетного слоя плотность увеличивается. Удельная масса возрастает с  $2,65 \text{ г/см}^3$  в пахотном слое до  $2,72$  в суглинках.

Таблица 3

## Водно-физические свойства и агрегатный состав почвогрунтов на участке кукурузы

Глубина, см	Удельная масса, г/см <sup>3</sup>	Объемная масса, г/см <sup>3</sup>	Скважность, %	В процентах от сухой массы			Сумма фракций, %			
				НВ	МГ	ВУЗ	ВРК	>3 мм	3-0,25 мм	<0,25 м
0-10	2,52	1,07	58	18,9	5,82	7,6	9,1	0,2	13,0	86,8
10-20	2,53	1,25	51	19,0	5,80	7,6	9,2	0,6	13,0	86,4
20-30	2,71	1,30	52	20,3	5,15	6,6	7,9	0,2	23,0	76,8
30-40	2,71	1,37	50	20,8	5,13	6,6	7,9	0,3	24,0	75,7
40-50	2,72	1,38	49	20,9	5,80	7,7	9,0	0,2	24,2	75,6
50-60	2,71	1,40	49	21,2	5,75	7,6	9,0	0,2	24,2	75,6
60-70	2,73	1,36	50	20,2	5,60	7,2	8,6	1,6	14,4	84,0
70-80	2,70	1,39	52	19,5	5,55	7,2	8,6	1,6	14,6	83,8
80-90	2,70	1,28	53	19,2	5,50	7,1	8,3	0,4	15,2	84,4
90-100	2,70	1,28	53	19,3	5,47	7,1	8,3	0,4	15,2	84,4
100-120	2,71	1,32	51	16,8	5,41	7,0	8,1			
120-140	2,51	1,45	42	16,5	5,11	6,6	7,6			
140-160	2,51	1,45	42	15,3	4,83	6,3	7,2			
160-180	2,71	1,45	47	14,3	4,84	6,3	7,2			
180-200	2,72	1,48	46	13,0	4,93	6,4	7,4			

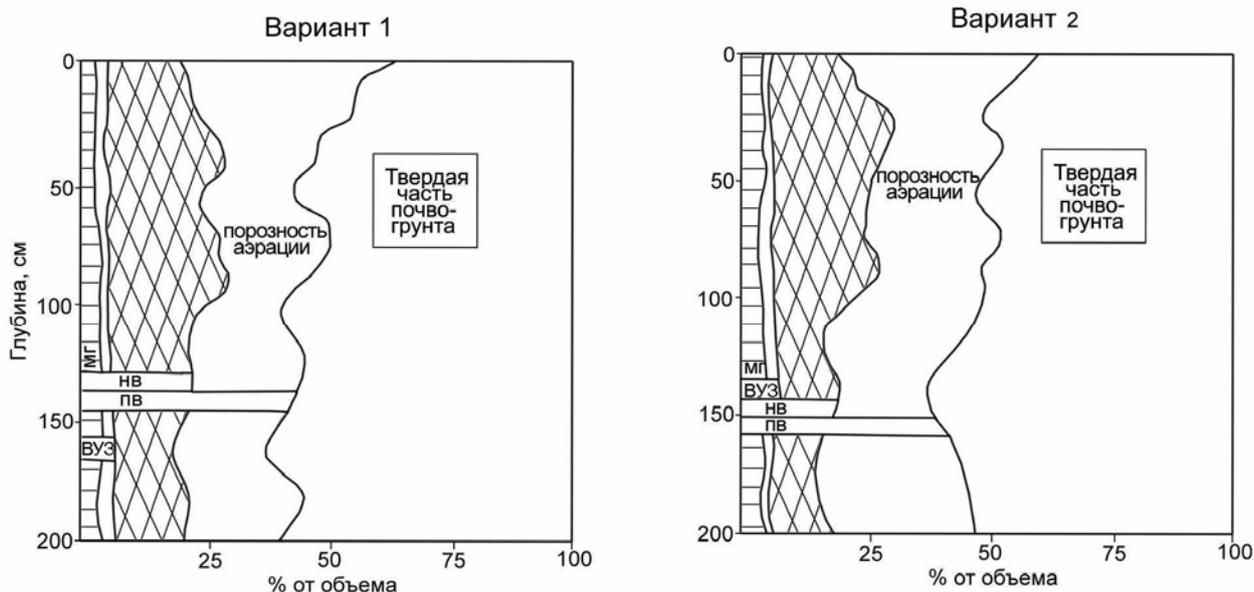


Рис.10. Водные свойства почвогрунтов на участке кукурузы

Водопроницаемость почвенного слоя колеблется в пределах 4,3 – 5,1 мм/мин, а в слое 80 – 140 см – от 0,8 – до 0,4 мм/мин. Необходимо отметить, что почвообразующие породы здесь представлены слоистыми элювиальными отложениями (мергелями и песчаниками) – их коэффициент фильтрации равен нулю (практически водонепроницаем в течение 5 – 6 ч). Поэтому влияние поливов на водно – физические свойства и химический состав почвогрунтов изучали на этом участке до глубины 1,5 – 1,6 м.

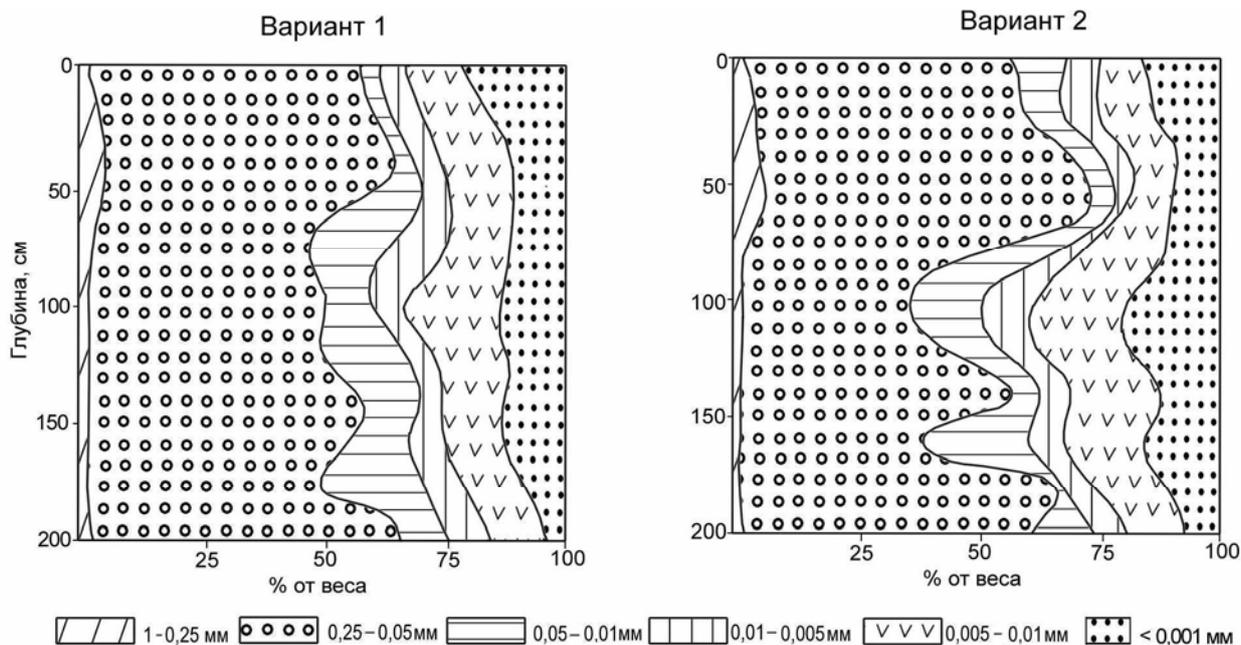


Рис.11. Механический состав почвогрунтов на участке кукурузы

По химическому составу водной вытяжки исходные почвогрунты на участке люцерны (поле № 1) незасоленные, величина плотного остатка находится в пределах 0,07 – 0,1% (рис.12). Почвы карбонатные. В слое 0 – 60 содержится 0,008 – 0,009 % ионов гидрокарбоната, а в почвообразующей породе 0,02 – 0,03%. В активном слое почвы ионы хлора и сульфата распределены относительно равномерно. Ионы кальция составляют 0,010 – 0,018%. В почвенном слое эквивалентное соотношение кальция и натрия колеблется от 2,5:1 до 40:1. Количество натрия в слое 100 – 120 см возрастает до 0,014%.

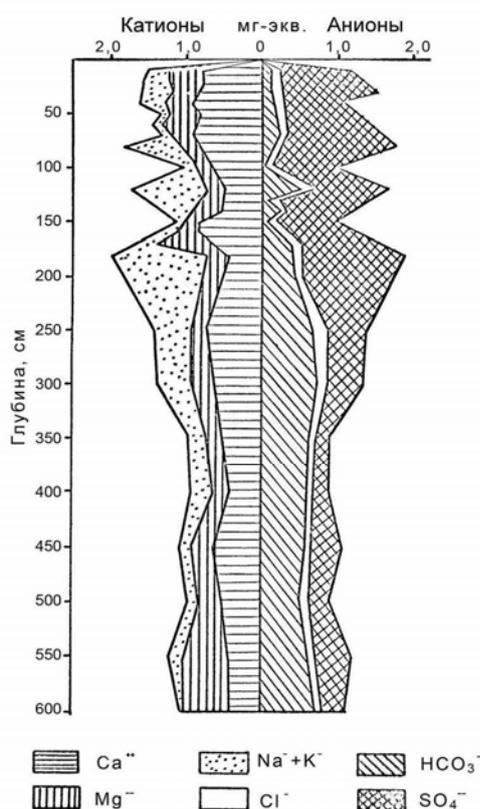


Рис.12. Солевой профиль почвогрунтов на поле № 1 (ноябрь 1976 г.)

Значения плотного остатка на участке кукурузы несколько ниже, чем люцерны, и изменяются в пределах 0,05 – 0,08% (рис.13). Гидрокарбонаты по всему профилю расположены равномерно. В среднем в 2-х метровом слое ионов хлора и сульфата содержится в 2 – 3 раза меньше, чем на поле №1. В целом почвогрунты участка незасоленные.

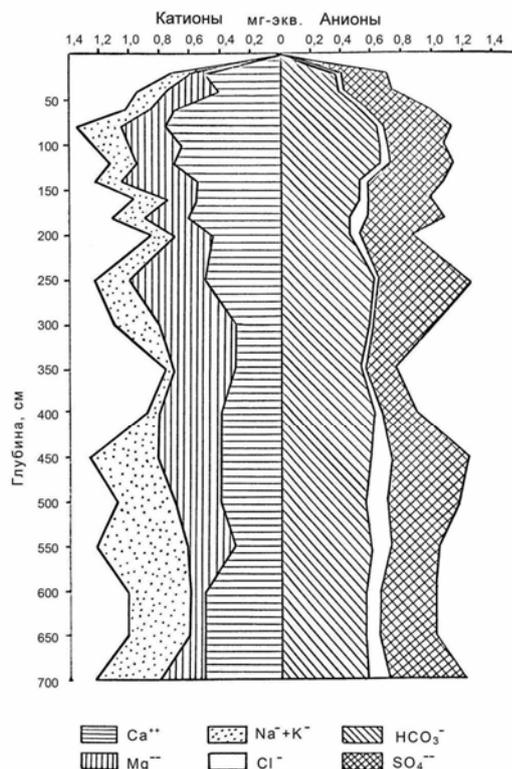


Рис.13. Солевой профиль почвогрунтов на участке кукурузы (ноябрь 1977 г.)

Содержание гумуса в пахотном горизонте колеблется от 2,4 до 4,8% (табл.4), подвижного азота 1,3 – 2,0; фосфора 1 – 2 и калия 5 – 8 мг на 100 г почвы. Емкость поглощения южных черноземов на пермских глинах зависит от содержания гумуса и колеблется в пределах 22 – 40мг/экв на 100 г почвы (табл.4). К положительным свойствам этих почв относятся преобладание кальция в сумме поглощенных оснований. Поглощенный натрий составляет 1,5 – 2,2%, т.е. почвы несолонцеватые. В табл. 5 показано содержание микроэлементов в почвогрунтах опытного участка.

Таблица 4

*Содержание гумуса и поглощенных оснований в почвах опытного участка*

Глубина, м	Гумус %	Поглощенные основания, мг/экв на 100 г почвы				В % от емкости поглощения		
Поле № 1 (люцерна)								
0 – 40	4,8	32,0	8,0	0,59	40,6	78,8	19,7	1,5
21 – 70	2,9	3,0	7,0	0,48	40,5	61,5	17,3	1,2
70 – 100	0,8	22,0	10,0	0,48	32,5	67,7	30,8	1,5
Поле № 2 (кукуруза)								
0 – 20	2,7	20,7	2,9	0,51	24,1	85,8	12,0	2,2
20 – 40	2,2	23,8	3,5	0,42	27,7	85,8	12,6	1,6
40 – 60	1,4	19,4	5,7	0,42	25,5	76,0	22,3	1,7
60 – 80	0,7	14,3	8,0	0,42	22,7	62,0	35,2	1,9
80 – 100	0,5	13,0	9,0	0,42	22,4	58,0	40,1	1,9

Таблица 5

Содержание микроэлементов в почвах ЗПО, (в мг/кг сухой почвы)

Глубина слоя, см	Cu	Zn	Mn	Ni	Co	Mo	Pb
0 – 30	10 – 37	39 – 60	400 – 990	52 – 82	6 – 15	1,1 – 3,0	9 – 20
30 – 50	10 – 29	35 – 65	390 – 500	50 – 63	8 – 10	1,5 – 1,8	12 – 13
50 – 65	15 – 30	35 – 50	450 – 700	35 – 70	6 – 10	1,8 – 1,9	8 – 12
66 – 90	11 – 31	31 – 77	500 – 800	40 – 65	6 – 14	1,6 – 3,2	9 – 16
90 – 100	20 – 28	30 – 50	400 – 700	55 – 60	9 – 14	2,1 – 2,5	8 – 16
100 – 130	25 – 30	39 – 60	700 – 750	70 – 90	14 – 18	1,1 – 2,2	12 – 16
130 – 160	9 – 10	40 – 50	320 – 500	51 – 70	7 – 14	1.0 – 2,0	10 – 12

### 3.2. Агротехника возделывания изучаемых культур

Агротехника опыта общепринятая для Оренбургской области [281]. Кукуруза за все три года исследований возделывалась бессменно. Основная обработка почвы заключалась в глубокой зяблевой вспашке на 28 – 30 см. Перед вспашкой ежегодно проводили перекрестное лущение стерни. Предпосевная обработка складывалась из покровного боронования в два следа и двух культиваций: первая на глубину 10 – 12 см, вторая (перед посевом) – на 6 – 8 см с одновременным боронованием. В 1980 г. в целях лучшего разрыхления почвы провели три культивации.

Посев кукурузы ВИР – 42 производился сеялками СКНК – 8 на глубину 6 – 8 см пунктирным способом при норме 95 – 100 тыс. всхожих зерен на 1 га. Посевы прикатывали кольчатыми катками. По мере появления сорняков проводилось до – и после всходовое боронование легкими боронами поперек рядков. Уход за посевами заключался в проведении междурядных обработок (КРН – 5,6) на глубину 12 – 14 см по мере отрастания сорняков. Общая доза минеральных удобрений составила  $N_{90}P_{90}K_{60}$ . В первый год исследований под вспашку вносили 40 т/га навоза и минеральные удобрения в дозе  $P_{60}K_{60}$ , а при предпосевной культивации –  $N_{30}P_{30}$ . Остальную часть удобрений вносили в виде подкормок во время междурядной обработки. Уборку проводилась в фазу молочно – восковой спелости кукурузы комбайном КС – 2,6 в каждом варианте отдельно.

Люцерну (Бродская местная) высевали в 1977 г. на поле № 1 под покров яровой пшеницы Орловская 42. Осенью 1976 г. были проведены лущение стерни лущильниками ЛДГ – 10 на глубину 6 – 8 см и глубокая (28 – 30 см) зяблевая вспашка с одновременной заделкой минеральных удобрений. Зимой проводилось снегозадержание. Предпосевная обработка состояла из покровного боронования и культивации на глубину 6 – 8 см.

Посев яровой пшеницы проводился сеялкой СЗ – 3,6 при норме 4 млн. всхожих семян на 1 га. Люцерну сеяли поперек рядков пшеницы сплошным рядовым способом при норме 23 кг на 1 га. Для получения дружных всходов посевы прикатывались катками ЗККШ – 6.

В фазу кущения для борьбы с сорняками посевы пшеницы опрыскивали гербицидом 2,4 – Д нормой 2,2 кг/га. Уборку пшеницы проводили отдельным способом комбайном СК – 4. После уборки соломы поле люцерны полили из расчета 900 м<sup>3</sup>/га.

Общая доза минеральных удобрений на этом поле составила N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>. Под основную обработку внесли N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, а под культивацию – N<sub>30</sub>. При посеве яровой пшеницы в рядки вносили суперфосфат дозой P<sub>10</sub>.

После уборки яровой пшеницы, перед поливом люцерны, внесли суперфосфат (P<sub>20</sub>).

Ежегодно весной перед началом отрастания люцерны и после каждого укоса поле бороновали в два следа для удаления пожнивных остатков, заделки удобрений и рыхления верхнего слоя. Весной, в начале отрастания, когда деятельность клубеньковых бактерий подавлена вследствие низкой температуры почвы и недостатка воздуха, производили подкормку посевов азотными удобрениями (N<sub>30</sub>). После первого и второго укосов люцерны разбрасывателем I – РМГ – 4 вносили минеральные удобрения в дозе P<sub>45</sub>K<sub>30</sub>.

Уборку люцерны проводили в фазу массовой бутонизации. Ежегодно на опытном участке получали по 3 укоса.

### 3.3. Оценка пригодности сточных вод для орошения кормовых культур

Пригодность сточных вод для орошения оценивали на основе химического анализа, с тем, чтобы определить возможность осолонцевания и вторичного засоления почв, загрязнения грунтовых вод, губительного действия их на растения. Биологами давно установлено, что токсичность веществ для организма зависит от их концентрации. Е.Ф.Березова [18] показала, что многие вещества в малых концентрациях являются стимуляторами роста растений, а в больших угнетают рост и развитие.

О. Израэльсен [103] полагает, что умеренное содержание солей в поливной воде не только безвредно, но при определенных условиях оказывает и положительное воздействие на рост и развитие растений. Ряд исследователей [9, 31, 148] считают, что критическая минерализация поливной воды при орошении в любых условиях должна находиться в пределах 1 – 1,5 г/л.

Оптимальная концентрация солей в почвенных растворах лежит в пределах 45 – 75 мг – экв/л (3 – 5 г/л). При такой концентрации количество солей, выносимых с урожаем, значительно меньше величины их валового содержания в почвенной влаге, потребляемой на транспирацию. Поэтому в практике орошения пригодной считается вода, содержащая не более 15 мг – экв/л солей, а выше – используется для промывочных поливов и при наличии идеального дренажа [148]. Опыт применения для орошения вод с более высокой минерализацией отмечен в ряде работ [31, 66, 148].

По мнению Л.Е.Кутепова [172], для оценки влияния орошения сточными водами на степень осолонцеватости почв можно рекомендовать требования для поливных вод, предложенные И.М.Соболевой и государственным департаментом сельского хозяйства США, которые допускают более высокое соотношение катионов в оросительной воде.

О. Израэльсен [103] и А.М. Можейко [210] предлагают следующую характеристику вод по процентному содержанию натрия от суммы катионов (в мг –

экв/л): хорошая – менее 65%, удовлетворительная – 66 – 75% и плохая – более 75%.

М.Ф.Буданов [31] для орошения в южной части УССР рекомендует воды с минерализацией до 3 г/л при условии, если общая минерализация, деленная на величину жесткости воды, превышает для средних и тяжелых суглинков 2,5 – легкосуглинистых почв и 3 – для песчаных почв. Для легких почв можно применять воды с минерализацией до 5 г/л.

Допустимая минерализация, химический состав оросительной воды и пределы регулирования водно – солевого режима почв при орошении в основном определяются пределами содержания ионов натрия в почвенно–поглощающем комплексе и токсичного хлора. Количество бикарбоната натрия в поливной воде играет существенную роль в осолонцевании почвы под влиянием орошения. Его критическое содержание в поливных водах равно 2,5 мг – экв/л, выше этой величины их можно использовать только на почвах, содержащих гипс.

М.И. Разумова [255] считает, что для орошения опасны воды с высокой щелочностью (содержание соды и натрия составляет 50 % от суммы катионов). Содовые воды могут повысить реакцию почвенного раствора до щелочной и вызвать процесс осолонцевания ( $pH > 8,0$ ). Хлоридные воды при содержании хлора 50 % от суммы анионов и натрия 50 % от суммы катионов могут вызвать вторичное засоление при низкой общей концентрации. Накопление хлора в почве свыше 0,03 % угнетающе действуют на многие растения. Сульфатные воды опасны для орошения при минерализации более 3 г/л.

Сточные воды, как правило, имеют повышенное содержание солей, особенно ионов, поэтому важна ирригационная оценка поливной воды даже при низкой концентрации солей. В сточных водах в большинстве случаев присутствуют не только органические вещества, но и минеральные соли, концентрация которых может достигать критических величин, как по требованиям

ирригации, так и предела по солеустойчивости. В основном минерализация сточных вод обусловлена сульфатами, хлоридами, биокarbonатами натрия, кальция и магния. Поэтому качество воды, используемой на орошение, будет зависеть не только от общего количества солей, но и от соотношения их ионного состава.

В практике [223] применяются следующие показатели для орошения сточными водами в зависимости от типа почвы: рН 6,5 – 8,0; концентрация растворенных веществ – 1 – 3 г/л; соотношение натрия к кальцию – 1:1 – 1:2; содержание хлора, бикарбонатов – 200 – 350 мг/л; сульфатов – 350 – 400 мг/л; соды должно быть не более 50 – 75 мг/л; специфических органических веществ (фенола, формальдегида, уротропина, демитилдиоксана и др.) не более 50 – 100 мг/л; взвешенный осадок – 600 – 1000 мг/л в вегетационный период; бихроматная окисляемость – 300 – 500 мг/л; БПК 45 0 – 150 – 300 мг/л; нефтепродуктов – 50 – 100 мг/л и коли – титр в пределах санитарных норм.

А.М.Можейко [209] отмечала положительное влияние сточных вод на рост и развитие сельскохозяйственных культур на дерново–подзолистых почвах, содержащих в 1 л до 2 мг меди, 100 мг фенола нефтепродуктов, 50 мг хлора, 100 мг сульфатов. Оценке пригодности сточных вод для орошения посвящены работы В.Т.Додолиной [82, 83].

В настоящее время определены предельно – допустимые концентрации (ПДК) многих элементов в сточных водах, используемых для орошения кормовых культур [93]. В табл. 6 приведены ПДК, предъявляемые к воде санитарно – эпидемиологической службой России.

Таблица 6

*Предельно – допустимые концентрации питательных, биогенных и органических веществ, тяжелых металлов и микроэлементов в водах, используемых для орошения сельскохозяйственных культур и питьевых целей (в скобках), мг/л*

Компоненты	ПДК	Компоненты	ПДК
Сухой остаток, г/л	2,5 (1,0)	Mn	1,0 (0,1)
Минерализация, г/л	1,5	Cu	2,0 (1,0)
pH	5,5 – 7,5 (6,5 – 8,5)	Метанол	200
Na	300 (200)	Метилловый эфир метакриловой кислоты	50
Ca	500	As	0,2 (0,05)
Фосфат кальция	(3,5)	Ni	0,5 – 1,0 (0,1)
K	100	Нитраты	0,5 (45)
Хлориды	350 (350)	Нитриты	(3,3)
Сульфаты	400 (500)	Нитрил акриловой кислоты	100 (2)
Щелочность, мг – экв/л	21,3	Роданиды	2,0 (0,1)
Азот аммиачный	100	Смолы растительные	5,0 (0,01)
p	75 (0,05)	Фенол	40 – 250 (0,001)
ХПК	1500 (30)	формальдегид	50 (0,05)
БПК <sub>5</sub>	1250	цианиды	10 (0,1)
Специфические органические вещества	200	Zn	20 (0,1)
Взвешенные вещества	3000 (0,5)	Cr	1,0 (0,05 – 0,5) Cr <sup>6</sup> – 0,1; Cr <sup>3</sup> – 0,5
Na : Ca	3 : 1	Нефтепродукты (нефть)	100 (0,1)
Ацетон	40 (2,2)	Бензол	70 – 50 (0,5)
Ba	4,0 (0,13)	Pb	0,2 (0,03)
B	0,5 (0,5)	Sr	20 (7,0)
W	10 (0,05)	F	11 (0,7 – 1,5)
Детергенты	30	Метионин	500
ДДТ	0,5 (340)	Акреолин	25
ДД	90,4)	Ацетальдегид	300 (0,2)
Fe	20	Br	9 (0,2)
Капролактамы	200 – 500 (1,0)	Mo	9 (0,25)
Co	1,0 – 4,0 (0,1)	Hg	(0,0005)
Mg	300		
Хлорат магния	(20)		
Cd	0,001		

Химический состав сточных вод Оренбургского газохимического комплекса за 1976 – 1986 гг. и 1989 – 1991 гг. приведен в табл. 7 – 10. Почти по всем показателям они не превышают ныне существующие допустимые значения, предъявляемые для орошения кормовых культур. К отрицательным свойствам этих вод относятся повышенное содержание сульфатов, ионов натрия, хлора, соотношение между натрием и кальцием выше допустимых норм (3:1). Поэтому в табл. 11 приведена мелиоративная оценка сточных вод по предложениям рядом авторов. Анализ этих материалов показывает, что в последние годы по всем формулам содержание одновалентных катионов в сточной воде превышает допустимые концентрации. Это значит, что орошение этими водами может вызвать осолонцевание почв ЗПО. Особенно резко ухудшается химический состав сточных вод за счет ионов натрия и хлоридов.

Таблица 7

*Средний химический состав сточных вод Оренбургского газохимического комплекса (1976 – 1986 гг.)*

№ п.п	Компоненты	Содержание ионов, мг/л	№ п/п	Компоненты	Содержание ионов, мг/л
1	pH водный (ед.)	7,4	18	N органический	1,59
2	Взвешенный осадок	2,2	19	N общий	4,62
3	Сухой остаток	1624	20	БПК <sub>5</sub>	8,28
4	Прокаленный остаток	1290	21	Летучие кислоты	49,80
5	Общая щелочность	156	22	Фенол	1,30
6	хлориды	370	23	Формальдегид	0,50
7	Сульфаты	564	24	Окисляемость бихроматная, мг O <sub>2</sub> /л	64
8	Ca	107	25	Cu	0,03
9	Mg	69	26	Zn	1,50
10	Общая жесткость, мг – экв/л	10,8	27	Pb	0,0045
11	Na	329	28	Ni	0,0150
12	K	52	29	Co	0,0030
13	Fe общее	1,0	30	Cr	0,0120
14	P	0,5	31	Mo	0,0060
15	N аммиачный	2,33	32	Ba	0,0750
16	N нитратный	0,37	33	Sr	0,9000
17	N нитритный	0,04	34	Mn	0,9000

Таблица 8

Химический состав сточных вод, 1989 г., мг/л

рН	Сухой остаток	Общая жестк., мг-экв	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Минерализация
5,5	1892	6,38	77	30	1034	4,26	1,75	1,16	207	6,0	565	364	2292
5,5	1876	6,57	77	32	1042	3,95	1,63	1,20	207	6,0	569	371	2312
6,0	1882	6,76	77	35	1042	3,79	1,62	1,13	207	6,0	561	391	2317
5,0	1876	5,99	65	32	1016	2,10	2,45	3,15	158	6,0	559	388	2234
5,0	1936	6,38	42	51	1023	2,09	2,50	3,12	170	6,0	563	374	2240
5,5	1844	4,83	77	11	938	2,10	2,55	2,18	97	сл.	560	367	2059
Средние значения													
5,4	1884	6,15	69,69	32,55	1016	3,05	2,08	1,99	174	6,0	563	374	2242

Таблица 9

Химический состав сточных вод, 1990 г., мг/л

Месяц	Минерализация	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	рН	ХПК, мг O <sub>2</sub> на л	БПК, мг O <sub>2</sub> на л	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Нефтепродукты
Июнь	1564	7,0	254	308	(503)	55	43	(360)	7,4	76,8	9,0	0,24	0,2	0,4	0
Июль	1628	8,0	257	300	(541)	43	46	(372)	(8,1)	50,0	6,0	4,6	0,03	0	0
Август	1592	8,0	262	309	(526)	48	48	(384)	7,0	78,4	11,0	8,6	0,04	0	46
Сентябрь	1463	7,0	230	372	(530)	46	50	(375)	7,0	60,8	7,0	2,46	0,54	(0,75)	0
В среднем	1562	7,5	251	297	(525)	48	47	373	7,4	66,5	8,3	3,97	0,2	0,29	11,5

Примечание: в скобках даны показатели, превышающие ПДК



## Мелиоративная оценка сточных вод ОГХК

Авторы	Требования к соотношению ионов солей	Соотношение ионов солей (по годам)									
		1976	1977	1978	1979	1980	1985	1989	1990	1991	
Н.И. Антипов-Каратаев	$\frac{\text{Na} + \text{C} + \text{P}}{\text{Ca} + \text{Mg}} < 1$	0,13	0,39	0,78	0,92	1,35	1,0	2,61	0,97	1,1	
Н.И. Антипов-Каратаев в модификации Л.Е. Кутепова	$\frac{\text{Na} + \text{P}}{\text{Ca} + \text{Mg}} < 67$	13,2	25,1	50,1	70,7	90,1	140	246	59,1	75,4	
Госдепартамент США	$\frac{\text{Na}^2}{\text{Ca} + \text{Mg}} < 32$	3,6	11,9	32,6	47,0	66,3	102	206	42,5	53,8	
Соболева И.М.	$\frac{\text{Na} + \text{K}}{\text{Ca} + \text{Mg}} < 3$	0,4	1,1	2,6	3,1	3,0	4,3	5,37	2,67	2,86	
О.У. Израильсээн, А.М. Можейко	$\frac{\text{Na} + \text{K}}{\text{Ca} + \text{Mg}} < 0,66$	0,3	0,51	0,72	0,75	0,74	0,78	0,8	0,73	0,73	

Примечание: Р - катионы и их сумма, мг-экв/л, С - общая минерализация, г/л

В 1989 г. в отдельные периоды минерализации составлял 2242 мг/л т.е. превышал допустимые нормативы (2г/л), причем повышение её происходило по мере снижения уровня воды в емкости сезонного регулирования (ЕСР). Основное влияние на содержание солей оказали ионы натрия, концентрация которых повысилась до 1016 мг/л. Это явление можно объяснить оседанием натриевых солей на дне ЕСР, что говорит о необходимости разбавления сточных вод качественной водой в годы с недостаточным увлажнением. В вегетационный период 1990 г. химический состав сточных вод стал более стабильным и колебался в пределах 1463 – 1628 мг/л. Из-за обильных осадков в летний период из ЕСР было использовано значительно меньше воды на полив, чем в предыдущие годы. Содержание натрия в сточных водах снизилось на 636 мг/л, сульфатов и хлоридов соответственно на 38 и 77 мг/л. Если в 1989 г. ирригационные качества сточных вод были очень низкие, то к 2000 году они значительно улучшились.

Тщательный анализ предложенных формул показывает, что более жесткие требования предъявляют Госдепартамент США, Израэльсен О.У., Можейко А.М., по которым, даже при некотором улучшении химического состава сточных вод в 1990 г., они могут быть определены как непригодные для полива кормовых культур на южных черноземах. Такой вывод делается в основном за счет высокой концентрации ионов натрия (в среднем 373 мг/л), вследствие чего соотношение между последним и кальцием находится на уровне 6,71 при норме равной 2.

Необходимо отметить превышающее ПДК содержание ионов сульфата, что связано со спецификой данного производства.

Ежегодно в официальных письмах мы предлагали управлению «Оренбурггазпромэнерго» и Оренбургскому газоперерабатывающему заводу мероприятия по снижению ионов натрия в сточных водах за счет изменения технологии нейтрализации жесткости воды в Каргалинской ТЭЦ и разбавления пресной водой. В частности этим и объясняется некоторое улучшение состава сточных вод в последнее время.

Сточные воды комплекса содержат питательные элементы:  $P_2O_5$  – 8,0 мг/л;  $K_2O$  – 8,4 мг/л и азота 5 мг/л.

Микроэлементный состав сточных вод по всем показателям не превышает предельно – допустимые концентрации, предъявляемые к воде для орошения и использования в хозяйственных целях (см. табл.7). По отдельным элементам (Cu, Ni, Zn, Co, Cr) они не пригодны для рыборазведения.

Вода реки Урал поступает на опытный участок из Дедуровского водозабора по закрытому трубопроводу. Общая концентрация воды почти не меняется (1,1 г/л), в то же время увеличивается количество ионов гидрокарбоната и снижается хлора. Соотношение натрия к кальцию колеблется в пределах 2,4 – 2,9. Повышенное содержание хлоридов обусловлено тем, что она применяется для питьевых целей в Оренбургском газохимическом комплексе.

Влияние поливов сточными водами на мелиоративное состояние ЗПО должно изучаться при определенных режимах орошения, поэтому в следующем разделе приводятся режим почвенной влаги и водный баланс активного слоя почвы.

### **3.4. Водный баланс активного слоя почвогрунтов**

Уравнение водного баланса, являющееся частным выражением закона сохранения материи, позволяет выявить динамику поступления и расходования влаги на данной территории, а также количественно оценить соотношения приходной и расходной составляющих [308]. В мелиорации оно применяется в основном для установления режима орошения сельскохозяйственных культур при проектировании и эксплуатации, для прогноза мелиоративного состояния оросительных систем и при гидрологических расчетах в целях определения изменения водных ресурсов под влиянием хозяйственной деятельности [164]. Совместное рассмотрение водного баланса и влагообмена в зоне аэрации позволяет выявить роль грунтовых вод в формировании влагообеспеченности корнеобитаемого слоя, оценить интенсивность процессов переувлажнения и засоления почвы.

На земледельческих полях орошения получение высоких урожаев кормовых культур возможно лишь при создании оптимального водного, воздушного и питательного режимов почвы. При изучении динамики почвенной влаги и

влажноперенос в активном слое зоны аэрации уточняются основные элементы водного баланса, а, следовательно, и режимы орошения изучаемых культур при разных способах полива и в различных почвенных условиях.

### 3.4.1. Режим почвенной влаги и влагоперенос на поле кукурузы при поверхностном поливе

Исследования по изучению режима почвенной влаги и влагопереноса на поле кукурузы проведены в 1978 – 1980 гг. Результаты наблюдений за годы исследований представлены в виде хроноизоплет на рис. 14, 15. Нижний порог влажности принят равным 75 – 80% от НВ. Величина наименьшей влагоемкости от массы сухой почвы в слое 0,7 м для этих почв составляют 19,5 – 20%.

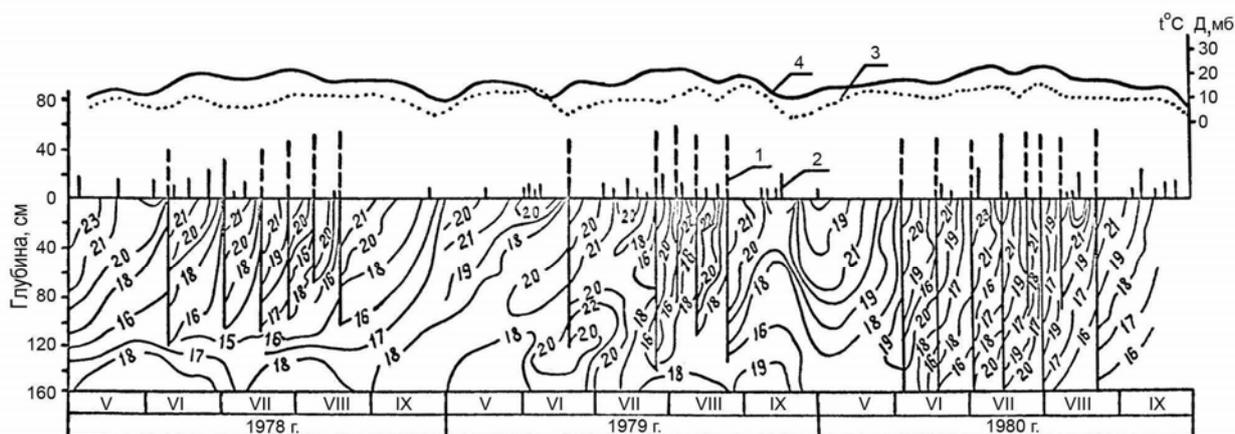


Рис. 14. Хроноизоплеты влажности почвогрунтов в поле кукурузы на силос при поливе сточными водами, режим поливов (1), осадков (2), дефицита влажности (3) и температуры воздуха (4)

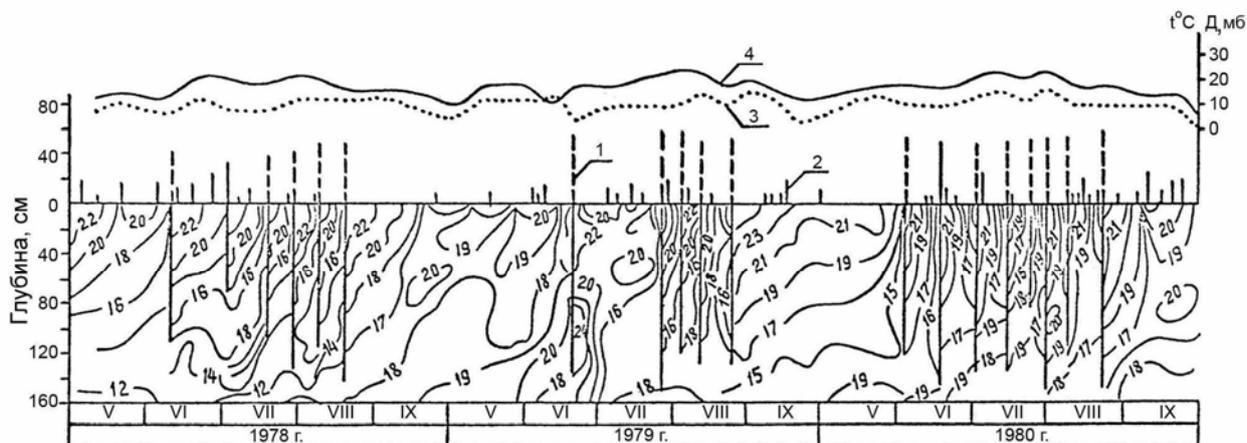


Рис. 15. Хроноизоплеты влажности почвогрунтов в поле кукурузы на силос при поливе уральской водой, режим поливов (1), осадков (2), дефицита влажности (3) и температуры воздуха (4)

В 1978 г. первый полив при норме  $400 \text{ м}^3/\text{га}$ , проведенный 9 июня в фазу 4 – 5 листьев, способствовал увлажнению почвы до глубины 1,0 м. Высокая влажность почвы сохранялась до 19 июля вследствие выпадения осадков в конце второй декады июня и в первой декаде июля. Для поддержания заданного режима до конца вегетации потребовалось еще четыре полива при норме 400 –  $500 \text{ м}^3/\text{га}$ . Так как опытные участки при поливе сточной и уральской водой располагались недалеко друг от друга, особые отличия в водно – физических свойствах почвогрунтов отсутствовали. Судя по рисункам, в начертаниях изоплет тоже нет большой разницы. Это обусловлено одинаковым режимом почвенной влаги в обоих вариантах. Поэтому мы рассматриваем изменение влажности в почвогрунтах во времени и по глубине совместно.

По данным тензиометрических наблюдений были рассчитаны потенциалы влаги почвогрунтов зоны аэрации на глубине 2,5 м, нанесенные на карту в виде (рис.16 и 17). За период с 16 июня по 1 июля в обоих вариантах наблюдалось понижение потенциала почвенной влаги на  $-0,4$ ,  $-0,5$  в верхнем 1,5 – метровом слое почвы. После осадков, выпавших 1 июля слоем 25 мм, напротив, произошло его резкое повышение на всю исследуемую глубину. За период с 2 июля по 16 августа вновь наблюдалось понижение потенциала во время жаркой погоды и повышение во время осадков и поливов. После 16 августа установилась жаркая погода, началось иссушение верхнего слоя почвы. В это время потенциал в слое 0,5 – 1,0 понизился до  $-2,5$  –  $-3,0$  м.

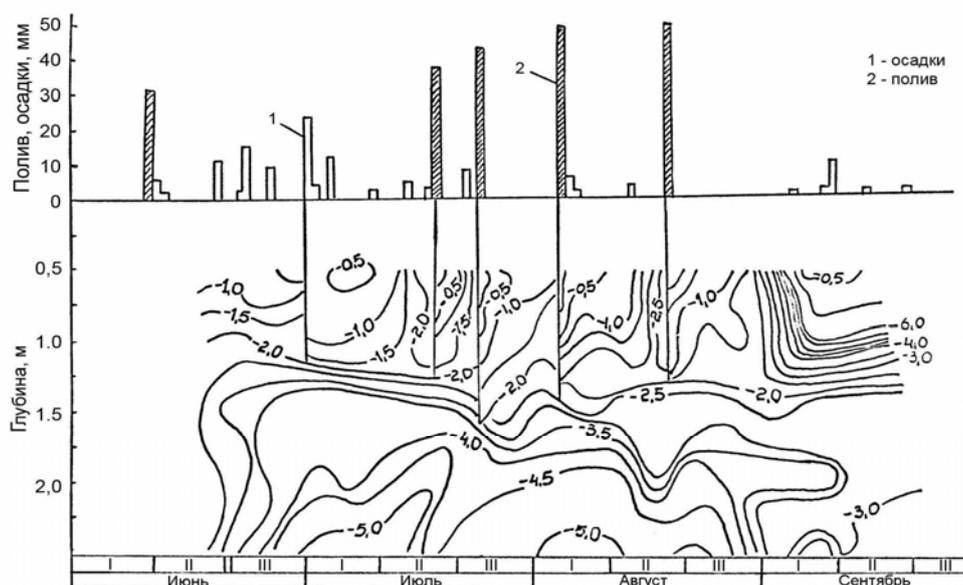


Рис.16. Изопотенциалы в поле кукурузы при поливе сточной водой (1978 г.)

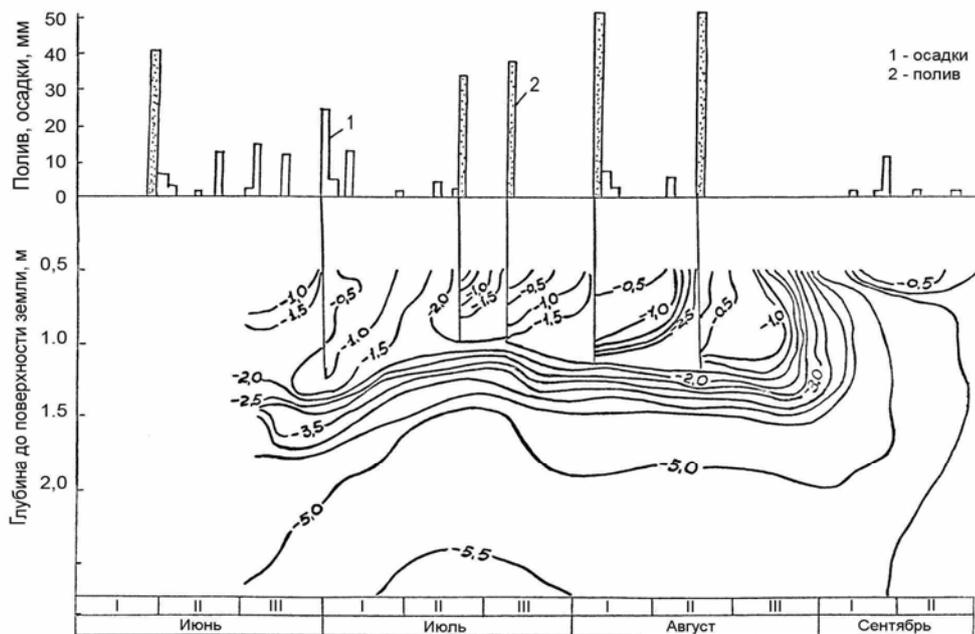


Рис. 17. Изопотенциалы в поле кукурузы при поливе уральской водой (1978 г.)

На основании коэффициента влагопроводности, рассчитанного по формуле С.Ф.Аверьянова, и средней влажности в грунтах расчетной зоны (по хроноизоплетам), определены размеры влагопереноса (табл.12). Видно, что объем влагопереноса в обоих вариантах был почти одинаков. В I варианте глубже расчетного слоя ушло 56,7 мм, во II варианте – 50,33 мм, или 16,9 и 15,1% от суммы приходных элементов водного баланса соответственно.

На всех рисунках, которые иллюстрируют результаты наблюдений за режимом почвенной влаги, для наглядности показаны сроки и нормы поливов, суммы осадков, приводятся графики колебания дефицитов насыщения и температур воздуха.

Таблица 12

Расчет объема влагопереноса на поле кукурузы в слое 50 – 200 см (1978 г.)

Периоды наблюдений	Средняя влажность, %		Средний потенциал, м		Разность потенциалов, м	Градиент потенциала	Коэффициент влагопроводности, мм/сут.	Продолжительность периода, сут.	Влагоперенос, мм
	веса	объема	вверху	внизу					
Орошение сточной водой									
20-30.06	17,0	22,7	-1,7	3,0	1,3	0,87	0,39	11	3,73
1-18.07	17,2	23,04	-1,0	-4,7	3,7	2,48	0,44	18	19,70
19-25.07	14,0	18,76	-0,4	-4,7	4,3	2,88	0,16	7	3,20
26-5.08	15,5	20,77	-0,7	-4,0	3,3	2,20	0,32	11	7,70
6-25.08	16,0	21,44	-0,7	-4,2	3,5	2,30	0,34	20	16,00
Итого								67	50,33
Орошение уральской водой									
20-30.06	17,5	23,45	-1,3	-5,0	3,7	2,50	0,43	11	12,00
1-18.07	17,0	22,70	-2,0	-5,3	3,3	2,20	0,39	18	15,40
19-25.07	15,6	20,90	-1,2	-5,3	4,1	2,73	0,32	7	6,20
26-5.08	16,6	22,24	-0,5	-5,2	4,7	3,14	0,25	11	8,70
6-25.08	15,0	20,10	-0,5	-5,4	4,9	3,27	0,22	20	14,40
Итого								67	56,70

В 1979 г. первый полив кукурузы нормой  $500 - 550 \text{ м}^3/\text{га}$ , проведенный в фазу пяти листьев, способствовал увлажнению почвы до глубины  $1,2 - 1,4 \text{ м}$ . На глубине  $1,5 - 1,6 \text{ м}$ , над аргиллитовой прослойкой, влажность грунтов была близка к НВ. Высокая влажность почвогрунтов ( $75 - 80\% \text{ НВ}$ ) сохранялась во всей активной зоне до III декады июля.

Значительное повышение температуры воздуха во второй декаде июля и до конца вегетации кукурузы, усиленное нарастание биомассы растений способствовали иссушению почвы до глубины  $0,8 - 1,0 \text{ м}$ . Несмотря на частые небольшие дожди (в конце июля и начале августа), для поддержания влажности не ниже  $75\% \text{ НВ}$  потребовалось четыре полива общей нормой  $2100 \text{ м}^3/\text{га}$ . В условиях суглинистых почвогрунтов участка отмечалось повышение влажности почвы на глубине  $1,5 - 1,6 \text{ м}$  даже при поливах нормой  $500 - 600 \text{ м}^3/\text{га}$ . На этой глубине за весь период наблюдений влажность грунтов не снижалась ниже  $80 - 85\% \text{ НВ}$ .

Более отчетливое представление об изменениях влагозапасов почвогрунтов изучаемых вариантов дает изменение капиллярного потенциала. Они характеризуют в первую очередь изменение влажности почвогрунтов до глубины  $2,5 \text{ м}$  и направление движения почвенной влаги по профилю за период наблюдений. При поливе уральской водой колебание изопотенциалей было резко выражено до глубины  $1,5 - 1,6 \text{ м}$ , т.е. до аргиллитовой прослойки. Ниже ее (на глубине  $2,0 - 2,5 \text{ м}$ ) заметного изменения капиллярного потенциала не отмечалось за весь период наблюдений, это подтверждает слабую подвижность влаги в данном слое.

Изменение потенциалов в активном слое дает ясную картину движения влаги по профилю. Первый полив увлажнил почвогрунты до глубины  $1,1 - 1,2 \text{ м}$ . После полива, особенно четко после дождей, в межполивной период, отмечается понижение потенциала до глубины  $1,4 \text{ м}$ . Так как передвижение влаги происходит по направлению градиента, то здесь явно имеет место вертикаль-

ный ток до водоупора. Между тем заметно понижение потенциала и во времени, т.е. идет использование влаги на испарение.

Поливы в III декаде июля – начале августа и дожди способствовали промачиванию всей 1,5 – метровой толщи почвогрунтов. Над водоупором возник слой повышенного увлажнения. Прекращение поливов и отсутствие существенных осадков повлекли за собой снижение влажности почвы в верхних слоях, и в период II декады августа и до уборки наблюдался переток влаги из более увлажненных нижних слоев в верхние.

Используя средние данные объемной влажности почвогрунтов за отдельные периоды и по слоям, а также почвенно – гидрологические константы, по формуле 10 были рассчитаны коэффициенты влагопроводности. В расчетах коэффициент фильтрации принят равным 0,01 м/сут, который определен в полевых условиях на затопляемых площадках. В среднем при объемной влажности почвогрунтов 24 – 27% для метрового слоя  $K_0$  составляет 0,5 – 0,6 мм/сут (см. рис.21).

На основании карт изопотенциалей и средних коэффициентов влагопроводности по исследуемым слоям были рассчитаны объемы влагопереноса за период с 20 июня по 5 сентября на обоих участках (табл. 13).



В варианте с поливом уральской водой в слое 0,5 – 1,5 м вниз по профилю он составил 26,3 мм, а вверх, в зону корневого иссушения (с 21 августа по 5 сентября), – 2,69 мм. Следовательно, фильтрационные потери составили 23,6 мм. Этот объем отнесен к потерям, так как растения его не используют на водопотребление. При общей сумме осадков и поливов в этом варианте 225 мм и на долю инфильтрации пришлось 10,5%.

При поливе сточной водой изменение потенциалов отмечается до глубины 2,5 м. Первый полив увлажнил почвогрунты до глубины 1,5 м и здесь возник слой повышенного увлажнения. За период с 20 июня по 25 июля отмечалось перемещение влаги от поверхности почвы до глубины 1,0 м и вверх с 1,5 м, а также вниз до 2,5 м, т.е. наблюдались три потока движения почвенной влаги. Таким образом, в межполивной период осадки, увлажняя почвенный горизонт, способствуют нисходящему току, а увлажненные нижние слои (1,5 – 1,0 м) – восходящему. В этом варианте отмечается фильтрация за пределы аргиллитовой прослойки. Следовательно, при обильном увлажнении она становится водопроницаемой. Как и в первом варианте, после прекращения поливов движение влаги с глубины 1,5 направлено к поверхности почвы. Расчеты влагопереноса (табл. 13) показывают, что в межполивной период с 20 июня по 25 июля объем нисходящего тока в слое 0,5 – 1,0 м составил 42,5 мм, а восходящего 60 мм. В период частых поливов восходящий ток подавляется, и влагоперенос в объеме 13 мм направлен в нижележащие горизонты. После прекращения поливов градиент потенциала направлен от нижних слоев к поверхности почвы. Объем влагопереноса в этот период составил 15,4 мм. В целом за весь период наблюдений на этом участке потери были незначительны. За пределы аргиллитовой прослойки инфильтрация в глубокие слои составила 14,8 мм, или 6% от суммы приходных элементов водного баланса.

Несколько иначе сложились режим почвенной влаги, а, следовательно, и влагоперенос в активном слое в условиях 1980 г. С момента посева кукурузы (19 мая) обильных осадков не было до конца июня. Частые дожди малыми нормами (менее 5 мм) выпадали в августе, а в сентябре их количество составило

две месячные нормы, что, естественно, и обусловило специфику проведения поливов. За первую половину вегетации (июнь – июль) было проведено дано пять поливов. Средняя поливная норма с учетом водно – физических свойств и глубины увлажняемого слоя (0,7 м) составляла 450 м<sup>3</sup>/га. Несмотря на это, влажность грунтов повышалась до глубины 1,5 – 1,6 м, т.е. до аргиллитовой прослойки. Это в свою очередь способствовало постоянному нисходящему току влаги вниз по профилю, о чем ярко свидетельствует и ход изменения изопотенциалей.

На основании материалов наблюдений за влажностью почвы (табл. 14) были рассчитаны объемы влагопереноса по каждому варианту опыта. При поливе сточной водой фильтрационные потери с начала вегетации были незначительными. После первого и в дальнейшем с каждым последующим поливом интенсивность влагопереноса вниз по профилю возрастает, причем нисходящий ток на протяжении всего периода наблюдений подавляет восходящий. В этих условиях инфильтрационные потери определены в размере 40 мм, или 9% от суммы осадков и поливов. Учитывая, что в течение вегетации сумма единовременно выпадающих осадков не превышала 25 мм, можно предположить, что основным источником инфильтрации стала поливная вода. В этом случае объем инфильтрационных потерь составил 11% от оросительной нормы.

За вегетационный период кукурузы в варианте с поливом уральской водой инфильтрационные потери составили 36,5 мм. Особых различий в ходе движения влаги по профилю не отмечалось, поэтому конечные результаты оказались близки к показателям предыдущего варианта. Инфильтрация составила 8,1% от суммы приходных элементов водного баланса, или 10,2% от оросительной нормы.

Таким образом, изучение закономерностей движения почвенной влаги в активном слое зоны аэрации при поверхностном поливе кукурузы в условиях легких суглинков позволило определить размеры инфильтрации. В среднем за 3 года она составила 10,9% от суммы осадков и поливов. Учитывая, что основным источником инфильтрации является поливная вода, то объем потерь со-

ставляет 14% от оросительной нормы. Это, безусловно, существенный источник пополнения уровня грунтовых вод для оросительной системы ЗПО, который необходимо учитывать при гидрогеологических расчетах.

Таблица 14

*Расчет объема влагопереноса в слое 0,5 – 1,5 м  
на поле кукурузы в 1980 г.*

Период наблюдений	Средняя влажность		Средний потенциал, м		Разность потенциалов, м вод.ст.	Градиент потенциала	Коэффициент влагопроводности	Объем влагопереноса
	% от массы	% от объема	вверху	внизу				
<b>Полив сточной водой</b>								
20.05 – 5.06	19,0	26,0	– 0,86	– 0,92	0,06	0,06	0,59	0,56
6 – 19.06	18,5	25,3	– 0,30	– 1,26	0,96	0,96	0,47	6,32
20.06 – 2.07	18,0	24,7	– 0,15	– 0,86	0,71	0,71	0,42	3,88
3 – 13.07	20,6	27,4	– 0,55	– 0,95	0,40	0,40	0,75	3,60
14 – 24.07	20,2	27,7	– 0,42	– 1,21	0,79	0,79	0,76	7,21
25 – 29.07	20,0	27,4	– 0,51	– 1,22	0,71	0,71	0,75	3,20
29.07 – 12.08	19,3	26,4	– 0,49	– 1,41	0,92	0,92	0,62	3,56
							Итого:	40,00
<b>Полив уральской водой</b>								
20.05 – 3.06	18,4	26,1	– 0,40	– 1,02	0,62	0,62	0,50	4,30
4 – 17.06	17,6	25,0	– 0,38	– 1,09	0,71	0,71	0,40	4,26
18 – 30.06	17,8	25,3	– 0,25	– 1,01	0,76	0,76	0,42	4,47
1 – 12.07	18,8	26,7	– 0,53	– 1,18	0,65	0,65	0,61	5,15
13 – 22.07	18,9	26,8	– 0,51	– 1,20	0,69	0,69	0,62	4,71
23 – 29.07	18,3	25,9	– 0,37	– 1,15	0,78	0,78	0,49	3,06
30.07 – 5.08	18,7	26,0	– 0,45	– 1,31	0,86	0,86	0,50	3,44
6 – 20.08	19,0	27,0	– 0,34	– 1,03	0,69	0,69	0,64	7,07
							Итого:	36,50

### **3.4.2. Режим почвенной влаги и влагоперенос на поле люцерны при поливе ДМ «Фрегат»**

В 1977 г. люцерна была посеяна под покров яровой пшеницы Саратовская 42. К севу влагозапасы почвы в слое 0 – 150 см в обоих опытах (полив сточной водой и контроль – без полива) были почти одинаковы и находились в пределах 85 – 90% от НВ (4350 – 4550 м<sup>3</sup>/га).

В I и начале II декады мая стояла прохладная погода, и к началу всходов запасы влаги оставались довольно высокими (80 – 85% НВ). Температура воздуха постепенно нарастала к концу II и в середине II декады мая. Влагозапасы к

фазе кущения в поливном варианте составили 83, а в контроле – 80% НВ, а к фазе выхода в трубку они приблизились к 75% НВ. В это время был проведен первый полив нормой 690 м<sup>3</sup>/га. В варианте с поливом влажность почвы до молочной спелости находилась в пределах 80 – 82%, а при уборке – 78% НВ. Для поддержания заданного режима орошения до уборки пшеницы потребовались четыре полива средней нормой 700 м<sup>3</sup>/га. После уборки яровой пшеницы был произведен полив посевов люцерны, и влажность почвы повысилась до НВ. До конца вегетации люцерны было выполнено еще два полива нормой по 650 – 700 м<sup>3</sup>/га.

В фазу колошения пшеницы в контроле влагозапасы почвы снизились до 70% НВ, в фазу цветения – до 58%, а в фазу молочной спелости – до 54% НВ. В конце августа влагозапасы почвы здесь были ниже ВУЗ и составили 1500 – 1700 м<sup>3</sup>/га.

Для люцерны последующих лет жизни режим почвенной влаги представлен в виде хроноизоплет (рис.15). Видно, что в начале отрастания люцерны 2 – го года жизни в 1978 г. влаги в почве было достаточно, но рост люцерны задерживался из – за низкой температуры воздуха. Высокая влажность почвы сохранилась до конца I декады мая. Первый полив нормой 700 м<sup>3</sup>/га был произведен 16 мая. Затем в связи с повышением температуры воздуха отрастание люцерны усилилось, и влага быстро стала убывать. Первый укос люцерны был проведен 20 июня. Из дальнейшего анализа хроноизоплет видно, что в расчетном слое почвы поддерживалась оптимальная влажность. Некоторое иссушение почвы в период 30 августа – 8 сентября связано с уборкой.

Хроноизоплеты влажности почвогрунтов на поле люцерны 3 – го года жизни (1979 г.) показывают, что за период вегетации культуры в расчетном слое 0,9 м влажность почвогрунтов поддерживалась не ниже 0,75 – 0,80 НВ. Поливы проводились своевременно. После первого полива увеличение влажности отмечалось до глубины 1,2 м, второго – 1,0 м, третьего – 1,1 м, что указывает на инфильтрацию воды ниже расчетного слоя. Почти при всех поливах имеет место инфильтрация влаги ниже слоя 0,9 м. Для поддержания заданного

порога влажности почвы всего было проведено 7 поливов в период вегетации люцерны и один влагозарядковый полив в конце второй декады сентября.

В 1980 г. к началу отрастания (III декада апреля) почвенные влагозапасы в метровом слое были близки к НВ. Отсутствие осадков в мае, быстрое нарастание вегетативной массы люцерны способствовали иссушению почвы, и уже в I декаде мая был проведен первый полив нормой  $650 \text{ м}^3/\text{га}$ . После полива влажность почвы повысилась до глубины 1,3 м. Перед первым укосом (в фазу начала бутонизации) потребовался второй полив несколько большей нормой. При этом поливная норма, как и всех последующих поливов, на поле выдавалась в два приема. Это делалось, во – первых, по производственным соображениям, так как необходимо непрерывное потребление очищенных вод ОГХК, и, во – вторых, для снижения потерь на поверхностный сток при поливах. Для поддержания оптимальной влажности в расчетном слое (0,9 м) до конца вегетации потребовалось проведение еще 5 поливов общей нормой  $3400 \text{ м}^3/\text{га}$ . Частые обильные осадки в сентябре исключили необходимость проведения поливов. Дожди (за сентябрь их сумма составила около 70 мм) способствовали увлажнению верхнего полуметрового слоя. Это особенно четко отражено на рис.18. Здесь же можно отметить и тот факт, что люцерна расходует влагу и из глубоких слоев почвы, о чем свидетельствует заметное снижение влажности до глубины 1,8 – 2,0 м.

Глубину промачивания почвогрунтов после поливов хорошо иллюстрируют хроноизоплеты влажности (рис.18) и изопотенциали (рис.19), построенные по показаниям тензиометров за период с 10 мая по 30 августа. Несмотря на дробные поливы, влага проникала глубже 1,5 – 2 м и не расходовалась на водопотребление. Это способствовало возникновению фильтрационного тока, который особенно четко проявился в конце июля, когда резкое изменение потенциалей ощутилось даже на глубине 2,5 м. Учитывая, что люцерна способна расходовать влагу с глубины до 2,0 м, в расчетах инфильтрационных потерь принят слой 0,5 – 2,0 м. Просочившаяся влага за пределы 2 – х метровой толщи считается фильтрационной. Расчеты объема влагопереноса на поле люцерны приведены в табл. 15.

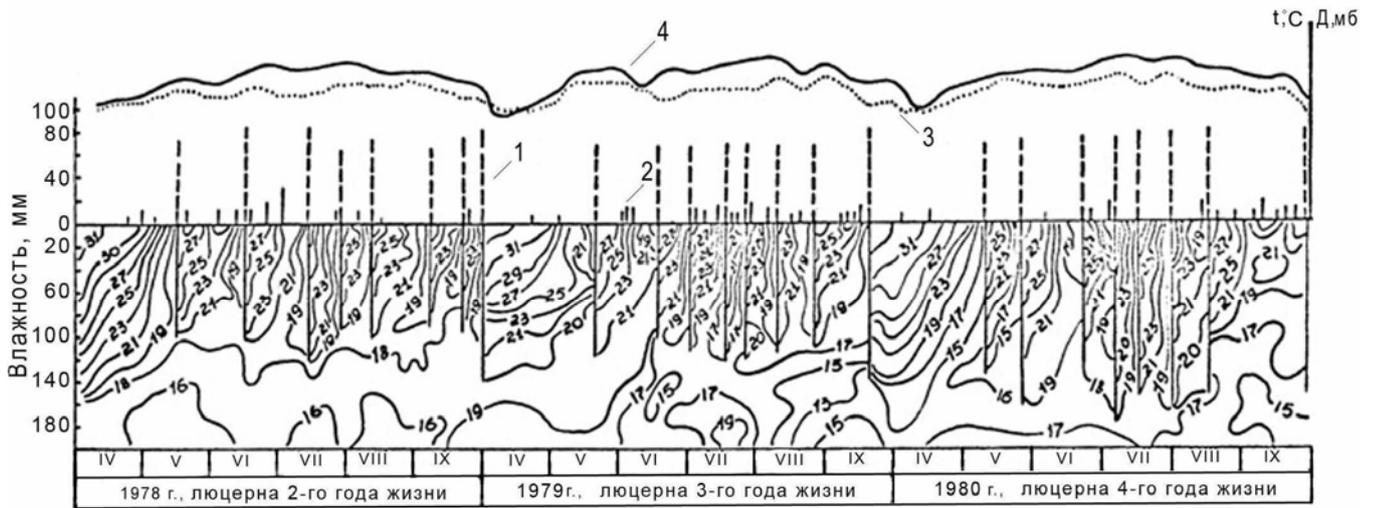


Рис.18. Хроноизоплеты влажности почвогрунтов в поле люцерны на сено, режим поливов (1), осадков (2), дефицита влажности (3) и температуры воздуха (4)

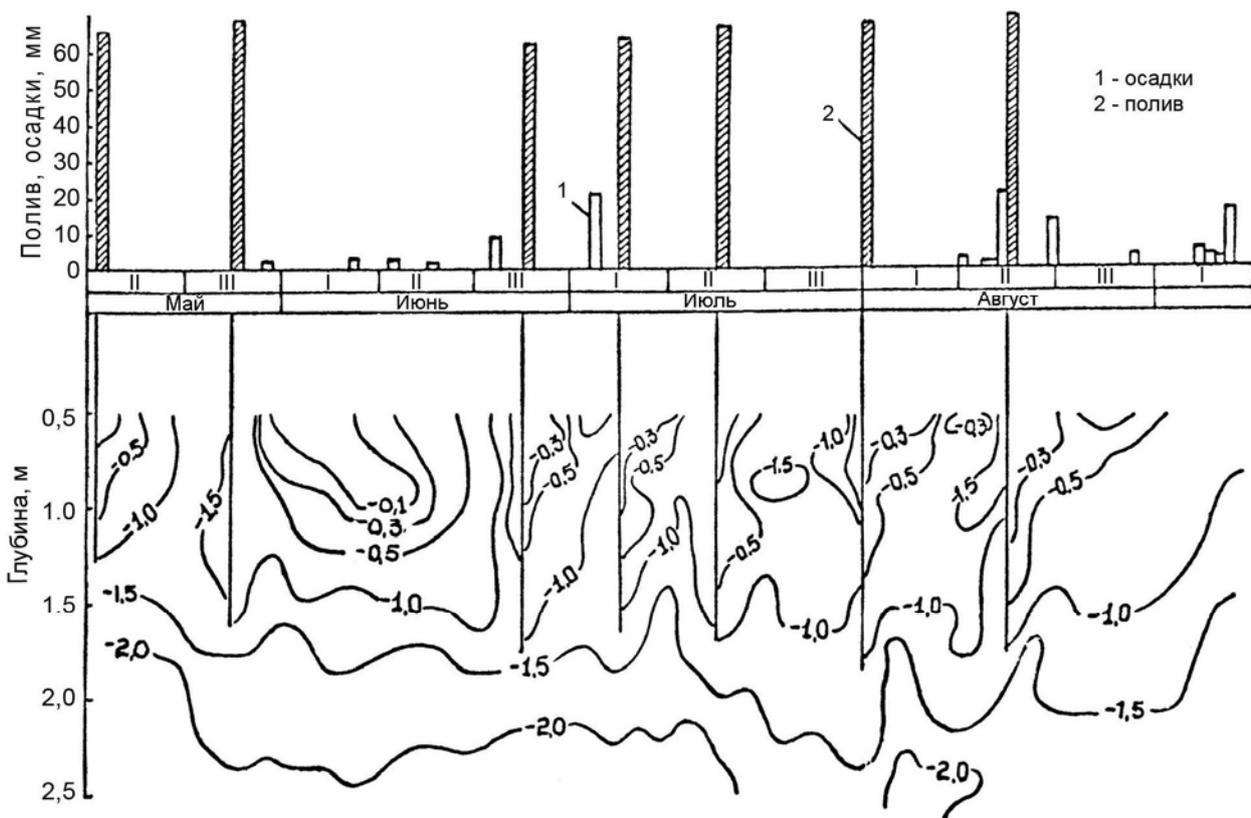


Рис.19. Изопотенциали в поле люцерны при поливе сточной водой (1980 г.)

Расчет объема влагопереноса на поле люцерны в слое 0,5 – 2,0 м в 1980 г.

Период наблюдений	Средняя влажность		Средний потенциал, м		Разность потенциалов, м в.ст.	Градиент потенциала	Коэффициент влагопроводности	Объем влагопереноса
	% от массы	% от объема	вверх	вниз				
10 – 25.05	17,9	27,9	– 0,23	– 2,07	1,84	1,22	0,25	4,58
26° – 25.06	19,1	29,9	– 0,47	– 1,71	1,24	0,83	0,31	7,98
26.06 – 5.07	22,0	34,3	– 0,24	– 1,77	1,53	1,02	0,50	5,10
6 – 15.07	21,4	33,4	– 0,50	– 1,79	1,29	0,86	0,45	3,87
16 – 31.07	21,0	32,8	– 0,50	– 1,31	0,81	0,54	0,43	3,72
1 – 15.08	18,7	29,1	– 0,39	– 1,64	1,25	0,83	0,28	3,49
16 – 30.08	21,0	32,8	– 0,31	– 1,39	1,08	0,72	0,43	4,64
							Итого:	33,40

Коэффициенты влагопроводности для тяжелых суглинков несколько ниже, чем легких (рис.21). При объемной влажности 28 – 30% они составляют 0,25 – 0,31 мм/сут. Инфильтрационные потери за период с 10 мая по 30 августа на поле люцерны определены в размере 33,4 мм, или 6% от суммы осадков и поливов за этот период. Следовательно, в условиях тяжелосуглинистых грунтов при поливе низкоинтенсивной дождевальнoй машиной "Фрегат" фильтрационные потери снижаются в 1,6 раза, по сравнению с поверхностным способом на более легких грунтах.

Таким образом, рассчитанные на основе тензиометрических наблюдений инфильтрационные потери при поливе дождеванием и по бороздам на легких и тяжелых суглинках, что, в свою очередь позволили уточнить величины суммарного водопотребления для кукурузы и люцерны. Полученные зависимости показаний манометра (h) и влагопроводности (K<sub>0</sub>) от объемной влажности (W) (рис. 20, 21) в связи с однородностью механического состава почвогрунтов исследуемого слоя (0,5 – 1,9 м) соответствуют величинам по всем слоям, как на участке люцерны, так и кукурузы. Так как исследования выполнены в межполивные периоды просыхания почвогрунтов, роль гистерезиса несущественна.

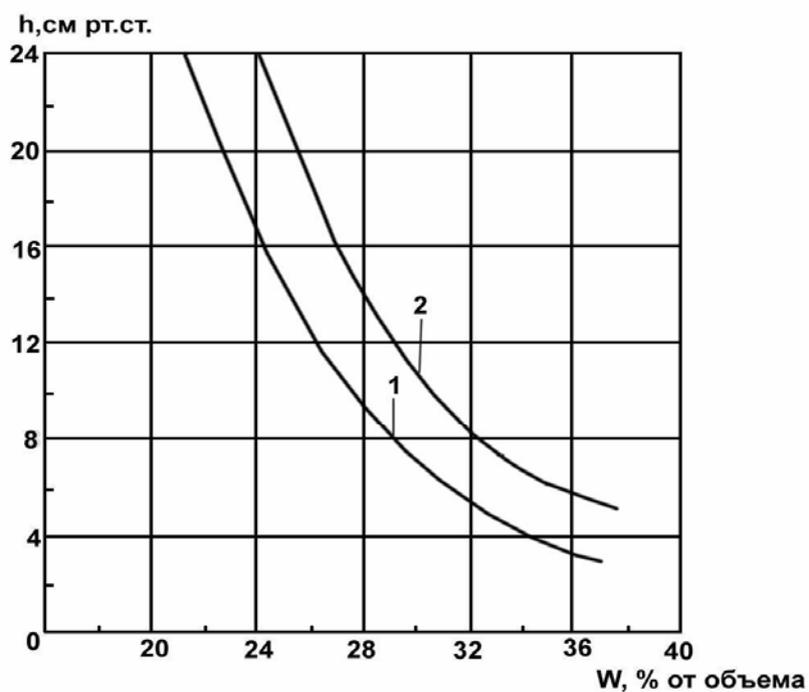


Рис.20. Зависимость показаний манометра ( $h$ ) от влажности почвогрунтов на поле кукурузы (1) и люцерны (2)

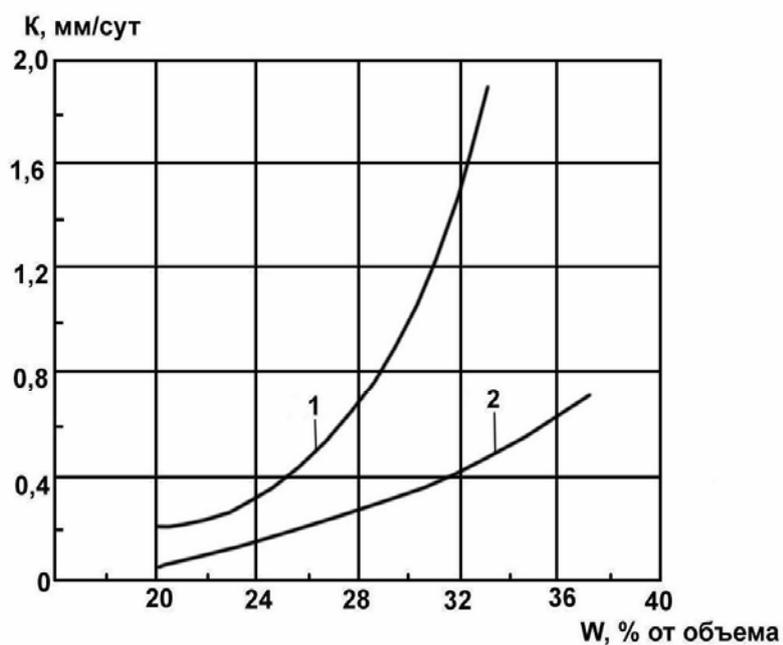


Рис.21. Зависимость коэффициента влагопроводности от влажности почвогрунтов на поле кукурузы (1) и люцерны (2)

Ряд исследователей [213, 297] диагностирование сроков и норм полива сельскохозяйственных культур осуществляют по величине капиллярного потенциала, соответствующего нижней границе оптимальной влажности почв. По данным [297], потенциал почвенной влаги от 0 до 0,1 атм. (0 – 10 см рт.ст.) на почвах легкого механического состава соответствует влажности при НВ, в диапазоне 0,4 – 0,7 атм. (40 – 70 см рт.ст.) следует проводить полив.

По нашим наблюдениям, для тяжелосуглинистых почв в слое 0,5 – 1,0 м наименьшей влагоемкости соответствуют показания манометра 6 – 7 см рт.ст., а нижней границе оптимального увлажнения (0,75 НВ) – 10 см рт.ст. Для средних и легких почв ЗПО эти величины определены, соответственно, как 14 – 16 и 26 – 28 см рт.ст.

### ***3.4.3. Суммарное испарение и коэффициенты водопотребления***

Суммарное испарение (водопотребление) представляет собой сумму испарения воды с поверхности почвы и транспирации ее растениями. В настоящее время в России и за рубежом опубликованы фундаментальные работы, как экспериментального характера, так и по теории суммарного испарения [5, 30, 37, 196].

Водопотребление сельскохозяйственных культур зависит от многих факторов. По мнению авторов работ [30, 100, 154, 243], главное место принадлежит метеорологическим условиям (солнечная радиация, скорость ветра, дефицит влажности, температура воздуха и влажность почвы). Немаловажное значение имеют биологические особенности растений (сорт, фазы развития и др.), агротехника и плодородие почв. В пределах от влажности завядания до наименьшей влагоемкости с ростом урожайности повышается и водопотребление [164]. Анализ исследований [306, 308] показывает, что суммарное испарение растет с увеличением биомассы и фотосинтетической деятельности и уменьшается по мере старения растений.

Методы определения суммарного водопотребления (E) сельскохозяйственных культур можно объединить в две группы: генетические и эмпирические. Наиболее достоверные данные можно получить в результате использования эмпирических методов, основанных на непосредственных наблюдениях. В СНГ

широко применяется метод акад. А.Н.Костякова, по которому расчет  $E$  ведется по коэффициенту водопотребления ( $K$ ) и урожаю ( $Y$ ). Получить правильное значение  $K$  для всех районов невозможно. Однако из – за отсутствия соответствующих коэффициентов по этому методу нельзя определить величину водопотребления в засушливые годы, а также в отдельные периоды произрастания растений. Всем этим требованиям лучше удовлетворяет биоклиматический метод С.М.Алпатьева.

В научных исследованиях все большее распространение получает теплобалансовый метод определения испарения, который считается наиболее теоретически обоснованным. Этому методу определения испарения посвящены работы [30], [154], [195, 196], [308].

В рекомендациях П.П.Кузьмин и С.М.Алпатьев [259] рекомендуют использовать биоклиматический и гидрометеорологический метод, а отдельные элементы расчетов сопоставлять по методике, предложенной В.С. Мезенцевым.

В агрономической и мелиоративной практике наиболее приемлемым методом определения эвапотранспирации считается метод водного баланса активного слоя почвы, разработанный А.Н.Костяковым [158]. К недостаткам этого метода И.А.Кузник [164] относит неясность глубины активного слоя почвы для всего вегетационного периода и тем более для коротких отрезков времени. Метод водного баланса практически нельзя использовать при расчете суммарного испарения без учета инфильтрации.

В Оренбуржье вопросы водопотребления мало изучены, а в условиях полей орошения промстоками вообще не использовались. В наших работах величины суммарного испарения определялись по методу водного баланса активной зоны с учетом влагообмена и влагопереноса из активной зоны в подстилающие грунты и из грунтовых вод в зону аэрации. Исследования многих ученых [54, 79, 95, 151, 160] показывают, что при определении глубины активного слоя почвогрунтов надо исходить из конкретных условий (культура, природно – климатические условия и т.д.). Поэтому глубина активной зоны принята нами с учетом

литологического состава и физических свойств равной на участке кукурузы 1,6 м и на поле люцерны – 2 м.

При изучении водопотребления решались следующие задачи:

1) определить суммарное испарение за всю вегетацию и по отдельным фазам развития культур в условиях ЗПО Южного Урала и выявить влияние сточных вод на его величину;

2) выяснить долю каждого элемента водного баланса в суммарном испарении изучаемых культур в зависимости от метеоусловий вегетационного периода и качества поливной воды;

3) установить коэффициенты водопотребления изучаемых культур при поливе сточной и уральской водой.

Установлено (рис.22), что среднесуточный расход влаги ( $E_{сут}$ ) на посевах яровой пшеницы с подсевом люцерны в 1977 г. зависит от фаз развития растений и метеорологических условий периода вегетации. Максимальные значения  $E_{сут}$  приходятся на период колошения и начало цветения (5,7 мм/сут), на время налива зерна (6,2 мм/сут) и фазу бутонизации люцерны 1 – го года жизни (6,7 мм/сут). Суммарное испарение с поля яровой пшеницы с подсевом люцерны определено в размере 415 мм при поливе сточными водами и 246 мм – в контроле (без полива), а люцерна 1 – го года жизни после уборки пшеницы потребляет по вариантам, соответственно, 200 и 113 мм.

Динамика испарения по фазам развития люцерны в среднем за три года (1978 – 1980 гг.) показана на рис. 22 и в табл. 16. За годы исследований суточное испарение достигает максимума (6,5 мм/сут) в фазу бутонизации во втором укосе, минимума – в начале отрастания. Интенсивное водопотребление в фазу бутонизации отмечалось независимо от увлажненности года. По укосам максимальное водопотребление (5,8 мм/сут), в среднем за годы наблюдений, также приходится на второй укос, что связано с повышением среднесуточной температуры воздуха, дефицитом влажности воздуха и интенсивным накоплением биомассы (высокой урожайностью).

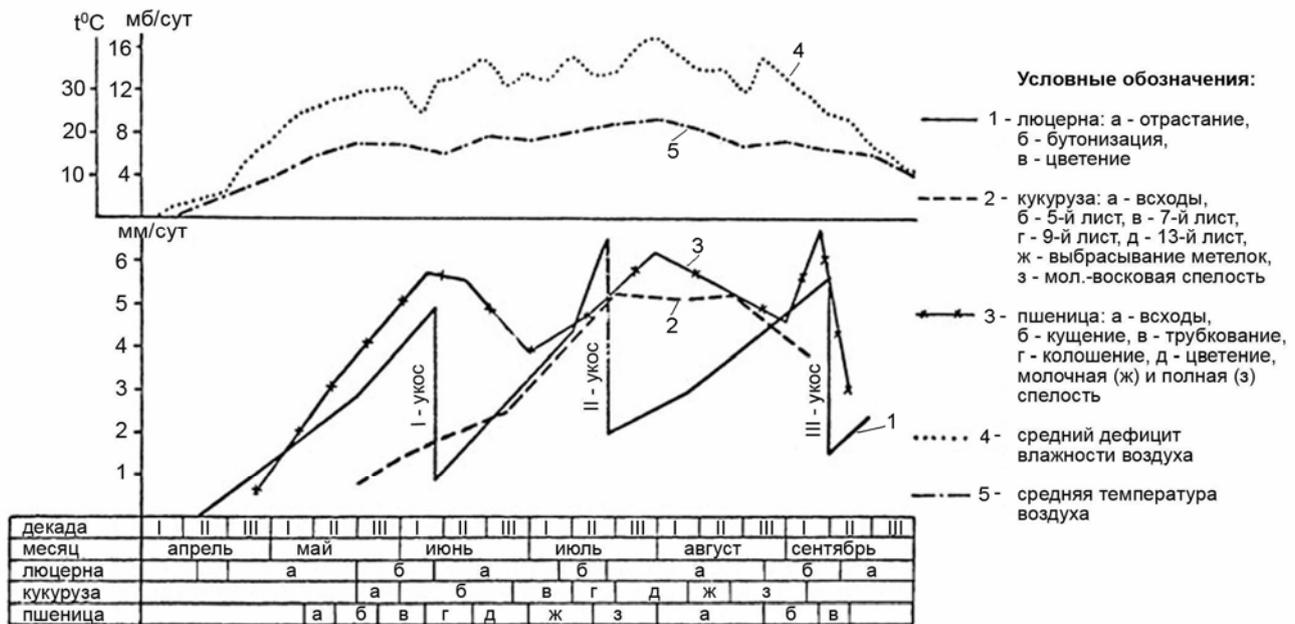


Рис.22. Среднесуточный расход влаги люцерной, кукурузой и пшеницей с подсевом люцерны (за 1977 г.), средний дефицит влажности и температура воздуха (среднее за 3 года)

Таблица 16

*Среднесуточное испарение по основным фазам развития люцерны, мм*

Фаза развития	Средние даты	1978 г.	1979 г.	1980 г.	В среднем
Отрастание	20.04 – 20.05	3,1	2,6	2,9	2,9
Бутонизация	21.05 – 9.06	4,6	5,8	4,2	4,9
Начало цветения	9 – 15.06	4,8	3,0	2,9	3,6
Отрастание	16.06 – 7.07	2,5	5,3	2,7	3,3
Бутонизация	8 – 18.07	6,3	8,4	4,7	6,5
Начало цветения	19 – 25.07	6,2	7,5	2,2	5,3
Отрастание	26.07 – 25.08	3,6	5,7	4,1	4,4
Бутонизация	26.08 – 13.09	5,5	7,3	4,1	5,6
Начало цветения	14 – 20.09	2,8	2,5	1,5	2,3
По укосам:					
1– й укос	15.06	3,6	4,0	3,4	3,9
2– й укос	25.07	5,4	6,7	5,2	5,8
3– й укос	20.09	4,0	4,2	3,5	3,9
За период вегетации	20.04 – 20.09	4,7	4,9	4,0	4,5

Интегральные значения суммарного испарения на посевах люцерны представлены на рис.23. В 1978 г. суммарное испарение на посевах люцерны 2 – го года жизни составило 639 мм в первом и 348 мм – во втором вариантах (таблице 18).

В 1979 г. оно было выше, чем за все годы наблюдений, и определено в размере 710 мм. Это объясняется тем, что выпало большое количество осадков, которые нередко совпадали с поливами, что создавало условия для высокого

испарения с поверхности почвы и растений. Кроме того, вегетационный период 1979 г. характеризовался высоким дефицитом влажности и суховейными явлениями. Немаловажное значение в формировании суммарного испарения имела высокая урожайность люцерны, полученная в этом году. В засушливом 1980 г. суммарное испарение составило 591 мм, что на 38 мм ниже, чем в 1978 г. В среднем за годы наблюдений его величина по укосам составила: 1 – й укос – 198; 2 – й укос – 257 и 3 – й укос – 197 мм.

В условиях ЗПО Оренбургской области суммарное испарение на поле люцерны составило 616 мм при среднесуточном расходе 4,5 мм. Эти величины хорошо согласуются с данными, полученными при поливе уральской водой в Илекском районе этой области [288].

Интегральные величины суммарного испарения на поле кукурузы на силос также представлены на рис.23, а среднесуточное испарение по фазам развития – на рис.22 и в табл. 17. В 1978 г. оно определено в размере 387 мм при поливе уральской водой и 398 мм – сточной водой. Разница составляет 3%. Среднесуточное испарение во втором варианте выше, чем в первом варианте, начиная от фазы 9 – го листа и до конца вегетации.

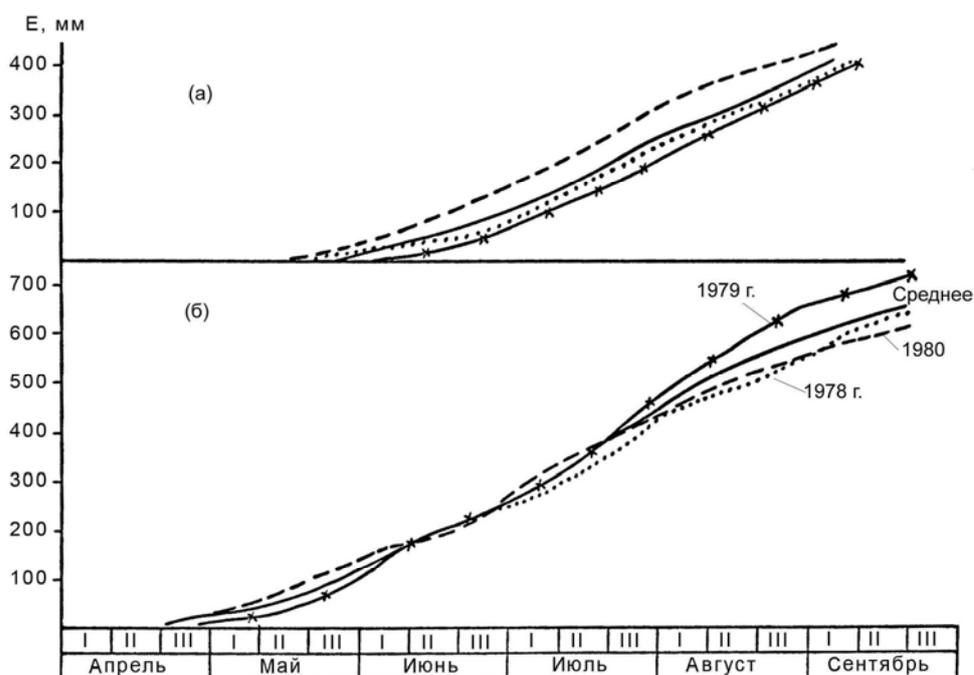


Рис.23. Интегральные величины суммарного испарения кукурузой (а) и люцерной (б) в условиях ЗПО (метод водного баланса)

Среднесуточное испарение по фазам развития кукурузы (1, 2 варианты опыта), мм

Фазы развития	Средние даты	1978 г.		1979 г.		1980 г.		Среднее за 3 года	
		1	2	1	2	1	2	1	2
Посев-всходы	20 – 30.05	1,4	1,5	0,8	0,9	1,9	1,8	1,4	1,4
Всходы – 5-й лист	31.05 – 26.06	1,7	1,9	2,8	2,9	3,2	3,2	2,6	2,6
5-й лист – 7-й лист	27.06 – 10.07	4,9	4,4	4,2	3,7	4,0	4,1	4,4	4,1
7-й лист – 9-й лист	11 – 20.07	5,5	4,7	5,2	5,8	5,3	5,2	5,3	5,2
9-й лист-13-й лист	21.07 – 7.08	5,1	5,8	4,7	4,3	5,4	5,3	5,1	5,1
13-й лист – выбрасывание метелок	8 – 17.08	4,1	4,5	6,9	7,2	4,7	4,7	5,1	5,5
Выбрасывание метелок - молочно-восковая спелость	18.08 – 5.09	3,9	4,4	4,1	3,3	3,2	3,0	3,7	3,8
За вегетацию	20.05 – 5.09	3,5	3,7	3,9	3,7	3	3,9	3,6	3,7

Суммарное испарение в 1979 г. в варианте со сточными водами было на 20 мм (5,2%) выше, чем при поливе уральской водой. Колебания величин среднесуточного испарения влаги по фазам развития кукурузы вполне закономерны. Снижение среднесуточного расхода к началу II декады августа связано с понижением температуры воздуха и дефицита насыщения, а в фазу молочно – восковой спелости объясняется тем, что в этот период рост вегетативной массы растения почти прекращается. Отличие в суточном испарении между вариантами опыта наблюдалось в конце вегетации. Существенной разницы между вариантами опыта в суммарном и среднесуточном испарении в период вегетации 1980 г. не наблюдалось. Суммарное испарение определено в среднем в размере 440 мм, а суточное – 3,9 мм.

Таким образом, за три года наблюдений суммарное испарение достигло максимума в 1980 г., что объясняется несколько удлиненным вегетационным периодом кукурузы и высокой урожайностью (на 52 ц/га) по сравнению с предыдущим годом. Особых различий в величинах среднесуточного (см. табл.17) и суммарного (табл.19) испарения между вариантами не наблюдалось.

На посевах кукурузы при поливе сточной и уральской водой максимальное водопотребление отмечено в фазу 13 лист – выбрасывание метелок (5,3 мм). Затем к фазе молочно – восковой спелости зерна испарение снижается до 3,8 мм (рис.22). Близкие величины суммарного и среднесуточного испарения по вариантам опыта могут быть объяснены единым режимом орошения, почти одинаковой урожайностью и идентичными почвенными условиями.

Для условий ЗПО (центральная зона Оренбуржья) в среднем за три года величина суммарного испарения на поле кукурузы на силос определена в размере 419 мм при среднесуточном расходе 3,6 мм.

Исследования, проведенные в течение четырех лет, показали, что зависимость суммарного испарения от биомассы, фотосинтеза и критических фаз развития яровой пшеницы, люцерны и кукурузы подтверждается и при поливе сточными водами газоперерабатывающей промышленности. Это позволяет сделать вывод о том, что присутствие в них токсичных веществ в пределах допустимых концентраций существенно не повлияло на процесс водопотребления

изучаемых культур при оптимальном увлажнении и глубоком залегании уровня грунтовых вод.

Одной из задач при определении суммарного испарения является установление доли каждого элемента водного баланса по культурам в зависимости от метеорологических условий вегетационного периода, а в условиях ЗПО – еще и от качества поливных вод. Значения элементов водного баланса активной зоны для тяжелосуглинистых почв поля № 1 приведены в табл. 18: на посевах яровой пшеницы с подсевом люцерны поливы составили 76,7%, осадки – 15,3% и потери (поверхностный сток при поливах и инфильтрация) – 9,8% от величины суммарного испарения.

При орошении сточными водами ОГПК в среднем за три года на посевах люцерны на сено на поливы приходится 70,6%, осадки – 23% и использованные почвенные влагозапасы – 22,9% от величины суммарного испарения. Потери составили 102 мм или 16,5% от испарения. Около 40% от суммы потерь приходится на инфильтрацию за пределы активной зоны почвогрунтов, а 60% – на поверхностный сток при поливах. В 1979 г. потери достигают максимума, что объясняется, во – первых, уплотнением верхнего горизонта почвы, в связи с чем увеличился поверхностный сток при поливах, во – вторых, год был влажным, а поливы совпадали с осадками, вследствие чего повысились сток и инфильтрация. Снижение потерь в 1980 г. достигалось путем подачи поливных норм за два прохода ДМ «Фрегат».

При отсутствии поливов возрастает роль почвенных влагозапасов, на долю которых приходится 68% от суммарного испарения. Величина последней на посевах люцерны колеблется в пределах 340 – 365 мм и зависит от продолжительности вегетационного периода и запасов влаги в 2 – х метровом слое к началу отрастания люцерны, т.е. интенсивный расход влаги идет из глубоких слоев. В таблице 19 приведены элементы водного баланса активного слоя почвогрунтов на посевах кукурузы при поливе по бороздам на средних и легких суглинках водораздела. Следует отметить, что на поле №2 исследования проводились как в целях определения доли каждого элемента водного баланса, так и установления степени влияния сточных вод на отдельные показатели.

Таблица 18

## Элементы водного баланса активной зоны на посевах люцерны

Год	Культура	Осадки		Поливы		Использованные вла- гозапасы		Общие потери		Суммарное испарение мм
		мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	
1977	Яровая пшеница Люцерна 1-го года жизни	64	15,4	276	66,5	110	26,5	35	-8,4	415
		30	15,0	195	97,5	0	0	25	-12,5	200
		150	23,5	417	65,2	172	26,9	100	-15,6	639
		164	26,5	414	67,0	168	27,2	128	-20,7	618
1978	Люцерна 2-го года жизни	114	19,3	473	80,0	82	13,9	78	-13,2	591
		142	23,0	435	70,6	141	22,9	102	-16,5	616
1977	Яровая пшеница Люцерна 1-го года жизни	64	26,0	0	0	182	74,0	0	0	246
		30	26,5	0	0	83	73,5	0	0	113
		127	36,5	0	0	221	63,5	0	0	348
		133	36,4	0	0	232	63,6	0	0	365
1978	Люцерна 2-го года жизни	80	23,6	0	0	260	76,4	0	0	340
		113	32,2	0	0	238	67,8	0	0	351
Полив сточной водой										
Контроль (без полива)										

В центральной зоне Оренбуржья осадки за вегетационный период кукурузы составили 25,5% от величины суммарного испарения, на долю поливов приходится 63%, остальное количество составляют использованные почвенные влагозапасы. Инфильтрация за пределы активного слоя определена в размере 8 – 9% от испарения, или 36 мм. Из табл. 19 видно, что доля отдельных элементов водного баланса зависит от увлажненности года. В варианте без поливов осадки в среднем составили 41% величины от суммарного испарения, или 105 мм. Основную роль в водопотреблении кукурузы играет величина влагозапасов почвы в начале вегетации. Полученные составляющие водного баланса активного слоя на посевах люцерны и кукурузы подтверждают исследования многих ученых, выполненные в засушливых районах [22, 51, 52].

В связи с ограниченностью водных и земельных ресурсов при проектировании режима орошения возникают два основных требования: получение максимума сельскохозяйственной продукции с единицы орошаемой площади и наиболее экономное и эффективное использование воды. Сказанное полностью относится и к условиям ЗПО, где вместе с охраной водных ресурсов от загрязнений должны быть выполнены указанные требования.

Анализируя данные, полученные в результате водно–балансовых расчетов, И.А.Кузник [165] приходит к выводу о том, что суммарное испарение и коэффициенты водопотребления изменяются в широких пределах. Различия в величинах (порой весьма противоречивые) не всегда можно объяснить уровнем агротехники и различиями в метеоусловиях отдельных лет. Затруднения в установлении коррелятивных связей между испарением и метеорологическими элементами вызваны в известной мере биологическими особенностями разных сортов одной и той же культуры, а также некоторой неопределенностью слагаемых формулы водного баланса активной зоны.

Таблица 19

## Элементы водного баланса активной зоны на посевах кукурузы

Годы	Вариант	Осадки		Полив		Использованные влагозапасы		Инфильтрация		Е, мм
		мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	
1978	Полив уральской водой	127	32,8	210	54,3	107	27,6	57	-14,7	387
	Полив сточной водой	127	31,9	203	51,0	118	29,6	50	-12,5	398
	Контроль (без поливов)	121	44,8	0	0	149	55,2	0	0	270
1979	Полив уральской водой	135	31,6	232	54,3	84	19,7	24	-5,6	427
	Полив сточной водой	135	32,4	221	53,0	76	18,2	15	-3,6	417
	Контроль (без поливов)	135	48,4	0	0	144	51,6	0	0	279
1980	Полив уральской водой	59	13,4	359	81,8	53	12,1	32	-7,3	439
	Полив сточной водой	59	13,4	364	82,5	55	12,5	37	-8,4	441
	Контроль (без поливов)	59	27,0	0	0	160	73,0	0	0	219
В среднем за 3 года:										
	Полив уральской водой	107	25,6	267	64,0	81	19,4	38	9,9	417
	Полив сточной водой	107	25,5	263	62,8	83	19,8	34	8,1	419
	Контроль (без поливов)	107	41,0	0	0	151	59,0	0	0	256

Действительно, не учитывая величину инфильтрации ниже активного слоя, нельзя правильно определить суммарное испарение и коэффициенты водопотребления. В наших исследованиях эти величины определялись с учетом потерь на инфильтрацию. В отдельные годы на долю последней приходилось 16 – 21% от величины суммарного испарения (см. табл.18, 19).

Коэффициенты водопотребления ( $K_v$ ) приведены в табл. 20. В среднем за три года для люцерны на сено он составил  $509 \text{ м}^3/\text{т}$ . Эти значения хорошо согласуются с данными, полученными во ВНИИГиМ [21]. В наших исследованиях различие  $K_v$  во влажных 1978 – 1979 гг. связано с урожаем люцерны, а при почти одинаковой урожайности в 1979 и 1980 гг. оно объясняется метеорологическими условиями этих лет. Довольно высокие коэффициенты водопотребления, полученные при отсутствии поливов, объясняются недостатком влаги в период вегетации и как итог низкая урожайность культуры. По данным К.К.Битюкова и М.Е.Осташевой [21], расход воды на 1 ц зеленой массы кукурузы в зависимости от урожайности колеблется в пределах 5 – 8  $\text{м}^3$ . На Энгельсской мелиоративной опытной станции при урожае 665 ц/га расход воды составил  $5 \text{ м}^3/\text{ц}$ , при 210 ц/га –  $7,8 \text{ м}^3/\text{ц}$ . На Сунжеской –  $5,6 \text{ м}^3/\text{ц}$ , а в Московской области –  $8,3 \text{ м}^3/\text{ц}$  при урожайности 330 ц/га зеленой массы кукурузы.

В условиях ЗПО Оренбургской области расход воды на 1 ц продукции определен в размере  $8,4 – 9,7 \text{ м}^3$ , а при поливе уральской водой –  $8,6 – 10,5 \text{ м}^3$ . Более высокие величины в последнем варианте при почти одинаковом суммарном испарении получены за счет снижения урожайности кукурузы на силос. При поливе сточными водами на единицу урожая количество затрачивается меньше воды, чем при поливе уральской водой. Это можно объяснить только поступлением дополнительного количества питательных веществ (N, K) со сточными водами.

Таблица 20

*Урожай и коэффициенты водопотребления*

Культура	Урожай, т/га, при поливе			Коэффициенты водопотребления, м <sup>3</sup> /т, при поливе		
	сточной водой	уральской водой	без полива	Поливы сточной водой	Поливы уральской водой	Без полива
1977 г.						
Яровая пшеница	3,6	–	1,3	1153	–	1892
Люцерна 1 – го года жизни	3,3	–	1,1	606	–	1027
Люцерна на сено:						
1978 г.	11,7	–	3,1	546	–	1122
1978 г.	13,0	–	2,5	475	–	1460
1980 г.	11,7	–	1,7	505	–	2000
В среднем за три года	12,1		2,4	509		1527
Кукуруза на силос:						
1978 г.	43,1	40,0	15,0	97	105	180
1979 г.	47,5	45,4	14,0	88	94	199
1980 г.	52,7	50,8	11,9	84	86	184
В среднем за три года	47,7	45,4	13,6	90	95	188

**3.5. Влияние на почвогрунты поливов сточными водами*****3.5.1. Изменение агрегатного состава и водно – физических свойств почвогрунтов***

Почвенные процессы при орошении сточными водами находятся в тесной зависимости от их химического состава, генезиса почвы, особенностей возделываемых культур, а также от величины поливных и оросительных норм.

В опытах Н.А.Ковалевой [139] на супесчаных подзолистых почвах Московской области при орошении многолетних трав промышленными стоками в верхнем 10 – см слое объемная масса почвы уменьшилась до 1,47 против 1,59 г/см<sup>3</sup> в контроле без полива.

А.И.Болдырев с соавторами [24] установили, что длительное орошение минерализованными водами среднесуглинистых подзолистых почв заметно влияет на их плотность и скважность. Например, в слое 0,20 см плотность почвы увеличилась с 1,35 до 1,44 г/см<sup>3</sup>. Отмечается также, что при орошении уменьшаются количество водопрочных агрегатов и водопроницаемость почв.

Неблагоприятное воздействие оросительных вод на почву авторы объясняют диспергирующим действием катионов натрия, количество которых в оросительной воде составляет от 40 до 70% от суммы катионов.

По данным Новосибирского пункта ВНПО «Прогресс», двухлетнее орошение сточными водами существенно не повлияло на величину объемной и удельной массы. Улучшение аэрации почв оказало положительное влияние на способность их к обеззараживанию сточных вод и санитарное значение ЗПО [88]. По мнению К.Стехлика [293], к отрицательным явлениям в результате орошения сточными водами относится их негативное действие на структуру почвы и содержание микроэлементов.

А.П.Глазунова [57] отмечает, что после 4 –х летнего орошения сточными водами наблюдается растянутость почвенного профиля: горизонты А, АВ и В стали на 3 – 6 см глубже. Произошло заметное перераспределение количества физической глины по профилю: верхний горизонт обеднен пылеватыми и иловатыми частицами на 2,7%, за счет чего горизонт АВ утяжелен до легкосуглинистого, а в горизонтах В1 и В2 физическое содержание глины с 16,4 – 16,9% возросло до 18,4 – 20,2%. Плотность почвы возрасла, а порозность ее значительно уменьшилась. Скорость впитывания снизилась почти в 2 раза.

Четырехлетние исследования показали, что на полях люцерны произошло изменение водно – физических свойств почвогрунтов до глубины 1,0 – 1,2 м, а их агрегатного состава – до 60 см (табл.21). Откуда видно, что величина объемной массы увеличилась в слое 0 – 30 см с 1,06 до 1,3 г/см<sup>3</sup>, или на 23%, в слое 30 – 60 см – на 15% и в слое 60 – 120 см – на 7%. Уплотнение почвы на этом участке могло произойти как за счет механических обработок, так и за счет осолонцевания. Особенно выражен этот процесс в гумусовом горизонте. Увеличение объемной массы привело к уменьшению скважности почвы. Так, в пахотном слое она снизилась на 11%, а в слое 30 – 60 см – на 7%. По всему профилю (0 – 120 см) проявляется тенденция к снижению наименьшей влагоемкости. Величина максимальной гигроскопичности незначительно увеличивается в пахотном горизонте, далее до глубины 120 см наблюдается постепенное ее уменьшение.

Отмеченные выше негативные явления обусловлены также изменением физико – химических свойств почвогрунтов.

За годы исследований в верхнем 60 – см слое произошло снижение водопропрочных агрегатов (см. табл.21). Так, при мокром просеивании их количество снизилось по слоям: 0 – 30 см на 11,2%; 30 – 60 см – на 42,3%. В целом по этому профилю количество структурных частиц диаметром 0,25 – 5 мм уменьшилось в 2 раза. Водопроницаемость почв этого участка снизилась по сравнению с 1977 г. на 38% (от 1,2 до 0,82 м/сут).

Исследования на поле № 2 показали (табл.22, 23), что за годы наблюдений и здесь произошли изменения физических свойств и агрегатного состава почв. В обоих вариантах опыта объемная масса существенно не изменилась в пахотном горизонте, а в слое 30 – 60 см при поливе сточной водой она возросла на 9,4%, а при поливе уральской водой – на 7%. Увеличение объема пор привело к снижению скорости просачивания на 31 – 22%.

В табл. 22 и 23 приведено исходное содержание агрегатов почвы размером от 0,25 до 5 мм при мокром просеивании. От общего количества водопропрочных агрегатов основную долю занимают фракции размером 0,5 – 0,25 мм. С увеличением диаметра их количество уменьшается. За три года орошения количество водопропрочных агрегатов значительно снизилось в обоих вариантах. Так, при поливе сточными водами количество частиц размером 5 – 0,25 мм в пахотном горизонте уменьшилось на 23%, в слое 30 – 60 см – на 19%; при поливе уральской водой эти величины составили 15% и 19,6%, соответственно. Уменьшение количества структурных агрегатов объясняется их разрушением под действием воды. Разрушающее действие вод обусловлено тем, что по мере увлажнения почвенных агрегатов ослабляются связи между составляющими их микроагрегатами и частицами.

Таблица 21

## Изменение водно-физических свойств почвогрунтов поля люцерны

Глубина слоя, мм	Объемная масса, г/см <sup>3</sup>		МГ		НВ		Скважность, %		Сумма фракций, %, размером, мм	
	1976 г.	1980 г.	В % от массы		1976 г.	1980 г.	1976 г.	1980 г.	5-0,25	
			1976 г.	1980 г.					1976 г.	1980 г.
0-10	1,02	1,27	8,4	8,8	30,0	29,2	60	50	-	-
10-20	1,07	1,23	9,3	8,7	28,5	28,1	58	52	-	-
20-30	1,10	1,40	8,2	8,9	26,2	25,4	57	46	-	-
0-30	1,06	1,30	8,6	8,8	28,2	27,6	58	49	33,6	22,4
30-40	1,23	1,38	9,0	8,9	25,4	25,0	53	48	-	-
40-50	1,24	1,42	8,8	8,2	25,4	24,8	53	46	-	-
50-60	1,27	1,52	8,4	7,6	23,1	22,6	52	43	-	-
30-60	1,25	1,44	8,7	8,2	24,6	24,1	53	46	66,8	24,5
60-70	1,31	1,50	8,7	7,3	22,2	22,0	52	45	-	-
70-80	1,40	1,55	8,3	7,5	21,2	21,0	49	44	-	-
80-90	1,46	1,52	9,1	6,6	21,4	20,6	47	45	-	-
90-100	1,55	1,58	8,0	6,5	20,5	20,1	44	43	-	-
100-120	1,55	1,60	8,0	6,8	21,6	20,6	43	42	-	-
60-120	1,45	1,55	8,4	6,9	21,4	20,9	47	44	-	-
0-120	1,29	1,45	8,6	8,0	24,1	23,6	52	46	-	-

Таблица 22

## Динамика водно-физических свойств и агрегатного состава почвогрунтов в поле кукурузы (вариант № 1 – полив сточной водой)

Глубина слоя, см	Объемная масса, г/см <sup>3</sup>		МГ		НВ		Скважность, %		Сумма фракций, %, размером, мм	
	1978 г.	1980 г.	В % от массы		1978 г.	1980 г.	1978 г.	1980 г.	5-0,25	
			1978 г.	1980 г.					1978 г.	1980 г.
0-10	1,07	1,17	6,50	18,2	18,2	18,2	58	54	22,4	4,6
10-20	1,24	1,24	6,90	19,4	19,4	19,4	51	51	22,4	2,8
20-30	1,34	1,33	8,40	20,0	20,0	19,5	51	51	36,2	5,0
0-30	1,22	1,25	7,26	19,3	19,3	19,0	53	52	27,0	4,1

30–40	1,37	1,46	5,50	8,00	21,5	20,8	50	46	36,2	5,0	63,8	95,0
40–50	1,38	1,52	5,40	7,30	21,2	21,2	49	44	26,0	13,4	74,0	86,6
50–60	1,40	1,54	5,38	6,20	21,0	21,1	48	43	26,0	13,2	74,0	86,8
30–60	1,38	1,51	5,43	7,10	21,2	21,1	49	44	29,4	10,5	70,6	89,5
60–70	1,37	1,48	5,25	7,50	20,9	20,5	50	46	–	–	–	–
70–80	1,38	1,47	5,22	7,40	20,4	20,3	49	46	–	–	–	–
80–90	1,30	1,35	4,15	7,60	18,9	18,8	52	50	–	–	–	–
90–100	1,30	1,30	4,12	7,50	18,4	18,4	52	52	–	–	–	–
60–100	1,36	1,38	4,68	7,50	19,6	19,5	51	48	–	–	–	–
0–100	1,31	1,39	5,18	7,29	20,0	19,8	51	48	–	–	–	–

Таблица 23  
Динамика водно-физических свойств и агрегатного состава почвогрунтов в поле кукурузы (вариант № 2 – полив уральской водой)

Глубина слоя, см	Объемная масса, г/см <sup>3</sup>		МГ		В % от массы		НВ		Скважность, %		Сумма фракций, %, размером, мм	
	1978 г.	1980 г.	1978 г.	1980 г.	1978 г.	1980 г.	1978 г.	1980 г.	1978 г.	1980 г.	1978 г.	1980 г.
0–10	1,07	1,14	5,82	5,61	18,9	18,4	57	55	13,2	1,2	86,8	98,8
10–20	1,25	1,22	5,80	6,00	19,0	18,2	52	52	13,2	2,2	86,8	97,8
20–30	1,30	1,26	5,15	5,91	20,3	19,8	51	54	23,2	1,2	76,8	98,8
0–30	1,20	1,21	5,62	5,84	19,4	18,8	49	54	16,5	1,5	83,5	98,5
30–40	1,37	1,40	5,13	6,10	20,8	20,6	53	48	23,2	2,8	76,8	97,2
40–50	1,38	1,46	5,80	6,40	20,9	20,9	49	46	24,4	2,8	75,6	97,2
50–60	1,40	1,50	5,75	6,10	21,2	21,4	48	45	24,4	7,6	75,6	92,4
30–60	1,38	1,49	5,56	6,20	21,0	21,0	49	46	24,0	4,4	76,0	95,6
60–70	1,36	1,44	5,60	6,10	20,2	20,2	50	47	–	–	–	–
70–80	1,29	1,36	5,57	6,00	19,5	19,3	52	50	–	–	–	–
80–90	1,28	1,28	5,50	7,10	19,2	19,0	53	53	–	–	–	–
90–100	1,28	1,29	5,47	5,32	19,3	19,2	53	52	–	–	–	–
60–100	1,30	1,37	5,53	6,13	19,5	19,4	52	50	–	–	–	–
0–100	1,30	1,36	5,56	6,06	19,9	19,7	51	50	–	–	–	–

Общеизвестно, что до поступления в почву вода растворяет находящиеся в атмосфере аммонийные и углекислые соединения. Аммоний может вытеснить из почвенно – поглощающего комплекса (ППК) ионы кальция, что приведет к некоторому разрушению микроагрегатов, а также повысит подвижность органического вещества почвы, которое выполняет роль клея между микроагрегатами. Углекислота приводит к растворению карбонатов кальция в почве, к сдвигу равновесия между ионами кальция в поглощающем комплексе и почвенном растворе, к их замене другими ионами и, следовательно, разрушению микроагрегатов. Содержащийся в сточных водах, в избыточном количестве, натрий также способствует вытеснению кальция из ППК.

### ***3.5.2. Влияние поливов на химизм почвогрунтов***

Орошение сточными водами оказывает влияние на многие почвенные процессы, и в первую очередь на интенсивность разложения органического вещества, движение и распределение по почвенному профилю водно –растворимых солей и питательных веществ.

Общеизвестно, что внесение минеральных удобрений при поливах уменьшает потери гумуса и позволяет более экономно расходовать азот (нитратный) и валовой фосфор. При определенных значениях температуры, влажности воздуха и почвы, а также недостаточном количестве органических остатков при орошении создаются такие условия, при которых гумусовые вещества будут использоваться микрофлорой с повышенной интенсивностью [172,180]. Н.А.Ковалева [139] отмечает положительное влияние промышленных сточных вод на плодородие супесчаных почв Московской области. При длительном орошении на южных черноземах общее содержание гумуса в пахотном слое уменьшается, а запасы гумуса в метровом слое увеличиваются [78]. По данным А.П.Глазуновой [57 ], 4 –х летнее орошение сточными водами многолетних трав не повлияло на содержание гумуса в слое 0 – 40 см, но его общее содержание увеличилось в 1,2 – 1,4 раза. Возросло также содержание воднорастворимых форм N, P и K в пахотном горизонте. М.Шульц [328] отмечает значительное накопление органического вещества (перегноя), общего N, P и K при

длительном круглогодичном орошении и связывает это с интенсификацией биологических процессов.

Видимо, влияние поливов сточными водами на пищевой режим почвы зависит от природы промышленных стоков, почвенных условий и, главным образом, от выращиваемой культуры.

По данным наших исследований на участке кукурузы (табл. 24), орошение в течение 4 – х лет сточными водами Оренбургского газового комплекса практически не повлияло на пищевой режим почв. Общие запасы подвижного N, P и K в метровом слое почти не изменились.

Таблица 24

*Содержание гумуса, подвижного N, P и K в почвах на участке кукурузы*

Глубина слоя, см	Гумус, %		мг на 100 г почвы					
			N		P		K	
	1977 г.	1980 г.	1977 г.	1980 г.	1977 г.	1980 г.	1977 г.	1980 г.
0 – 10	2,9	3,0	1,4	1,5	1,5	2,0	8,1	6,5
10 – 20	2,7	3,1	1,3	1,5	1,7	1,8	8,2	5,4
20 – 30	2,8	2,6	1,4	1,3	1,6	1,5	4,6	5,1
30 – 40	2,8	2,7	1,4	1,3	1,6	1,4	4,2	4,0
40 – 50	2,0	2,0	1,0	1,0	1,6	1,4	2,6	4,0
50 – 60	1,3	2,4	0,6	1,2	1,5	1,5	2,1	3,2
60 – 70	1,0	1,4	0,5	0,7	1,1	1,5	2,0	3,0
70 – 80	1,0	1,8	0,5	0,9	1,0	1,2	2,0	2,0
80 – 90	0,9	1,4	0,4	0,7	1,0	1,2	4,0	2,0
90 – 100	0,6	1,1	0,3	0,5	1,0	1,0	4,0	2,0
0 – 100	1,8	2,1	0,9	1,1	1,4	1,4	4,2	3,7

В последние годы установлено, что растения могут легко выдержать высокое осмотическое давление почвенных растворов, если ионный состав хорошо сбалансирован. Соли в комплексе снижают свое отрицательное действие по сравнению с токсичностью соли в чистом виде. Повышенное поступление в растительный организм ионов солей влияет на физико – химические свойства протоплазмы и активность ферментов, что влечет за собой нарушение водного режима, минерального питания, изменяются направленность углеводно – белкового обмена и интенсивность окислительно – восстановительного режима во всех его проявлениях [320].

Развивая коллоидно – биологическую теорию солеустойчивости А.А.Шахова, Б.П.Строгонов [295] обнаружил, что типы солевого состава почв

оказывают самое разнообразное влияние на физиологическое состояние, анатомическое строение подземных и надземных органов растений. При преобладании в почве сернокислых солей у растений формируются свойства и признаки галоксеричности, а в условиях преобладания хлористых солей физиолого – анатомические изменения уклоняются в сторону галосуккулентности.

Установлена закономерность в изменении обводненности клеток в зависимости от типа засоления: интенсивность транспирации у растений повышается при сульфатном засолении и резко снижается в условиях хлоридного засоления. Повышенный расход воды при транспирации обеспечивается за счет мощной и более развитой корневой системы. При хорошей водообеспеченности растений интенсивность транспирации значительно возрастает у растений с сильно засоленного участка по сравнению с растениями со слабо засоленного участка. Следовательно, помимо качества засоления, на интенсивность водообмена растений влияет и степень засоления почвы.

Ряд зарубежных ученых [329,344] доказывают зависимость засоления почв при орошении от их механического состава и солеустойчивости культур. В.А.Барановская и В.И.Азовцев [16] на основе изучения влияния орошения на черноземы, темно – и светло – каштановые почвы Заволжья пришли к выводу о том, что при орошении пресной водой в течение 40 лет (территория Ершовской опытной станции) не наблюдалось осолонцевания почв, вторичного засоления и заболачивания. Осолонцеванию препятствовало накопление карбонатов в верхних (0 – 50 см) горизонтах и обогащение коллоидной части почв кальцием. В то же время отмечено некоторое ухудшение водно – физических свойств – снижение фильтрационных показателей верхнего слоя почвы. С.П.Соколовский [284] отмечает, что при длительном орошении с глубоким залеганием грунтовых вод (более 5 м) различия солевого режима незначительны на массивах с разной интенсивностью орошения. П.Е.Простаков [251], наблюдая за изменением химических свойств под влиянием орошения чистой водой, пришел к выводу, что влияние поливов зависит от поливного режима и возделываемых культур, а также отметил резкое возрастание общей щелочности под кукурузой.

М.Ф.Буданов, исследуя [31] химический состав почвенных растворов, установил, что сточные воды гидрокарбонатно – хлоридного аммонийно – кальциевого состава в зоне аэрации под влиянием процессов окисления органических веществ, нитрификации аммонийного азота и катионного обмена переходят в нитратно – хлоридные, хлоридно – нитратно – сульфатные типы. Изменение солевого состава почвы при орошении сточными водами описано в работе С.И. Репетуна [262].

Г.А.Шин [325] показал, что процесс нитрификации в зимнее время не останавливается, а только ослабевает. На супесчаных почвах и песчаных грунтах зоны аэрации применяемые поливные нормы 450 – 1500 м<sup>3</sup>/га не приводят к прогрессивному накоплению водно – растворимых солей. Только в жаркие годы они могут накапливаться в верхней части почвенного профиля при норме 350 – 500 м<sup>3</sup>/га, а осенью и весной происходят промывка и вынос солей в грунтовые воды. Поэтому минерализация почвенных растворов, остающихся в почвогрунтах в эти периоды, подобна минерализации сточных вод. Изучая закономерности формирования состава почвенных растворов в зависимости от режима орошения и литологического состава, он пришел к выводу, что при исходной влажности почвогрунтов 12 – 13% фронтом промачивания вытесняется влага из вышележащих слоев, на границе между зоной вытеснения и фронтом промачивания поршневое вытеснение сменяется смешением почвенных растворов с инфильтратом, приводящим к выравниванию их концентрации до уровня подаваемых сточных вод. Супесчаные грунты при исходной влажности 12 – 13% и поливной норме 1400 – 1900 м<sup>3</sup>/га обладают способностью очищать инфильтрующиеся сточные воды. При этом минерализация аммонийного азота и полное поглощение солей хрома (6 – ти валентного) и фосфора протекает в верхнем метровом слое почвы. Воздушно – сухой песок с содержанием пылеватых и глинистых частиц до 2% обогащается солями натрия, калия, аммонийными соединениями и фосфатами, при одновременном обеднении их кальцием, хлоридами, сульфатами и органическими веществами.

Последний вывод согласуется с исследованиями В.М.Новикова, О.З.Зубаирова и Б.Р.Касенова [224], которые отмечают, что при поливах нормой 700 – 1300 м<sup>3</sup>/га содержание ионов CO<sub>3</sub> и Cl<sup>-</sup> снижается в слое 0 – 30 см

и 60 – 100 см, т.е. они вымываются в нижележащие слои. Сульфаты изменяются в небольших пределах, ионы кальция уменьшаются в слое 0 – 60 см, что привело к включению натрия в обменный комплекс почвы. Исследователи отмечают, что с увеличением норм поливов соотношение одновалентных катионов к двухвалентным (Ca+Mg) увеличивается в пользу одновалентных (Na+K). Весной в метровом слое почвы происходит частичное рассоление под действием атмосферных осадков [224].

В.С.Разуваев [254] показал, что орошение биологически очищенными сточными водами г.Энгельса не вызвало негативных изменений в агромелиоративном состоянии темно – каштановых почв, а содержание солей изменилось незначительно, в частности, доля воднорастворимых солей возросла за счет бикарбонатов. Весной под влиянием атмосферных осадков почва опреснялась, а осенью увеличивалось количество хлоридов, хотя оно и достигало порога токсичности. В верхних горизонтах заметного накопления воднорастворимых солей не происходило, а токсичность бикарбонатов магния и натрия была невысокой. В результате приходит к выводу о том, что орошение сточными водами исключает возможность осолонцевания и вторичного засоления почв.

Анализ исследований по солевому режиму почвогрунтов показывает, что влияние орошения на химизм почвогрунтов зависит от природно – климатических и почвенных условий, природы применяемых поливных вод, режима орошения, возделываемых культур и т.д.

При изучении солевого баланса активной зоны мы определяли приход солей в расчетную толщу почвогрунтов, их характер распределения и состав. Кроме того, в нашу задачу входило установление характера и степени накопления и распределения отдельных ионов по почвенному профилю при орошении водами разного качества.

В табл. 25 и на рис. 24 показано содержание солей и ионов в почвах участка кукурузы при поливе сточной водой. В целом за три года орошения запасы солей увеличились почти в 2 раза. Приход их в расчетный слой 0 – 150 см в варианте 1 составил 16,3 т/га, а в варианте 2 – 13,6 т/га (табл. 27). Основное количество солей было сконцентрировано в зоне максимального расположения корней (1 м):

соответственно, по вариантам опыта 19 и 14% от пороговой концентрации (табл. 26). Хотя общий запас солей был небольшим, из – за несоответствия катионного состава поливных вод наблюдается неравномерная аккумуляция некоторых ионов. Особенно следует отметить интенсивное накопление сульфатов как в растворенном виде, так и в виде гипса, что связано с большим содержанием этих ионов в сточных водах. Общий запас сульфатов достиг 89 и 83% от ПДК. На втором месте по интенсивности накопления оказались ионы натрия – 58 и 36% от ПДК. Гидрокарбонаты и хлориды достигли, соответственно, 33 и 29% и 25 и 22% от пороговой концентрации.

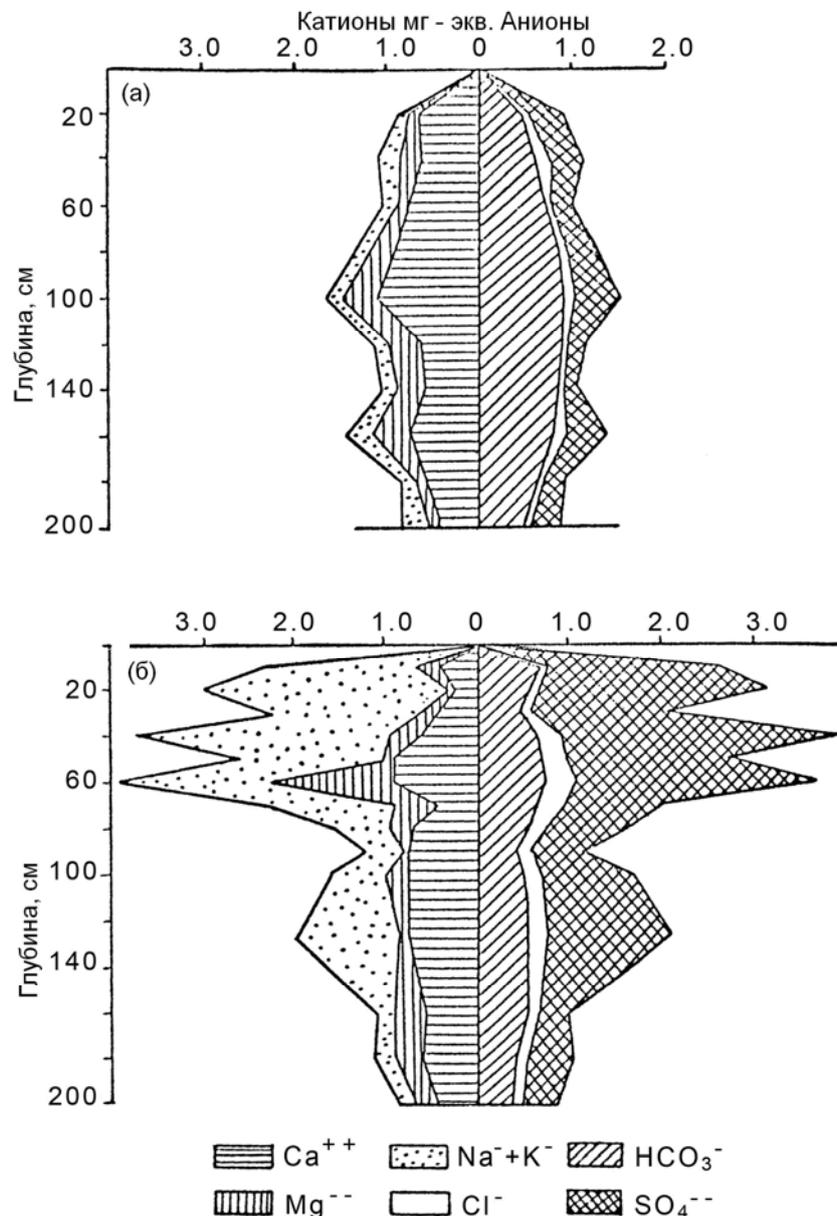


Рис. 24. Солевой профиль почвогрунтов на участке кукурузы (а - 09.1977г.) и (б - 10.1980г.) после поливов сточными водами

Содержание солей и ионов в почвогрунтах участка кукурузы при поливе сточной водой, т/га

Глубина, см	Общий запас солей		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		Cl <sup>-</sup>		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		Ca <sup>2+</sup>		Mg <sup>2+</sup>		Na <sup>+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	
	1977 г.	1980 г.	1977 г.	1980 г.	1977 г.	1980 г.	1977 г.	1980 г.	1977 г.	1980 г.	1977 г.	1980 г.	1977 г.	1980 г.
0 – 10	0,75	2,21	0,15	0,25	0,04	0,04	0,37	1,36	0,14	0,09	0,01	0,04	0,03	0,44
10 – 20	0,87	2,85	0,18	0,21	0,04	0,04	0,43	1,75	0,16	0,06	0,01	0,01	0,04	0,78
20 – 30	1,09	2,13	0,24	0,18	0,08	0,05	0,52	1,24	0,16	0,12	0,04	0,03	0,05	0,51
0 – 30	2,71	7,19	0,57	0,64	0,17	0,13	1,32	4,35	0,46	0,27	0,06	0,07	0,12	1,73
30 – 40	1,15	4,10	0,25	0,28	0,08	0,12	0,56	2,54	0,16	0,17	0,04	0,06	0,06	0,94
40 – 50	1,14	3,12	0,30	0,32	0,03	0,15	0,55	1,75	0,21	0,27	0,03	0,05	0,03	0,58
50 – 60	1,16	4,47	0,30	0,35	0,03	0,18	0,57	2,79	0,21	0,28	0,03	0,26	0,03	0,60
30 – 60	3,45	11,69	0,85	0,95	0,14	0,45	1,68	7,08	0,58	0,72	0,10	0,37	0,11	2,11
60 – 70	1,33	2,52	0,35	0,29	0,05	0,18	0,59	1,34	0,24	0,13	0,05	0,09	0,04	0,49
70 – 80	1,26	1,76	0,34	0,25	0,05	0,10	0,55	0,93	0,23	0,21	0,05	0,04	0,04	0,22
80 – 90	1,66	1,28	0,35	0,17	0,06	0,08	0,82	0,66	0,28	0,20	0,06	0,01	0,08	0,15
90 – 100	1,66	1,75	0,35	0,20	0,00	0,09	0,82	1,03	0,28	0,19	0,06	0,04	0,08	0,20
60 – 100	5,91	7,31	1,39	0,81	0,24	0,45	2,78	3,96	1,03	0,73	0,23	0,18	0,23	0,06
100 – 120	2,50	4,22	0,69	0,43	0,05	0,21	1,24	2,46	0,34	0,68	0,10	0,05	0,08	0,70
120 – 150	3,90	4,35	1,02	0,63	0,08	0,24	2,04	2,48	0,48	0,42	0,16	0,16	0,12	0,43
100 – 150	6,40	8,57	1,71	1,06	0,13	0,44	3,28	4,94	0,82	0,80	0,26	0,21	0,20	1,12
0 – 150	18,47	34,76	4,52	3,46	0,68	1,47	9,06	20,33	2,89	2,52	0,65	0,84	0,66	6,02
Разность	16,29		- 1,06		0,80		11,27		- 0,37		0,18		5,36	

Таблица 26

Пороги токсичности и содержание солей и ионов в почвах опытных участков, т/га

Показатели	Сумма солей			Гидрокарбонаты			Хлориды			Сульфаты			Натрий		
	0 - 30	30 - 60	60 - 100	0 - 30	30 - 60	60 - 100	0 - 30	30 - 60	60 - 100	0 - 30	30 - 60	60 - 100	0 - 30	30 - 60	60 - 100
Порог токсичности	38	43	56	2,0	2,3	2,9	1,1	1,3	1,7	3,9	4,3	5,8	2,3	2,7	3,5
Фактическое содержание в почвах:															
поле кукурузы:															
полив сточной водой	7,2	11,7	7,3	0,64	0,95	0,81	0,12	0,45	0,45	4,3	7,1	1,0	1,7	2,1	1,2
полив пресной водой	3,4	5,2	11,2	0,70	0,63	0,76	0,18	0,31	0,41	1,7	3,1	6,8	0,3	0,4	2,4
поле люцерна:															
полив сточной водой	5,3	9,6	7,7	0,58	0,84	1,20	1,22	3,64	1,00	1,5	2,2	2,9	1,6	2,6	1,4
Контроль (без полива)	2,0	2,4	3,4	1,4	1,6	2,5	0,09	0,19	0,16	0,10	0,11	0,17	0,05	0,06	0,3

В первом варианте 44% от общего прихода солей было аккумулировано в подпахотном горизонте (30 – 60 см). За годы исследований в этот слой поступило солей 7,2 т/га, и общие запасы достигли 11,7 т/га, или 27,2% от ПДК. Увеличение общей концентрации произошло за счет сульфатов, хлоридов и натрия. Так, сульфатов поступило около 5,4 т/га, что составляет 48% от общего прихода этого иона на всю исследуемую толщу (0 – 150 см). С увеличением глубины аккумуляции сульфатов уменьшается. Ионов натрия здесь содержится 2,1 т/га, или в 20 раз больше по сравнению с исходной концентрацией. От общего прихода натрия здесь аккумулировано около 48%. Поступление хлоридов составило всего 0,3 т/га. Общие запасы сульфатов превысили допустимую концентрацию в 1,6 раза, натрий достигает 78%, а хлориды всего 35% от допустимой.

В пахотном горизонте локализовано всего 27% общего запаса солей, столько же процентов составляет количество поступивших солей от общего прихода. Увеличение плотного остатка произошло в основном за счет сульфатов (3 т/га) и ионов натрия (1,6 т/га). Сульфаты и здесь превысили пороговую концентрацию на 10%.

При поливе уральской водой (см. табл. 27 и рис. 25) максимальная аккумуляция солей произошла несколько ниже, чем в первом варианте. Основная масса солей локализована в слое 60 – 100 см. За три года в этот слой их поступило около 7,2 т/га, и общие запасы достигли 11,2 т/га, или 20% от ПДК. Накопление солей произошло также за счет сульфатов (5,2 т/га), ионов натрия (2,2 т/га) и хлоридов (0,3 т/га).

Содержание ионов незначительно снизилось. И в этом варианте пороговую концентрацию превысили сульфаты (на 17%), а ионы натрия составляли 68%, а хлора всего 24% от допустимой концентрации.

В целом миграция и характер распределения солей, степень накопления отдельных ионов в обоих вариантах опыта были почти одинаковыми. Это объясняется единым режимом орошения и идентичными почвенными условиями. Необходимо отметить, что пороговые концентрации общего запаса солей и от-

дельных ионов по слоям почв (см. табл. 26) составлены с учетом возможного типа засоления (сульфатного) и фактической объемной массы на 1980 г.

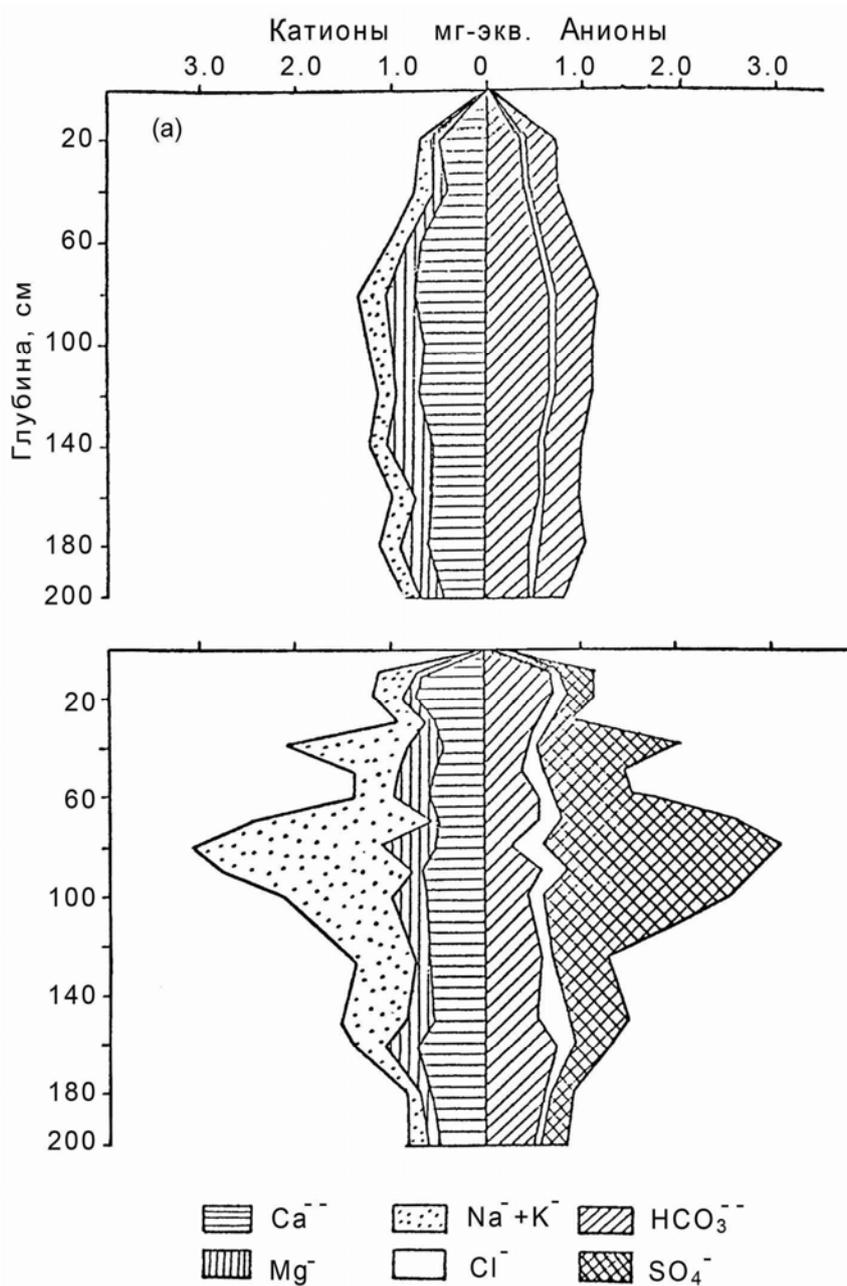


Рис. 25. Солевой профиль почвогрунтов на участке кукурузы до (а - 09.1977 г.) и после (б - 10.1980 г.) поливов уральской водой

Ниже 1 – метрового слоя по вариантам опыта за годы исследований поступило почти одинаковое количество солей – 2,2 – 2,5 т/га, или 13 – 18% от общего прихода солей в слой 0–150 см. В обоих вариантах наблюдается выщелачивание ионов кальция ниже расчетного (150 см) слоя.

Таблица 27

Содержание солей и ионов в почвогрунтах участка кукурузы  
при поливе уральской водой, т/га

Глубина, см	Общий запас солей		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		Cl <sup>-</sup>		SO <sub>4</sub> <sup>- -</sup>	
	1977 г.	1980 г.	1977 г.	1980 г.	1977 г.	1980 г.	1977 г.	1980 г.
0–10	0,61	1,14	0,12	0,23	0,02	0,05	0,32	0,58
10–20	0,71	1,24	0,13	0,25	0,03	0,07	0,38	0,62
20–30	0,70	1,01	0,15	0,22	0,03	0,06	0,33	0,46
0–30	2,02	3,39	0,40	0,70	0,07	0,18	1,05	1,66
30–40	0,74	1,83	0,16	0,20	0,03	0,06	0,28	1,25
40–50	0,92	1,61	0,22	0,18	0,03	0,12	0,41	0,90
50–60	0,94	1,72	0,23	0,25	0,03	0,13	0,41	0,93
30–60	2,60	5,16	0,61	0,63	0,08	0,31	1,10	3,08
60–70	1,03	2,88	0,26	0,25	0,03	0,16	0,41	1,61
70–80	0,98	3,14	0,27	0,12	0,03	0,12	0,33	1,99
80–90	1,00	2,75	0,26	0,22	0,03	0,08	0,43	1,65
90–100	1,02	2,45	0,26	0,17	0,03	0,05	0,45	1,57
60–100	4,03	11,20	1,05	0,76	0,11	0,41	1,62	6,82
100–120	1,98	3,16	0,52	0,24	0,08	0,15	0,87	2,37
120–150	3,09	4,35	0,63	0,21	0,08	0,08	1,57	3,71
100–150	5,07	7,51	1,15	0,45	0,15	0,23	2,44	6,08
0–150	13,72	27,28	3,21	2,54	0,42	1,13	6,21	17,64
Разность	13,56		-0,67		0,71		11,43	
Глубина, см	Общий запас солей		Ca <sup>++</sup>		Mg <sup>++</sup>		Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	
	1977 г.	1980 г.	1977 г.	1980 г.	1977 г.	1980 г.	1977 г.	1980 г.
0–10	0,61	1,14	0,11	0,15	0,02	0,02	0,02	0,11
10–20	0,71	1,24	0,12	0,18	0,03	0,02	0,03	0,10
20–30	0,70	1,01	0,11	0,14	0,03	0,03	0,05	0,10
0–30	2,02	3,39	0,34	0,47	0,07	0,07	0,10	0,31
30–40	0,74	1,83	0,19	0,13	0,03	0,07	0,05	0,12
40–50	0,92	1,61	0,19	0,16	0,03	0,07	0,04	0,18
50–60	0,94	1,72	0,20	0,18	0,03	0,07	0,04	0,15
30–60	2,60	5,16	0,58	0,47	0,08	0,22	0,14	0,45
60–70	1,03	2,88	0,20	0,14	0,05	0,01	0,08	0,70
70–80	0,98	3,14	0,21	0,15	0,06	0,09	0,08	0,67
80–90	1,00	2,75	0,17	0,18	0,05	0,03	0,06	0,60
90–100	1,02	2,45	0,17	0,17	0,05	0,05	0,07	0,44
60–100	4,03	11,20	0,75	0,64	0,21	0,09	0,29	2,41
100–120	1,98	3,16	0,36	0,15	0,08	0,03	0,08	0,22
120–150	3,09	4,35	0,42	0,14	0,23	0,05	0,16	0,16
100–150	5,07	7,51	0,78	0,29	0,31	0,08	0,23	0,38
0–150	13,72	27,28	2,45	1,87	0,68	0,45	0,76	3,54
Разность	13,56		-0,58		-0,23		2,78	

В целом, при поливе сточной водой от общего количества солей на долю сульфатов приходится: 64,7% (11,3 т/га), ионов натрия – 30,8% (5,4 т/га) и хлоридов – 4,5% (0,8 т/га), при орошении уральской водой, соответственно, 76,6; 18,6 и 4,7%, или 11,4; 2,8 и 0,7 т/га. В первом варианте приход солей на 2,7 т/га выше, чем во втором, что связано с дополнительным поступлением ионов натрия со сточной водой.

Интенсивное накопление солей в слое 0–150 см на участке кукурузы связано с его геологическим строением. При изучении режима почвенной влаги мы уже говорили о наличии аргиллитовой прослойки на глубине 150–160 см. Эта прослойка трудноводопроницаемая, поэтому постоянное скопление влаги в ней приводит к образованию восходящего тока. Мы предполагаем, что при восходящем токе влаги соли поднимались в верхние слои почвы, и аккумуляция солей в верхнем 1-метровом слое подтверждает этот процесс.

Анализ состава поглощенных оснований (см. табл. 4) показывает, что при поливе сточной водой количество поглощенного натрия в слое 0–20 см увеличилось в 2 раза и достигло 0,85 мг–экв/л. Это увеличение прослеживается до глубины 60 см. В целом содержание поглощенного натрия далеко от пороговой концентрации, при которой может возникнуть осолонцевание почв. Во втором варианте содержание поглощенного натрия почти не изменилось. В обоих вариантах наблюдается некоторое увеличение емкости поглощения в пахотном горизонте за счет внесения органических удобрений. Видимо, вытеснение кальция натрием в почвенно–поглощающем комплексе, будет продолжаться. Поэтому для предотвращения процесса осолонцевания почв необходимо внесение комплекса органических и минеральных удобрений.

Иначе сложился солевой режим почвогрунтов на участке люцерны (в табл. 28).

Таблица 28

Содержание солей и ионов в почвогрунтах участка люцерны  
при поливе сточной водой, т/га

Глубина, см	Общий запас солей		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		Cl <sup>-</sup>		SO <sub>4</sub> <sup>- -</sup>	
	1976 г.	1980 г.	1976 г.	1980 г.	1976 г.	1980 г.	1976 г.	1980 г.
0-10	0,83	1,52	0,04	0,16	0,04	0,27	0,48	0,52
10-20	0,89	1,62	0,04	0,24	0,03	0,26	0,52	0,60
20-30	0,85	2,17	0,05	0,18	0,03	0,70	0,46	0,53
0-30	2,57	5,31	0,13	0,58	0,10	1,22	1,46	1,65
30-40	1,22	5,73	0,05	0,22	0,03	2,90	0,76	0,75
40-50	1,13	1,70	0,06	0,30	0,05	0,20	0,74	0,60
50-60	0,89	2,13	0,05	0,32	0,03	0,55	0,68	0,41
30-60	3,64	9,56	0,16	0,84	0,11	3,64	2,18	1,76
60-70	1,00	1,77	0,09	0,30	0,03	0,16	0,57	0,73
70-80	1,13	3,25	0,06	0,31	0,04	0,50	0,73	1,57
80-90	1,02	1,22	0,06	0,25	0,03	0,17	0,65	0,32
90-100	1,33	1,44	0,03	0,34	0,04	1,00	0,98	0,53
60-100	4,48	7,68	0,24	0,20	0,14	5,87	2,93	3,15
0-100	10,29	22,55	0,53	2,62	0,35	0,20	6,57	6,56
100-120	2,94	1,63	0,18	0,30	0,10	0,18	2,42	0,65
120-140	2,22	1,56	0,08	0,30	0,05	0,17	1,79	0,60
140-160	1,98	1,38	0,07	0,33	0,04	0,15	1,34	0,45
160-180	3,14	1,25	0,17	0,33	0,03	0,12	2,62	0,38
180-200	3,10	1,23	0,15	0,34	0,03	0,83	2,54	0,40
100-200	13,38	7,05	0,65	1,60	0,27	6,70	10,71	2,48
0-200	23,67	29,60	1,18	4,22	0,61		17,28	9,04
Разность	5,63		3,04		6,08		- 8,24	
Глубина, см	Общий запас солей		Ca <sup>++</sup>		Mg <sup>++</sup>		Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	
	1976 г.	1980 г.	1976 г.	1980 г.	1976 г.	1980 г.	1976 г.	1980 г.
0-10	0,83	1,52	0,15	0,04	0,05	0,03	0,07	0,51
10-20	0,89	1,62	0,16	0,07	0,06	0,01	0,08	0,44
20-30	0,85	2,17	0,18	0,11	0,05	0,01	0,09	0,63
0-30	2,57	5,31	0,49	0,22	0,16	0,05	0,24	1,58
30-40	1,22	5,73	0,22	0,28	0,05	0,04	0,10	1,54
40-50	1,13	1,70	0,20	0,13	0,06	0,03	0,03	0,45
50-60	0,89	2,13	0,04	0,21	0,08	0,01	0,01	0,63
30-60	3,64	9,56	0,46	0,62	0,19	0,22	0,14	2,61
60-70	1,00	1,77	0,22	0,16	0,06	0,03	0,03	0,38
70-80	1,13	3,25	0,22	0,29	0,04	0,01	0,03	0,56
80-90	1,02	1,22	0,21	0,15	0,03	0,03	0,03	0,30
90-100	1,33	1,44	0,20	0,21	0,06	0,03	0,02	0,16
60-100	4,48	7,68	0,86	0,82	0,19	0,10	0,11	1,40
0-100	10,29	22,55	1,81	1,66	0,54	0,24	0,48	5,60
100-120	2,94	1,63	0,15	0,26	0,06	0,08	0,03	0,14
120-140	2,22	1,56	0,15	0,25	0,06	0,08	0,09	0,15
140-160	1,98	1,38	0,26	0,19	0,11	0,10	0,16	0,13
160-180	3,14	1,25	0,13	0,18	0,11	0,11	0,08	0,09
180-200	3,10	1,23	0,20	0,18	0,09	0,07	0,08	0,10
100-200	13,38	7,05	0,88	1,07	0,46	0,44	0,41	0,62
0-200	23,67	29,60	2,69	2,73	0,97	0,68	0,89	6,22
Разность	5,93		0,04		-0,29		5,33	

В расчетной зоне за четыре года запасы солей повысились на 5,9 т/га. Основная масса солей была локализована на глубине 1 м. (22,6 т/га), что составляет 16,5% от пороговой концентрации (см. табл. 26). На неорошаемом участке запасы солей в этом слое составили всего 7,8 т/га.

При поливе сточными водами за период с 1976 по 1980 г. В слой почвы 1 м поступило около 12 т/га солей, т.е. несколько меньше, чем на поле кукурузы, хотя ежегодно на данном участке с водой вносилось больше солей. Это объясняется выщелачиванием их из слоя 100–200 см. Например, за четыре года орошения это составило 6,4 т/га солей. Распределение солей отмечается по всему профилю, но интенсивное их накопление происходило в подпахотном горизонте 30–60 см, что составило 9,6 т/га, или 22,4% от ПДК: хлориды – 3,6; сульфаты – 2,2; натрий – 2,6 и гидрокарбонаты – 0,84 т/га. Если содержание натрия приближалось к критической, то хлориды превысили пороговую концентрацию почти в 3 раза, а содержание сульфатов осталось практически без изменения.

Выщелачивание солей из слоя 100–200 см произошло за счет сульфатов – их содержание снизилось на 8,2 т/га. Анализ солевых профилей всей зоны аэрации (см. рис. 12 и 26) показывает, что это количество солей не задерживается и в нижних слоях. Это дает основание считать, что они достигают водоносного горизонта вместе с инфильтрационной водой.

На неорошаемом участке общие запасы солей в слое 1 м за первые четыре года уменьшились на 2,5 т (исходные запасы солей здесь, были почти одинаковыми с поливным вариантом). Ионы по всему профилю распределены равномерно. Снижение запасов солей связано с выщелачиванием во время весеннего половодья и выносом их с урожаем люцерны.

При сравнительно небольшом засолении почв наблюдается процесс осолонцевания верхних горизонтов, т.е. ухудшение физических и физико-химических свойств. Наличие и интенсивность этого процесса прослеживаются по изменению поглощенных оснований. Содержание поглощенного натрия за годы орошения сточными водами в слое 0–40 см повысилось в 5,5 раза и дос-

тигло 2,8 мг–экв, а в слое 70–100 см эта величина была равна 4 мг–экв. Усилению процесса осолонцевания почв способствует и увеличение содержания в ППК иона магния. Одновременно с этим наблюдается снижение количества поглощенного кальция: в верхнем 1–метровом слое оно уменьшилось на 5 мг–экв., а в слое 40–70 см – на 7 мг–экв.

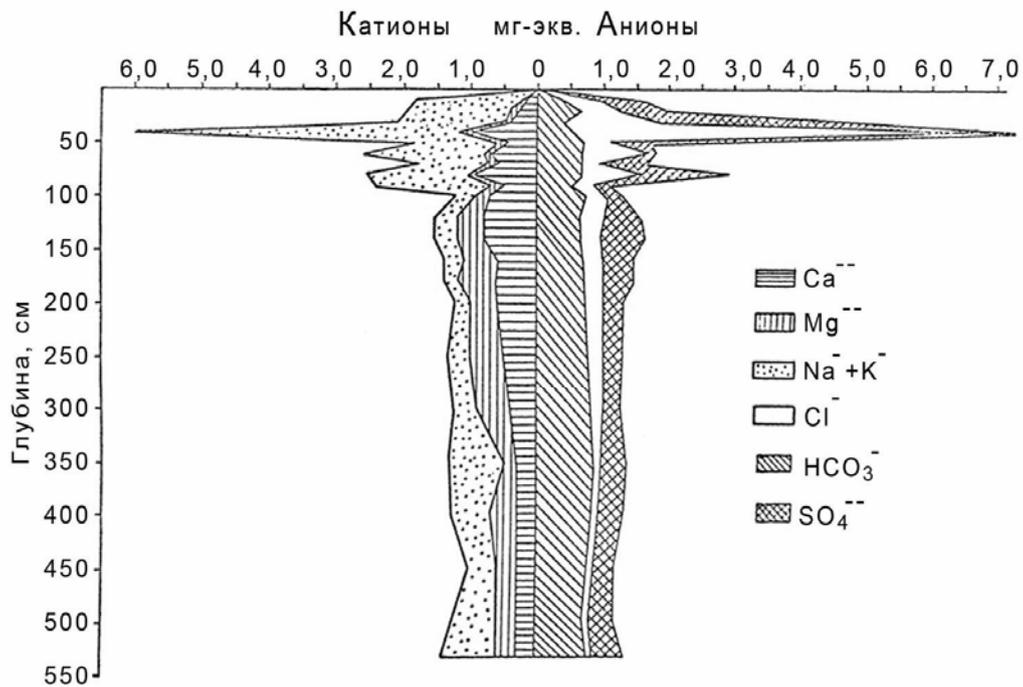


Рис.26. Солевой профиль на участке люцерны (10.1980 г.)

Наблюдения за химическим составом почвогрунтов велись в течение 15 лет. В табл. 29 приведено содержание подвижных питательных веществ почвогрунтов ЗПО. В результате 15–летнего орошения сточными водами содержание азота увеличилось в среднем в 3 раза: в верхних слоях (0–20 см) наблюдается 2–х кратное повышение, а к метровой глубине – более чем в 4 раза, т.е. происходит вымывание азота ниже пахотного горизонта. Увеличение содержания азота связано с освоением кормового севооборота, в состав которого входили зернобобовые культуры: люцерна, вика, эспарцет. Сточные воды не оказали отрицательного воздействия на активность нитрофицирующих бактерий, о чем убедительно свидетельствуют данные по содержанию NO<sub>3</sub><sup>-</sup> в почве в раз-

ные годы. Количество подвижного фосфора, в слое 1 м, практически не изменилось, но отмечается тенденция его роста в верхнем 30–ти см слое почвы. Это связано с переходом фосфора из органической формы при минерализации корневых и растительных остатков.

Таблица 29

*Содержание подвижных питательных веществ в мг на 100 г сухой почвы (ЗПО, 1 очередь).*

Глубина слоя, см	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O		
	1976 г.	1980 г.	1990 г.	1976 г.	1980 г.	1990 г.	1976 г.	1980 г.	1990 г.
0–10	2,7	2,8	5,6	1,6	2,1	3,1	30,0	27,0	22,2
10–20	2,6	2,3	8,0	1,3	0,9	3,5	28,2	27,2	20,7
20–30	2,4	2,5	5,8	1,2	1,3	1,5	17,1	17,3	19,0
30–40	1,7	2,2	4,5	0,8	0,9	0,9	19,2	19,4	14,1
40–100	0,9	0,9	4,1	1,0	0,8	0,5	14,1	12,4	17,4
0–100	1,5	1,5	4,8	1,1	1,0	1,2	17,9	14,8	18,0

Несмотря на высокую обеспеченность этих почв калием, его переход в подвижное состояние при орошении сточными водами, происходит медленно. В итоге за 15 лет его содержание снизилось на 26% в 40 см слое. Ниже этого слоя происходит увеличение запасов калия, это связано с вымыванием растворимых форм калия водой ниже расчетного активного слоя почвы (до глубины 1 м). Снижение запасов калия в почвенном растворе в верхних горизонтах объясняется, помимо вышесказанного, диспергированием почвенных агрегатов вследствие внедрения в почвенно–поглощающий комплекс ионов натрия (табл. 31).

Таким образом, в результате 15–тилетнего орошения кормовых культур сточными водами ОГПК пищевой режим южных черноземов не ухудшился, что очень важно для оценки качества этих вод, при низком содержании в них элементов питания.

В 1990 г. были выполнены расчеты солевого баланса почвогрунтов и гипотетических солей в слое 0–180 см на земледельческих полях орошения 1–й и 2–й очереди за последние 15 лет [252]. В результате орошения сточными водами в расчетный слой (1,8 м) поступило 4,51 т/га солей. Поливы производились ДМ

«Фрегат» при средней поливной норме 500–700 м 53 0/га на посевах кормовых культур. В состав севооборота входили однолетние и многолетние, зерновые и зернобобовые культуры.

Результаты анализа водной вытяжки и запасы солей в почвах ЗПО приведены в табл. 30. Общие запасы солей в 1990 г. (октябрь) составили 23,18 т/га. Из общего количества гипотетических солей данного участка ( табл. 32) 31% приходится на  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , 21,8% –  $\text{NaCl}$ , 18,8% –  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , по 14,4% –  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  и  $\text{NaHCO}_3$ . Наиболее токсичные соли,  $\text{NaCl}$  и  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , составляют 40,6%, хотя их общие запасы в слое 0–180 см небольшие. Присутствие натриевых солей говорит о негативном их влиянии на росте и развитие с. – х. культур.

Таблица 30

Результаты анализа водной вытяжки и запасы солей в почвах ЗПО Оренбургского ГПК,  
( в % от абсолютно сухой почвы)

Глубина взятия образца, см	Плотный остаток, %		$\text{HCO}_3^-$		$\text{Cl}^-$			
	1976 г.	1990 г.	1976 г.	1990 г.	1976 г.	1990 г.		
0–20	0,083	0,117	0,0082	0,058	0,0032	0,012		
20–40	0,088	0,096	0,0093	0,053	0,0026	0,013		
40–60	0,090	0,104	0,0086	0,046	0,0032	0,013		
60–80	0,079	0,073	0,0085	0,027	0,0026	0,011		
80–100	0,078	0,067	0,0064	0,019	0,0023	0,011		
100–120	0,095	0,081	0,0250	0,031	0,0066	0,013		
120–140	0,071	0,104	0,0100	0,050	0,0032	0,012		
140–160	0,061	0,099	0,0090	0,041	0,0028	0,011		
160–180	0,103	0,090	0,0220	0,043	0,0021	0,011		
В среднем (0–180)%	0,083	0,092	0,0119	0,041	0,0032	0,072		
т/га	18,67	23,18	2,68	10,33	0,72	3,02		
Приход солей, т/га		4,51		7,65		2,30		
Глубина взятия образца, см	$\text{SO}_4^-$		$\text{Ca}^{2+}$		$\text{Mg}^{2+}$		$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	
	1976 г.	1990 г.	1976 г.	1990 г.	1976 г.	1990 г.	1976 г.	1990 г.
0–20	0,0478	0,013	0,0150	0,006	0,0054	0,002	0,0070	0,025
20–40	0,0556	0,009	0,0170	0,006	0,0043	0,007	0,0082	0,024
40–60	0,0426	0,012	0,0140	0,006	0,0055	0,001	0,0014	0,023
60–80	0,0614	0,011	0,0165	0,003	0,0038	0,001	0,0021	0,017
80–100	0,0492	0,013	0,0135	0,004	0,0030	0,001	0,0017	0,015
100–120	0,0505	0,013	0,0095	0,008	0,0039	0,002	0,0161	0,013
120–140	0,0477	0,012	0,0096	0,013	0,0036	0,002	0,0103	0,013
140–160	0,0407	0,018	0,0160	0,013	0,0070	0,003	0,0050	0,011
160–180	0,0695	0,010	0,0089	0,008	0,0068	0,001	0,0205	0,013
В среднем (0–180)%	0,0516	0,012	0,0133	0,007	0,0048	0,002	0,0080	0,017
т/га	111,61	3,02	2,99	1,76	1,08	0,50	1,80	4,28
Приход солей, т/га		–8,59		–1,23		–0,58		2,48

Анализ распределения солей по почвенному профилю показывает, что наметилась тенденция в верхних горизонтах почвы (до 60 см) и ниже 1 м. Поскольку это происходит за счет солей натрия ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ), то в этих слоях наблюдается изменение реакции почвенного раствора в сторону щелочной от – 6,7 до 8,4 (табл. 32). Интенсивное накопление ионов натрия в поглощенном виде происходило в первые 5 лет эксплуатации ЗПО.

Таблица 31

*Химические свойства почв ЗПО (1-я и 2-я очереди)*

Глубина взятия образца, см	Емкость поглощения, мг – экв на 100 г почвы			Поглощенный натрий, мг – экв на 100 г почвы			рН		
	1976 г.	1980 г.	1990 г.	1976 г.	1980 г.	1990 г.	1976 г.	1980 г.	1990 г.
0–20	33,6	45,2	40,5	0,59	2,75	1,58	6,7	7,2	8,4
20–40	33,6	45,4	28,7	0,48	2,87	1,69	6,9	7,4	8,3
40–60	33,9	51,6	36,8	0,48	3,96	2,00	7,1	7,3	7,6
60–80	32,4	45,3	34,1	0,59	3,00	1,94	7,4	7,4	7,5
80–100	33,5	37,5	34,0	0,50	3,20	1,56	7,4	7,4	7,4
средние	33,4	45,0	36,8	0,52	3,15	1,75	7,1	7,3	7,8

Таблица 32

*Содержание гипотетических солей в почвах ЗПО*

Вид соли	1979 г.			1990 г.		
	Содержание солей, %	Запасы солей, т/га	Доля соли от общих запасов, %	Содержание солей, %	Запасы солей, т/га	Доля соли от общих запасов, %
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	0,0160	3,60	20,6	0,0283	7,10	31,0
$\text{CaSO}_4$	0,0131	2,95	16,9			
$\text{MgSO}_4$	0,0240	5,40	30,9			
$\text{Na}_2\text{SO}_4$	0,0245	5,50	31,6	0,0178	4,30	18,8
$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$	–	–	–	0,0131	3,30	14,4
$\text{NaHCO}_3$	–	–	–	0,0126	3,20	14,0
$\text{NaCl}$	–	–	–	0,0198	5,00	21,8
Итого		17,45	100		22,90	100

Из табл. 31 видно, что в слое 1 м количество поглощенного натрия в среднем увеличилось в 6 раз. Следует отметить аккумуляцию этих ионов в подпахотном горизонте, где их количество от емкости поглощения занимает более 10%, что убедительно свидетельствует о начале процесса осолонцевания почвы.

Внесение органических удобрений и мелиорантов, возделывание солеустойчивых культур позволили в дальнейшем остановить этот процесс. Особенно хорошим мелиорантом на ЗПО оказалась люцерна синегибридная, которая возделывалась на данном поле в общей сложности, 8 лет.

Ионы кальция были представлены солями  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  и  $\text{CaSO}_4$ . Особенно отмечается накопление первой, запасы которой увеличились на 10%.

В сравнении с началом эксплуатации происходило уменьшение содержания ионов сульфата, магния и кальция. Ионы хлора более подвижны и они обнаружены в грунтовых водах, хотя некоторые из них образуют с натрием соль ( $\text{NaCl}$ ) и остаются в зоне аэрации.

Анализ содержания гипотетических солей в почвах ЗПО (см. табл.32) показывает, что в начальных образцах доминируют  $\text{Na}_2\text{SO}_4, \text{MgSO}_4$  – соответственно, 31,6 и 30,9%, а остальную часть от общих запасов занимают кислая ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  и нормальная  $\text{CaSO}_4$  соли. Орошение сточными водами ОГПК повлияло на состав и содержание отдельных солей. Так, практически снизилось количество  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{MgSO}_4$ , в то же время появились новые соединения –  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2, \text{NaHCO}_3$  и  $\text{NaCl}$ , т.е. качественный состав изменился в худшую сторону. Преобладание солей кальция связано с материнской породой этих почв. Появление токсичных солей натрия, особенно в виде  $\text{NaCl}$ , указывает на влияние сточных вод, в которых содержание этих ионов достаточно высокое.

В целом почвы ЗПО можно охарактеризовать как незасоленные, но в то же время наметилась тенденция к возникновению хлоридно – сульфатного типа засоления. Об этом достаточно свидетельствует содержание ионов хлора и сульфатов, хотя общее количество солей ниже критического уровня. Поэтому при использовании сточных вод ОГПК для полива сельскохозяйственных культур на южных черноземах особое внимание следует обращать на содержание в них названных выше ионов.

### 3.6. Водный баланс зоны аэрации и грунтовых вод

Установление степени влияния поливов сточными водами на мелиоративное состояние и качество очистки их на ЗПО в конечном счете невозможно без определения водного баланса зоны аэрации и грунтовых вод. Вначале рассмотрим результаты исследований, полученные при близком залегании грунтовых вод, так как в этом случае восходящий поток капиллярной влаги не подавляется осадками или поливами, и, влагообмен в зоне аэрации ( $E_{гр}$ ) становится одним из факторов формирования испарения [157, 181, 288].

#### *3.6.1. Расход грунтовых вод в зону аэрации в зависимости от глубины их залегания и качества поливной воды (по лизиметрическим наблюдениям)*

Расход грунтовых вод в зону аэрации мы рассчитывали по данным лизиметрических наблюдений. Хотя эта величина может быть определена и другими методами, предложенными разными авторами [13, 158, 164, 176, 308].

По мнению И.А.Кузника [163, 166], выше перечисленные методы, учитывают граничные условия относительно уровня  $H_{гр}$ , зависимость  $E_{гр}$  от вида растений. А номограмма Р.А.Баера и Б.В.Лютаева нелогична при  $E=0$ . Он же указывает, что нет единой закономерности между  $E_{гр}$  и  $E$ , зависимость  $E_{гр}=(E)$  индивидуальны для разных культур, а для одноименных – различны в разные годы. На основе обобщения фактического материала и его анализа И.А.Кузник [164] предложил более дифференцированную формулу, учитывающую основные факторы, влияющие на влагообмен грунтовых вод с зоной аэрации:

$$E_{гр} = K_1 (K_2 E_0 - a N_{гр})^m, \quad (11)$$

где  $K_1$  – коэффициент, учитывающий механический состав грунта;  $K_2$  – модульный коэффициент для лет разной обеспеченности по величине испаряемости,  $E_0$ ;  $a$  и  $m$  – параметры, характеризующие биологические особенности вида культур и фазы развития;  $N_{гр}$  – глубина залегания грунтовых вод.

Установлено [14, 54, 308, 341], что расход грунтовых вод в зону аэрации зависит от метеорологических условий года, определяющих интенсивность ис-

сушения зоны аэрации, вида, биологических особенностей в отдельные фазы развития культур, при которых меняется величина транспирации и заимствования влаги из разных слоев почвы. Он зависит от глубины залегания и минерализации грунтовых вод, механического состава грунтов [149, 166].

Природно – климатические условия Оренбуржья и Поволжья близки, поэтому приводятся результаты исследования, полученные в этом регионе. Наблюдения на лизиметрических пунктах проводились ВолжНИИГиМ в ОПХ этого института, в совхозах «Ершовский» Саратовской области и им.Ленина Куйбышевской области [185, 186]. Глубокие исследования в этом направлении выполнены Саратовским СХИ на Ершовской ОМС [169], в учхозе № 1 [73, 75, 163, 164] и в колхозе «За мир» Оренбургской области [288].

По данным Н.М.Губина [91], за вегетационный период люцерны при  $H_{гр}=1,0$  м в среднем за два года  $E_{гр}$  составили 576 мм, или 52% от  $E$ . С увеличением глубины залегания доля участия грунтового питания в  $E$  снижается и уже при 1,5 и составляет 28%; 2,0 – 20% и 2,5 м – 7%. Яровая пшеница расходует капиллярную влагу меньше в количествах, чем люцерна. Эти данные получены при минерализации грунтовых вод 0,5 г/л. С увеличением расход грунтовых вод снижается до глубины 2,5 м. При большей глубине зоны аэрации минерализация грунтовых вод существенно не влияет на их расход в зону аэрации.

Имеются и другие работы, посвященные изучению влияния минерализации грунтовых вод на величину  $E_{гр}$  [34, 186, 316]. Одни утверждают, что с увеличением минерализации грунтовых вод их расход резко снижается [149]. Однако в условиях земледельческих полей орошения такие исследования почти не проводились, поэтому результаты, в основном получены на обычных оросительных системах.

Мы проводили исследования для установления величин расхода грунтовых вод в зону аэрации, суммарного испарения для данного региона и влияния на них поливов сточными водами в зависимости от уровня грунтовых вод. В контрольном варианте полив осуществляли пресной водой, минерализация ко-

торой была в 3 раза меньше, чем сточных вод (Приложение 5). В 1977 г. наблюдения вели за посевами яровой пшеницы с подсевом люцерны, а в 1978 – 1980 гг. – на полях люцерны. Лизиметры с глубиной зоны аэрации 1 м и варианты при поливе пресной водой введены в 1978 г.

Графики декадных значений расхода грунтовых вод в зону аэрации в 1977 г. показаны на рис 27. Линия для  $H_{гр}=1,5$  м резко поднимается до фазы колошения пшеницы, достигая 1,5 мм/сут., затем по мере снижения температуры воздуха и дефицита влажности несколько опускается. За вегетацию пшеницы максимальное суточное испарение грунтовых вод зафиксировано во время полива зерна. После уборки пшеницы  $H_{гр}$  снижается, а по мере отрастания люцерны повышается и достигает максимума к началу цветения. Закономерность максимального расхода грунтовых вод в зону аэрации сохраняется независимо от ее мощности.

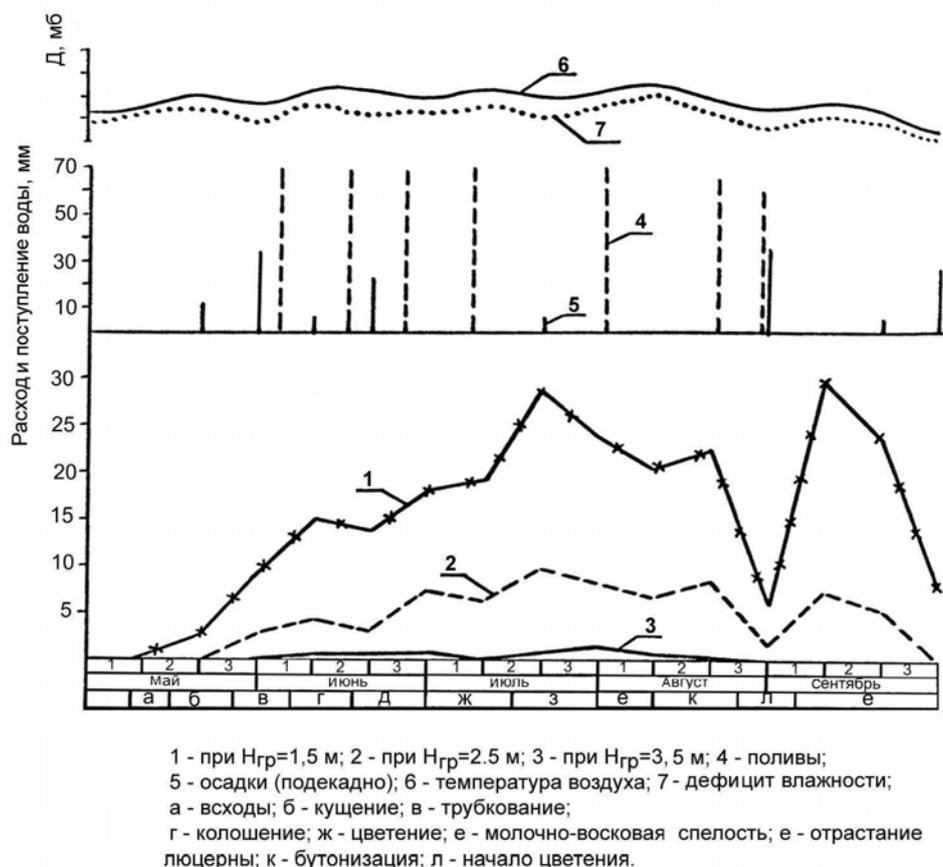
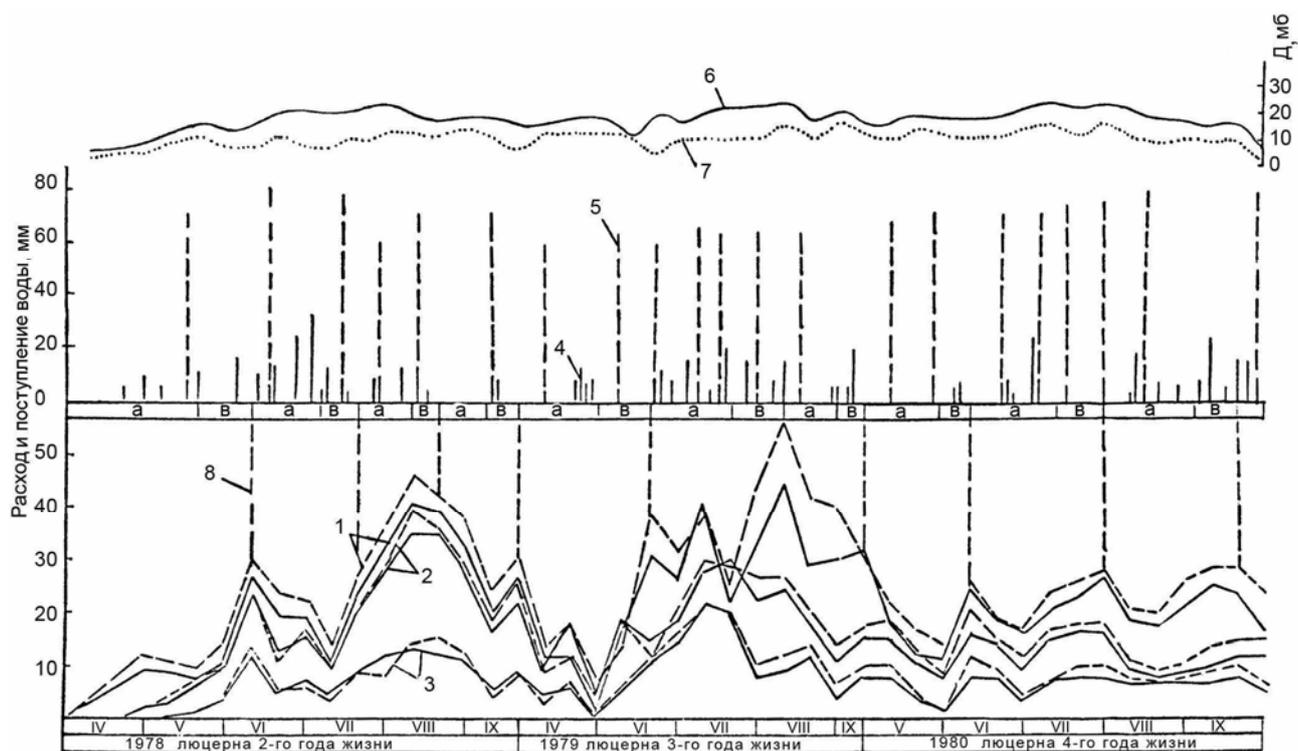


Рис.27. Расход грунтовых вод по декадам в зону аэрации на посевах яровой пшеницы с подсевом люцерны (1977 г.)

За вегетационный период 1977 г. величина расхода грунтовых вод в зону аэрации на посевах яровой пшеницы и люцерны 1 – го года жизни определена в размере 239 мм при  $H_{гр}=1,5$  и 74 мм при  $H_{гр}=2,5$ . При глубине УГВ 3,5 м заимствование влаги из грунтовых вод не наблюдалось.

Графики колебания подекадных значений влагообмена в зоне аэрации на посевах люцерны за 1978 – 1980 гг. приведены на рис.28. Они показывают зависимость испарения грунтовых вод от фаз развития люцерны. Максимальные значения  $E_{гр}$  отмечаются в фазу бутонизации. После укосов (первые 5 дней) расход грунтовых вод в зону аэрации незначителен. Из рис. 28 также видно, что испарение грунтовых вод зависит от качества поливной воды и увлажненности года.



1 - при  $H_{гр}=1,0$  м; 2 - при  $H_{гр}=1,5$  м; 3 - при  $H_{гр}=2,5$  м; 4 - осадки; 5 - поливы; 6 - температура воздуха;  
7 - дефицит влажности; 8 - срок укоса при  $H_{гр}=1,0$  м; а - отрастание люцерны; в - фаза бутонизации

Рис.28. Графики декадных значений расхода грунтовых вод в зону аэрации на посевах люцерны (1978-1980 гг.)

При поливе сточными водами расходы грунтовых вод снижаются с увеличением мощности зоны аэрации их влияние становится незначительным и при  $H_{гр}=3,5$  м существенной зависимости от качества поливной воды не наблюдается.

Расход грунтовых вод снижается во время осадков, а после них наблюдается резкое повышение интенсивности их испарения, поэтому во влажные годы (при равномерном выпадении осадков) линии подекадных значений стоят выше, чем в среднезасушливом 1980 г. Увеличению  $E_{гр}$  в 1978 и 1979 гг. способствовало также количество полученного урожая. Урожайность люцерны на 4 – м году жизни (1980) в зависимости от уровня грунтовых вод в лизиметрах и качества поливной воды снизилась на 13 – 17 ц/га.

Значения  $E_{гр}$  также зависят от среднесуточной температуры воздуха и дефицита его насыщения. Самое высокое испарение грунтовых вод (5,6 мм/сут) наблюдалось в первой декаде июня 1979 г. в фазу бутонизации люцерны. Во влажные 1978 и 1979 гг. закономерность максимальных значений в критические фазы развития люцерны иногда нарушалась вследствие совпадения осадков с поливами.

Анализ метеорологических элементов 1980 г. показывает, что они близки к среднемноголетним. При поливе пресной водой на всех трех укосах в фазу бутонизации получена примерно одинаковая величина  $E_{гр}$  : 2,8 мм/сут. М при  $H_{гр}=1,0$  м; 1,8мм/сут. – при  $H_{4гр 0}=1,5$  м и около 1 мм/сут. при  $H_{4гр 0}=2,5$ , а испарение несколько ниже при поливе сточными водами. Минимальные значения приходятся на период отрастания люцерны.

Сравнивая расход грунтовых вод в зону аэрации за вегетацию, приходим к выводу о том, что в обоих вариантах опыта с уменьшением мощности зоны аэрации он увеличивается (рис. 29).

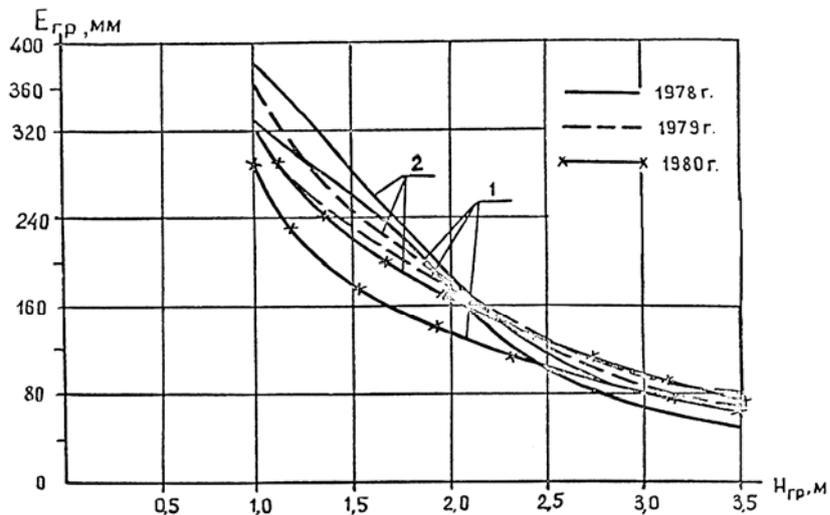


Рис. 29. Расход грунтовых вод в зону аэрации на посевах люцерны при поливе сточной (1) и пресной (2) водой

Ввиду отсутствия достаточных данных для изучения действующих факторов на расход грунтовых вод в зону аэрации, а также особенно иссушающего действия корневой системы в грунтах зоны аэрации ограничимся лишь установлением зависимости влагообмена от глубины УГВ (рис. 30). Полученные зависимости в обоих вариантах опыта существенны. При поливе сточной водой наименьшая существенная разность ( $НСР_{05}$ ) расхода грунтовых вод в зону аэрации на глубине 1,0 м и 1,5 м равна 67,1 мм; между  $H_{гр}=1,5$  и 2,5 м  $НСР_{05}=82,5$  мм и между  $H_{гр}=2,5$  и 3,5 м  $НСР_{01}=49,1$  мм.

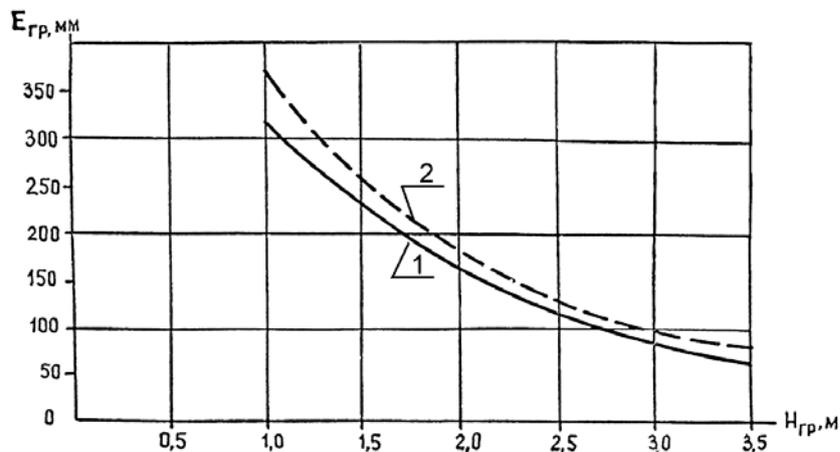


Рис. 30. Линии регрессии зависимости  $E_{гр}$  от  $H_{гр}$  на посевах люцерны при поливе сточной (1) и пресной (2) водой

В варианте с пресной водой НСР 401 0 между  $H_{гр}=1,0$  и  $1,5$  м равна 96,3 мм, между  $1,5$  и  $2,5$  м – 69,6 мм и между  $H_{гр}=2,5$  и  $3,65$  м  $НСР_{01}=15,1$  мм. Коэффициент корреляции в обоих вариантах равен 0,96.

Анализ средних величин испарения грунтовых вод по вариантам опыта показал, что поливы сточными водами снижают его. Так, за три года наблюдений на посевах люцерны  $E_{гр}$  выше при поливе пресной водой на 52 мм при  $H_{гр}=1,0$  м; на 25 мм – при  $H_{гр}=1,5$  м и на 3 мм при  $H_{гр}=2,5$ . Статистическая обработка данных показала, что снижение  $E_{гр}$  существенно только при  $H_{гр}=1,0$  м ( $НСР_{01}=39,7$  мм).

### ***3.6.2. Суммарное испарение (E) в зависимости от качества поливной воды и уровня грунтовых вод***

Исследования А.Р.Константинова [154], К.И.Харченко [308], А.Д.Манько [185], Д.М.Каца [133] посвящены вопросу влияния глубины уровня грунтовых вод на суммарное испарение. Эти авторы считают, что как в условиях орошения, так и на богаре увеличение глубины уровня близко расположенных к поверхности грунтовых вод приводит к уменьшению суммарного испарения. К такому же выводу пришли И.А.Кузник, А.М.Шувалов, Ю.М.Нестеренко [169] после исследований на Ершовской опытной станции.

А.Р.Константинов [154] отмечал, что переувлажнение почвы, ухудшение аэрации и фотосинтетической деятельности при очень близком залегании грунтовых вод приводит к снижению урожая, соответственно и суммарного испарения. А.Д.Манько [185] рассматривает суммарное испарение как функцию урожая исследуемых культур при разной минерализации грунтовых вод.

В полупустыне с увеличением глубины залегания грунтовых вод от 0,5 до 3 м на полях всех без исключения культур суммарное испарение уменьшается. В пустынной зоне на полях люцерны 1 –го, 2 –го и 3 –го года жизни происходит увеличение  $E$  с глубины от 1 до 1,5 м, иногда до 2 м, затем уменьшается. В степной зоне на Нижнедонской оросительной системе при постоянной норме поливов суммарное испарение уменьшалось с увеличением глубины УГВ. Ис-

следования, проведенные в лесной зоне (Ваддай), показали зависимость испарения от продолжительности вегетационного периода и транспирации. Установлено большее испарение с поля люцерны, чем с оголенной поверхности почвы [164].

Анализ результатов, полученных разными авторами, показывает, что суммарное испарение зависит от условий выращивания сельскохозяйственных культур, приводящих к значительным колебаниям урожаев, от обеспеченности площадью питания и глубины залегания корневой системы. Ряд исследователей [156,157] отмечает, что с уменьшением УГВ происходит увеличение суммарного испарения, а по мнению И.А.Кузника [164], суммарное испарение увеличивается с уменьшением глубины уровня грунтовых вод при применении одинакового режима орошения независимо от их глубины.

Для условий Заволжья при  $H_{гр} > 1$  м испарение никогда не компенсируется притоком влаги из грунтовых вод, притом разрыв этот тем больше, чем больше глубина их залегания. Поэтому при отсутствии поливов приток из грунтовых вод с увеличением  $H_{гр}$  приводит к уменьшению испарения. В условиях орошения расход грунтовых вод регулируется его режимом: с увеличением  $H_{гр}$  он понижается и  $E_{гр}$  при применении дифференцированного режима орошения (с увеличением капиллярного подпитывания зоны аэрации уменьшаются поливные и оросительные нормы), т.е. с уменьшением глубины УГВ неизбежно нивелируется и суммарное испарение [163].

Значения суммарного испарения на посевах люцерны при поливе сточной и пресной водой показаны на рис. 31. Статистическая обработка данных показала, что мощность зоны аэрации при поливе сточной водой существенно не повлияла на испарение ( $HCP_{05} = 15,5$  мм).

В варианте с пресной водой величины суммарного испарения возрастают с уменьшением  $H_{гр}$  ( $HCP_{01} = 8,1$ ), что связано с увеличением урожайности люцерны в этих лизиметрах.

Суммарное испарение в обоих вариантах опыта независимо от мощности зоны аэрации увеличивается во влажные годы. В 1978 г. это было обусловлено

непродуктивным использованием осадков ниже 10 мм и их совпадением с поливами, а в 1979 г. оно увеличилось за счет повышения урожайности люцерны.

Величины суммарного испарения оказались выше при поливе сточной и пресной водой на втором варианте независимо от мощности зоны аэрации. Причем влияние сточных вод на суммарное испарение находится в обратной зависимости от  $H_{гр}$ . Это хорошо видно из рис. 31: разность между вариантами опыта за годы наблюдений в среднем составляет при  $H_{гр}=1,0$  м 54мм, при  $H_{гр}=1,5$  м – 53 мм, при  $H_{гр}=2,5$  м – 44 мм и при  $H_{гр}= 3,5$  м – 21 мм.

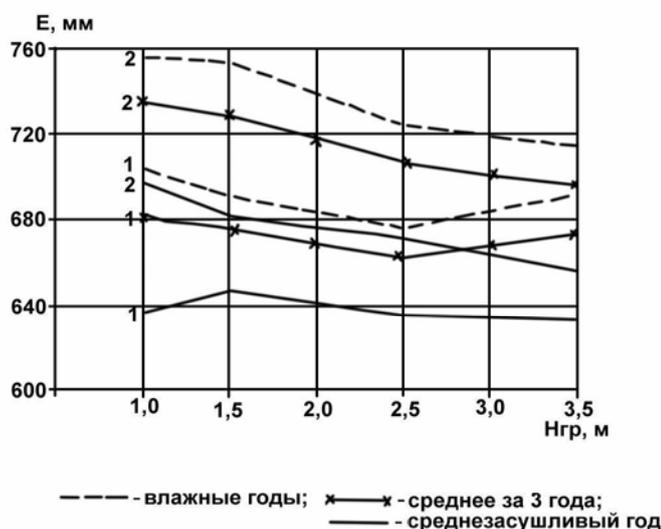


Рис.31. Суммарное испарение на посевах люцерны при поливе сточной (1) и пресной (2) водой.

Снижение суммарного испарения при поливе сточными водами подтверждается данными статистической обработки. Так, при  $H_{гр}=1,0$  м  $HCP_{01}$  равна 43,8 мм, при 1,5 м –  $HCP_{05}=48,8$  мм, при 2,5 м –  $HCP_{01}=42,9$  мм и при 3,5 м –  $HCP_{01}=9,93$  мм, т.е. различие в суммарном испарении независимо от мощности зоны аэрации существенное.

Основной причиной снижения расхода грунтовых вод в зону аэрации и суммарного испарения на посевах люцерны при близком залегании грунтовых вод ( $H_{гр}=1,0 - 3,5$  м) является повышенное содержание ионов натрия в сточных водах. По данным полевых исследований, в этом варианте установлено ухуд-

шение физических свойств и осолонцевание пахотного горизонта почвы, что способствовало снижению скорости движения влаги к растениям.

Водный баланс зоны аэрации при близком залегании грунтовых вод приведен в табл. 33. Анализ данных показывает, что по сравнению с глубоким залеганием УГВ здесь складывается своеобразное соотношение между отдельными элементами водного баланса. За счет расхода грунтовых вод в зону аэрации резко снижается доля оросительной нормы в водном балансе. Так, при  $H_{гр}=1,0$  м она составляет 16,8% при поливе сточной водой и почти в 2 раза меньше – при поливе пресной водой. С увеличением  $H_{гр}$  растет и доля оросительной воды, и при глубине зоны аэрации 3,5 м она составляет 53% в обоих вариантах опыта, т.е. сточные воды оказывают влияние только до глубины 3,5 м.

Из – за снижения суммарного испарения при поливе сточными водами доля расхода грунтовых вод в зону аэрации в водном балансе по вариантам была практически одинаковой. Инфильтрационные потери составляют около 5%, причем, они не зависят от глубины залегания УГВ, что может быть объяснено только дифференцированным режимом орошения люцерны в лизиметрах.

При поливе пресной водой растения лучше использовали влагу до глубины 2,5 м. При  $H_{гр}=1,0$  м величина использованных влагозапасов в этом варианте оказалась на 52 мм выше, чем в первом, т.е. на разницу в суммарном испарении, что является, видимо, подтверждением того, что сточные воды снижают скорость движения влаги к растениям.

На глубине 3,5 м в обоих вариантах получены почти одинаковые величины использованных влагозапасов.

Таблица 33

Водный баланс зоны аэрации при близком залегании уровня грунтовых вод на поле люцерны в среднем за 1978-1980 гг.

Нгр, м	Осадки		Использованные вла- гозапасы		Оросительная норма, нетто		Инфильтрация		Расход грунтовых вод в зоне аэрации		Суммарное испарение, мм	
	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%		
1,0	146	21,5	137	20,1	114	16,8	36	-5,3	319	46,9	680	
1,5	146	21,6	132	19,6	206	30,5	37	-5,5	218	33,8	675	
2,5	146	22,1	119	18,0	318	48,1	37	-5,6	115	17,4	661	
3,5	146	21,7	138	20,5	356	53,0	32	-4,7	64	9,5	672	
					Полив сточной водой							
1,0	146	20,0	189	25,7	63	8,6	35	-4,8	371	50,5	734	
1,5	146	20,1	188	25,8	180	24,7	39	-5,3	253	34,7	728	
2,5	146	20,7	165	23,4	305	43,3	39	-5,5	128	18,1	705	
3,5	146	21,1	126	18,2	370	53,4	27	-3,9	78	11,2	693	
					Полив уральской водой							

### 3.6.3. Режим орошения при разной глубине уровня грунтовых вод

Вопрос о режиме орошения в лизиметрах, где грунтовые воды залегают на разных глубинах, является дискуссионным. Ряд исследователей [87, 155 – 157, 174] предлагают просто изменить число поливов в зависимости от повышения УГВ, другие [79,308] высказываются за сохранение числа поливов, принятых в полевых условиях ( $H_{гр} > 5$  м), но уменьшать их нормы.

Академик А.Н.Костяков [158] предложил снижать оросительную норму на величину влагообмена грунтовых вод с зоной аэрации:

$$M_{нт} = E - (W_n - W_k) - \alpha X - E_{гр}. \quad (12)$$

Данная формула учитывает зависимость  $M_{нт}$  от почвенных влагозапасов, осадков и величины расхода грунтовых вод в зону аэрации. Практически при дифференцированном режиме орошения в активном слое зоны аэрации поддерживается влажность не ниже 0,75 – 0,8 НВ. В наших исследованиях режим орошения в лизиметрах был принят по А.Н.Костякову. Поливные нормы определяли по формуле:

$$m = 100hd(j_{нв} - j_{нпв}) - e_{гр}, \quad (13)$$

где  $e_{гр}$  – величина капиллярного подпитывания за межполивной период; остальные обозначения прежние. Сроки поливов в лизиметрах устанавливались по данным полевых наблюдений, когда уровень грунтовых вод залегал на глубине 5,0 – 6,25 м, а их нормы уменьшались на величину капиллярного подпитывания зоны за межполивной период.

Фактически определенные величины оросительных норм за годы исследований по изучаемым культурам (пшеница, люцерна) при поливе сточной и пресной водой приведены в табл. 34. По данным лизиметрических исследований рассчитана обеспеченность активной зоны почвогрунтов влагой за счет расхода грунтовых вод в зону аэрации в зависимости от УГВ и увлажненности года (рис. 32). Анализ графиков показывает, что на посевах люцерны оросительную норму при поливе сточными водами в средnezасушливые годы при  $H_{гр}=1,0$  м необходимо уменьшать на 64%, при  $H_{гр}=1,5$  м – на 39%, при  $H_{гр}=2,5$  – на 23% и при  $H_{гр}=3,5$  м – на 16%.

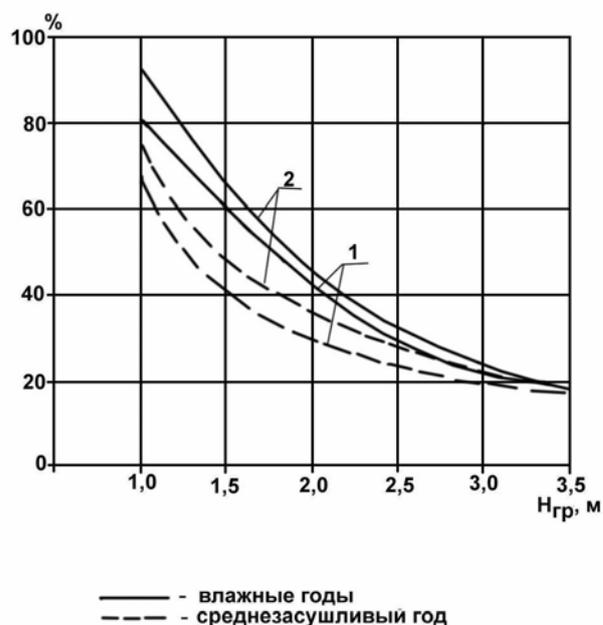


Рис.32. Обеспеченность активного слоя почвогрунтов влажностью за счет расхода грунтовых вод в зону аэрации в зависимости от УГВ при поливе сточной (1) и пресной (2) водой

При поливе пресной водой эти величины составляли в размерах 73, 47, 28 и 15%, соответственно. Во влажные годы она уменьшается в первом варианте при  $H_{гр}=1,0$  м на 80%; при  $H_{гр}=1,5$  м – на 60%; при  $H_{гр}=2,5$  м – на 29% и при  $H_{гр}=3,5$  м – на 19%. При поливе пресной водой эти величины равны 93, 65, 31 и 15%, соответственно.

Таблица 34

*Величины оросительных норм в лизиметрах, мм*

Годы	УГВ при поливе				УГВ при поливе				$M_{нт}$ исходная
	сточной водой				пресной водой				
	1,0	1,5	2,5	3,5	1,0	1,5	2,5	3,5	
1977	–	227	397	471	–	–	–	–	471
1978	88	154	307	341	34	133	300	363	417
1979	81	175	282	331	26	156	273	345	414
1980	175	290	366	397	129	252	342	403	473
Среднее за 3 года	115	206	318	356	63	180	305	370	435

Дифференцирование оросительных норм в зависимости от влагообмена грунтовых вод с зоной аэрации повысит эффективность почвенной очистки сточных вод, приведет к экономии пресной водой и предотвратит ухудшение мелиоративного состояния поливных земель.

### *3.6.4. Влияние орошения сточными водами на грунтовые воды и водный баланс зоны аэрации*

При обосновании возможности и целесообразности сельскохозяйственного использования сточных вод принципиальным вопросом является очистка их на ЗПО, так как наряду с повышением урожайности сельскохозяйственных культур полив сточными водами может вызвать опасность длительного загрязнения почвы и грунтовых вод.

В настоящее время баланс грунтовых вод на орошаемых землях достаточно глубоко изучен в разных районах нашей страны. Ю.Г.Планин [242] установил баланс грунтовых вод для левобережья Вахшской долины, А.А.Алирзаев, Д.М.Кац [133]– Северная Мугань, Э.Д.Кац, И.И.Парфенова, А.В.Новикова [134]– для террасы Нижнего Дона, Д.М.Кац, И.С.Костин, А.П.Бирюкова, А.А.Волохова, И.А.Кузник, Ю.М.Нестеренко, А.Н.Шувалов, М.Я.Фишман [46,93,156,307] – для Поволжье, М.И.Степанова [288]– для Оренбургской области.

Необходимо отметить, что эти исследования проводились при поливе пресными и слабоминерализованными водами. Режим и баланс грунтовых вод при использовании на ЗПО сточных вод изучены недостаточно.

Г.А.Шин [325] установил закономерности формирования состава почвенных растворов в зависимости от режима орошения сточными водами, литологического состава фильтрующей среды и ее мощности; режима и баланса грунтовых вод и изменения их состава под орошаемыми площадями с различным режимом орошения и агротехническими условиями; распространения загрязнений, проникших в подземные воды, и условий самоочищения водоносных горизонтов и особенности гидрохимического режима при орошении сточными водами. Он отмечает, что промывка и вынос солей в грунтовые воды происходят весной и осенью. На ЗПО, в условиях высокой водопроницаемости почвогрунтов и при хорошем подземном стоке, быстро стабилизируется уровень и минерализации грунтовых вод [325].

По данным В.И.Владимирского [42], при близком залегании (до 1,5 м) грунтовых вод орошение сточными водами приводит к значительному химическому их загрязнению (увеличиваются  $SO_4$ ,  $Cl$ ,  $Na$ ,  $NH_4$ ) и подъему грунтовых вод до нескольких сантиметров от поверхности. При слабой дренированности массива уровень их снижается медленно и отмечается накопление солей в верхних горизонтах почвы. Максимальная минерализация грунтовых вод наблюдается в период вегетации, а в зимнее время по всем скважинам снижается в 1,5 – 2 раза.

Мелиоративное состояние орошаемых земель определяется типом, степенью засоления и глубиной залегания солевых горизонтов и грунтовых вод. Использование сточных вод представляет опасность с точки зрения возможности засоления почвы, особенно в районах недостаточного увлажнения из-за капиллярного подтягивания к поверхности почвы солевых растворов.

На Тажинской ОС в Волгоградской области при отсутствии естественной дренированности, когда перемещение солей почвенно – грунтовыми водами происходит в пределах бессточной равнины, степень минерализации и подъем уровня грунтовых вод увеличивается, что неизбежно вызывает процессы вторичного засоления почв, поэтому в таких условиях необходим искусственный дренаж [89].

Химическое загрязнение грунтовых вод за счет сульфатов, хлоридов и натрия при их близком залегании к поверхности под влиянием поливов сточными водами отмечали Ф.М.Бочевер и А.Е.Орадовская [28] и др.

Мы изучали влияние поливов сточными водами на гидрохимический режим грунтовых вод ЗПО. Графики колебания уровня грунтовых вод (УГВ) и продольный профиль наблюдательных скважин представлены на рис. 33. Видно, что режим грунтовых вод большое влияние оказывают весеннее половодье и вегетационные поливы. Подъем уровней начинается после весеннего снеготаяния и примерно через месяц прекращается пополнение запасов грунтовых вод за счет инфильтрации влаги от снеготаяния. Затем УГВ несколько сбавляется, и в середине вегетационного периода начинается инфильтрация по-

ливных вод. По мере их поступления повышение УГВ продолжается до октября, затем, начиная с декабря, постепенно снижается до середины марта. Тем не менее, в целом УГВ из года в год повышается в зависимости от их исходного положения на 20 – 45 см. Интенсивный подъем грунтовых вод происходит на участках близкого расположения грунтового потока и зависит от выращиваемой культуры и оросительной нормы.

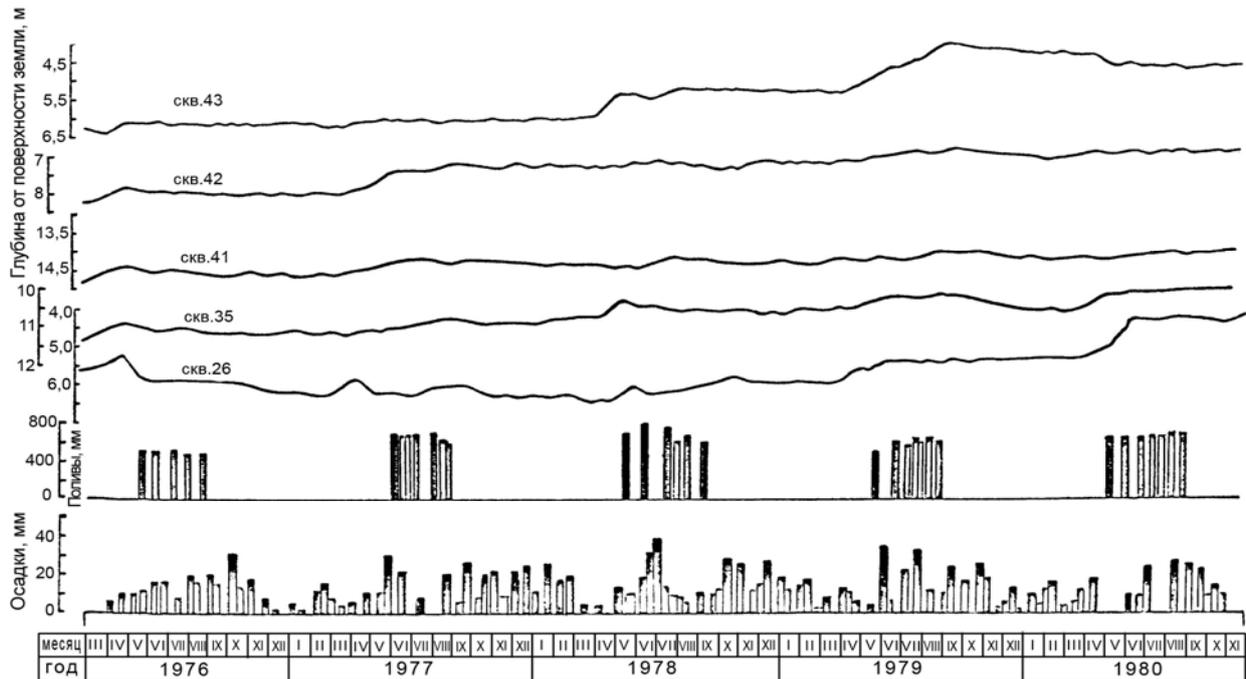


Рис.33. Колебания уровня грунтовых вод вдоль ОТ-3

Значительное изменение уровня грунтовых вод за четыре года орошения произошло вдоль третьего оросительного трубопровода (ОТ – 3), поэтому на рис. 34 представлен продольный профиль наблюдательных скважин этого створа. Общий уклон местности равен 0,02, глубина уровня грунтовых вод колеблется от 4,3 до 16,7 м. Причем участки с близким расположением грунтового потока находятся как на террасе (с кв. 26), так и в пойме р. Черной (с кв. 43). За годы наблюдений (1976 – 1980 гг.) интенсивный подъем грунтовых вод произошел именно на этой территории (см. рис. 33). Так, в скв. 26 уровень поднялся с 6,25 м до 4,3 м; в скв. 43 – с 6,45 м до 4,6 м; в скв. 42 – с 7,85 до 5,8 м; в скв. 41 он повысился всего на 43 см, а в скв. 29, 30 не изменился. За первые два

года орошения уровень грунтовых вод практически не изменился, т.е. инфильтрационные воды при поливах насыщали зону аэрации. Из рис. 34 также видно, что интенсивность подъема уровня повышается из года в год, особенно поливы за последний год.

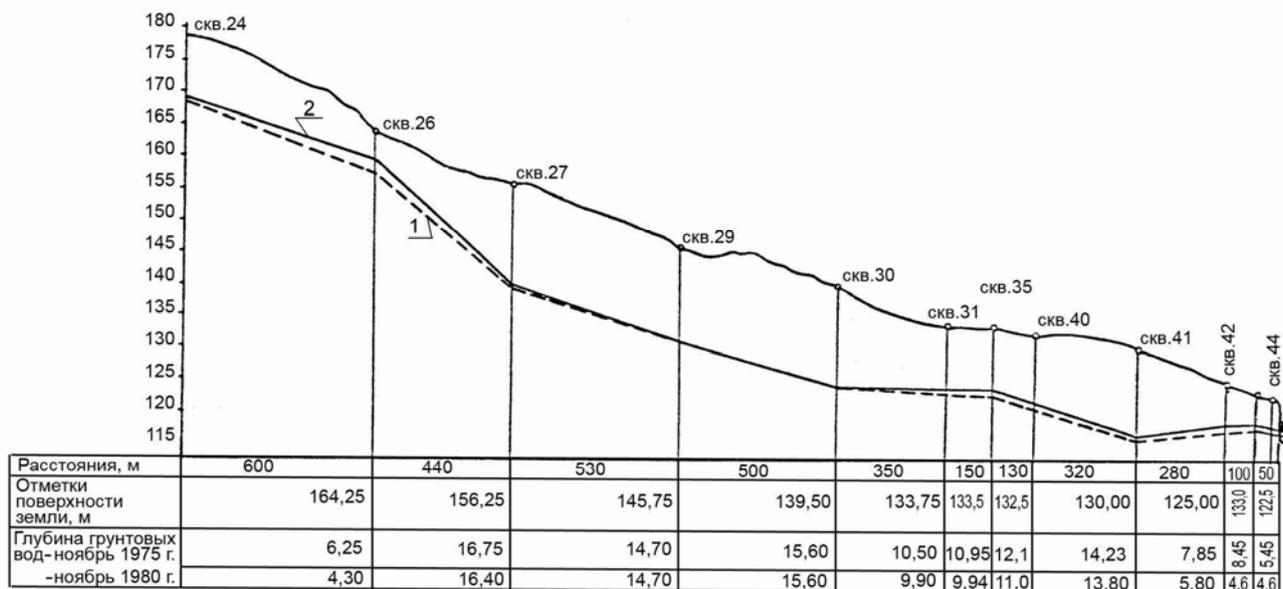


Рис.34. Продольный профиль наблюдательных скважин по ОТ-3 в ноябре 1976 г. (1) и ноябре 1980 г. (2)

На остальных участках ЗПО повышение УГВ выражено слабо. Так, вдоль ОТ – 1 в скв. 60 уровень повысился на 45 см, в скв. 59 – на 35 см., в скв. 53 – на 25 см, а в скважинах, расположенных на водоразделе, совсем не изменился. На этом участке, чем дальше скважина расположена от дрены (р.Черная), тем глубже уровень и незначительны изменения. На скважинах, расположенных вдоль ОТ – 5 и ОТ – 7, заметных изменений не произошло. В целом динамика уровня грунтовых вод носит ирригационно – климатический характер. Влияние поливов на режим грунтовых вод в третьем створе подтверждается данными их химического состава.

**Режим влажности в зоне аэрации.** На участке с близким залеганием уровня грунтовых вод (скв. 26) изучали динамику влажности почвогрунтов зоны аэрации (рис. 35).

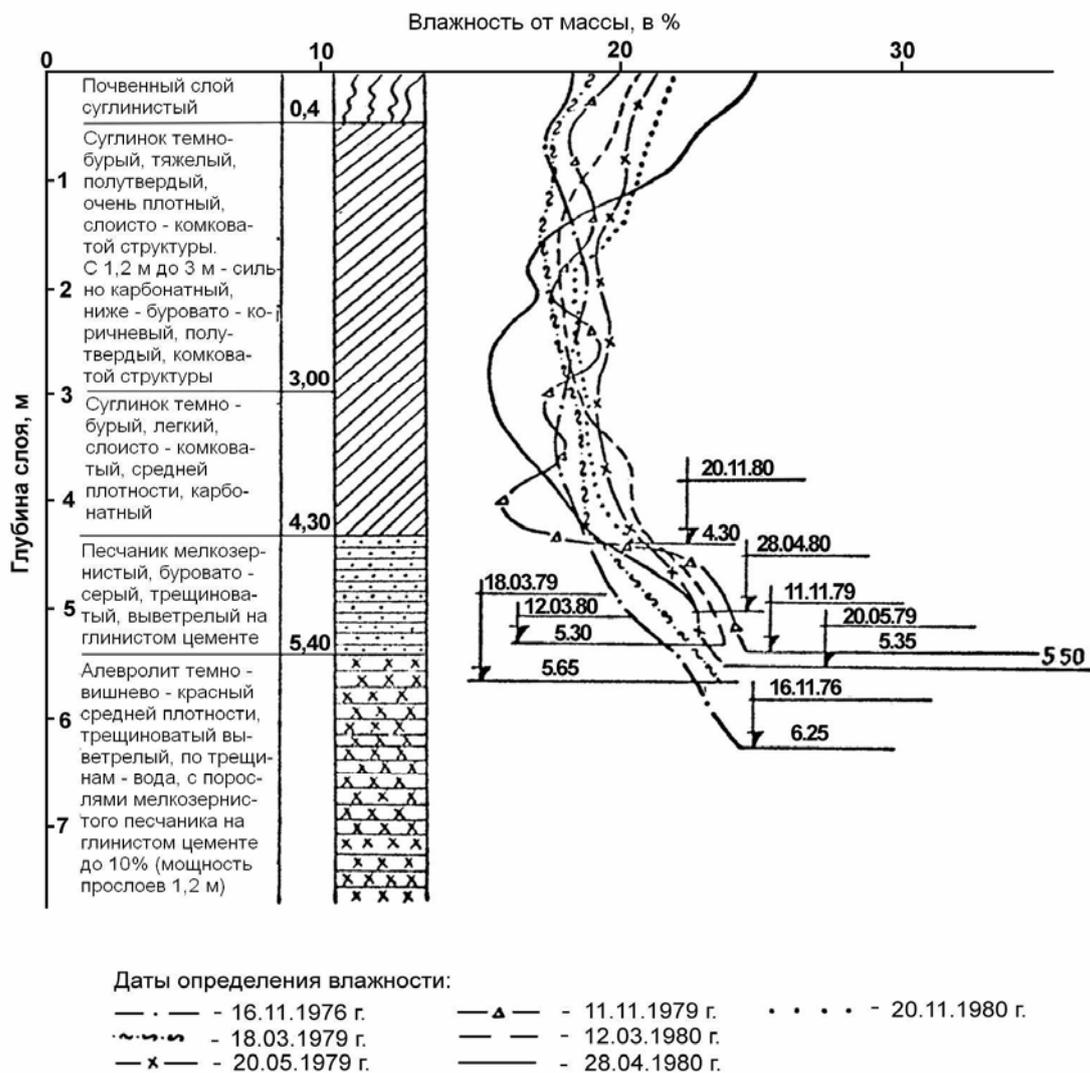


Рис.35. Динамика влажности почвогрунтов зоны аэрации.

Данные о влагозапасах в зоне аэрации приведены в табл. 35. Видно, что из года в год запасы влаги постепенно повышались, хотя в отдельные периоды года отмечалось некоторое их уменьшение.

Таблица 35

*Изменение влагозапасов в зоне аэрации, мм*

Показатель	Дата определения влажности почвогрунтов							
	16.11.1976	15.11.1978	18.03.1979	20.05.1979	11.11.1979	20.03.1980	28.04.1980	20.11.1980
Запасы влаги	1533	1641	1693	1760	1832	1895	1938	2003
Поступило в зону аэрации	—	108	52	67	72	63	43	65
Поступило в водоносный горизонт	—	39	0	9	15	0	24	42
Изменение УГВ, см	—	65	0	15	25	0	40	70
H <sub>гр</sub> , м	6,45	5,80	5,80	5,65	5,40	5,40	5,00	4,30

В 1976 – 1978 гг. в зону аэрации поступило 108 мм влаги, а уровень грунтовых вод повысился на 65 см. Объем воды, поступившей на повышение уровня грунтовых вод, определяли по формуле

$$\Delta G = \frac{\Delta H}{\delta * 10000}, \text{ м}^3/\text{га} \quad (14)$$

где  $\delta$  – коэффициент порозности грунтов зоны аэрации:

$$\delta = 0,96 \text{НВ} - j, \quad (15)$$

для этого участка он определен в размере 0,06 (в долях от объема). В этом случае  $\Delta G$  будет равен 390 м<sup>3</sup>/га. В течение зимне – весеннего периода (15.11.78 – 20.05.79) в зону аэрации поступило 119 мм влаги. За вегетационный период люцерны в 1979 г. произошло увеличение влагозапасов на 72 мм. Резкое снижение влажности отмечалось в верхнем 2–х метровом слое по сравнению с началом вегетации.

После весеннего половодья в зону аэрации поступило 67 мм влаги, а УГВ сначала повысился на 15 см, а затем в результате поливов еще на 25 см. В итоге за весенне – летний период в водоносный горизонт поступило 24 мм влаги.

За счет осенних осадков приход влаги в зону аэрации составил 63 мм, из – за равномерного ее поступления, а УГВ заметно не изменился (происходила отработка уровня).

Снегозапасы в 1980 г. составили 102 мм, а в зону аэрации поступило всего 43 мм. Остальное количество составили поверхностный сток и испарение за период снеготаяния. После весеннего половодья УГВ повысился на 40 см, т.е. до грунтовых вод из общего прихода дошло около 25 – 30 мм влаги. За вегетационный период 1980 г. из общей оросительной нормы 471 мм инфильтрационные потери составили около 40 мм, в результате чего УГВ поднялся на 70 см, т.е. до отметки 4,3 м от поверхности земли. Такой интенсивный подъем УГВ объясняется тем, что зона аэрации была хорошо насыщена влагой за предыдущие годы.

**Водный баланс зоны аэрации и грунтовых вод.** Исследование баланса и динамики влаги в зоне аэрации является неотъемлемой частью водно – балансовых работ и необходимо для интерпретации баланса грунтовых вод, поскольку этим изучением вскрывается процесс водообмена между грунтовыми водами и атмосферой. Оно предусматривает определение генетических составляющих величины питания грунтовых вод сверху; установление роли зоны аэрации как источника и регулятора пополнения грунтовых вод нисходящей влагой; величину влагообмена между зоной аэрации и грунтовым потоком, которая расходуется на подземный сток; определение величины влагообмена зоны аэрации с атмосферой; обоснование краткосрочных прогнозов режима грунтовых вод, изменяющихся под влиянием происходящих с переменной интенсивностью метеорологических и гидрологических процессов [176].

Изучение водного баланса зоны аэрации в соединении с балансом грунтовых вод позволит определить роль грунтовых вод в снабжении растений влагой, влияние режима грунтовых вод на почвообразовательный процесс и т.д.

На основе изучения режимов грунтовых вод, влажности в зоне аэрации, суммарного испарения и других составляющих определен водный баланс в зоне аэрации и грунтовых вод на территории с близким залеганием грунтового потока (4,3 – 5,5 м) по скв. 26 (табл. 36). В 1976 – 1978 гг. мы не смогли провести полные годовые циклы наблюдений, поэтому за этот период представлен суммарный баланс влаги.

Из результатов приведенного расчета видно, что с 16.11.76 г. по 15.11.78 г. выпало 719 мм осадков. Оросительная норма за два года определена в размере 888 мм. Из общего прихода влаги только 2,4%, или 39 мм, поступило на положительное питание грунтовых вод и вызвало подъем уровня на 0,65 м. Основная часть приходных составляющих водного баланса зоны аэрации (78%) расходуется на испарение с поверхности почвы и растениями в теплый период года.

В период с 15.11.78 г. по 20.05.79 г. выпало 153 мм осадков, и приток грунтовых вод в зону аэрации составил 50 мм. Из общего количества приходных составляющих водного баланса (203 мм) в зоне аэрации аккумулировалось 58,6%, пополнив запасы влаги в этой зоне. Поверхностный сток во время весеннего половодья составил 49% от суммы осадков. За этот период грунтовый поток получил путем инфильтрации с поверхности 5,8% осадков (9 мм), что вызвало подъем уровня на 0,15 м.

Осенью и зимой при отрицательных температурах происходило вымораживание влаги на дневной поверхности, вследствие чего к началу марта отмечалась некоторая потеря влаги из зоны аэрации, которую мы принимали условно за испарение из данной зоны. При наличии снегового покрова эта влага консервируется в виде корочки льда под снегом до начала весеннего снеготаяния. Последнее началось в конце марта – начале апреля и за месяц вызвало усиленную инфильтрацию талых вод в почву. Для условий ЗПО инфильтрация составляет 21 – 25% от годовой суммы осадков.

С наступлением положительных температур воздуха (май – август) испарение с поверхности почвы и растениями увеличивается и достигает 87,6% от приходных составляющих водного баланса. В целом осадки и поливы за теплый период покрывают дефицит влаги. Несмотря на ее усиленное испарение, за вегетационный период 1979 г. на пополнение запасов грунтовых вод ушло 2,3% от общего прихода. В итоге за год (15.11.78 – 11.11.79) зона аэрации получила 811 мм влаги, из которых 23% ушло на пополнение запасов, а грунтовый поток получил 2,9%, что вызвало подъем уровня на 0,24 м.

## Водный баланс зоны аэрации и грунтовых вод (скв.26), мм

Показатель	Период наблюдений							
	16.11.76 – 15.11.78	15.11.78 – 20.05.79	20.05.79 – 11.11.79	11.11.79 – 28.04.80	28.04.80 – 20.11.80	Итого за 4 года		
Оросительная норма, Мнг	888	–	414	–	473	1775		
Атмосферные осадки, А	719	153	244	156	221	1493		
Суммарное испарение, Е	1254	–	618	–	591	2463		
Изменение влагозапасов, ΔW	108	119	72	106	65	470		
Поверхностный сток, Υ	146	75	–	63	–	284		
Разность между притоком и оттоком грунтовых вод (G – От)	60	50	47	37	4	78		
Итого по балансу (δ·ΔН), м	39	9	15	24	42	129		
Изменение уровня грунтовых вод, ΔН <sub>г</sub> , м	65	0,15	0,25	0,40	0,70	2,15		
Глубина уровня грунтовых вод от поверхности земли, Н	80	5,65	5,40	5,00	4,30	–		

Иначе сложился баланс влаги в зоне аэрации и грунтовых вод в 1980 г. В течение года (11.11.79 – 20.11.80) зона аэрации получила практически такое же количество влаги, как и в предыдущем году. Ввиду того, что ее общие запасы в этой зоне были выше на пополнение запасов грунтовых вод в 1980 г поступило 7,8% от суммы осадков и поливов, т.е. в 2,7 раза больше, чем в 1979 г.

Из года в год, по выше отмеченной причине, интенсивность подъема уровня грунтовых вод растет. За последний год уровень поднялся на 1,1 м.

В целом за четыре года наблюдений в зону аэрации поступило 3346 мм воды с учетом испарения грунтовых вод. Общие запасы влаги повысились на 470 мм, т.е. осадки и поливы с избытком покрыли ее испарение с поверхности почвы. Поверхностный сток составил 284 мм, или 8,7% от суммы осадков и поливов. Основная доля стока приходится на время весеннего половодья. Сток во время поливов в среднем за годы наблюдений составил 10 – 12% от оросительной нормы.

Грунтовый поток получил инфильтрационное питание за вычетом испарения грунтовых вод в размере 129 мм, в результате чего их уровень за четыре года наблюдений возрос на 2,15 м.

На основе анализа баланса влаги можно заключить, что в целом за годы исследований он положительный. Несмотря на то, что уровень грунтовых вод залегал на глубине 4,3 – 5,6 м, наблюдался процесс восходящей миграции влаги от этих вод к поверхности почвы. При дальнейшем подъеме уровня грунтовыми водам будет принадлежать большая роль в снабжении влагой корнеобитаемого слоя.

## **Глава 4. Биоиндикация влияния выбросов газохимического комплекса на почву, растения, водоисточники и животные организмы**

### **4.1. Оценка влияния сточных вод на химические свойства грунтовых вод и открытых водоисточников**

В.И.Вернадский [38] в своей книге «История природных вод» отмечал, что «девственные реки» быстро исчезают или исчезли и заменились нового типа образованиями, новыми водами, раньше не существовавшими. В настоящее время в урбанизированных ландшафтах идет процесс формирования особых водных систем, которым нет аналога в природе [337].

Влияние сточных вод на грунтовые воды и их качество, прежде всего, определяется источником поступления этих вод и степенью их очистки, а также в значительной мере – водопроницаемостью грунтов зоны аэрации и условиями оттока грунтовых вод. Сочетание всех факторов (высокая водопроницаемость, слабый отток, значительное количество минеральных солей после очистки) может коренным образом повлиять на режим и химический состав грунтовых вод. Загрязнение этих вод и подъем их уровня неизбежно приведут к ухудшению мелиоративного состояния полей орошения.

Для территории ЗПО Оренбургского газохимического комплекса характерен пестрый уровень грунтовых вод. В целом водопроницаемость грунтов зоны аэрации невысокая, а подземный отток грунтовых вод резко отличается по скважинам. Поэтому динамика химизма грунтовых вод в каждой скважине имеет свои особенности, и они различаются как по общей минерализации, так и по ионному составу.

Прежде всего, рассмотрим изменение химизма грунтовых вод на террасе. Анализ гидрохимического режима грунтовых вод на этой территории (рис. 36) показал, что интенсивный подъем УГВ происходит в скв. 26. За четыре года орошения сточными водами общая минерализация грунтовых вод здесь повысилась в 6 раз (с 0,2 до 1,2 г/л). Это произошло за счет накопления ионов на-

трия, хлоридов, сульфатов и гидрокарбонатов при одновременном снижении ионов кальция. Так, количество ионов натрия увеличилось в 2 раза – с 2 до 4 мг экв, хлоридов – с 0,2 до 1,6 мг экв, сульфатов – с 1,2 до 7,4 мг экв. Количество ионов магния не стабильно по годам.

Характер изменения химизма грунтовых вод имеет много общего с динамикой химического состава почвогрунтов участка люцерны, где расположена скважина 26. Это дает основание считать, что на участках с близким расположением УГВ верхняя граница капиллярной каймы достигла критического уровня.

Несколько ниже от скв. 26 в сторону р.Черной располагается скв. 28. Исходное положение УГВ здесь было глубокое (14,7 м), и за годы орошения уровень существенно не изменился. В связи с этим общая минерализация грунтовых вод повысилась за счет гидрокарбонатов почвообразующей породы, содержание которых увеличилось с 4 до 7,4 мг экв. Количество ионов натрия снизилось почти в 2 раза, а концентрации кальция, хлора и магния по годам не менялись.

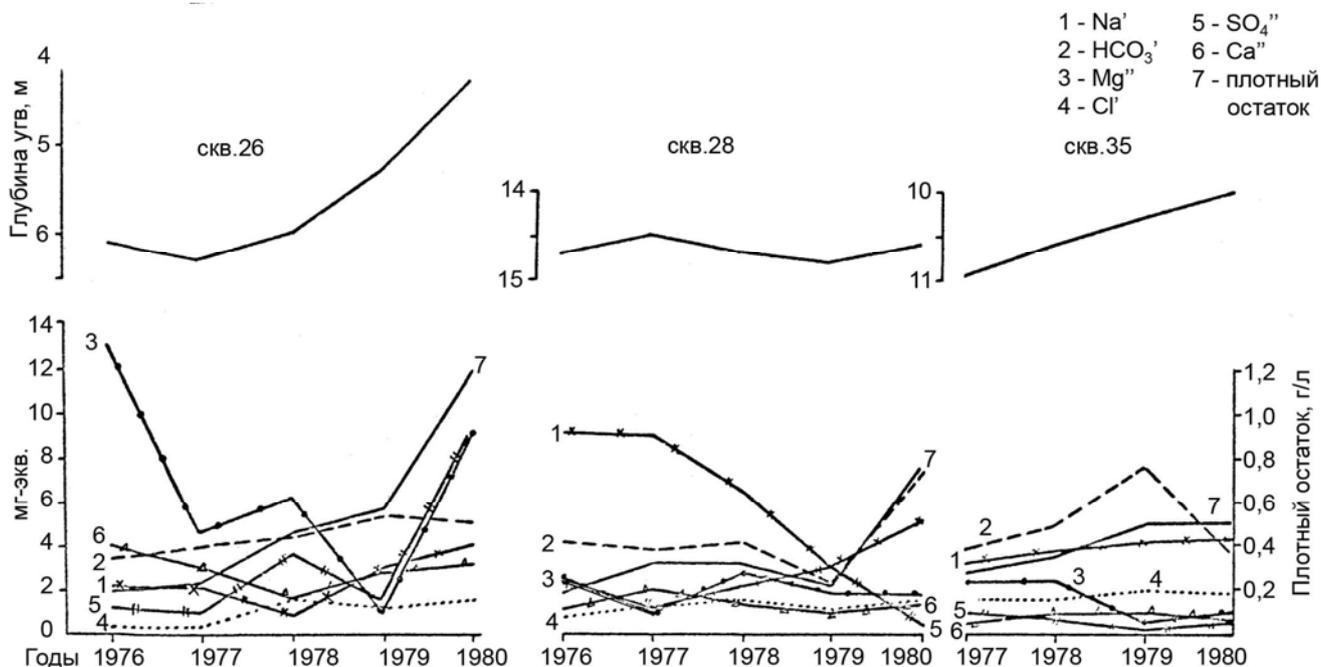


Рис.36. Гидрохимический режим грунтовых вод на террасе

Уровень грунтовых вод в скв. 35 из года в год постепенно повышался, в связи с чем увеличивался и плотный остаток грунтовых вод. За период наблюдений УГВ вырос на 1 м, а общая минерализация – в 2 раза (с 0,25 до 0,5 г/л).

Изменение химизма грунтовых вод на пойме р.Черной носит своеобразный характер (рис.37). Рассмотрим две скважины (42, 43), расположенные в 100 м друг от друга. Хотя расстояние между ними и небольшое, динамика химического состава грунтовых вод различается. Если в скв. 42 идет постепенное увеличение минерализации грунтовых вод, то в скв. 43 она колеблется по годам. Максимального значения минерализация достигала в 1979 г., а в 1980 г. – возвратилась к исходной концентрации. Так как пойма располагается в 50 м от реки, то только последняя могла повлиять на ход гидрохимического режима грунтовых вод в этой скважине.

Минерализация воды в р.Черной несколько выше, чем в прилегающей скважине, поэтому с увеличением уровня реки поднимается уровень воды в скв. 43 и растет ее концентрация. Этим и объясняется повышение плотного остатка грунтовых вод в этой скважине в 1979 г.

Увеличение общей концентрации вод в скв.42 произошло за счет ионов натрия и гидрокарбонатов. Видимо, поливные воды оказали существенное влияние на минерализацию грунтовых вод в этой скважине в первые годы орошения, когда происходил интенсивный подъем УГВ. В последующие годы УГВ сбавлялся за счет естественной дрены, а концентрация вод увеличилась за счет перехода в почвенный раствор гидрокарбонатов почвообразующей породы, так как на этой территории отмечается глубокое содовое засоление. В течении 17 лет мы изучали динамику уровня грунтовых вод в пределах ЗПО. В табл. 37 приведены данные по изменению химического состава грунтовых вод на территории с близким УГВ (5 м) на примере скважины № 26. За эти годы УГВ поднялся более чем 1,5 м.

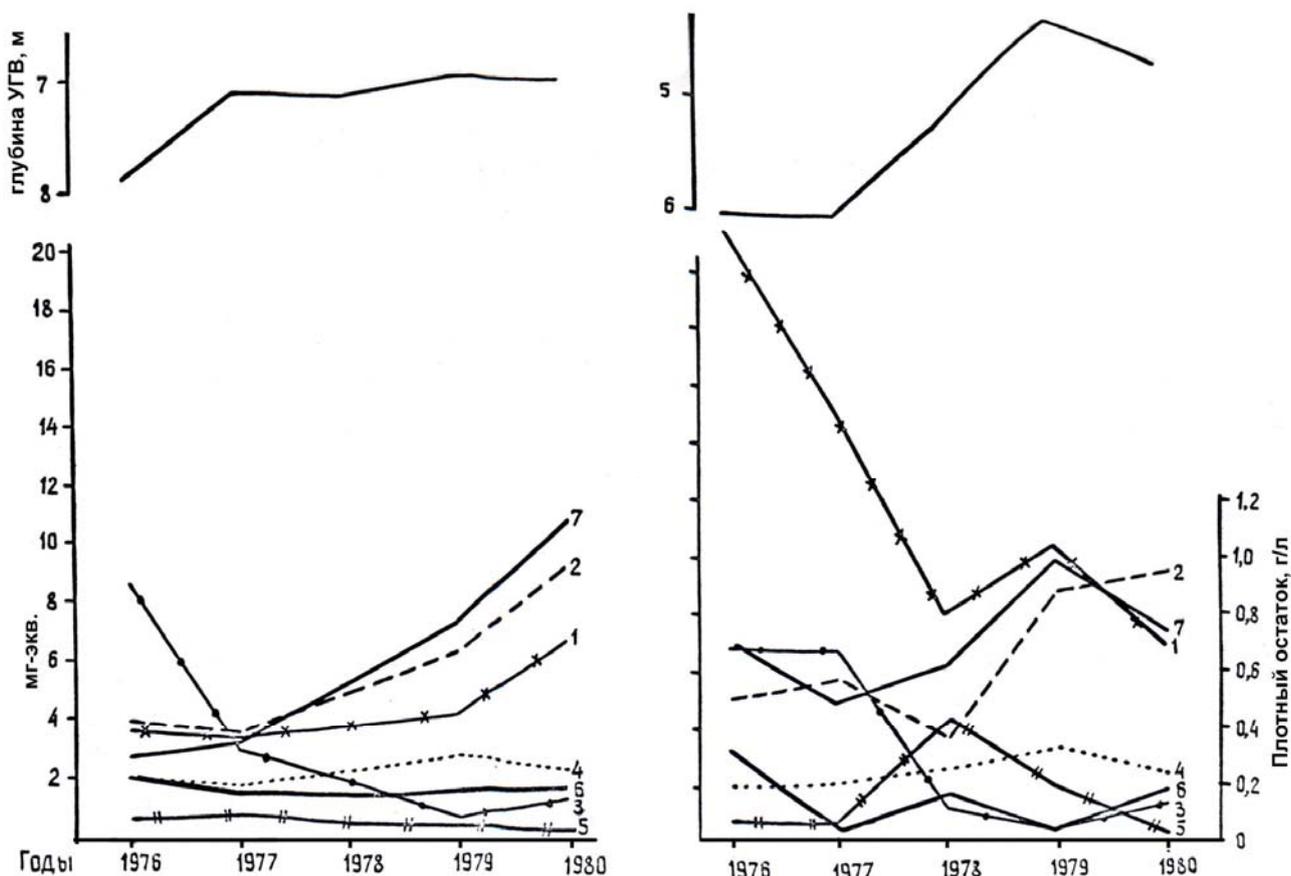


Рис. 37. Гидрохимический режим грунтовых вод на пойме р.Черной  
 1 - Na<sup>+</sup>; 2 - HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>; 3 - Mg<sup>2+</sup>; 4 - Cl<sup>-</sup>; 5 - SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>; 6 - Ca<sup>2+</sup>; 7 - плотный остаток

Поступление сточных вод стало причиной изменения химического состава грунтовых вод. Особенно резко минерализация грунтовых вод повышалась в первые годы (до 1980 г.). Затем интенсивность поступления сточных вод снизилась из-за уменьшения величины поливной нормы и уплотнения активного слоя почвы. В последние 10 лет концентрация солей продолжала повышаться и в 1997 г. достигла 1596 мг/л, т.е. приблизилась к уровню минерализации сточных вод.

Таблица 37

*Динамика химического состава грунтовых вод, при их близком залегании, мг/л (скв. 26)*

Показатели (ионы)	1976 г.	1980 г.	1990 г.	2007 г.
Общая минерализация	204	1200	1575	1796
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	210	310	430	171
Cl <sup>-</sup>	14	57	340	472
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	53	440	132	661
Ca <sup>++</sup>	80	64	253	264
Mg <sup>++</sup>	155	110	43	175
Na <sup>+</sup>	50	90	126	50

Анализ ионного состава грунтовых вод также подтверждает пополнение их запасов за счет поливных вод. Особенно сильно возросла концентрация ионов хлора, что объясняется его мигрирующим свойством. За 17 лет эксплуатации ЗПО иона хлора повысилось в 8,2 раза. Наблюдалось вымывание из зоны аэрации ионов натрия, кальция, сульфатов и гидрокарбонатов. Поэтому в ближайшее время необходимо определить размеры территории с высоким уровнем грунтовых вод и решить вопрос о строительстве дренажных систем на этих участках. По проектным данным, они составляют до 5% от общей площади ЗПО.

На участках с глубоким залеганием УГВ изменений в химическом составе грунтовых вод не наблюдается. На примере скв. 2 видно (табл. 38), что по всем показателям они не превышают ныне существующие нормативы, разработанные для питьевой воды.

Таблица 38

*Химический состав грунтовых вод в среднем за 1990 – 2000 гг. (скв. 2), мг/л*

Показатели	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
pH	7,8	8,1	7,0	7,0
ХПК, мг O <sub>2</sub> /л	37,7	10,0	29,4	19,6
БПК	5,0	3,5	3,6	2,5
Аммоний	2,5	9,2	16	7,3
Нитриты	0,07	0,04	0,08	0,16
Нитраты	0,4	1,1	5,0	1,1
Сухой остаток	430	397	313	397
Прокаленный остаток	290	201	156	292
Хлориды	159	133	20	136
Нефтепродукты	0	0	0	0
Взвешенные вещества	35	276	81	40

На ЗПО сточные воды ОГХК поступают из емкости сезонного регулирования (ЕСР) самотеком. Объем ЕСР составляет около 5 млн м<sup>3</sup>. Ежегодно с ОГХК и его объектов в ЕСР откачивается до 4,5 млн м<sup>3</sup> сточных вод. Для наблюдения за состоянием грунтовых вод вокруг ЕСР оборудовано несколько наблюдательных скважин с учетом рельефа местности. Так, скважины № 3 и № 4 расположены выше ЕСР, № 7 – у ЕСР и № 10 – ниже ЕСР. Наивысший уровень грунтовых вод характерен для последней скважины. О влиянии ЕСР на УГВ этой скважины можно говорить на основании того, что в сравнении с другими скважинами здесь минерализация воды выше в 2 – 5 раз.

Таблица 39

## Химический состав грунтовых вод в районе ЕСР, мг/л

Точки отбора проб (№ скважины)	pH	XПК, мг O <sub>2</sub> /л	ВПК	NH <sub>4</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Сухой остаток	Прокаленный остаток	Cl <sup>-</sup>
Июнь									
3	7,0	19,2	2,06	3,6	0,0025	0,4	329	138	70,2
4	6,7	48,0	9,0	1,2	0,184	0,4	552	249	108,5
7	8,1	38,4	4,2	10,5	0,194	0,75	446	291	102,1
10									
Июль									
3	7,5	50	3	6,75	0,022	-	332	149	66,6
4	7,1	50	10	9,2	0,027	0,7	672	281	119,9
7	8,4	10	3,5	8	0,54	0,4	479	347	133,3
10									
Август									
3	7	30	4,5	0,67	0,016	0	371	225	74,8
4	7	50	10	9,2	0,19	0,75	644	325	136,1
7	7	49	7	17	0,06	-	562	355	153,3
10	7	53,9	8	2,4	0,049	1,1	1494	1102	266,6
Сентябрь									
3	7	19,6	3	3,44	0,54	0,75	296	190	68
4	7	60,8	7	3,68	0,22	0,40	615	343	129,9
7	7	27,9	2,5	12,3	0,011	0,40	499	403	149,7
10	7	27,9	3,5	0,24	0,005	0,40	1412	1112	245

Таблица 40

## Химический состав вод рек Черной и Урал, мг/л

Точки отбора проб воды	Определяемые показатели										Взвешенные вещества	
	pH	XПР, мг O <sub>2</sub> /л	ВПК	NH <sub>4</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Сухой остаток	Прокаленный остаток	Cl <sup>-</sup>			
Июнь												
р. Черная у моста	6,8	28,8	4,0	0,1	0,005	0,75	639	385	146,7	254		
р. Черная за селом	6,8	28,8	3,8	0,1	0,011	1,4	701	483	134	218		
Июль												
р. Черная у моста	8,3	20	3	0,24	0,22	0,7	842	510	166,6	20		
р. Черная за селом	8,2	10	1	0,24	0,016	0,75	772	487	153,3	18		
р. Урал (Ивановский в/з)	7,7	28,8	1,5	0,36	0,22	1,4	430	280	92,1	20		
Август												
р. Черная у моста	7,0	39,2	4,2	0,36	0,044	1,0	832	536	179,9	3		
р. Черная за селом	7,0	44,5	4,0	0,34	0,088	2,15	798	440	187	–		
р. Урал (Ивановский в/з)	7,0	24,5	1,4	0,5	0,005	0,75	559	368	120	–		
Сентябрь												
р. Черная у моста	7,0	27,9	3	–	–	0,75	745	525	525	170,2		
р. Черная за селом	7,0	19,6	2,5	–	–	0,4	753	483	483	176,6		
р. Урал (Ивановский в/з)	7,0	10	2,6	–	0,04	0,4	478	478	325	953		

Из табл. 39 видно, что в скв. № 3 минерализация грунтовых вод находится на уровне 296 – 371 мг/л, а в скв. 10 – от 1412 до 1494 мг/л. В течение вегетационного периода концентрация солей меняется незначительно. Больше всего содержится ионов хлоридов (до 267 мг/л), что объясняется фильтрацией сточных вод из ЕСР, хотя содержание отдельных ингредиентов в грунтовых водах не превышает предельно допустимые концентрации. И все же необходимо обращать внимание на химический состав этих вод и проводить наблюдения за УГВ.

Территория ЗПО 1-ой и 2-ой очередей дренируется р.Черной, поэтому в табл. 40 представлен химизм вод р.Черной до и после п.Черноречье и р.Урал. Видно, что сухой остаток в первой значительно выше, чем в р.Урал. Ионов хлора содержится почти в 2 раза больше, что свидетельствует о влиянии поливов сточными водами на химизм р.Черной.

Химический состав вод открытых водоисточников, находящихся вблизи емкости сезонного регулирования свидетельствует о том (табл. 41), что последняя оказывает на него непосредственное влияние. Обнаружено, что из ЕСР происходит фильтрация сточных вод в зону аэрации, которые, достигнув УГВ, влияют на химический состав восходящих водных источников. В пользу этих выводов говорит сухой остаток исследуемых объектов, высокая концентрация ионов Cl и SO<sub>4</sub> характерных для сточных вод.

Таблица 41

*Химический состав водоисточников, находящихся вблизи емкости сезонного регулирования, мг/л*

Показатели	ЕСР поверхн.	Ручей от фильтр. из КСР	Родник выше летней дойки	Пруд ниже летней дойки
Запах, бал.	4/4	3/4	3/3	2/2
Прозрачность, град	25	30	30	15
Цветность, град	14	5	5	15
Сухой остаток	1731	1473	1239	1273
Жесткость	7,06	10,6	10,6	11,6
Ca <sup>2+</sup>	62,2	112,6	120	40,1
Mg <sup>2+</sup>	47,5	60,8	55,9	111,9
Cl <sup>-</sup>	430	275	265	285
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	586	481	424	432
pH	8,0	7,9	7,8	8,15
Щелочность, мг экв/л	7	6	5,9	4,6

БПК, мгО <sub>2</sub> /л	7	4,6	3,2	8,0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	3	0	0	0,22
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,7	0	0	0,10
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,1	0,45	1,05	0,6
N общ.	1,99	1,99	4,65	2,66
Fe общ.	0,78	0,26	0,13	0,52
Cu <sup>2+</sup>	0,7	0	0	0,02
Pb <sup>2+</sup>	0,3	0	0	0
Zn <sup>3+</sup>	0	0,07	0	0,21
Mo <sup>4+</sup>	0,3	0	0	0
F <sup>+</sup>	0,69	0,116	0,116	0,144
Mn <sup>2+</sup>	20	0	0	0
Фенолы	0,012	0	0	0
Нефтепродукты	2,65	0,44	0	0,14
СПАВ, актив. анион	0,4	0,2	0,2	0,1

Влияние атмосферных выбросов оценивали по содержанию тяжелых и редких металлов (таблица 42). Концентрация этих элементов в водоисточниках и снежном покрове сравнивали между собой и санитарными нормами (см. табл. 6).

Таблица 42

*Содержание тяжелых и редких металлов в открытых водоисточниках и снежном покрове, мг/кг*

Элемент	Река Урал	ЕСР	Озеро у п. Дедуровка	Озеро у п. Старица	Снежный покров			
					Сырт	Н.Павловка	М.Павловка	Учхоз ОГСХА
Cu	30	20	30	20	80	80	450	100
Zn	400	300	170	70	3000	150	50	600
Pb	10	3	15	8	200	50	150	100
Ni	40	7	50	40	60	400	350	800
Co	3	4	—	—	3	6	15	8
Cr	8	3	4	5	30	30	170	20
V	16	4	5	15	6	6	45	10
Ti	200	100	120	170	200	400	3000	200
Mo	5	5	3	1,7	2	2	5	2
Ag	3	—	—	—	3	1,5	3	3
Ga	6	—	1	1,5	2	1,5	15	1,5
Zr	30	30	15	30	60	80	130	80
Sr	600	800	—	—	200	300	350	500
Mn	600	800	500	300	200	400	550	400
Li	15	—	20	—	10	30	50	50
Fe	30	40	—	—	—	—	—	—
Ca	130	100	100	90	—	—	—	—
Mg	100	10	130	100	—	—	—	—
Al	3	3	—	—	—	—	—	—
Si	8	20	8	6	7	—	—	—
R*, г/л	0,3	1,6	0,5	0,6	0,2	0,2	0,3	0,2

\* R - общая минерализация.

Хотя содержание металлов не превышает пороговые концентрации, количество отдельных элементов, связанных с выбросами ОГХК (Cu, Zn, Pb, Ni, Cr, Ti, Sr, Mn) выше в снежном покрове, что свидетельствует о загрязнении этих объектов. Особенно необходимо отметить аккумуляцию Zn в снеге у Сырта и в ЕСП. Наличие Zn в сточных водах фиксировали эпизодически, что связано с залповыми выбросами из источника загрязнения. Этот факт в обсуждаемых результатах не показан, т.к. требует увеличить частоту и количество анализов, что связано с огромными затратами материальных средств.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что орошение сточными водами ОГПК загрязняет грунтовые воды на участках ЗПО при близком их залегании (до 5 м) и открытые водоисточники (р.Черная). Наметилась тенденция загрязнения водоисточников тяжелыми и редкими металлами, входящими в состав атмосферных выбросов данного предприятия.

#### **4.2. Влияние сточных вод на химический, аминокислотный состав и питательные свойства сельскохозяйственных культур**

При оценке пригодности сточных вод для орошения одними из основных биологических показателей являются урожай и качество выращиваемых культур. Отзывчивость культур на орошение сточными водами зависит от химического состава и свойств поливной воды, особенностей возделывания культур, свойств почвы, климатических условий и особенностей вегетационного периода. По мнению Б.Ф.Жирнова и Б.А.Буртузанова [94], использование для орошения сточных вод с сельскохозяйственной точки зрения оправдано только в том случае, если в результате получается безупречная по качеству продукция.

В настоящее время в нашей стране накоплен значительный опыт эффективного использования сточных вод для орошения многолетних трав, кукурузы, кормовых корнеплодов, суданской травы, сорго, подсолнечника и других культур. При подборе культур на опытных участках и ЗПО в целом нами использованы работы Н.Г.Андреева [6-8], И.Я.Бушманиса [32], В.И.Марымова [188,189], И.И.Тимченко с соавторами [303], Н.Г.Воронина с соавторами [51,

52] и др., в которых отмечается увеличение урожайности многолетних трав в 3 – 5 раз по сравнению с неорошаемыми вариантами. Так, по данным В.И.Марымова, в условиях Поволжья люцерна при трех укосах обеспечивала урожай сена до 200–250 ц/га, костер безостый – 137 и пырей промежуточный – 180. Высокие урожаи травосмеси при орошении сточными водами получены в ТСХА. В совхозе «Ногинский» Московской области при поливе по полосам урожай многолетних трав составил 500 ц/га зеленой массы.

Орошение сточными водами оказывает положительное влияние на кормовую ценность лугопастбищных трав. Опыты ТСХА, проведенные в Московской области, показали, что в пастбищных травах значительно возрастает содержание протеина и зольных элементов [8]. В работе [98] отмечается увеличение количества сырого протеина, фосфора и калия в зеленой массе суданской травы и кукурузы при поливе сточными водами по сравнению с неорошаемыми вариантами и поливом артезианской водой. В опытных вариантах растения имели более зеленый цвет, в 2–3 раза большую высоту и толщину стеблей, и широкие листья. В.С.Разуваев [254] установил, что орошение кукурузы биологически очищенными сточными водами г. Энгельса увеличивает выход кормовых единиц с 1 га в 5 раз по сравнению с контролем – без орошения. Питательная ценность кукурузы не уступала контролю, а по содержанию ряда микроэлементов (цинк, кобальт, медь) превосходила его.

Мы ставили задачу установить влияние орошения сточными водами ОГК на урожай и его качество основных культур, возделываемых на ЗПО, – люцерны (Бродская местная) и кукурузы (ВИР 42). Кроме того, изучали влияние поливов этими стоками на рост и развитие указанных культур. В табл. 43 приведены результаты наблюдений за прохождением фенофаз кукурузы на силос и высотой растений. В поливных вариантах до фазы 11-й лист растения развивались практически одинаково. Фаза выметывания в варианте с поливом уральской водой наступила на 3 дня раньше, в то время как заметных изменений в росте кукурузы не наблюдалось. Если в фазу 11-й лист в первом варианте высота растений была выше на 4 см, то в следующую фазу разница составила все-

го 2 см. Затем прирост растений при поливе сточной водой заметно повысился, и к фазе молочно-восковой спелости на этом варианте растения были уже выше на 20 см, чем при поливе уральской водой.

Таблица 43

*Высота растений, см (знаменатель) и дата наступления фаз развития кукурузы (числитель)*

Вариант опыта	Посев	Всходы	5-й лист	11-й лист	Выметывание	Молочно-восковая спелость
Полив сточной водой	22.05	2.06	$\frac{24.06}{25}$	$\frac{20.07}{65}$	$\frac{10.08}{180}$	$\frac{05.09}{250}$
Полив уральской водой	22.05	2.06	$\frac{24.06}{24}$	$\frac{18.07}{61}$	$\frac{7.08}{178}$	$\frac{02.09}{230}$
Контроль (без полива)	22.05	2.06	$\frac{23.06}{25}$	$\frac{13.07}{46}$	$\frac{1.08}{115}$	$\frac{20.08}{150}$

В контроле (без полива) развитие растений проходило значительно быстрее, чем в поливных вариантах: фаза 11-й лист наступила на 5 дней раньше, фаза выметывания – на 6 дней, молочно-восковая спелость зерна – на 13 дней раньше. Высота растений на богаре к конце вегетации была ниже на 0,7 и 1 м, соответственно, чем при поливе уральской и сточной водой.

Видимо, основное влияние на рост и развитие кукурузы при поливе сточными водами оказал их химический состав. В частности, они содержат питательные вещества (N, P, K) и микроэлементы (см. раздел 3.3).

Результаты наблюдений за густотой стояния растений приведены в табл. 44. Количество растений кукурузы дано в среднем за 1978–1980 гг., люцерны – на первый (1977) и четвертый (1980) годы жизни. В первом варианте к уборке кукурузы сохранилось 89% растений, во втором варианте – 86,4% и на контроле – 82%.

После перезимовки количество растений люцерны ежегодно сокращалось. Особенно сильно она вымерзла после первой зимы. На отдельных площадях весной 1978 г. был проведен дополнительный посев, к осени этого года количество растений составило 302 шт/м<sup>2</sup>, а к концу 4-ого года жизни сохранилось 63% растений.

Густота стояния растений

Вариант опыта	Кукуруза, шт. на 1 пог.м		Люцерна, шт. на 1 м <sup>2</sup>	
	5-й лист	Перед уборкой	1977 г.	1980 г.
Полив сточной водой	7,3	6,5	345	216
Полив уральской водой	7,4	6,4	–	–
Контроль (без полива)	6,2	5,1	238	147

На поле №1 в 1977 г. люцерна была посеяна под покров яровой пшеницы Саратовская 42. Дата наступления фаз развития яровой пшеницы была описана при изучении режима почвенной влаги. Здесь лишь отметим, что в условиях орошения сточными водами вегетационный период пшеницы удлиняется на 10–12 дней по сравнению с контролем (без полива). Наблюдения за густотой стояния показали, что при орошении количество погибших растений несколько меньше, чем в контроле. При густоте стояния в фазу трубкования 380 растений на 1 м<sup>2</sup>, к уборке сохранилось 350, в контроле эти величины были соответственно равны 330 и 280.

Средняя высота растений яровой пшеницы перед уборкой составляла в варианте с поливом 76,6 см, в контроле – 41,3 см.

Структура урожая кукурузы на силос в среднем за 1978–1980 гг. показана в табл. 45. Независимо от вариантов опыта основная доля массы приходится на стебли. Прибавка урожая кукурузы при поливе сточными водами получена за счет массы листьев и початков. Растения в этом варианте отличались хорошей облиственностью и большим размером початков. В контроле початков было значительно меньше, чем в поливных вариантах. Кормовая ценность силоса при поливе сточными водами повышается по сравнению со вторым вариантом за счет листьев и початков.

Таблица 45

Структура урожая кукурузы, %

Показатель	Полив сточной водой	Полив уральской водой	Контроль (без полива)
Листья	17,6	16,4	16,1
Стебли	49,5	53,5	59,5
Початки	32,9	30,1	24,4
Урожай, ц/га	479	455	147

Данные об урожае и его структуре яровой пшеницы приведены в табл. 46. Основными показателями, от которых зависит урожай зерна, считается количе-

ство продуктивных стеблей, количество зерен в колосе и масса 1000 зерен. В поливном варианте при среднем количестве зерен в колосе 26,6 шт. и массе 1000 зерен 43,3 г был получен урожай (биологический) яровой пшеницы – 40,3 ц/га, что в 3 раза выше, чем на богаре.

Таблица 46

*Урожай пшеницы и его структура*

Вариант опыта	Повторности	Число стеблей на 1 га, млн.шт	Высота стеблей, см	Длина колоса, см	Среднее число зерен в колосе	Масса 1000 зерен, г	Урожай, ц/га	
							биологический	хозяйственный
Орошаемый	1-я	3,4	68	7,5	26	43,0	38,0	36,5
	2-я	3,5	83	7,5	27	43,2	40,4	35,2
	3-я	3,6	79	7,8	27	43,6	42,4	35,1
	В среднем	3,5	76,6	7,6	26,6	43,3	40,3	35,6
Контроль	1-я	2,9	38	5,3	15	27,5	11,0	9,8
	2-я	2,8	42	5,4	16	28,2	12,6	10,6
	3-я	2,83	44	5,5	17	29,0	14,3	10,6
	В среднем	2,83	41,3	5,4	16	28,2	12,9	10,4

Результаты технологических анализов образцов яровой пшеницы Саратовская 42 приведены в табл.47. При поливе сточными водами зерна пшеницы более выровнены и крупнее (размеры 2,5–2,0 составляют 85,4%), масса 1000 зерен равна 38,1 г (несколько меньше, чем в биологическом урожае, что является следствием низкой влажности зерен – 10,2%). По содержанию клейковины они несколько уступают контролю (на 6%), но валовой выход клейковины с 1 га в поливном варианте на 5 ц выше. По «силе» муки контроль на 78 Дж превосходит вариант с поливом сточной водой.

Качество урожая люцерны определяли путем взятия проб по укосам в фазе полной бутонизации и начала цветения, при уборке кукурузы – в фазе молочной и начала молочно-восковой спелости и пшеницы – при полной спелости зерна. Результаты анализа показывают (табл. 48), что в условиях полива сточными водами значительных изменений в химическом составе урожая люцерны и кукурузы не происходит. У кукурузы проявляется некоторая тенденция к увеличению содержания клетчатки и уменьшению БЭВ.

Результаты технологических анализов образцов пшеницы Саратовская-42, 1977 г.

Варианта	Выравненность, мм			Масса 1000 зерен, г	Стекло-видность, %	Поврежденность клопом-черепашкой, %	Клейковина в зерне				Показания альвеографа		
	2,5*2,0	2,0*2,0	1,7*2,0				Сырая, %	Показания прибора ИДК-1	группа, качество	Хар-ка клейковины	Р - упругость	L - растяжимость	W - «сила» муки, Дж
Контроль	63,8	35,3	1,1	30,6	80	1,3	28,4	95	II	удовл. слабая	99	65	258
Полив сточными водами	85,4	14,1	0,5	38,1	82	1,0	22,4	85	II	удовл. слабая	91	57	180

Содержание кормовых единиц в 1 ц зеленой массы люцерны и кукурузы увеличивается, а по переваримому протеину у них разницы практически нет. Наблюдается некоторый рост питательности поливной кукурузы по сравнению с богарной. Поэтому высокая урожайность в вариантах с поливом позволяет увеличить сбор с 1 га кормовых единиц, переваримого протеина, КПЕ и сухого вещества, соответственно, в 4,2; 3,3; 3,8 и 3,2 раза. У люцерны изменения в химическом составе и питательности незначительные, а урожайность при поливе выше, чем без полива, в 4,8 раза. Поэтому урожай орошаемой люцерны с 1 га превосходит урожай неорошаемой по сухому веществу в 4,5 раза, кормовым единицам в 5 раз и кормопротеиновым единицам в 4,7 раза.

Таблица 48

*Химический состав и кормовые достоинства культур при орошении сточными водами ОГК*

Показатель	Люцерна		Кукуруза		
	Полив сточной водой	Без полива	Полив сточной водой	Полив водой р.Урал	Без полива
Урожайность зеленой массы, ц/га	415,98	86,76	478,70	454,70	146,70
Вода, %	75,50	73,86	77,74	77,74	77,36
Протеин, %	19,50	20,00	9,19	8,17	8,66
Жир, %	2,73	2,83	2,31	2,50	2,37
Клетчатка, %	26,22	26,21	24,85	24,41	24,00
БЭВ, %	43,79	42,83	57,29	57,51	59,54
В 1 ц содержится:					
кормовых единиц, ц	0,22	0,21	0,18	0,16	0,14
Переваримого протеина	0,033	0,035	0,012	0,011	0,01
кормопротеиновых единиц (КПЕ), ц	0,258	0,262	0,144	0,129	0,12
Сбор с 1 га, ц:					
кормовых единиц, ц	91,51	18,22	86,12	72,75	20,53
переваримого протеина	13,73	3,04	5,74	5,00	1,76
кормопротеиновых единиц	107,32	22,73	68,93	58,65	18,19
сухого вещества	101,92	22,68	106,07	101,21	33,21

Сравнивая культуры по содержанию протеина в зависимости от условий опыта, можно отметить индивидуальные особенности в его накоплении растениями (табл. 49). Так, у люцерны преимущество в накоплении протеина имеет

богарный вариант. У кукурузы наблюдается обратная картина. При орошении сточными водами у нее увеличивается содержания протеина по сравнению с богарной и при поливе уральской водой. Причем разница между поливными вариантами находится в пределах 1,0%.

Таблица 49

*Аминокислотный состав кормовых культур, % к сырому протеину*

Аминокислоты незаменимые	Люцерна		Кукуруза		
	Полив сточной водой	Без полива	Полив сточной водой	Полив водой р.Урал	Без полива
Лизин-гистин	7,85	9,52	6,06	6,76	8,25
Аргинин	3,63	4,43	3,97	4,37	4,21
Треонин	3,62	3,46	3,62	3,94	4,00
Метионин-валин	5,40	5,57	5,54	5,31	4,99
Фенилаланин	3,56	4,60	4,77	4,25	4,46
Лейцин, изолейцин	7,48	8,03	9,63	9,51	9,35
Протеин (% сух.в-во)	19,5	20,0	9,19	8,17	8,66

При орошении сточными водами происходит некоторое снижение биологической ценности протеина у обеих изучаемых культур, причем у люцерны оно происходит более резко, чем у кукурузы. Сбор незаменимых аминокислот с 1 га определялся урожайностью, и несмотря на то, что в поливных вариантах происходит небольшое снижение биологической ценности белка, он гораздо выше у обеих культур при поливе. У люцерны в первом варианте сбор незаменимых аминокислот составил 6,27 ц/га, во втором варианте – 1,65 ц/га. У кукурузы – 3,29 ц/га; 2,82 ц/га; 1,03 ц/га соответственно.

Несмотря на более высокие урожаи зеленой массы люцерны и кукурузы на силос в сравнении с контрольными вариантами, необходимо отметить снижение содержания аминокислот при поливе сточными водами. Полученные результаты гипотетически объясняются наличием тяжелых и редких металлов в сточных водах и атмосферных выбросах, что приводит к их дисбалансу в растительных организмах.

Изучение макро- и микроэлементного состава растений (табл. 50) позволило выявить некоторые особенности у каждой культуры. У люцерны на богаре увеличивается содержание Са, Р, К, S, Mn. На участке, орошаемом

сточными водами – Na, Cu, Zn, причем довольно значительно. Так, количество Na возрастает приблизительно в 5 раз (от 0,029 до 0,138%), Zn – в 1,4 раза (от 30,16 до 43,50), Cu – в 1,2 раза (от 4,58 до 5,54 мг/кг). Кукуруза ВИР-42 при поливе сточными водами по сравнению с богарным вариантом накапливает больше Ca, P, Zn, Mn, Co. На богаре в растениях увеличено содержание Na и Cu, т.е. здесь мы видим картину, обратную той, которую наблюдали у люцерны.

Приведенные выше данные подтверждают некоторые установленные закономерности зависимости поглощения микроэлементов от их содержания в почве. Известно, что B, Mn, Zn, Al, Cu, и Mo снижают проницаемость протоплазмы для хлоридов, но в то же время под их влиянием увеличивается поступление P, Ca и K. Повышение концентрации F и Mn говорит об интенсивности синтетических процессов в растении. Последний участвует в важнейших реакциях фотосинтеза и является одним из необходимых и важных факторов фотосинтеза. Известна его роль в синтезе нуклеиновых кислот и белков. При его наличии увеличивается скорость обмена фосфора ДНК и РНК, а в листьях повышается синтез белкового азота и известна [327] роль фосфора, входящего в состав АТФ, АДФ, нуклеопротеидов и являющегося одним из главных элементов, от которого зависит нормальный ход синтетических процессов в растительном организме. Все это хорошо согласуется с отмеченным нами повышенным содержанием протеина у кукурузы на поливе сточными водами и у люцерны на богаре. Важно отметить, что наличие таких микроэлементов, как Cu, Zn, Mn, в 1 кг сухого корма, обеспечивает нормальное развитие животных. Поливы способствуют их накоплению, тем самым, увеличивая в конечном итоге сбор микроэлементов с 1 га. У кукурузы полив способствует повышению содержания Co, важного для животных микроэлемента. Таким образом, микроэлементов в растениях индивидуальные особенности в накоплении того или иного элемента.

Минеральный состав кормовых культур (в расчете на сухое вещество)

Вариант опыта	Сухое вещество	Зола	Са	Р	К	Na	S	Cu	Zn	Mn	Co
	%										
Люцерна Бродская местная											
Полив сточной водой	24,50	7,79	1,48	0,21	2,48	0,138	0,30	5,54	43,5	44,65	0,20
Контроль (без полива)	26,14	8,09	1,95	0,26	3,64	0,029	0,33	4,58	30,1	51,30	0,19
Кукуруза ВИР 42											
Полив сточной водой	22,64	6,35	0,50	0,24	1,44	0,018	0,125	4,06	20,1	67,70	0,26
Полив уральской водой	23,26	7,39	0,53	0,21	1,16	0,016	0,140	4,08	18,7	61,00	0,26
Контроль (без полива)	25,60	5,42	0,46	0,21	1,47	0,029	0,120	4,57	17,0	60,90	0,18

Данные химического состава яровой пшеницы (табл. 51) показывают, что по содержанию протеина в зерне и соломе вариант с поливом несколько уступает контролю. Необходимо отметить увеличение количества золы, жира, Cl и Na в опытном варианте, что видимо, связано с повышенным содержанием их в сточной воде.

Таблица 51

Химический состав яровой пшеницы Саратовская-42, %

Вариант опыта	Na	Cl	K	Ca	P	Зола	Жир	Протеин	Клетчатка	ВЭВ
Зерно:										
полив сточной водой	0,0081	0,12	0,46	0,13	0,42	1,70	1,76	13,7	2,22	70,69
без полива	0,0046	0,07	0,46	0,14	0,40	1,46	1,54	14,1	2,24	70,72
Солома:										
полив сточной водой	—	—	—	0,155	0,022	11,06	1,62	3,0	37,03	—
без полива	—	—	—	0,139	0,037	7,55	1,76	3,15	37,21	—

Таблица 52

## Аминокислотный и микроэлементный состав зерна и соломы яровой пшеницы

Вариант опыта	Лизин-гистидин	Цистин	Аргинин	Треонин	Аланин	Триозин	Метионин	Валин	Фенил-аланин	мг/кг			
										Cu	Zn	Mn	Co
Зерно: полив сточной водой без полива	4,5	4,3	4,8	14,4	17,5	14,9	3,4	5,5	13,2	3,2	22,7	19,7	0,125
	4,7	3,7	3,5	12,0	13,0	5,85	5,5	7,7	16,7	3,08	21,7	17,3	0,130
Солома: полив сточной водой без полива										0,8	8,6	13,6	0,125
										0,8	5,2	12,8	0,125

Если при орошении сточными водами наблюдалось снижение биологической ценности белка у люцерны и кукурузы, то пшеница по содержанию отдельных незаменимых аминокислот (лизин, гистидин, аргинин, треонин) несколько превосходит контроль (табл. 52).

Хотя в целом биологическая ценность белка яровой пшеницы в опытном варианте не снижается. Если учесть, что ее урожай в этом варианте выше в 3,5 раза, то соответственно увеличится и валовой сбор незаменимых аминокислот.

При повышенном содержании в сточных водах отдельных микроэлементов (Cu, Zn, Mn) их количество возрастает и в урожае яровой пшеницы. Видно, немаловажную роль сыграли микроэлементы при синтезе аминокислот и создании урожая в целом. Так, марганец, как было отмечено выше, участвует в важнейших реакциях фотосинтеза и в синтезе нуклеиновых кислот.

### **4.3. Оценка влияния атмосферных выбросов на почву и растения**

#### ***Влияние атмосферных выбросов на почву***

В процессе эволюции путем экологических регуляций и перестроек сложились определенные отношения между организмом и окружающей средой. Загрязнение воды, воздуха и почвы – есть прямой или косвенный результат деятельности человека. Токсическое загрязнение приобретает такие масштабы, что вызывает серьезные опасения. Если оно будет интенсивно продолжаться и дальше, то очень скоро наступит катастрофическое состояние [192]. По своим отдаленным последствиям оно опасно и для человека, который употребляет в пищу продукты, содержащие повышенные концентрации металлов (Hg, Pb и др.), пестицидов, радиоактивных и других веществ.

В то же время некоторые тяжелые металлы (Cu, Ag, Mn, Fe, Zn и др.) являются незаменимыми компонентами нормальной жизнедеятельности организма. Известно, что для нормального развития организма важно не только наличие в окружающей среде какого-либо элемента, но и их определенный набор и соотношения. Резкое увеличение содержания одного или нескольких элементов

в среде переводит их в разряд токсикантов. Излишнее поступление металлов вызывает необратимые изменения и нарушения функций у всех живых организмов – от микробов до человека.

Установившиеся соотношения в экосистеме нарушаются за счет промышленных отходов, что ведет к резкому увеличению концентрации металлов в окружающей среде, созданию геохимических аномалий с последующим их распределением и усвоением растительными и животными микробиологическими организмами, а некоторая часть выносится поверхностными и грунтовыми водами.

Биологические системы используют ионы металлов как свою составную часть [41]. Металлы играют решающую роль в катализе структурных компонентов больших молекул со специфическими функциями. Из биологически активных металлов самые легкие, такие как Na, K, Mg и Ca, присутствуют в больших количествах и индивидуально используются для поддержания состава биологических жидкостей, структуры и функции клеточных мембран, синтеза белков, проведения нервных импульсов и сокращения мускулов. Ca необходим для образования структур – ригидных или гибких, но он же (как и Mg до некоторой степени) может служить триггером многих реакций; Na и K действуют главным образом как переносчики заряда. Как электролиты они контролируют физиологические свойства жидкостей, тканей и мембран.

Тяжелые переходные металлы, например Fe, Co, Cu, Mn, присутствуют в минимальных количествах и участвуют в определенных специфических процессах. Окислительно-восстановительному равновесию иногда содействуют Cu, Co, Mo и Mn; Zn, Mg и Mn необходимы для гидролиза. Помимо этого, металлы необходимы для функционирования различных ферментов в качестве активаторов ферментно-металлических субстратных комплексов, а также встроенных недиализуемых компонентов. Переходные металлы играют важную роль в образовании прочных координатных связей в фиксированных положениях иммобилизованных белковых молекул. Металлы могут быть прямо связаны с белками или же прикрепляются к ним через органический лиганд, например

гем. В таком виде металлы функционируют главным образом как катализаторы, т.е. они индуцируют или усиливают энзиматическую активность, находясь в активных центрах молекул ферментов.

Токсические металлы очень широко распространены в биосфере, где они служат составной частью того химического окружения, с которым контактируют живые существа. Индустриальные и бытовые процессы, использующие металлы поставляют значительные количества потенциально опасных (токсических) тяжелых металлов в воду, почву, атмосферу, которые затем проникают в пищевые цепи, существенные для человека.

Молекулярный механизм токсичности тяжелых металлов не вполне ясен. Существует общее мнение, что металлы токсичны, благодаря своей способности связываться с такими жизненно важными лигандами, как сульфгидрильные, аминок- и фосфатные группы. В результате такого взаимодействия токсичные металлы могут инактивировать белки, смещая металлические кофакторы, блокируя активные участки или вызывая аллостерические изменения [339]. Многие металлы связываются с компонентами мембраны, изменяя ее проницаемость и энзиматическую активность, а кадмий и ртуть способны индуцировать мутагенез, канцерогенез и вызвать макроскопические изменения.

Токсичность тяжелых металлов тесно связана с их физическими, химическими и физико-химическими свойствами: электронной конфигурацией, электроотрицательностью, ионизацией, величиной окислительно-восстановительного потенциала, сродством к отдельным химическим группам и связанной с ним проницаемостью оболочки, способностью к образованию более или менее прочных соединений с рядом функциональных группировок на поверхности или внутри клеток, белков и т.п., а также как со строением самого металла, так и с функциональной и структурной организацией биологического объекта.

Металлы - загрязнители аккумулируются в почвах, где и происходит их дифференциация. Характерная их способность – быстрое убывание концентраций от источника к периферии. Так, в 500 м от свинцово-цинкового комбината содержание Pb в почве достигало 240 мг/кг, а As – 37 мг/кг, что сказалось в де-

сятки раз больше, чем в контрольных образцах [236]. Изучение влияния дымов комбината «Североникель» в Мончегорском районе, показало [234], что благодаря наличию ветров загрязнение почв сохраняется на расстояниях 4–5 км. Здесь в торфяно–подзолистых почвах (до глубины 20–30 см) отмечалось значительное накопление Cu (до 90 мг/кг), Co (до 40 мг/кг), Ni (до 120 мг/кг).

По данным Международного совета научных основ ООН по проблемам окружающей среды при изучении уровня загрязнения биосферы необходимо в первую очередь учитывать содержание тяжелых металлов – Hg, Pb и Cd, как наиболее критической группы веществ, увеличение концентрации которых в почве, воде, воздухе и биоте, служит прямым показателем опасности для человека и животных. Например, в Донецкой области, в почвах, водах и растениях которой обнаружены повышенные в сравнении с кларком концентрации тяжелых металлов, в тканях печени больных раковыми заболеваниями значительно выше содержание Zn, Cu, Mn, что способствует некрозу печеночных клеток. Микробиологическая активность глинистой и песчаной почв подавлялась при внесении Pb в разных дозах. В гумусовых почвах при внесении высоких доз Cd и Pb в процессе инкубации отмечалось значительное увеличение минерализации азота. Такие металлы как Pb, Cd, V, Ni, снижали фосфотазную и уреазную активность почв. Отмечено усиление токсичности при совместном их присутствии и взаимодействии. Например, при наличии Cu ингибирующее действие Cd на микробиологическую активность усиливается в несколько раз.

По данным западно-европейских ученых, рН атмосферных осадков за последние годы уменьшилась с 5,5–6,0 до 4,0, а часто до 3,0–2,8, что усиливает рН серых и других лесных почв, а также поверхностных вод. В следствие этого процесса могут наблюдаться потери ионов Ca, Mg, K, активизация и мобилизация Al, Fe, Mn, связывание P (биогеохимические явления). Среди них одно из самых неблагоприятных – активизация токсического эффекта Hg, Pb, Cd.

По данным геохимической лаборатории РГУ [234] в окрестностях г.Ростова обнаружены геохимические аномалии: по Pb – 60–100 мг/кг, Cu –

130–200 мг/кг, V – 220–400 мг/кг, в которых кларковые значения превышены в 1,5–4 раза.

Реальный уровень загрязнения почвы – результат двух противоположных явлений: интенсивности аэрогенных выбросов, оседающих на почву, и скорости процессов самоочищения, происходящих в ней. Самоочищение в свою очередь может происходить пассивно, как перенос токсикантов в контактирующие среды, так и активно – в результате деятельности микроорганизмов, приводящей к минерализации.

С.М. Сафонниковой с соавт. [269] отмечает загрязнение почв ингредиентами выбросов нефтехимического производства. Из 32 изученных элементов для 17-и обнаружено превышение фонового уровня или ПДК. Больше всего тяжелые металлы накапливаются в овощных культурах, а в пределах рельефа – в пойме. Так, концентрация Ni в пойменных почвах больше, чем на возвышенности, в 23, Cr – в 8, Mn – в 3, Cu – в 15 и Zn – в 4 раза.

Повышенное содержание многих тяжелых металлов обнаружено на сильно загрязненных почвах в дикорастущих растениях [101].

Изучению загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами посвящены также работы А.Б. Бигалиева [31], Н.К. Христофоровой [311], Р.И. Пельтихиной [237], А.Ж. Калиева [121–125, 127,128] и др.

Оренбургское газоконденсатное месторождение (ОГКМ) занимает около 2000 км<sup>2</sup> и располагается в Оренбургском, Илекском и Переволоцком районах Оренбургской области. Добыча природного газа и конденсата ведется управлением «Оренбурггаздобыча», которое включает 11 установок комплексной подготовки газа (УКПГ), 2 дожимные компрессорные станции (ДКС) и 3 установки регенерации метанола. По данным Оренбургского отдела оптимизации природопользования и охраны геологической среды [249] ежегодные выбросы в атмосферу из перечисленных объектов составляют, т: NO<sup>+</sup> – 16,4; CO<sup>+</sup> – 109; NO<sub>2</sub><sup>+</sup> – 13,2; H<sub>2</sub>S<sup>+</sup> – 0,26; SO<sub>4</sub><sup>2+</sup> – 305; RSH<sup>+</sup> – 0,61; (смесь природных меркаптанов) RCH-151 (углеводороды) Сажа–166. При сжигании неочищенного газа в

год образуется до 496 кг твердых и 2500 т газовых выбросов. Твердые выбросы включают около 30 элементов. В табл. 53 приведены объемы наиболее распространенных редких и тяжелых металлов.

Переработка природного газа осуществляется на газоперерабатывающем заводе, который включает установки очистки сырьевого газа от сероводорода и углекислоты, стабилизации конденсата и получения серы.

Таблица 53

*Состав твердых веществ*

Элемент	Объем, кг/год
Zn	323,77
Na	73,37
Ca	40,00
Pb	11,13
Cu	10,36
Mn	9,90
K	9,74
Bi	7,73
Sr	2,96
Cd	2,90
Cr	2,09

По данным технического отдела завода ежегодные выбросы в атмосферу определены в следующих размерах, т:

	1988 г.	1989 г.	1990 г.	1 полугодие 1991 г.
Всего	101859	72603	60988	24449
В том числе:				
SO <sub>2</sub>	92126	63327	51469	21030
CO	5682	5784	4832	1763
NO <sub>2</sub>	723	734	585	352
RCH	2864	2315	2085	814
H <sub>2</sub> S	19	19	1617	410
RSH	11	11	10	14
Сажа	434	413	390	66

В составе твердых веществ газохимического комплекса обнаружены элементы: Fe, Al, Zn, Mn, Cr, Mg, Ni, B, Cu, Ba, Ti, Pb, Sr, Mo, Cd, Li.

Носителем основной массы тяжелых металлов в атмосфере являются аэрозоли – твердые частицы, взвешенные в воздухе и на которых конденсируются пары воды, размером от нескольких до 0,1 мкм и менее. Частицы крупнее 10 мкм, попавшие в атмосферу, быстро осаждаются. До 80–90% микроэлементов,

содержащихся в аэрозолях, связаны с частицами размером около 1 мкм [203]. Время пребывания таких частиц в атмосфере около 5 сут., а наиболее мелкие частицы остаются в атмосфере свыше 3–4 недель [1].

Для определения степени влияния атмосферных выбросов на химический состав почв территории прилегающей к ОГХК были выбраны опытные участки с учетом ветрового режима, привязанные к следующим населенным пунктам: I зона – М.Павловка (до 5 км от ОГХК) на северо-востоке (СВ), Х.Ключи (до 5 км) ЮВ; II зона – Черноречье, ЗПО (10 км) ЮЗ, Родничный Дол (15 км) З, П.Покровка (15 км) ЮВ; III зона - Сырт (20 км) З, Н.Павловка (20 км) ЮЗ, Учхоз ОГСХА (20 км) ЮВ; IV зона – Донецкое (35 км) З, Никольское (35 км) ЮЗ, К.Озерное (50 км) ЮВ (рис. 35).

Исследуемая территория расположена в центральной зоне Оренбургской области. Основное направление ветров в летнее время – юго-восточное. В целом, за год роза ветров по ст.Сырт выглядит следующим образом:

13	8	13	13	14	10	15	14	4
С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Ш

Рельеф имеет холмистый характер, расчленен балками и оврагами. Гидрографическая сеть представлена реками Урал, Сакмара и Каргалкой и овражно-балочной системой. Летом ручьи и речушки по оврагам пересыхают, для сохранения воды делают запруды и строят пруды.

Грунтовые воды залегают на глубине 20–25 м. Изучаемая территория расположена в степной зоне, в подзонах южных и обыкновенных черноземов. Мощность гумусового горизонта – 25–40 см. По механическому составу почвы представлены глинистыми, среднесуглинистыми, легкосуглинистыми разновидностями.

Территория хозяйств расположена в полосе типчаково–ковыльных степей с преобладанием в травостое ковыля Тырса, типчака, тонконога стройного, костра степного и др. Древесная растительность сохранилась в пойме рек Урал,

Сакмара и Каргалка и состоит из ветлы, тополя и березы. Кустарники представлены чилигой и различными видами ив. Целинные участки с естественной травянистой растительностью сохранились лишь по балкам, крутым водораздельным склонам и холма с эродированными почвами.

С помощью геохимических методов анализа можно получить объективную количественную оценку техногенного влияния на среду. Геохимическое картографирование техногенных аномалий позволяет зафиксировать на местности интегральный эффект загрязнения и определить границы зон влияния основных источников загрязнения [285].

Почвы в силу своих природных свойств способны накапливать значительные количества загрязняющих веществ. Санитарно–гигиенический подход к выбору критериев экологической оценки почв (грунтов) определяется, с одной стороны, возможностью переноса загрязняющих веществ в воздух и воды этих территорий, а с другой – непосредственным влиянием отдельных показателей на здоровье населения.

В настоящее время в Российской Федерации существуют только временные критерии оценки экологической обстановки территории (КОЭО) для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия, принятые Министерством охраны окружающей среды и природных ресурсов 30 ноября 1992 г., согласно которым основным критерием химического загрязнения почв является суммарный показатель, представляющий сумму коэффициентов концентрации отдельных компонентов.

М.А.Глазовская [56] предложила в качестве показателя «нормального» функционирования почвенной системы считать количество и качество вновь создаваемого живого вещества. Причем биологическая продуктивность не должна понижаться, в биомассе не должны накапливаться элементы и соединения в количествах, нарушающих жизненные функции, а в почвенной биоте должен сохраняться полезный генофонд.

Предложено [234] считать токсичным такое содержание в почве тяжелых металлов, при котором урожай или высота растений снижаются на 5–10%.

И.Г.Важенин [234] в качестве общей основы для группировки почв по валовому содержанию тяжелых металлов предлагает использовать их кларковые содержания в почвах по Виноградову, (мг/кг): Mn – 800, Cr – 200, Zn – 50, Ni – 40, Pb – 10, Co – 8. Пределы токсичности Mn в зависимости от содержания органического вещества в почве и pH устанавливать от 200 мг/кг (до 20% гумуса) до 60 мг/кг (8–15% гумуса).

Для характеристики уровня загрязненности черноземных и каштановых почв наиболее подвижными формами тяжелых металлов (I группа – 1 фон, II группа – 2 фона) рекомендуется использовать ацетатно–аммонийный раствор с pH=4,8.

В Кольском НИИ общей и коммунальной гигиены предложены ПДК для некоторых тяжелых металлов – содержание Pb в растительных продуктах, употребляемых в пищу равно 8,5 мкг/%, в почве – 2,3–3,2 мг/кг.

В работах Е.Д.Астрахан [333, 334] предложен суммарный показатель приращения энергии загрязнения почв металлами, использующий дополнительно к величине коэффициента концентрации (КК) каждого металла максимальную величину его энергетического коэффициента (ЭК) по А.Е.Ферсману.

В настоящей работе оценка состояния почв зоны по суммарному показателю загрязнения (СПЗ) металлами, в основе которого лежит КК каждого металла, а также по критериям ГСЭУ, ПДК, разработанным В.В.Ковальским, и фоновым концентрациям.

Суммарный показатель химического загрязнения рассчитывали в соответствии с критериями оценки экологической обстановки территории для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации (ЧЭС) и экологического бедствия (ЭБ), утвержденными Министерством ООС и ПР России от 30.11.92:

$$Z_c = K_{c1} + \dots + K_{cn} - (n - 1), \quad (17)$$

где n – число определяемых элементов;  $K_{ci}$  – коэффициент концентрации i-го загрязняющего вещества, равный частному от деления массовой доли i-ого вещества в загрязненной и «фоновой» почве для тяжелых металлов. Для загрязняющих веществ природного происхождения коэффициенты концентрации

определяют как частные от деления массовой доли загрязняющего вещества и его предельно допустимой концентрации.

В таблице 54 приведены максимальные и минимальные значения содержания элементов в почве по мере удаления территории от источника загрязнения. На основании этих данных выполнены расчеты по формуле (18) для оценки почв по суммарному показателю химического загрязнения (табл. 55).

Таблица 54

*Содержание наиболее распространенных металлов  
в почвах и их ПДК, мг/кг*

Расстояние от источника загрязнения	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	V	Ti	Mo	Mn
5–10 км										
min	30	90	20	40	12	130	70	3500	1,5	600
max	40	100	40	70	17	300	90	4500	2,0	800
15–20 км										
min	45	81	16	91	3,7	36	114	4110	3,2	810
max	91	136	36	460	32	1840	272	6340	5,0	1380
30–35 км										
min	20	50	15	80	10	150	100	4000	2,0	600
max	40	100	22	300	20	2000	150	5000	4,0	1100
ПДК по Ко- вальскому Требования ГСЭУ	60	70	28	50	30	1000	–	–	4,0	3000
ФОН	3*	23*	32	4*	5*	–	–	–	–	–
	25	56	43	40	15	600	100	7100	4	1210

\* Подвижная форма

Согласно критериям экологического состояния почв, ситуация считается относительно удовлетворительной когда суммарный показатель химического загрязнения ( $Z_c$ ) ниже 16. Из табл. 55 видно, что на исследуемых территориях они находятся ниже этого уровня. Во всех направлениях наибольшее загрязнение почв в слое 0–30 см наблюдается на отметке 20 км. В пределах этой отметки выделяется т.Сырт, где  $Z_c$  равен 13,17. Вблизи источника выбросов (Х.Ключи, Черноречье, М.Павловка) отмечается слабое загрязнение тяжелыми металлами. Далее 20 км отметки также установлено снижение  $Z_c$ . В целом всю исследуемую территорию в радиусе 30 км от ОГХК можно определить как относительно благополучную в экологическом состоянии почв.

Анализ содержания в почвах отдельных элементов, по которым определены предельно-допустимые концентрации, дает основание считать, что не все благополучно. Так, на уровне ПДК и выше фоновых значений находится концентрация Cu на отметке 20 км (Сырт, Учхоз), почти во всех точках они превышены по Ni (Учхоз – в 2,5 раза, К.Озерное – в 2, Р.Дол в 2,5, Донецкое – в 4,3, Сырт – в 7,6) и Zn. Высокое содержание Cr также отмечается в пунктах Сырт и Донецкое (выше фоновых концентраций). Необходимо учесть, что анализируемые данные представляют средние значения за 3 года наблюдений, а в отдельных точках обнаружены более высокие показатели по Cu, Zn, Ni, Cr.

Таблица 55

*Суммарный показатель химического загрязнения почв (Zc) исследуемых территорий (мг/кг)*

Направление, удаленность, насел.пункт	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	V	Ti	Mo	Mn	Zc
СВ, 5 км, М.Павловка	43	100	31	60	15	157	83	4170	2,0	700	0,23
В. 5 км Х.Ключи	43	100	30	57	14	157	77	4000	1,8	730	-0,05
В.10 км П.Покровка	35	97	33	63	14	250	90	4170	1,7	730	0,07
В. 20 км Учхоз	51	78	24	122	21	425	170	5220	3,9	920	3,87
В.50 км К.Озерное	33	67	22	100	20	433	150	4900	4,0	930	2,19
ЮЗ. 10 км Черноречье	37	100	28	50	16	150	83	4000	1,8	630	-0,4
ЮЗ. 20 км Н.Павловка	41	77	20	83	21	388	173	4880	1,8	860	2,04
ЮЗ. 35 км Никольское	33	77	18	97	18	217	150	5000	3,0	900	1,40
З. 15 км р.Дол	40	77	25	133	17	407	117	4330	2,6	830	3,78
З. 20 км Сырт	59	94	20	383	22	1530	214	4430	3,5	1040	13,2
З.35 км Донецкое	40	73	20	217	15	1500	133	4000	3,3	600	6,23
СЗ	25	56	43	40	20	600	100	7100	4,0	1210	–
ПДК	60	70	28	50	30	1000	–	–	4,0	3000	–

Расчеты суммарного показателя химического загрязнения по максимальным значениям содержания тяжелых металлов в почвах исследуемых террито-

рий (табл. 56) показывают, что в радиусе 15–20 км наблюдается превышение требований ( $Z_c=19,15$ ) к территориям, относящимся относительно удовлетворительной ситуации.

При определении границы распространения твердого вещества в снежном покрове предлагается использовать способность почвы к самоочищению. Благодаря этой способности ареалы повышенного содержания химических элементов в почвах, как правило, значительно меньше ареалов загрязнения снежного покрова. Поэтому за границу самоочищения почв принимается то количество техногенного вещества в снежном покрове, при поступлении которого начинается накопление химических элементов в почве [77].

Максимальные значения по таким элементам, как Ni и Zn нами обнаружены в снежном покрове, так и в почвах на отметке 20 км у населенных пунктов Сырт (Переволоцкий район), Н.Павловка и в Учхозе ОГСХА (см табл. 42, 56). Нельзя точно утверждать, что максимальное накопление элементов на отметке 20 км связано с выбросами газоперерабатывающего комплекса, но в пользу этих выводов свидетельствует ассоциация элементов, имеющих повышенные концентрации в снежном покрове, почвах, растениях и выбросах ОГХК:

Выбросы	...Zn, Mn, Sr, Pb, Cr, Mg, Ni, B, Cu, Ba, Ti, Cd
Снег	...Zn, Ti, Mn, Sr, Pb, Cu, Ni, Ba, Cr, Sn, Cd
Почвы	...Ti, Mn, Cr, Sr, Zn, Cu, Ni, Pb, Co
Растения	...Ti, Mn, Zn, Sr, Cu, Ni, Cr, Pb, Co

Это дает основание считать, что ОГХК является основным источником загрязнения окружающей среды в пределах исследуемых территорий.

Наличие загрязнений в радиусе 20 км и далее подтверждает выводы ученых о том, что носителем основной массы тяжелых металлов в атмосфере являются аэрозоли и время пребывания частиц размером до 1 мкм до 5 суток, а наиболее мелкие остаются в атмосфере свыше 3 – 4 недели [1, 203].

*Суммарные показатели химического загрязнения  
(Zc) по максимальным значениям концентрации тяжелых металлов*

Показатели	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	V	Ti	Mo	Mn
Зона от 5 до 10 км										
Сi, мг/кг	45	100	40	70	17	300	90	4500	2,0	800
CS, мг/кг	25	56	43	40	20	600	100	7100	4,0	1210
Ксi	1,8	1,8	0,9	1,75	0,85	0,5	0,9	0,63	0,5	0,66
Zc = 1,3										
Зона от 15 до 20 км										
Сi, мг/кг	91	136	36	460	32	184	272	6340	5,0	1380
CS, мг/кг	25	56	43	40	20	600	100	7100	4,0	1210
Ксi	3,64	2,43	0,84	11,5	1,6	3,1	2,72	0,89	1,25	1,14
Zc = 19,15										
Зона от 30 до 35 км										
Сi, мг/кг	40	100	20	300	20	2000	150	5000	4,0	1100
CS, мг/кг	25	56	43	40	20	600	100	7100	4,0	1210
Ксi	1,6	1,8	4,5	7,5	0,1	3,3	1,5	0,7	0,1	0,9
Zc = 10,55										

**Влияние выбросов на растения.** Растительный покров является одним из наиболее чувствительных к промышленному загрязнению компонентов биосферы. Растения отрицательно реагируют на присутствие в воздухе даже низких концентраций токсических веществ. Наиболее токсичны для растений такие газы, как фтор, хлор, сернистый ангидрид, окислы азота. Опасность повреждения растений возрастает при одновременном присутствии нескольких газов в атмосфере [69]. В результате действия фитотоксичных газов у растений наблюдаются изменения физиологических процессов и биохимического состава. Наиболее часто снижается ассимиляция CO<sub>2</sub>, изменяются интенсивность дыхания и транспирации. Изменение биохимического состава растений происходит при нарушении важнейших процессов обмена веществ [43].

Изучению влияния аэрозагрязнения на физиологические и биологические процессы, происходящие в растениях, а также механизмов этого влияния посвящены процессы работы, основные результаты которых обобщены в ряде монографий [44, 105, 338]. Химический состав растений определяется рядом факторов, важнейшими из которых являются генетический контроль, экологический фактор и возраст растений [104].

По мнению М.И.Макарова и А.В.Костенко [43], к основным путям воздействия промышленного загрязнения на формирование химического состава растений относятся изменение концентрации элементов в почве в результате их поступления с атмосферными выбросами и накопления в почвенном профиле; поглощение ряда элементов в виде газообразных соединений атмосферных выбросов и накопление их в тканях; нарушение обмена веществ в результате воздействия фитотоксичных соединений.

Наземные органы растений весьма активно реагируют на повышение концентрации химических элементов в почве: увеличивается их содержание в тканях и они накапливаются выше уровня, необходимого для обеспечения нормального роста и развития растений [345]. Химический состав зеленой массы и зерна сельскохозяйственных культур, выращенных на различном расстоянии от газоперерабатывающего комплекса показан в табл. 57. Полученные данные сравнивали с фоновыми концентрациями (кларком) центральной зоны Оренбургской области [286]. В зеленых растениях и зерновых культурах обнаружена тенденция к снижению количества протеина вблизи источника выбросов. В растениях кукурузы в фазу 9–10-го листа наблюдается уменьшение содержания Р при параллельном увеличении содержания Са, что привело к изменению соотношения между ними. Кукуруза накапливает больше Си и меньше Zn в сравнении с фоновыми показателями. По мере созревания зерновых культур снижается количество клетчатки в урожае. Поглощение растениями фитотоксичных газов из атмосферы, видимо, изменяет течение физиологических процессов, что в конечном счете сказывается на питательной ценности урожая.

Несмотря на огромные выбросы сернистого ангидрида, содержание серы в растениях невелико – от сотых до десятых долей процентов, что ниже кларковых концентраций. Примерно эти же величины характерны для растений овса и тимофеевки вблизи АО «Азот» Московской области. Об увеличении содержания клетчатки и жира и снижении протеина в зерне ячменя сообщается в работе Л.А.Гришиной и М.К.Нургалиева [69].

## Химический состав зеленой массы кормовых культур

Раст. от вода, ми	Культура	Первоначальная влага, %	Содержание в воздушно-сухом веществе										
			Протеин, %	Жир, %	Зола, %	Клетчатка, %	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	Pb, мг/кг	Fe, мг/кг	Ca, %	P, %	Sa/P
2	Кукуруза (9-й лист)	82,1	9,06	2,40	5,10	23,79	3,8	31,1	2,27	128,6	0,51	0,16	3,2
3	Донник	42,67	14,27	2,15	5,00	28,51	4,4	12,9	2,27	26,6	0,52	0,19	2,7
3	Пырей	38,0	8,21	4,02	5,10	28,80	3,8	15,3	1,52	43,3	0,51	0,11	4,6
5,2	Кукуруза (10-й лист)	89,67	11,23	1,94	6,33	29,98	6,8	35,9	–	93,1	0,42	0,33	1,3
200 м	Суданская трава	79,12	8,16	1,82	5,52	32,79	6,9	26,4	–	66,2	0,36	0,29	1,2
7	Кукуруза (9-й лист)	8,31	9,70	3,0	6,00	21,99	6,5	23,3	2,27	75,0	0,42	0,17	2,3
7	Просо	65,24	8,35	3,70	3,70	22,88	2,5	16,5	–	75,0	0,52	0,18	2,9
10	Кукуруза (9-й лист)	84,55	8,91	1,83	5,40	24,81	5,0	38,9	–	87,6	0,37	0,12	3,1
10	Суданская трава (молочно-восковая спелость)	68,05	7,90	1,66	5,90	32,58	5,0	36,7	–	119,5	0,34	0,17	2,0

М.Павловка

Приуральский

Черноречье, ЗПО

А.Есенбаевым и М. Мустахмедовым [90] изучены факторы, определяющие питательную ценность кормов.

В настоящей работе особое внимание уделено наличию тяжелых и редких металлов в растениях, так как они обладают чрезвычайной реакционной способностью и могут образовывать прочные комплексы со многими органическими соединениями, окружающими живую клетку. Механизм действия металла как активатора биохимических процессов в первую очередь определяется формой связи между компонентами, составляющими отдельную ферментную единицу, т.е. между металлом, специфическим белком и простетической группой.

Металлокомплексные соединения обладают разной степенью прочности. Некоторые из них так прочно удерживают металл, что его невозможно обнаружить даже самыми чувствительными методами. Поэтому содержание металлов в растениях, полученное методом спектрального анализа показывает их наличие в неполном объеме, хотя по этим данным можно судить об их аккумуляции в растениях.

В настоящее время определены пороговые концентрации отдельных элементов в растительных организмах и имеются данные о токсичности в зависимости от их соотношения. В частности токсическое действие Ni зависит от наличия в растениях Cu, Zn и Co, а Mn – от наличия Pb. Токсичность Ni подавляют Cu, Zn и Co, а Pb – Mn. В то же время известно, что Mn усиливает токсичность Cu.

Реальное содержание тяжелых и редких металлов в растениях исследуемых территорий (табл. 58 – 60) сравнивали с биологическими нормами В.В.Ковальского, Госсанэпидуправления (ГСЭУ), фоновыми значениями по стране и Оренбургской области [146,147,159,205]. Пятикилометровая зона определена как санитарная, из нее выселено население, здесь не возделываются сельскохозяйственные культуры, используемые в продовольственных целях. Поэтому с экологической точки зрения особый интерес вызывает изучение загрязненности территорий, расположенных в радиусе 5, 10, 20 км и более, соответственно I, II, III и IV зоны.

Высокое содержание тяжелых металлов в почвах исследуемых территорий оказало влияние на их концентрации в растениях. Максимальные концентрации в кормовых культурах обнаружены в I зоне (макс значения) по Cr, V, Ti, Sr, Mn – они превысили фон соответственно в 5,4; 90 и 3000 раз. Во II зоне, так же как и в почвах максимальные значения приходятся на Zn (1,2 фона), Ni (3,7) и Co (1,4).

Таблица 58

*Содержание наиболее распространенных металлов в кормах и ПДК, мг/кг*

Расстояние от источника загрязнения	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	V	Ti	Mo	Sr	Mn
5 км											
min	1,2	7,5	0,15	0,5	0,07	0,75	0,25	2	0,15	0	15
max	3,6	18	2,7	9,0	1,4	27	9,0	364	03	36	73
20–25 км											
min	2,5	13,6	0,5	0,5	0,07	0,14	0,1	1	0,08	0	14
max	7,5	60	1,6	11,2	0,25	1,4	0,4	5	1	7,5	40
30–35 км											
min	1,4	12,5	0,2	0,12	0	0,18	0,06	1,7	0,06	0	20
max	7,0	20	4,2	3,7	0,1	5	1,5	14	0,5	7,5	25
ПДК по Ковальскому	40	100	–	–	–	–	–	–	2	–	70
Требования ГСЭУ	30	50	5	3	1	0,5	–	–	2	–	2000
Фон по стране	10	5	0,55	3	18	5	0,1	0,1	–	1	620

Из кормовых культур наибольшая аккумуляция металлов характерна для растений люцерны при поливе сточными водами. Практически все культуры накапливают выше фоновых значений Pb, V, Ti. Интенсивное накопление Zn обнаружено в растениях люцерны (3 фона), кукурузы (3–16) и суданской травы (>2 фоновых значений). Содержание Cr в люцерне при поливе сточными водами достигает 5 фоновых концентрации, Ni – 3 (табл.59).

Особенно необходимо отметить загрязнение Zn, Pb, Ni, Cr, Ti, V продовольственных культур: пшеницы и ячменя (табл.60). Их концентрации находятся на уровне, превышающее кларковые значения в 2–7 раз. Зависимость валового содержания основных элементов (Cu, Zn, Pb, Ni, Cr, Mo, Mn) в кормах от их концентрации в почве выражается коэффициентом корреляции (r), равным 0,83.

Таблица 59

Среднее содержание элементов в кормовых культурах, мг/кг

Место отбора образца	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	V	Ti	Mo	Mn	Sr
Мужичья Павловка	2,2	5,5	0,83	5,5	0,17	1,7	0,55	4,4	0,17	27	16,6
Холодные Ключи	2,2	8,3	0,56	1,7	0,08	1,7	0,55	5,5	0,17	33	-
П.Покровка	3,3	16,7	2,2	5,5	0,44	16,6	2,8	111	0,17	33	11,1
Учхоз ОГАУ	5,5	83	3,0	3,0	0,22	0,33	0,28	3,3	0,28	33	-
Черноречье, полив сточной водой	2,2	8,3	0,23	2,2	0,12	3,3	0,83	111	0,17	27,8	-
Родничный Дол	1,2	4	0,24	2	0,16	0,8	0,4	0,4	3,2	0,12	0,18
Черноречье, полив сточной водой	3,2	12	0,4	1,2	0,12	1,2	1,2	0,32	4	0,16	0,18
Подгородняя Покровка	1,2	8	0,24	2	0,12	2,4	2,4	0,32	3,2	0,12	0,27
Родничный Дол, полив сточной водой без полива	3,6	18,2	2,7	9,1	1,4	27	9,1	360	0,18	73	36
Черноречье, полив сточной водой	1,8	5,4	0,45	2,7	0,27	2,7	0,91	14	0,18	36	27
Черноречье, полив сточной водой	3,6	7,3	0,91	4,5	0,45	4,5	1,4	180	0,27	36	36

Таблица 60

Содержание тяжелых и редких металлов в зернах ячменя и яровой пшеницы, мг/кг

Место отбора образца	Cu	Zn	Pb	Ni	Co	Cr	V	Ti	Mo	Mn	Fe
Подгородняя Покровка ячмень	1,6	7,9	0,16	0,5	0,08	0,79	0,26	2,1	0,16	21	13,2
Учхоз ОГАУ ячмень	3,4	14,5	0,34	1,4	–	2,6	1,0	1,8	0,34	16	5,2
пшеница	1,5	21	0,9	0,4	–	0,17	0,06	1,1	0,15	42	6,0
Каменно-Озерное ячмень	3,4	18,4	0,39	1,6	–	3,4	1,0	1,8	0,26	21	10,5
пшеница	1,5	13,0	0,5	0,3	0,04	0,2	0,06	2,8	0,17	27	8,5
Черноречье ячмень	1,7	10,5	0,16	1,6	0,08	1,3	0,39	2,6	0,26	16	13,2
Нижняя Павловка ячмень	3,9	14,5	0,26	0,26	–	0,39	0,13	2,4	0,18	23,7	77,9
пшеница	1,9	27	0,4	5,3	0,04	0,15	0,08	1,3	0,11	53,2	10,6
Никольское ячмень	3,9	23,7	0,24	1,4	–	2,4	1,0	3,4	0,5	16	7,9
пшеница	1,5	21,0	0,4	1,3	0,06	2,8	0,13	3,2	0,21	27	42
Родничный Дол ячмень	3,9	16	0,39	1,7	–	5,2	0,13	3,9	0,39	21	16
пшеница	2,5	19	0,03	1,1	–	0,4	0,06	2,1	0,11	13	11,7
Сырт ячмень	3,4	14,5	0,66	0,79	–	0,79	1,8	2,1	0,66	21	12,2
пшеница	3,2	27	1,5	1,5	0,12	1,1	0,17	1,1	0,15	31,9	21
Донецкое ячмень	2,4	13,2	3,4	1,44	0,05	3,4	0,13	3,4	0,18	18,4	14,5
пшеница	1,9	19	0,7	1,7	0,04	0,4	0,11	3,2	0,06	21,0	53
Фон по стране	10	5,0	0,5	3,0	18	5,0	0,1	0,1	1,2	620	200
ПДК по В.В.Ковальскому	40	100	–	–	10	–	–	–	2,0	70	–
Нормы ГСЭУ	30	50	0,5	1,0	1,0	0,5	–	–	2,0	2000	200

Степень влияния отдельных элементов ( $X_1, X_2 \dots X_n$ ), находящихся в почве на концентрацию какого-либо элемента в растениях ( $Y$ ) выражается уравнением множественной корреляции:

$$Y_x = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 \dots + a_n X_n \quad (18)$$

Содержание  $Ni$  в кормах ( $Y$ ) в зависимости от наличия в почве  $Ni$  ( $X_1$ ),  $Cu$  ( $X_2$ ) и  $Zn$  ( $X_3$ ) выражается уравнением:

$$Y_x = 0,04 X_2 - 0 X_3 \quad (19)$$

При коэффициенте множественной корреляции,  $R_{yx}=0,48$ , можно судить о слабой связи между изучаемыми факторами. При сочетании  $Co$ ,  $Cu$ ,  $Zn$  в почве зависимость принимает следующий вид:

$$Y_x = 0 + 0,05X_1 + 0,02X_2, \text{ при } R_{yx}=0,649, \quad (20)$$

Можно сделать заключение, что концентрация  $Ni$  в кормах находится в прямой зависимости от наличия в почве  $Co$  и  $Cu$ , т.е. они способствуют поступлению  $Ni$  из почвы.

Обзор отечественных и зарубежных исследований показывает, что накопление  $Ni$  в организме растений в результате биохимических и техногенных процессов делает его потенциально опасным [361]. Он обладает канцерогенным [359] и мутагенным [349] действиями, почти не выводится из организма в течение длительного времени, прочно связываясь с внутренними структурами клеток [220, 221]. С другой стороны присутствие  $Ni$  оказывает положительное действие на растительный организм, так как нейтрализует токсичность  $Zn$  и  $Cu$  [373], накопление которых происходит в зеленых растениях и зерне изучаемых культур.

На концентрацию  $Zn(Y)$  в растительном организме оказывает влияние количество  $Co$  ( $X_3$ ) и  $Cu$  ( $X_1$ ). От их соотношения зависит процесс поступления  $Zn$  из почвы и оно может быть выражено следующим уравнением:

$$\text{при } R_{yx}= 0,572 \quad Y_x = - 0,04 + 0,05X_1 + 0,77X_3, \quad (21)$$

Цинк может поступать в организм пассивно, не требуя метаболической энергии. Видимо, этим свойством можно объяснить его способность к аккумуля-

ляции в растениях. Можно предположить также, что часть цинка в данном случае действует на растительный организм как стимулятор в окислительно-восстановительных процессах, при синтезе хлорофилла, предохраняя его от распада, ассимиляции растениями азота, активизируя ферменты углеводного и жирового обмена.

При концентрации  $\text{Co}$  превышающей фоновые значения, он оказывает существенное влияние на накопление в растениях  $\text{Cu}$ . Эта зависимость может быть выражена уравнением:

$$Y_x = 0,01 + 0,08X_3, \text{ при } R_{yx}=0,0681 \quad (22)$$

Зависимость содержания  $\text{Mn}$  в растениях от наличия в почве  $\text{Mn}$ ,  $\text{Pb}$  и  $\text{Cu}$  имеет вид уравнения:

$$Y_x = 0,01 + 0,07X_2 + 0,1X_3, \quad (23)$$

При  $R_{yx} = 0,55$ , можно говорить о связи между этими факторами, т.е. при поступлении  $\text{Mn}$  из почвы в растения определенную роль играют такие элементы, как  $\text{Pb}$  и  $\text{Cu}$ .

К числу элементов, находящихся во всех без исключения живых организмах относится  $\text{Mn}$ , принимает участие в наиболее существенном процессе обмена веществ зеленого растения – фотосинтезе [344, 346]. Содержится в ферментах, способствует образованию примесей, участвует в биосинтезе хлорофилла и ассимиляции азота. В наших исследованиях концентрация  $\text{Mn}$  в растениях не превышает санитарные уровни.

Накопление  $\text{Pb}$  в зернах продовольственных культур в 5–7 раз выше кларковых значений отмечено в Переволоцком районе (Сырт и Донецкое). Зависимость содержания  $\text{Pb}$  ( $Y$ ) в этих растениях от количества  $\text{Mn}$  ( $X_1$ ),  $\text{Pb}$  ( $X_2$ ) и  $\text{Cu}$  ( $X_3$ ) в почвах выражается уравнением:

$$Y_x = - 0,01X_2 + 0,01X_3, \quad (24)$$

При  $R_{yx} = 0,544$  отмечается влияние  $\text{Cu}$  в почвах на поступление  $\text{Pb}$  в растения. Почва может аккумулировать  $\text{Pb}$  из воздуха [347,368], он может активно поступать в ткани животных и растений и трансформироваться по организму [343, 362, 363].

Биологическая роль соединений Pb выяснена недостаточно, но его относят к одному из самых опасных загрязнителей, так как он имеет длительный характер воздействия [331, 347, 373].

Результаты исследований свидетельствуют о загрязнении сельскохозяйственных культур в том числе продовольственного назначения (яровая пшеница, ячмень), Zn, Ni, Cr, Sz, V, Ti. Наибольшее накопление этих металлов в растениях обнаружено в радиусе до 20 км в концентрациях, превышающих фоновые значения в несколько раз. Определена корреляционная связь между степенью загрязнения почвы и растений.

Полученные данные о характере распространения элементов из состава промышленных выбросов в системе почвы–растения–природные воды могут быть использованы для составления экологических прогнозов.

#### **4.4. Оценка общетоксического эффекта сточных вод на лабораторных животных**

Животные организмы наиболее отзывчивы к воздействию химических агентов. В целях оценки влияния сточных вод ОГХК на организм млекопитающих был проведен эксперимент, при этом особое внимание уделено "материнскому эффекту", достигаемому при воздействии генетически активных веществ. Работа выполнена на беспородных китайских хомячках. В рацион животных вводили неразбавленную сточную воду в двух экспозициях – 29 и 10 дней.

В опытах наблюдали особенности внешних изменений, отклонения в поведении в процессе подкормки и после нее, учитывали характер летальности, произвели патанатомическую экспертизу после гибели животных. В первые две недели с начала эксперимента у животных отмечали хороший аппетит, некоторую сонливость, повысилась густота шерстяного покрова; в следующие дни вплоть до летального исхода – дерматит (чесотка), возбудимое состояние, умеренная агрессивность, поредение шерстяного покрова (взъерошенная

шерсть). Подкормку водой прекратили на 29-й день, а через 16 дней зафиксировали гибель первого животного. В течение недели погибло 75% особей.

Смерть наступает внезапно, обычно в момент сна, сопровождается слизистыми кровяными выделениями из обонятельной и ротовой полостей, слезотечением, гиперемией носа. Патологоанатомическое вскрытие показало наличие отека, застойной гицеремии легких, диффузной дистрофии почек, печени и миокарда.

На 86-й день с начала эксперимента летальность составила 100%. В отдельных случаях гибель наступала в результате септикопиемии (гнойный лимфоденит). Подсаживание интактного самца к экспериментальным самкам не дало результатов – самки оказались стерильными.

Анализ «материнского эффекта» при меньшей экспозиции – 10 дней подкормки при той же дозе – подтверждают влияние компонентов стока на репродуктивную активность самок: гибель материнского организма – зачатого через 2,5 мес. после окончания подкормки, в момент родов. При вскрытии обнаруживаются сформированные плоды без видимых патологий, количество мест имплантации превышает количество нормально развитых плодов на 1–2 ед. В варианте – интактная самка x экспериментальный самец – детеныши рождались и развивались в период лактации без особенностей, в 1,5 мес. возрасте молодых особей изолировали от самки–производительницы. Потомство отличалось слабой иммунной защищенностью, повышенной смертностью (табл. 61). Среди самцов встречались особи с замедленными темпами развития, мышечной и жировой дистрофией, с характерными для отравления тяжелыми металлами дрожаниями конечностей, избыточной возбудимостью, что говорит о наследуемых нарушениях ЦНС. Этот же фенотип характеризовался нарушениями в липидном обмене - симптомы острого отравления и гибель животного наблюдались через 5 часов после приема пищи с оптимальной для контроля жирностью.

Таблица 61

Вариант	Количество особей				Проанализировано семей одной особи – производительницы
	новорожденных	выживших			
Контроль	6,33±1,19	4,66±1,19	4,33±1,19	4,33±1,19	3
Опыт*	4,66±1,19 ±73,6%	4,33±2,39 92,9%	1,66±1,20 53,8%	1,66±1,20 38,3	3

\*Экспозиция – 10 дней, доза – 2 мл/сут., скрещивание через 2,5 мес. после прекращения приема сточной воды с пищей. P=0,95, нижняя строка - отношение к контролю, %.

Из изложенного выше следует, что набор компонентов сточных вод ОГПК концентрации достаточен для индуцирования патологических нарушений в живых системах. Полученные данные являются материалом для дальнейшей детализации изучаемого явления. Предполагаем, что наблюдаемые эффекты – результат накопления никеля, дисбаланса отношений  $\frac{Cu}{Ni}$  и  $\frac{Zn}{Cu}$  в биохимических обменных процессах организма. Необходима оценка генотоксического эффекта сточных вод на тест-объектах различных уровней организации в целях определения опасности изучаемого фактора как мутагена среды.

#### **4.5. Оценка мутагенного эффекта сточных вод с использованием микробных, растительных и животных тест – объектов**

К наиболее частым изменениям, наблюдающимся в поколении после обработки семян мутагенами (M<sub>1</sub>), относятся морфозы–отклонения в физиологических и формообразовательных процессах, наступающие в ответ на необычные раздражения, к которым данный вид не мог выработать приспособительные реакции на протяжении своего филогенеза. Внешне морфозы проявляются чаще всего в нарушениях формы листьев, листовых пластинок, их числа, размеров, расположения, в нарушениях роста побегов. Морфозы обычно выражены в начале развития M<sub>1</sub>, а к концу развития их число снижается. У сеянцев морфозы чаще наблюдаются на стадии семядольных листьев: листья срстают-

ся или от них отщепляются дополнительные листовые пластинки. Наиболее обычный тип морфозов характеризуется мясистыми и хрупкими семядольными листьями, выделяющейся более темным зеленым окрашиванием. Такие листья особенно часто деформированы. Из других первичных морфологических изменений встречаются «слепые» побеги с толстыми и жесткими деформированными листьями, имеющими большое число вторичных листочков. У подобных побегов в результате гибели терминальных точек роста наблюдаются торможение верхушечного роста и ненормальное развитие нижних листьев [301].

Морфозы отмечаются при всех концентрациях мутагена, начиная с относительно небольшой, вызывающей стимулирующий эффект [301]. На микрообъектах можно проследить за проявлением наследуемых клеточно-летальных изменений, которые на растительных и животных организмах трудно оценить. Обычно используются популяции одноклеточных водорослей, дрожжей и клеток млекопитающих и человека в культуре. На уровне организма эти эффекты служат основой для развития вторичных дистрофических нарушений, которые могут быть описаны в результатах патологоанатомической и гистологической экспертизы. Нестохастические наследуемые клеточно-летальные эффекты индуцируются мутагенными и некоторыми немутагенными агентами, проявляются у объектов различной ploidy, регистрируются отмиранием некоторого постоянного числа клеток в единицу времени, причем повреждение не зависит от дозы фактора. Эффект наблюдается массово при воздействии небольших доз, сопровождается эффектом стимуляции, индуцируемый мутагеном [33].

Стохастические наследуемые клеточно-летальные эффекты фиксируются как эффекты дорастания–замедления роста колоний. 100%-ные изменения возникают не скачкообразно, как в случае нестохастических эффектов, а как конечное следствие повышения дозы мутагена (Близник, 1971). Эффект дорастания характерен для объектов, содержащих в геноме более одного набора хромосом, у гаплоидов он не наблюдается (Корогодин, Лю Ай-шен, 1966).

К стохастическим изменениям относят и мутации. Учет морфозов необходим у диплоидных и полиплоидных форм для оценки суммирующего клеточ-

но-летального эффекта, слагаемого из двух процессов: стохастического и нестохастического, у гаплоидов – для оценки лишь нестохастического наследуемого клеточно-летального эффекта. Сведения о названных выше эффектах необходимы при разработке методов прогноза отдаленных генетических последствий действия мутагенов среды.

В составе сточных вод опасны тяжелые металлы, представленные в предельно-допустимых концентрациях. Некоторые из них, в частности Ni, Zn, Pb, Co, способны накапливаться в живых системах и оказывать общетоксический и генотоксический эффекты. Патологоморфологически установлено раздражающее и токсическое действие солей Ni на печень, почки, селезенку, органы дыхания, головной мозг животных; выявлена прямая зависимость между концентрацией Ni и его содержанием в легких, селезенке и почках. Втирание 5%-ного сульфата в кожу кролика на 4–5-ые сутки вызывает дерматит [280]; прием с питьевой водой Ni в дозах 0,005 мг/кг и выше оказывает неблагоприятное действие на развитие беременности у крыс, преимущественно на ранних стадиях, а также проявляет эмбриотоксический эффект [215].

Кроме того, известны данные, свидетельствующие об антагонистических взаимоотношениях между Ni и Cu. Дефицит Cu у крыс значительно усиливается при введении растворимых соединений Ni, причем реакция организма зависит от дозы [2, 15, 280].

Усиление явлений медной недостаточности возможно и при наличии небольших доз цинка (Hill et al., 1964), сульфидов, карбонатов (Cousins, 1985), которые в стоках ОГХК стабильно превышают ПДК для вод, пригодных для орошения сельскохозяйственных культур. При недостатке меди возможны нарушения в формировании сердечно-сосудистой системы, скелета, коллагена, эластина, поражения нервной системы. Наблюдаемая в эксперименте внезапная остановка сердца может объясняться нарушением структуры эластических волокон, возможными разрывами крупных кровеносных сосудов (Шехтер, Серов, 1981). Серозная атрофия жира в подкожной клетчатке, в области почек у экспе-

риментальных животных может также объясняться дефицитом меди. Она необходима так же для образования ненасыщенных жирных кислот, обеспечения полноценного липидного обмена (Baleoska et al., 1985; Cunnane et al., 1985).

По данным шотландских исследователей (Burch et al., 1987) избыток Zn оказывает эмбриоцидное действие; избыток Pb – стерильность, некроз плаценты, замедление роста, аномалии поведения, связанные с нейротоксическим действием элемента. Согласно тестам *in vitro* канцерогенный эффект Co близок к действию канцерогена Ni (Sundermann, 1984), Co в избытке токсичен для материнского организма и развивающегося плода.

В природе широко распространены координированные влияния нескольких микроэлементов. Существуют пары, и даже триады микроэлементов, которые оказывают синергическое или антагонистическое влияние на различные физиологические и патологические показатели. Проблема взаимодействия микроэлементов выходит за пределы только этой группы веществ и естественным образом связывается с активностью ряда макроэлементов.

Живые организмы на ранних стадиях индивидуального развития характеризуются особой чувствительностью к внешним мутагенным и немутагенным агентам. Возникшие в этот период нарушения сказываются на жизнеспособности индивидов. Если фактор немутагенный, но представлен в избытке, организм погибает. Особенностью мутагенов среды является их способность вызывать наследуемые изменения в живых системах при небольших концентрациях, причем обычно эти изменения вредны для организма и часто обеспечивают летальность. При оценке мутагенности вещества учитывают частоту мутаций, которую ставят в зависимость от концентрации исследуемого агента или от длительности воздействия его на организм. В нашей работе учитывались соматические мутации на растительных объектах, фиксировалось количество химерных растений и морфозов, которые сопровождают мутагенные эффекты. Помимо мутаций, к наследуемым изменениям отнесены клеточно-летальные эффекты, которые были прослежены на дрожжах–сахаромицетах. Токсичность

сточной воды для млекопитающих, воздействие на репродуктивную способность особей необходимо ассоциировать с явлениями наследуемых клеточно–летальных процессов и рассматривать как первоисточник патологий. Малые дозы мутагена вызывают «стимулирующий эффект», в основе которого лежат процессы, направленные на ликвидацию возникающих нарушений в метаболизме клеток и тканей. Энергетическая база клетки, ткани, организма, претерпевающая ущербность в ранние периоды жизни организма, истощается, и если организм доживает до репродуктивного возраста, то он производит ослабленное или нежизнеспособное потомство.

В экспериментах мы использовали неразбавленные стоки ОГПК, известные как агенты, вызывающие стимулирующий эффект у растительных организмов (табл. 62, 63).

Таблица 62

*Действие сточной воды ОГХК как фактора, усиливающего частоту морфо–физиологических аномалий в растительных организмах*

Объект	Вариант	Всхожесть от контроля, %	Количество растений с морфозами, %	Количество химерных растений, %	Количество растений с соматическими мутациями, %
Фасоль	Контроль	100	2,0±0,5	0,66±0,1	Нет
	Опыт	63,3±3,2	7,4±0,3	1,96±0,2	0,99
Пшеница	Контроль	100	нет	Нет	Нет
	Опыт	8,2±	17,0±0,1	Нет	Нет

Типичные морфофизиологические изменения, наблюдаемые у растения фасоли, следующие: точка роста «заглушена», прекращен верхушечный рост побега, короткие междоузлия на стебле, листовые пластинки аномальной формы, абсолютное или частичное отсутствие пигментации, наличие некротических образований (коричневые и бурые пятна) в порядке убывания к молодым листочкам, поражение стебля; сильная пигментация 1 настоящего листа при нормальном жилковании, 3-го листа – при учащении жилкования (рис. 38).

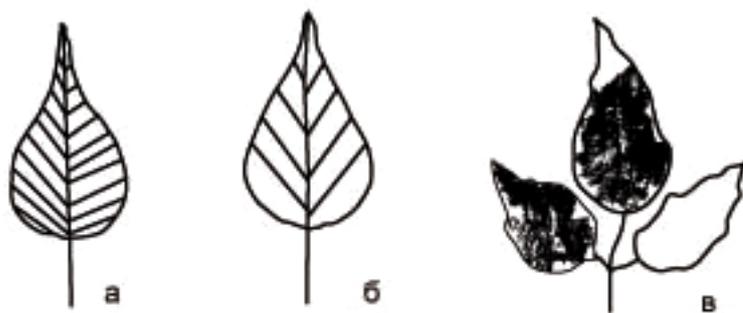


Рис.38. Морфозы у фасоли  
 где, а – усиление пигментации при учащенном жилковании; б – норма;  
 в – отсутствие пигмента частичное.

Таблица 63

*Наличие соматической стимуляции в момент фиксации морфозов*

Объект	Вес зеленой массы одного растения, % от контроля	Фаза	Соматическая стимуляция зеленой части растений
Фасоль	127,3±6,2	1-й–3-й лист	Проявляется массово
Пшеница	0,91±0,5	Всходы, растения до 6 см	Индивидуально

Химерные растения вместо 4 имели 5 ортоствей и развивали 3 первичных листа. Выход химерных растений не всегда можно связывать с прямым действием мутагена. Возможно количество химерных растений увеличилось благодаря стимулирующему действию сточной воды, а в контроле потенциал семян, дающих химерные растения, остался не реализованным. Соматические мутации имели место в форме наследуемых изменений формы листовой пластинки (ее геометрии) и жилкования (рис. 39).

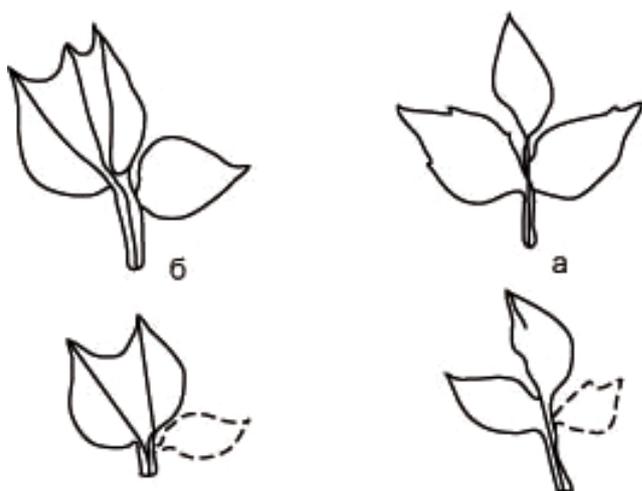


Рис.39. Соматические мутации у фасоли  
 где а – нарушение геометрии листовой пластинки; б – нарушение жилкования

Растения пшеницы наиболее устойчивы к воздействию сточной воды. Наблюдаемый морфоз можно описать следующим образом: в норме coleoptile развивается, используя питательные соединения эндосперма, и в меньшей степени питается продуктами, поставляемыми корешком; достигнув определенной стадии, лист–coleoptile разворачивается и позволяет высвободиться первому настоящему листу, при этом целостность ткани coleoptile не нарушается. Лист, развивающийся в coleoptile в меньшей степени развивается за счет питательных соединений семени и зависит от поступлений из развивающейся корневой системы. О стимулирующем эффекте сточной воды на корешки пшеницы и лука свидетельствуют данные в табл. 64.

Таблица 64

*Действие сточных вод ОГХК на активность митотического деления и частоту отклонений от нормального митоза*

Тест-объект	Вариант	Митотический индекс, %	P, %	Частота митотических нарушений на 1000 клеток	P, %
Лук (Allium cepa)	A*	182,5±3,2	95,0	4,19±0,16	95,0
	B	117,3±2,4	95,0	1,89±0,12	90,0
	C	144,8±3,0	95,0	3,95±0,23	75,0
	Контроль	66,4±3,4	75,0	нет	
Пшеница (Triticum durum)	A	111,3±2,9	90,0	85,40±0,27	90,0
	B	55,9±2,3	90,0	31,04±0,34	95,0
	C	93,2±2,2	99,0	50,39±0,17	99,0
	Контроль	25,5±1,9	75,0	3,17±0,15	95,0

A\* – сточная вода; B – надосадочная проба, взятая в ЕСР; C – осадок, проба со дна ЕСР.

Активность митоза в зоне деления молодых корешков лука и пшеницы возрастает при проращивании в сточной воде ОГХК в среднем в 2,2 раза; эффект сопровождается митотическими нарушениями типа К-митозов (полиплодия, аномальные метафазные пластинки, образование К-пар, отсутствие нормальной локализации ядерного материала, задержка деспирализации телофазных хромосом и формирования ядрышек в новообразованных клетках).

Безусловно, стимулирующий агент, участвующий в увеличении митотической активности в корешках пшеницы, распространен во всем организме растения. Первый лист из-за активации митотических делений, внутри coleoptile

достигает длины, превышающей объема пространства, ограниченные колеоптиле, деформируется в спираль и через некоторое время в результате избыточного натяжения возникает разрыв ткани колеоптил, лист высвобождается преждевременно, отмечаются деформация листа и механические повреждения. Реабилитация нарушений в естественных условиях осложнена, так как растение оказывается ослабленным, незащищенным от фитопатологий различного происхождения (вирусы, грибки, абиотические факторы и т.д., рис. 40).

Визуально и с учетом: веса зеленой массы одного растения и всхожести мы определили, что сточная вода воздействует на растение, активизируя ростовые и формообразовательные процессы. Наблюдаемые морфозы являются следствием аномального ускорения развития, налицо несоответствие между программой генома и условиями его реализации.

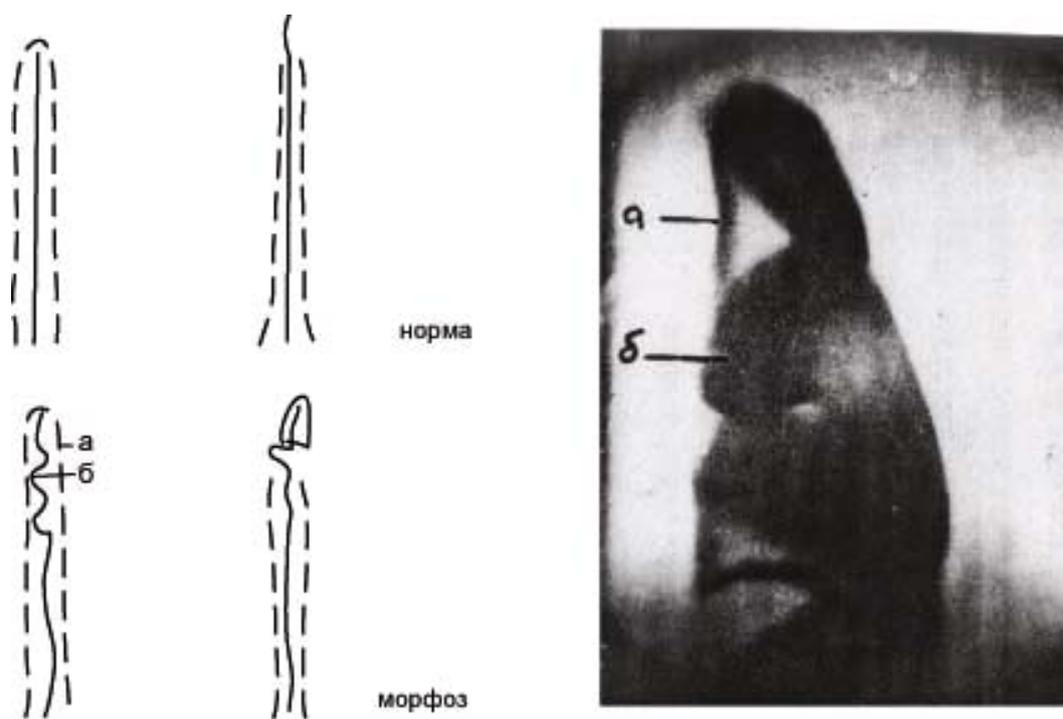


Рис.40. Морфофизиологическая аномалия у ростков пшеницы где а – колеоптиль; б – лист, скрученный в спираль

Токсическое действие сточной воды на зародыш семени иллюстрирует показатель всхожести. У фасоли увеличение веса зеленой массы, приходящейся на одно растение, сопровождается падением всхожести. У пшеницы оба показателя занижены, но приближены к контролю. Это означает, что депрессия у

нее выражена в относительно щадящей форме по сравнению с вариантом с фасолью. Спектр морфозов, обнаруживаемых у растений фасоли, значительно разнообразен, кроме того, зафиксированы соматические мутации и увеличение количества химерных растений, который неизбежно сопровождается наследуемыми клеточно-летальными эффектами.

Таблица 65

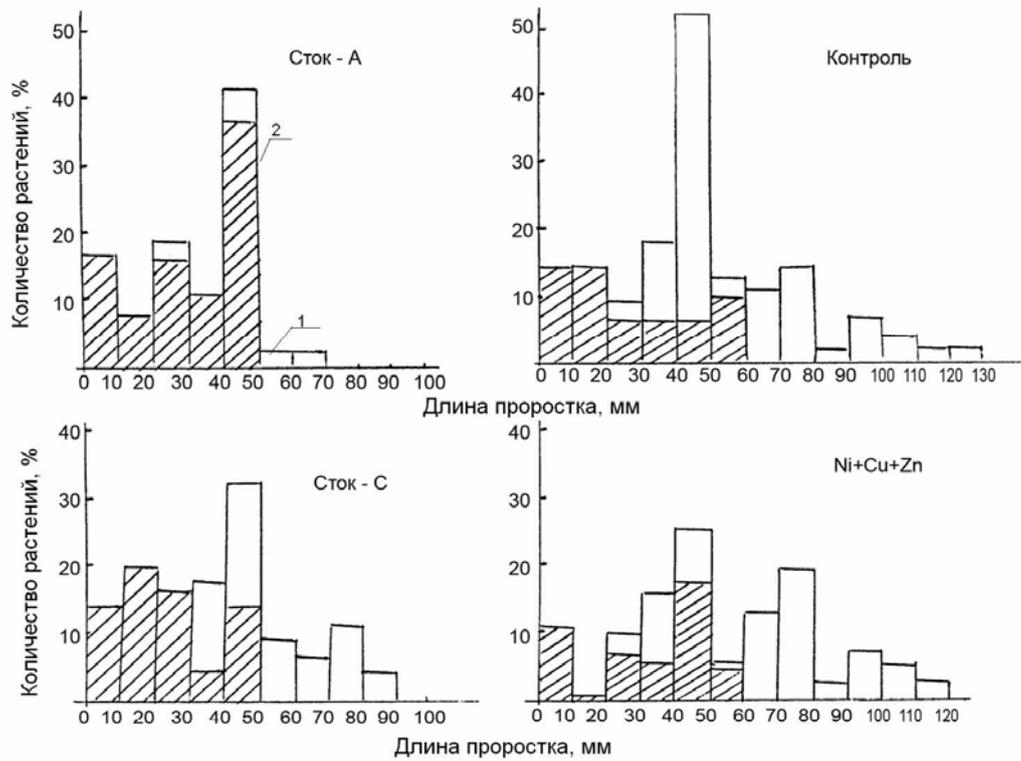
*Индукция сточной водой ОГХК наследуемых клеточно-летальных эффектов в популяции дрожжей–сахаромицетов различной плоидности*

Культура	Варианты	Выживаемость к контролю, %	Диаметр колоний, мм	Частота	Характер эффекта летальности
Гаплоид дикий тип	Контроль	100	<0,5	5	89% популяции сократили диаметр колоний
	Опыт	47,7±0,2	<0,5	94	Нестохастический наследуемый клеточно – летальный эффект наблюдается
Диплоид Y-мутант дикого типа	Контроль	100	0,5	6	Эффект дорастания наблюдается у 87% популяции
			1,0	10	
	1,5	90			
	>1,5	0			
	Опыт	97,6±0,3	1,0	3	
1,5	10				
>1,5	87				

Эксперимент на дрожжах–сахаромицетах позволяет проиллюстрировать наличие наследуемых клеточно-летальных эффектов в популяциях одноклеточных организмов, возникающих в результате воздействия сточной воды, (табл. 65). Наследуемые клеточные эффекты являются основой для развития патологических изменений в тканях растений и животных.

***Оценка действия сточной воды Оренбургского ГХК и солей Ni, Cu, Zn на рост и развитие проростков пшеницы (Triticum durum)***

Результаты исследований представлены на рис. 41, 42. В контроле длина проростков составила от 0 до 130 мм, причем на группу 40–50 мм приходилось более 50% растений, а на группу 0–20 мм – 27%. Колеоптиле начинает развиваться при длине проростка 20–30 мм. Максимальная длина проростка, при которой происходит высвобождение первого настоящего листа – 50–60 мм.



1 - coleoptile закрыт; 2 - coleoptile развернут.

Рис. 41. Действие сточный вод ОГЖК и солей Ni, Cu, Zn на рост и развитие проростка *Triticum durum*.

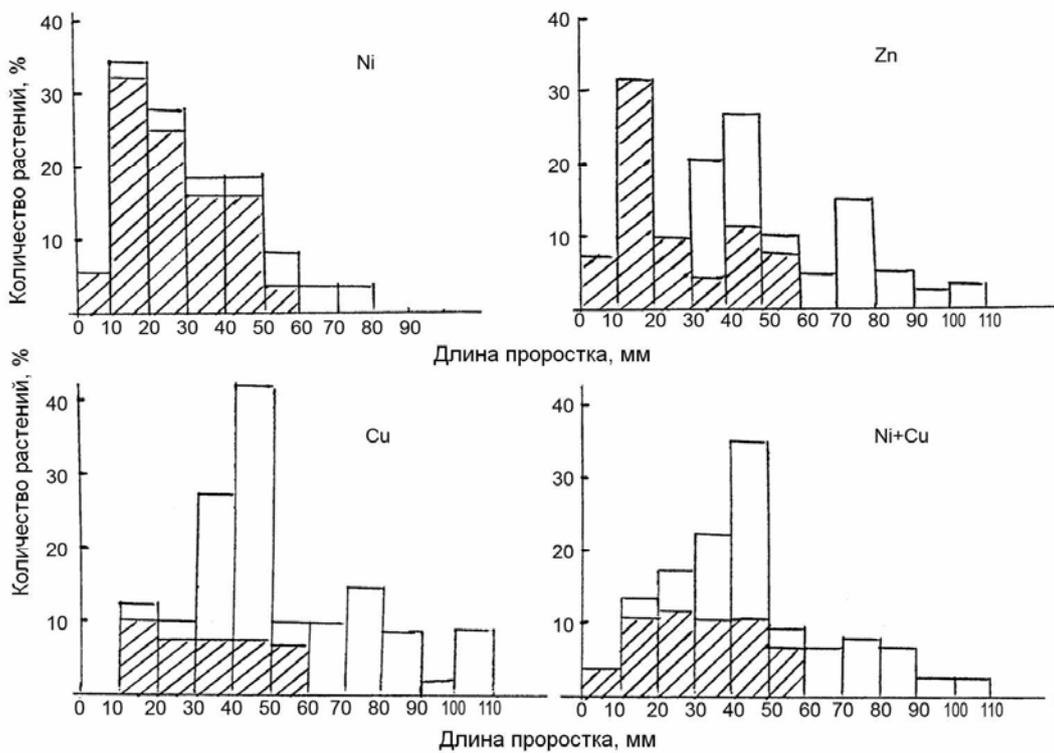


Рис. 41. Действие солей Ni, Cu и Zn на рост и развитие проростка *Triticum durum*. (1,2 - см. на рис. 41).

В варианте «сток–А» оценивалось влияние сточной воды, поступающей в ЕСР. Длина проростков в группах составила от 0 до 70 мм. На группу 40–50 мм приходилось 40% проростков, на группу 0–20 – 25%. Колеоптиле начинает разворачиваться при длине проростка 20–30 мм, максимальная длина закрытого колеоптиле характерна для группы 60–70 мм. В сравнении с контролем наблюдается торможение нормального развития первого настоящего листа. Колеоптиле развивается относительно автономно за счет резервов семени, но наличие группы растений с запоздалым разворачиванием колеоптиле и длиной, превосходящей норму, свидетельствует о слабом стимулирующем эффекте токсичного субстрата эндосперма.

В варианте «сток–С» оценивали влияние тяжелых фракций сточной воды пробу со дна ЕСР–ил – длина проростков от 0 до 90 мм. Группа 40–50 мм составляет 30%, группа 0–20 мм – 33%. Колеоптиле начинает разворачиваться при длине проростка 30–40 мм.

В сравнении с контролем и «стоком–А» торможение развития первого настоящего листа в этом варианте менее выражено, наблюдается задержка в развитии колеоптиле. Следовательно, «сток-С» более токсичен, чем «сток–А», для прорастающих семян и менее - для растений с развитой корневой системой.

Действие солей Ni, Cu, Zn исследовано в модельном эксперименте, предназначенном для оценки функциональной значимости компонентов сточной воды ОГПК. Концентрация солей взята в дозах превосходящих в 1000 раз для уточнения специфики действия каждого элемента на уровне токсических доз.

Действие соли Ni (никель углекислый – 0,007 г/л). Длина проростков – от 0 до 80 мм. Проростки группы 40–50 мм составляют 17%, группы 0–20 мм составляет 42%. Колеоптиле разворачивается при длине проростка 10-20 мм, завершается процесс в группе 50–60 мм.

В сравнении с контролем наблюдается раннее разворачивание колеоптиле, а задержка в развитии первого настоящего листа свидетельствует о повышении активности субстрата эндосперма, питающего колеоптиле. Развивающийся

проросток легко впитывает соли Ni. В последующих фазах избыточная концентрация Ni в среде задерживает развитие первого настоящего листа.

Действие соли Cu (медь углекислая – 0,005 г/л). Длина проростков – от 0 до 110 мм. Проростки группы 40–50 составляют 42%, группы 0–20 мм – 13%. Колеоптиле начинает разворачиваться при длине проростка 10–20 мм, завершается процесс в группе 50–60 мм.

В сравнении с контролем отмечается раннее разворачивание колеоптиле, что свидетельствует о повышении активности субстрата эндосперма. Кроме того, развивающаяся корневая система проростка продолжает легко усваивать соль. Завышенная доза соли незначительно задерживает развитие первого настоящего листа.

Комплекс солей Cu и Ni, взятых в растворе в отношении  $Cu/Ni=0,71$ , относительно стабилизирует микроэлементарный дисбаланс, наблюдаемый в предыдущих вариантах по оценке специфичности действия Cu и Ni.

Сравнивая варианты «сток–А», «сток–С», «Cu», «Ni», «Cu+Ni» можно сказать, что существуют еще ряд компонентов, помимо солей Cu и Ni, которые оказывают депрессивный эффект на растительный организм. В качестве возможного элемента, создающего дополнительный фон депрессии, взят Zn в избыточной концентрации.

Действие соли Zn (двухлористый цинк – 0,003 г/л). Длина проростков – от 0 до 110 мм. Проростки группы 40–50 мм составляют 26%, группы 0–20 мм – 40%. Колеоптиле начинает разворачиваться при длине проростка 30–40 мм, завершается процесс в группе 50–60 мм.

В сравнении с контролем и действия Cu и Ni, можно отметить, что соли Zn задерживают разворачивание колеоптиля, однако первый настоящий лист развивается не менее интенсивно, чем в случае с солями Cu. Соли Zn стимулируют рост колеоптиле, но задерживают его разворачивание. Действия солей Ni и Zn на колеоптиле и первый настоящий лист противоположны.

Комплексное сочетание «Ni+Cu+Zn» свидетельствует о том, что действия Cu и Zn направлены на поддержание развития первого настоящего листа. Задержка в развитии первого настоящего листа, вызванная Ni снимается действием Cu и Zn.

Структура реакции *Triticum durum* рассматривается в данном исследовании на уровне прорастающего семени. Анализировались следующие показатели:

1. Гибель набухающих семян – оценка токсичности раствора, действующего непосредственно на зародыш семени.

2. Рост и развитие coleoptile. Coleoptile формируется из резервов семени, его развитие в меньшей степени зависит от участия корневой системы. Отсюда набухший эндосперм в условиях токсичного раствора представляет собой особый биосубстрат, способный усугублять или ослаблять действие токсина на coleoptile.

3. Рост и развитие первого настоящего листа. Развивающаяся корневая система проростка формирует первый настоящий лист и прочие органы растения, используя питательный окружающий раствор. Этот показатель оценивает защищенность корневой системы и избирательность в поглощении компонентов.

Если на графиках можно проследить за динамикой процесса развития проростка (наблюдаются изменения пределов максимальной и минимальной длины проростков, при которых происходит разворачивание coleoptile), то в табл. 66 приведены результаты данного процесса, т.е. временной показатель исключен.

В нормальных условиях coleoptile разворачивается по двум причинам: 1) при достижении определенного уровня развития; 2) первый настоящий лист достигнув определенной стадии развития осуществляет давление изнутри. Так как coleoptile и первый настоящий лист питают два различных источника, то данная тест–система–прорастающее семя *Triticum durum*, оказывается удобной для оценки токсичного раствора в двух состояниях – непосредственного воздействия токсина на живые ткани и опосредованного через эндосперм.

*Структура реакции Triticum durum на воздействие сточной воды Оренбургского ГХК и солей Ni, Cu, Zn*

Вариант	Высеяно семян, шт.	Погибло семян, %	Проросло к моменту анализа, %		Количество растений с морфозом «спираль», % (% от контр.)	Прочие морфозы	
			колеоптиле закрыт	колеоптиле развернут		летальные	обратимые
Контроль	150	12	42	46	2,27	–	–
Сток-А	150	28	44	28	2,78	–	2,78
Сток-С	150	12	78	10	–	–	–
Ni	150	16	68	16	–	–	2,38
Cu	150	24	28	48	–	13,16	–
Zn	150	14	53	32	–	–	–
Zn+Cu+N	150	18	38	44	–	–	2,44
i							
Cu+Ni	150	20	48	32	–	–	–

Оказалось, что на момент анализа из предложенных вариантов сред наиболее токсичны для семян: «сток–А» и «Cu»; задержка разворачивания колеоптиле наблюдается в вариантах: «сток–С», «Ni» и «Zn»; Ni способствует к раннему разворачиванию колеоптиле, но процесс затягивается из-за пассивности развития первого настоящего листа.

Одна из форм реакции – морфозы. Отмечено, что морфозы, завершающиеся гибелью проростка, характерны для варианта «Cu». Морфоз «спираль» не индуцируется вариантом «Ni». Основной источник подобного изменения – Cu, способствующая росту первого настоящего листа, и компонент, блокирующий разворачивание колеоптиле (подобное действию Zn).

***Оценка действия сточной воды Оренбургского ГХК и солей Ni, Cu, Zn на корешки лука (Allium сера)***

Реакция корневой системы растения на воздействие сточной водой Оренбургского ГХК и солей Ni, Cu, Zn рассматривается в тест–системе – лук репчатый (Allium сера). Анализировались показатели:

1. Время мацерации. Мацерация – процесс искусственного разложения ткани. В зависимости от защищенности тканей корневой системы (проникающей способности, плотности, эластичности) изменяется время мацерации. Уп-

лотнение ткани означает пассивность всасывания, разряжение ткани – усиление проникновения раствора во внутрь растения. Данный показатель оценивает первичную реакцию корневой системы на токсичный субстрат.

2. Митотический индекс (MJ) – показатель, оценивающий способность клеток ткани делиться при данной концентрации токсинов. Снижение MJ свидетельствует о депрессии ростовых процессов.

3. Количество ядрышек в клетках. В норме у диплоидных организмов в ядре содержится 2 ядрышка, редко 3–4. Данный показатель косвенно оценивает активность белкового синтеза в клетках. Увеличение числа ядрышек свидетельствует об индуцировании внешним агентом синтетических процессов, направленных на ликвидацию разрушающей способности токсина и обновление клеточных компонентов.

В результате анализа обнаружено (табл. 67), что Cu способствует усилению проникающей способности тканей корневой системы. В варианте «Zn+Cu+Ni» антагонистическое взаимодействие Zn и Cu позволяет нейтрализовать эффект Ni по первому показателю. В присутствии Cu увеличивается проникающая способность ткани, в результате в корневую систему поступает большое количество токсинов, наличие клеток с ядрышками более 2 в том же варианте свидетельствуют о быстром протекании синтетических процессов внутри клеток. Угнетающе действует на корневую систему Ni. Плотность корешка, ломкость, огрубление волокон можно наблюдать при изготовлении препарата даже после мацерации.

Во всех вариантах наблюдается снижение показателя MJ и увеличение числа ядрышек в ядре клеток, что связано с токсичными дозами компонентов в составе проб сточной воды ОГХК и растворов солей Ni, Cu, Zn. Подтверждается предположение о меньшей токсичности «сток–С» для корневой системы в сравнении со «стоком–А».

Таблица 67

*Структура реакции Allium сера на воздействие сточной  
воды Оренбургского ГХК и солей Ni, Cu, Zn*

Вариант	Время необходимое для мацерации 10%-ым раствором HCl, мин	Митотический индекс, %	Количество клеток с ядрышками более 2 на 1000 клеток
Контроль	3'15" – 3'20"	111,52	2,09
Сток-А	4'00" – 4'10"	68,44	25,07
Сток-С	3'10" – 3'15"	58,10	21,80
Ni	10'45" – 10'50"	52,40	28,57
Cu	2'35" – 2'40"	78,19	18,45
Zn	3'40" – 3'45"	89,12	30,99
Zn+Cu+Ni	2'25" – 2'30"	38,40	42,18
Cu+Ni	5'35" – 5'40"	66,92	24,03

Из изложенного выше следует:

- а) корневая система растения способна впитывать с той или иной интенсивностью компоненты среды в ограниченных количествах;
- б) поглощающая способность корневой системы зависит от соотношения концентрации компонентов;
- в) Cu и Zn являются антагонистами Ni;
- г) Cu способствует уменьшению плотности ткани корневой системы, усилению роста первого настоящего листа;
- д) при пресыщении проростка никелем угнетается корневая система, приостанавливается развитие первого настоящего листа;
- е) сточные воды Оренбургского ГХК содержат относительно сбалансированную концентрацию Cu и Ni, но дополнительные компоненты подобные солям Zn склонны усиливать эффект избыточной концентрации Cu, а также эффект медьдефицитного состояния;
- ж) в сточных водах ОГХК, поступающих в ЕСР концентрация и соотношение компонентов таковы, что данный фактор среды, безусловно, можно считать лимитирующим.

***Исследование мутагенной и рекомбиогенной активности сточных вод ОГХК и солей Ni, Cu, Sn*** Опыты проводились на разных линиях дрозофил. Исследовали неразбавленные сточные воды ОГХК и водные растворы солей Ni, Cu, Sn в концентрациях, дублирующих и превышающих их содер-

жание в сточной воде ОГХК в 10 и 100 раз (табл. 68). Выделяются варианты: сточная вода ОГХК и Ni+Cu+Sn (концентрация в 100 раз выше чем в сточной воде). Во всех вариантах с превосходящими в какой-то степени контроль, увеличение числа пятен на крыло происходит за счет одиночных пятен типа – flr.

Таблица 68

*Действие сточных вод и солей Ni, Cu, Sn на частоту возникновения соматических мутаций и рекомбинаций у дрозофилы*

Вариант	Число просмотренных крыльев.	Общее количество пятен	Из них на крыло			Всего
			ОДИНОЧНЫХ		ДВОЙНЫХ	
			mwh	flr	mwf/flr	
Контроль (дист.вода)	150	51	0,06±0,03	0,24±0,05	0,04±0,02	0,34±0,05
Сточная вода ОГПК	150	63	0,05±0,03	0,35±0,04	0,02±0,02	0,42±0,06
Ni, превосходит в 100 раз	100	36	0,04±0,01	0,31±0,07	0,01±0,03	0,36±0,03
Cu, превосходит в 100 раз	130	43	0,06±0,03	0,24±0,06	0,03±0,01	0,33±0,05
Sn, превосходит в 100 раз	106	40	0,04±0,02	0,32±0,03	0,01±0,04	0,37±0,07
Ni+Cu+Sn, превосходит в 100 раз	150	65	0,04±0,03	0,036±0,05	0,03±0,02	0,43±0,04
Ni, превосходит в 10 раз	145	46	0,04±0,01	0,23±0,02	0,04±0,02	0,31±0,04
Cu, превосходит в 10 раз	40	42	0,06±0,04	0,22±0,03	0,02±0,03	0,30±0,07
Sn, превосходит в 10 раз	130	45	0,06±0,02	0,24±0,01	0,04±0,07	0,34±0,01
Ni+Cu+Sn, превосходит в 10 раз	100	32	0,04±0,01	0,24±0,03	0,04±0,02	0,32±0,05
Ni, не превосходит	106	35	0,06±0,01	0,23±0,04	0,04±0,06	0,33±0,05
Cu, не превосходит	100	30	0,04±0,03	0,23±0,02	0,03±0,01	0,30±0,06
Sn, не превосходит	120	42	0,05±0,04	0,24±0,05	0,06±0,03	0,35±0,04
Ni+Cu+Sn, не превосходит	103	36	0,05±0,03	0,23±0,03	0,06±0,01	0,34±0,67

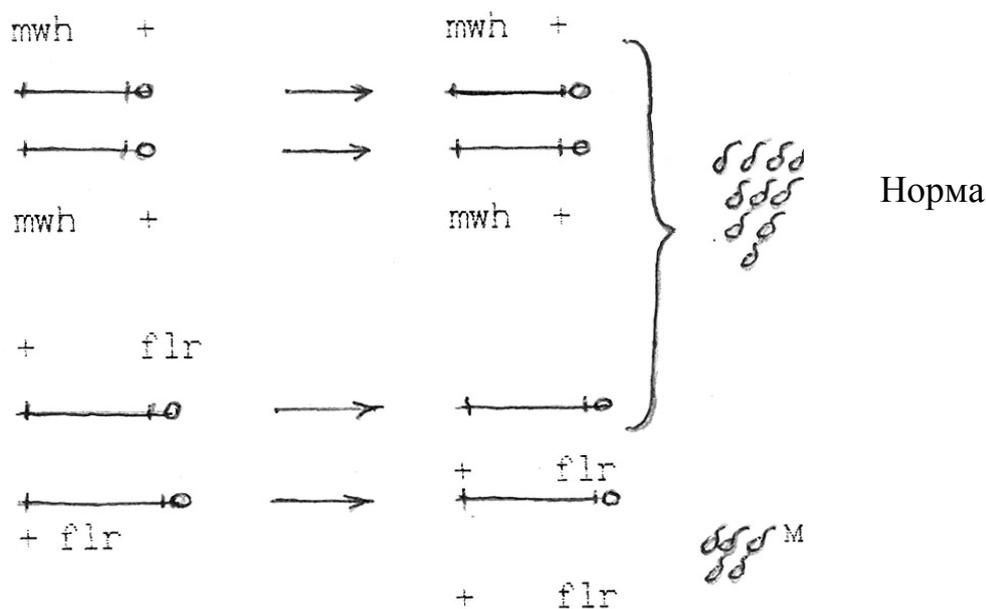
Из полученных данных следует:

а) лишь превышение концентрации Ni, Cu, Sn в 100 раз приводит к обнаружению видимых изменений;

б) только под влиянием комплекса компонентов наблюдается ощутимый эффект воздействия;

в) вероятно, наряду с солями Ni, Sn, Cu в сточной воде ОГХК содержится ряд компонентов, влияющих на явление соматического мозаицизма, причем концентрация данных элементов может находиться в пределах ПДК;

г) исходя из возможных путей формирования пятен в тесте на соматические мутации и рекомбинации по крыловым маркерам можно предполагать, что увеличение частоты flr – пятен происходит из-за учащения числа нерасхождений следующего типа:



Множественность крыловых щетинок

### *Исследование частоты рецессивных сцепленных с полом летальных мутаций по методике Меллер – 5*

Исследовались сточные воды Оренбургского ГХК и соли Ni, Cu, Sn в концентрациях дублирующих и превышающих в стоках в 10 и 100 раз (табл. 69).

Таблица 69

*Действие сточных вод ОГХК и солей Ni, Cu, Sn на частоту СПРЛМ*

Вариант	Количество тестируемых самцов	Число самок		СПРЛМ, %
		всего	с летальными	
Контроль (дистиллированная вода)	7	370	–	–
Сточная вода ОГПК	5	200	6	3,0
Cu, концентрация выше в 100 раз	4	Абсолютный летальный эффект		
Ni, концентрация выше в 100 раз	4			
Sn, концентрация выше в 100 раз	4			
Cu+Ni+Sn, концентрация выше в 100 раз	4			
Cu, концентрация выше в 10 раз	4	200	5	2,5
Ni, концентрация выше в 10 раз	4	150	12	8,0
Sn, концентрация выше в 10 раз	4	49	–	–
Cu+Ni+Sn, концентрация выше в 10 раз	4	Абсолютный летальный эффект		
Cu, концентрация не превосходит	4	295	–	–
Ni, концентрация не превосходит	4	306	–	–
Sn, концентрация не превосходит	4	199	–	–
Cu+Ni+Sn, концентрация не превосходит	4	180	3	1,6

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- сточные воды ОГХК индуцируют небольшое количество рецессивных сцепленных с полом летальных мутаций;
- при совместном воздействии соли Ni, Cu, Sn в дозе, представленной в сточных водах ОГХК, провоцируют сцепленные с полом рецессивные летальные мутации;
- можно предположить, что соли Ni в большей степени определяют проявление данного эффекта.

#### **4.6. Оценка влияния сточных вод и атмосферных выбросов по трофическим цепям (поллютанты – растения – животные)**

Возможность использования сточных вод, содержащих, помимо питательных элементов (N, P, K), в больших количествах бензол, фенол, роданиды, цианиды, нефтепродукты, органические красители, тяжелые и редкие металлы и другие вещества, опасные в токсикологическом отношении с агроэкологических позиций, показана в работах многих ученых [51, 189, 222].

Вместе с тем поведение различных токсических ингредиентов промышленных стоков во внешней среде, их аккумуляция и детоксикация в почве, растениях и организме животных мало изучены. Эти вопросы представляют не только научный, но и практический интерес с санитарно-гигиенических позиций в целях предотвращения нежелательных последствий для здоровья человека и состояния животных.

В условиях орошения сточными водами происходит контактирование растений с токсическими веществами, содержащимися в стоках, в связи, с чем не исключена возможность их проникновения и накопления. В промышленных стоках могут содержаться такие опасные ингредиенты, которые не поддаются разрушению почвенными микроорганизмами, и в результате систематического орошения будут неизбежно накапливаться в сельскохозяйственных культурах [210].

Несмотря на всю важность токсикологической оценки кормов, исследований в данной области еще недостаточно. Трудность заключается в том, что выделить из растений, подвергшихся загрязнению, отдельные химические вещества и изучить их действие на животный организм практически не возможно, из-за их большого разнообразия, незначительной концентрации и возможного образования непосредственно в растениях новых, нам неизвестных ранее химических соединений.

Кроме того, в настоящее время еще нет стройного представления о кинетике поступления отдельных химических веществ из сточных вод в растения, о механизме их распределения и выделения из растительной клетки.

Все это в значительной степени затрудняет выбор наиболее чувствительных и специфических показателей для выявления воздействия веществ, содержащихся в сельскохозяйственных продуктах, выращенных на полях орошения сточными водами. Отсюда следует, что при проведении токсикологических исследований по определению кормовой безопасности этой продукции особое внимание должно уделяться не только токсикологической оценке химических соединений, содержащихся в сточных водах и отдельно в растениях, сколько в

целом самой продукции, выращенной в условиях орошения сточными водами в каждом конкретном случае.

Поэтому наиболее приемлемым и объективным методом изучения возможной токсичности кормовой продукции, выращенной при орошении промстоками, является биологическая проба, выполненная на экспериментальных животных. Эти исследования должны быть направлены на изучение сдвигов в деятельности различных органов и систем организма на фоне длительного скармливания испытуемых кормов и поиска наиболее чувствительных показателей, на основании которых можно сделать соответствующие объективные выводы и практические предложения по использованию растениеводческой продукции на корм сельскохозяйственным животным.

Изучению влияния на организм лабораторных и сельскохозяйственных животных грубых, сочных и зерновых кормов, выращенных при поливе сточными водами, посвящены многие работы [136, 178, 179, 190], авторы которых пришли к выводу, что они не обладают токсичностью. В.П.Саяпин, Н.И.Матулявичене и др. [274] отмечают, что при скармливании сена, заготовленного на участках, орошаемых сточными водами Обуховского коврового объединения не происходит изменение показателей, характеризующих некоторые стороны белкового, углеводного, минерального и пигментного обменов, уровня окислительно-восстановительных процессов и состояния ферментного спектра крови.

Результаты исследований [136, 270] по влиянию продукции, выращенной при поливе сточными водами химико-фармацевтического завода, химической промышленности показывают, что существенных различий в общем состоянии лабораторных животных, морфологическом составе крови, содержании гемоглобина, общего белка и белковых фракций, изменений в структуре внутренних органов при макро- и микроморфологическом исследовании не выявлено. При введении в рацион животных картофеля, выращенного в условиях орошения сточными водами коксохимических предприятий, отмечены замедление роста животных и нарушения в печени (по показателям углеводного обмена и

антитоксической функции). Пастьба коров на пастбищах, орошаемых хозяйственно-бытовыми сточными водами, не оказали вредного влияния на состояние животных и их молочную продуктивность.

Обзор литературных данных свидетельствуют о том, что при использовании промышленных сточных вод для целей орошения, наряду с оценкой мелиоративной пригодности и качества растений, возникает необходимость в обязательной токсикологической оценке кормовой продукции, выращенной на полях орошения. Растениеводческая продукция должна отвечать ветеринарно-санитарным требованиям: обладать хорошей питательной ценностью и не оказывать вредного влияния на животных, качество продукции и состояние воспроизводительной способности животных.

Наши исследования проводились на животных в подсобном хозяйстве Оренбургского гелиевого завода (ОГЗ) и в учхозе ОГСХА (контрольные группы). В указанных хозяйствах были подобраны группы коров и телок по 10–20 голов в каждой, сформированных по принципу групп–аналогов. В хозяйствах были исследованы основные кормовые средства по схеме полного зооанализа. Установлено, что сено и силос, полученные при поливе сточными водами в условиях подсобного хозяйства ОГЗ, по содержанию протеина, жира, БЭВ, клетчатки, кальция и фосфора не имеют существенных отличий от аналогичных кормовых средств, полученных в других хозяйствах Оренбургского района. Дополнительные токсикологические исследования этих кормовых средств, на кроликах согласно методике А.И.Антоновой и И.А.Блиновой, а также на аквариумных рыбках «гуппи» согласно рекомендации ВНИИ ветеринарной санитарии (1983 г.) дали отрицательный результат по селу и зеленой массе кукурузы. Однако силос, полученный из зеленой массы кукурузы, дал положительную реакцию на рыбках «гуппи», что, видимо, связано с технологией подготовки. Оценка качества животноводческой продукции и влияния выбросов на морфо-физиологические и биохимические показатели сельскохозяйственных животных.

В данном разделе обсуждаются результаты исследований, проведенных в 1990–1993 гг. в зоне влияния атмосферных выбросов ОГХК.

Для характеристики кормового средства важным показателем является характеристика качества продукции. Качество молока, характеризуют такие показатели, как содержания жира, белка, сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО), кислотность и редуцтазная проба. Причем последние два показателя особенно важны при определении сортности молока.

Уровень продуктивности и показатели химического состава молока в значительной степени зависят от биологической полноценности кормов и характеризуют физиологическое состояние лактирующих животных. Проведенные нами исследования показали, что по органолептическим свойствам (цвету, запаху, вкусу) молоко опытной группы ничем не отличалось от молока контрольных животных, а по чистоте соответствовало первой и второй группам по эталону, утвержденному комитетом стандартов для ГОСТ 8218–56. Как видно из данных табл. 70, показатели качества молока колеблются по периодам года и соответствуют требованиям ГОСТ [211].

Таблица 70

*Показатели качества молока*

Показатели	Лето		Осень		Зима	
	Контроль	Подсобное хозяйство ОГЗ	Контроль	Подсобное хозяйство ОГЗ	Контроль	Подсобное хозяйство ОГЗ
Жирность молока, %	3,66	3,54	3,56	3,63	3,73	3,84
СОМО, %	8,24	8,45	8,36	8,28	8,44	8,26
Кислотность, °Т	16,7	16,6	17,2	17,3	17,6	17,7
Редуцтазная проба, ч	6,0	6,2	5,8	5,6	6,4	6,2

Увеличение содержания жира в молоке в отдельные периоды выпаса, на орошаемом сточными водами пастбище, в среднем на 0,2–0,4 г/% по сравнению с контрольными животными отмечал Ю.И.Тарарин [300], а по остальным показателям изменений не обнаружено.

Нами были проведены радиологические исследования проб молока, мяса, костей, печени и легких.

Таблица 71

*Радиологическая характеристика молока, мяса,  
костей и внутренних органов, бк/кг*

Проба	Контроль	Опыт	ПДК
Мясо	174,0	173,3	600
Молоко	60,0	68,0	600
Кости	170,2	180,8	600
Печень	71,2	70,7	600
Легкие	51,0	50,3	600

Как видно из данных табл. 71, радиологическая зараженность не превышает допустимых норм, хотя радиологический фон молока и костей, полученных от животных в подсобном хозяйстве ОГЗ несколько выше, чем по учхозу ОГСХА.

Для более полной характеристики качества молока нами было изучено содержание тяжелых металлов в молоке, мясе и костях (табл. 72).

В пробах не обнаружены Ag, Hg, Cd. Медико-биологические требования [53] не превышены по всем пробам, хотя содержание Cu, Zn, Pb в молоке несколько выше в опытной группе. В целом, валовое содержание основных элементов (Cu, Zn, Pb, Ni, Cr, Mo, Mn) в мясе находится в четкой зависимости от их концентрации в кормах ( $r = 0,62$ ), а по молоку – связь очень слабая.

Таблица 72

*Содержание некоторых элементов в молоке,  
мясе и костях, мг/кг*

Проба	Вариант	Cu	Zn	Pb	Ni	Cr	Mo	Mn
Молоко	Контроль	0,0063	0,32	0,0048	0,032	0,0043	0,0014	0,11
	Опыт	0,072	0,36	0,0072	0,027	0,048	0,0018	0,09
Мясо	Контроль	0Ж96	0,96	0,131	0,060	0,108	0,0042	1,08
	Опыт	0,96	0,96	0,144	0,060	0,108	0,0042	0,96
Санитарные требования	Молоко	1	5	0,1	–	–	–	–
	Мясо	5	70	0,5	–	–	–	–

При изучении функционального состояния организма особое место занимает кровь, которая суммарно отражает характер ответной реакции организма на воздействие неблагоприятных факторов. Изучению количественного содержания форменных элементов крови отводится особое место при определении патологических процессов в организме животного [161]. Определение гематологических показателей является наиболее распространенным методом в клинической практике при изучении состояния организма в целом и функцио-

нального состояния отдельного органа. По изменению содержания эритроцитов и лейкоцитов можно судить и о степени устойчивости организма, и о наличии воспалительного процесса, и об уровне обменных процессов и т.д. Динамика содержания эритроцитов и лейкоцитов в крови коров приведена в табл. 73.

Таблица 73

*Динамика содержания эритроцитов и лейкоцитов в крови коров*

	Эритроциты, млн/мм <sup>3</sup>			Лейкоциты, тыс/мм <sup>3</sup>		
	Опыт	Контроль	P	Опыт	Контроль	P
Лето	6,34±0,06	6,48±0,12	0,5	7,2±0,14	7,36±0,18	0,5
Осень	6,95±0,08	6,74±0,04	0,5	7,68±0,18	7,68±0,18	0,5
Зима	6,58±0,09	6,82±0,24	0,5	8,15±0,16	8,15±0,16	0,5

Одним из основных показателей в лабораторных исследованиях крови – содержание гемоглобина. Его понижение свидетельствует об анемическом состоянии организма, а повышение – о гемоглобинемии. Известно, что это состояние возникает в результате острого воздействия на организм ряда химических веществ. Динамика содержания гемоглобина в крови коров по периодам года приведена в табл. 74.

Таблица 74

*Динамика содержания гемоглобина в крови коров по периодам года, (M±m) г/л*

Период года	Опыт	Контроль	P
Лето	78,80±8,1	84,60±6,2	0,5
Осень	89,69±6,5	82,84±8,1	0,5
Зима	73,60±5,7	78,48±6,9	0,5

Результаты изучения морфологического состава крови и количества гемоглобина в крови коров, которые получали зеленый корм, сочные и грубые корма, зернофураж, выращенные на ЗПО при поливе сточными водами газоперерабатывающего предприятия, показывают, что они не отличались от аналогичных показателей контрольных животных на протяжении всего эксперимента и находились в пределах физиологических норм. Так, по данным В.И. Георгиевского [55] эти показатели для здоровья коров определены в следующих разме-

рах: эритроциты – 5–7,5 млн.мм<sup>3</sup>; лейкоциты – 6–10 тыс.мм<sup>3</sup>; гемоглобин – 90–120 г/л, по А.В.Васильеву [35], соответственно, 5,5–7,2; 6,8–9,4 и 65–70.

При введении в рацион коров зеленого корма, полученного при орошении сточными водами коврово-суконного производства не выявлено выраженных сдвигов в количестве эритроцитов и лейкоцитов. Так, количество эритроцитов за весь период наблюдений (4 мес.) для опытной группы коров составило в среднем 5,10±0,20 – 7,40±0,13 млн/мм<sup>3</sup>, лейкоцитов – 5,60±0,30 – 8,80±0,31 тыс/мм<sup>3</sup> (P>0,1). Анализ содержания гемоглобина в крови коров показал, что его количество у животных опытной группы на протяжении эксперимента находилось в пределах 61,65±2,18 – 69,25±2,17 ед. Сали, что соответствовало физиологической норме [300].

Определенное диагностическое значение при остро нарастающем патологическом процессе имеет динамика скорости оседания эритроцитов (СОЭ). Ускорение или замедление реакции, не будучи специфической для определенных заболеваний, является в то же время наиболее ранним сигналом либо начинающегося патологического процесса, либо неполного его завершения. Наряду с этим СОЭ также позволяет судить о силе и глубине патологического процесса. Так, ускорение СОЭ отмечается при болезнях крови и заболеваниях, сопровождающихся увеличением глобулинов и фибриногена, а замедление наблюдается при поражении печени [218]. Динамика скорости оседания эритроцитов в крови подопытных животных представлена в табл. 75. Откуда видна разница в показателях СОЭ между группами по всем периодам опыта была недостоверной и скорость оседания эритроцитов в крови подопытных животных за период исследований находилась в пределах физиологической нормы. По данным В.И. Георгиевского [55] она равна 0,7–0,9 мм/час. Соколова – 0,58–0,62 мм/час.

Таблица 75

*Динамика скорости оседания эритроцитов в крови подопытных животных, мм/ч*

Период года	Опыт	Контроль	P
Лето	0,84±0,22	0,68±0,24	>0,5
Осень	0,66±0,17	0,72±0,19	>0,5
Зима	0,83±0,24	0,74±0,15	>0,5

Важный клинический показатель – определение содержания белка и белковых фракций в сыворотке крови [218]. Белки играют важную роль в физиологических и патологических процессах организма. Определение общего количества белков и их фракций в плазме (сывороке) имеет диагностическое, терапевтическое и прогностическое значение. Альбумины создают коллоидно-осмотическое давление крови, благодаря чему регулируется равновесие воды и электролитов между плазмой и тканями, сохраняется необходимый объем крови для нормальной циркуляции. Альбумины обеспечивают растворение и транспортировку анионов, переносят растворимые промежуточные продукты обмена от одной ткани к другой. Глобулины транспортируют липиды, эстрогены, каротиноиды, стероиды, жирорастворимые витамины, эстеразы, неполярные жирные кислоты, соли желчных кислот, желчные пигменты, гематин, йод, лекарственные вещества, цинк, медь, железо.

Выполняя в организме транспортную, защитную, пластическую и гомеостатическую функции, белки крови находятся в тесной связи с белками различных тканей и очень тонко реагируют на изменения химических и физико-химических процессов, происходящих в организме и тканях животных. Известно, что синтез альбуминов осуществляется в печени. Если учесть, что при токсикации организма в первую очередь поражается печень, так как она участвует в инактивации и обезвреживании попавших в организм веществ, то по содержанию альбуминов в сыворотке крови коров можно в какой-то мере судить о ее функциональном состоянии. Глобулины подразделяются на  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – фракции, большей частью соединены с гликопротеидами, липоидными веществами и ферментами, катализирующими окислительные процессы;  $\beta$  – фракции глобулинов содержат холестерин, а  $\gamma$  – фракции являются носителями антител. По данным В.И.Кондратьева (1976) при острых интоксикациях, приводящих к поражению печени, уменьшается общее количество альбуминов и увеличивается количество  $\alpha$  – и  $\beta$  – фракции при некотором снижении  $\gamma$  – фракции [152].

Содержание белка и белковых фракций по периодам года приведено в табл. 76.

Таблица 76

## Содержание белка и белковых фракций в сыворотке крови коров

Время года	Группа	Общий белок, г/1000 мл	Белковые фракции, %			
			Альбумины	Глобулины		
				$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
Лето	Контроль	7,91	47,43	12,71	9,43	30,43
	Опыт	7,51	50,55	14,54	10,63	24,27
Осень	Контроль	9,26	48,14	14,77	12,09	25,00
	Опыт	8,28	42,00	14,00	13,2	30,80
Зима	Контроль	8,17	46,88	13,44	16,25	23,43
	Опыт	8,44	44,68	12,35	12,50	30,37

Определение содержания в сыворотке крови отдельных белковых фракций и соотношения между ними имеет важное диагностическое значение при оценке определения тяжести патологического процесса и его локализации. Так, известно, что синтез альбуминов осуществляется в печени и уменьшение их содержания в сыворотке крови является достоверным показателем ослабления белково–синтетической способности печени или длительного нарушения функций пищеварения в результате интоксикации. С уменьшением содержания альбуминов в сыворотке крови связано понижение онкотического давления и как результат – образование отеков, а возрастанием – повышение альбумино–синтезирующей функции печени [153].

Если учесть, что при интоксикации организма в первую очередь следует ожидать поражения печени, так как она участвует в интоксикации и обезвреживании поступающих в организм вредных веществ, то по количественному содержанию альбуминов в сыворотке крови можно в какой-то мере судить о тяжести патологического процесса в организме.

Количественное соотношение между фракциями сыворотки крови определяется альбумино–глобулиновым коэффициентом, поскольку имеются сведения о том, что при хронических и подострых формах токсикозов содержание альбуминов снижается, а альфа–, бета–, и гамма– глобулиновых фракций нарастает. При острых интоксикациях, приводящих к поражению печени, уменьшается количество альбуминов и преобладают  $\alpha$ ,  $\beta$  – фракций глобулинов при некотором снижении содержания  $\gamma$  – фракций; значительное количественное увеличение  $\gamma$ -фракций глобулинов при относительном постоянстве

альбуминов и  $\alpha$ -,  $\beta$ - глобулинов наблюдается при нарушении функции паренхимы почечных клеток [313].

Из табл. 76 видно, что содержание белка и белковых фракций в сыворотке крови хотя и колеблется, но находится примерно на уровне физиологических норм для коров, что свидетельствует об отсутствии отрицательного влияния кормов, полученных с ЗПО. По данным А.С.Гурьянова и А.Г.Малахова определены физиологические нормы для коров в следующих пределах: общий белок –  $7,22 \pm 8,76$  г%; альбумины 40,6–50%;  $\alpha$ -глобулины –  $15,6 \pm 19,7$ ;  $\beta$  – глобулины –  $13,6 \pm 19,8$ ;  $\gamma$  – глобулины –  $16,7 \pm 27,2$  [36]. Эти же показатели в работе Е.В.Эйдричевича и И.И.Салий, выглядят по-другому: 7,72–8,33; 38–41; 15,3–15,4; 13,9–14,9; 30,0–31,7 [332].

В пределах физиологических норм получены данные и в экспериментах с дойными коровами [300], рацион которых состоял из корма, выращенных при поливе сточными водами легкой промышленности: общий белок – 7,6–8,5 г%; альбуминовые фракции – 36,1–46,7%;  $\alpha$ -глобулины -  $12,2 \div 18,9$ ;  $\beta$ -глобулины – 11,4–15,7 и  $\gamma$ -глобулины – 26,6–31,3%.

В исследованиях Г.И.Прониной [250] отмечается, что содержание общего белка в опытной и контрольной группах кроликов, получавших спецрацион ЗПО, носило стабильный характер и находилось в пределах физиологической нормы для данного вида животных. Количество альбуминов колебалось от 55,7% до 65%. К 6-му месяцу наблюдений в опытной группе их было меньше ( $53,02 \pm 2,35\%$ ), но это значение достоверно не отличалось от контроля ( $P > 0,1$ ). Содержание  $\alpha$ -глобулинов колебалось в течение эксперимента и через 3 месяца в опытной группе составило  $12,95 \pm 1,56\%$  против  $10,72 \pm 0,41$  в контроле, а к 6-ому месяцу:  $11,61 \pm 1,93$  % против  $13,41 \pm 0,37\%$  при достоверности отличий  $> 0,1$ . Содержание  $\beta$ - и  $\gamma$ - глобулинов и величина альбумино–глобулинового коэффициента не выходили за пределы физиологической нормы.

Холестерин относится к наиболее важным стеринам в организме животного. Он преобразуется в половые гормоны, гормоны коры надпочечников, вита-

мины группы Д, щелочные кислоты и другие вещества, обладающие высокой физиологической активностью. Он способен уменьшать действия некоторых ядовитых веществ, связывать токсины и т.д. Уменьшение его содержания в сыворотке крови свидетельствует о наличии патологических процессов в печени. По нашим данным (табл. 77) содержание холестерина в сыворотке крови животных также не выходит за пределы физиологических норм – разница между группами была не достоверной. Норма холестерина в сыворотке крови коров находится в пределах 140–250 мг/100 мл [241].

Таблица 77

*Содержание холестерина в сыворотке крови коров, мг /100 мл*

Группа	Лето	Осень	Зима
Контроль	225±46	202±64	265±42
Опыт	268±28	212±85	295±36
P	0,2	0,5	0,5

Одним из показателей, характеризующих уровень витаминной питательности кормов и рационов, является содержание каротина в сыворотке крови. Как провитамин «А» каротин играет важную роль в обменных процессах. При его недостатке в организме с рационом, наблюдают глубокие сдвиги в обменных процессах, снижаются продуктивность и воспроизводительная способность животного.

У коров всех групп оно было ниже нормы, но не выходило за пределы физиологических показателей. Разница между группами была не достоверной (табл. 78).

Таблица 78

*Содержание каротина в сыворотке крови коров, мг/100 мл*

Группа	Лето	Осень	Зима
Контроль	0,482±0,068	0,522±0,049	0,428±0,052
Опыт	0,578±0,087	0,496±0,064	0,386±0,66
P	0,2	0,5	0,2

Определение кислотной емкости (резервной щелочности), количества кальция и фосфора в крови имеет большое диагностическое значение. Повышение или понижение показателя кислотной емкости крови дает возможность судить не только о кислотно-щелочном равновесии в организме, но также и об ожидаемом изменении рН. Определяя резервную щелочность и устанавливая по ней изменения кислотно-щелочного равновесия еще до наступления сдвига рН,

можно путем активного вмешательства восстановить щелочной резерв и тем самым нормализовать обменные процессы в организме. Понижение щелочного резерва характерно для ацетонемии, нефрита и некоторых заболеваний (родильный парез, ящур и т.д.). Показатели резервной щелочности крови коров приведены в табл. 79.

Таблица 79

*Резервная щелочность крови коров, мг/100 мл*

Группа	Лето	Осень	Зима
Контроль	548±25	586±16	485±30
Опыт	487±27	510±24	363±31
Р	0,5	0,2	0,2

Видно, что в зимний период резервная щелочность у коров была ниже нормы, что связано с высоким уровнем силоса в рационе. Летом и осенью эти показатели были на уровне нормы. По данным [332] резервная щелочность находится в пределах 348 – 513 мг/100 мл.

На содержание кальция и фосфора в сыворотке крови большое влияние оказывает уровень кормления. Поэтому для контроля уровня минерального питания животных в клинической практике эти показатели широко используются.

Таблица 80

*Содержание кальция и фосфора в сыворотке крови коров, мг/100 мл*

Период наблюдений	Кальций		Фосфор	
	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль
Лето	12,70±0,17	12,50±0,22	6,21±0,21	5,23±0,28
Осень	12,10±0,24	12,80±0,18	6,42±0,17	6,22±0,26
Зима	12,20±0,13	12,60±0,14	5,84±0,25	5,98±0,19

Как видно из табл. 80, содержание кальция и фосфора в сыворотке крови коров во все периоды наблюдения было в пределах нормы. Разница в показателях между группами была в пределах физиологических особенностей отдельных животных. Следовательно, что включение в рацион коров кормов, полученных при поливе сточными водами Оренбургского газохимического комплекса, не повлияло на качество молока, мяса, количество форменных элементов и биохимический состав крови.

## *Исследования гистоструктуры тканей внутренних органов*

*Ткани печени.* На гистосреззах печени (рис.43, 44) заметна дольчатость, которая образована прослойками соединительной ткани. Междольковая соединительная ткань развита слабо. Однако именно такое строение характерно для нормальной (здоровой) печени крупного рогатого скота. Дольки размерами 0,5 до 1 мм имеют многогранную форму. В каждой дольке довольно правильно размещены печеночные клетки (гепатоциты), которые группируются в печеночные балки, состоящие из 1–3 рядов печеночных клеток. Балки в свою очередь разветвляются и соединяются в сеть. Между балками находится сеть капилляров. Обычно в центре дольки проходит вена, куда и собираются все капилляры дольки.

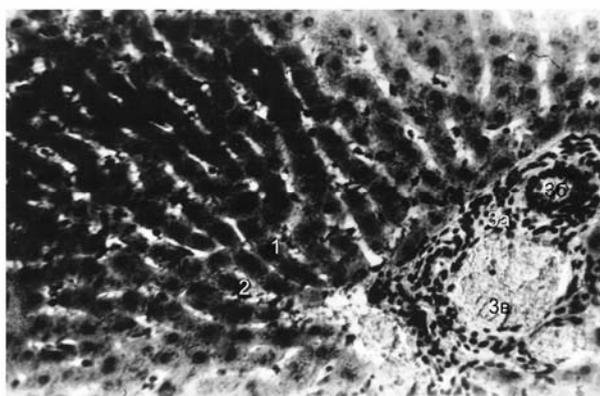
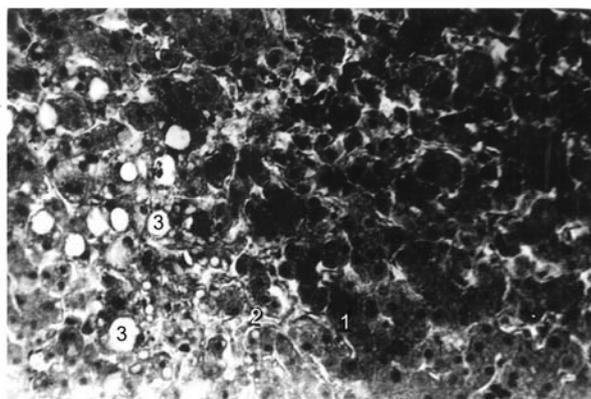


Рис.43. Перечень крупного рогатого скота.

1 - печеночные балки, 2 - купферовская клетка,  
3а - артерия триады, 3б - желчный проток триады,  
3в - вена триады печени

Рис.44. Печень крупного рогатого скота  
(крупнопанельная инфильтрация).

1 - печеночные балки, 2 - купферовская клетка,  
3 - вакуоли в цитоплазме печеночных клеток  
периферии долек (жир растворился при  
обработке препаратом).



В средней зоне печеночной дольки встречаются клетки максимальной величины, что указывает на интенсивные процессы синтеза белков. Клетки часто содержат два ядра – это приспособление служит для увеличения поверхностных отношений между ядром и плазмой и указывает на интенсивную работу печени. Иногда встречаются полиплоидные клетки. Количество последних незначительно, что указывает на возраст животных. Форма клеток большей частью круглая. Их цитоплазма содержит включения гликогена в виде зернышек разной вели-

ны. Эти явления подтверждают тот факт, что материал взят у животных вскоре после приема пищи. Для печеночных клеток характерно наличие и других включений, но используемые нами методы окраски не позволили их выявить. В некоторых клетках были заметны бурые пигментные зернышки. В периферической части долек, в местах, граничащих с соединительной тканью, обнаружены особые темные печеночные клетки. Эти клетки являются для печеночных балок камбиальными. Между печеночными балками, где расположены внутридольные капилляры, встречаются звездчатые (купферовы) клетки, синцитиально связанные друг с другом. Наличие этих клеток говорит о фагоцитозной функции печени. Кроме того, эти клетки синтезируют ретикулиновые волокна, а при цирротических изменениях образуют внутридольковую соединительную ткань.

Из изложенного выше следует, что изменений в структуре тканей печени под действием сточных вод ОГХК не наблюдается.

*Изучение гистоструктуры тканей поджелудочной железы.* Кусочки тканей поджелудочной железы для изучения внешнесекреторных концевых отделов фиксировали в жидкости Карнуа. Депарафинированные срезы окрашивали метиловым зеленым пиронином по Унна с предварительной обработкой части препаратов рибонуклеазой. Для изучения островковой части кусочки железы фиксировали в жидкости Ценкера, депарафинированные срезы окрашивали по методу Маллори.

На гистосрезках поджелудочной железы (рис.45, 46) хорошо видны ацинусы округлой или удлинённой формы с узкими просветами, заполненными мелкими центроацинозными клетками. Ацинусы построены секреторными клетками – панкреоцитами, вырабатывающими пищеварительные ферменты (триситоген, амилазу, липазу и др.). Эти ферменты в виде зерен находятся в центральной части панкреоцитов. Количество зерен зимогена зависит от функционального состояния клетки. Так как материал был взят у голодающих животных (перед убоем), спикальная часть клеток широкая и заполнена многочисленными зернами. Ацинарные отделы переходят в систему протоков с постепенно увеличивающимся диаметром просвета. Между ацикусами видны прослойки рыхлой соединительной ткани с капиллярами и нервами.

Ацинарные клетки имеют резко выраженную полярность. В апикальной части клеток находятся зерна зимогена, в средней или базальной части располагается ядро. Базофилия цитоплазмы в клетках, обусловленная наличием РНК, выражена очень сильно. Особенно высока концентрация РНК в базальных частях клеток, где базофильная цитоплазма выглядит в виде волокнистой субстанции. На препаратах, окрашенных метиловым зеленым – пиронином, высокополимерная ДНК ядер – сине-зеленого цвета, а цитоплазма и ядрышки – ярко розового. Для того чтобы окрашивание пиронином приобрело значение гистохимической реакции, необходимо было обработать часть препаратов ферментом рибонуклеазой. В ацинарных клетках после такой обработки цитоплазма почти полностью утрачивает базофилию, а хроматин ядра окрашивается метиловым зеленым.

В паренхиме поджелудочной железы разбросаны панкреатические островки (островки Лангерганса), которые представляют собой скопления эпителиальных клеток, пронизанных капиллярами. Число и величина островков у разных видов животных различны и подвержены изменениям.

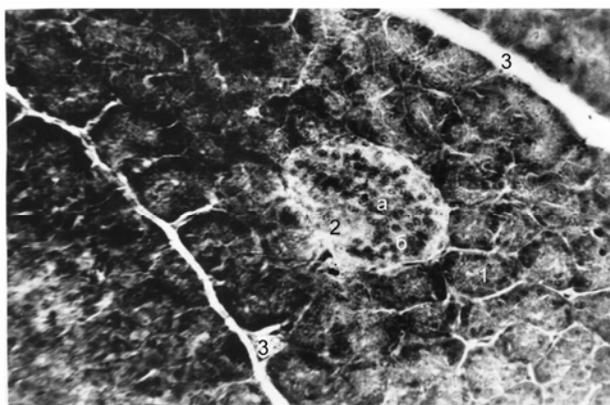
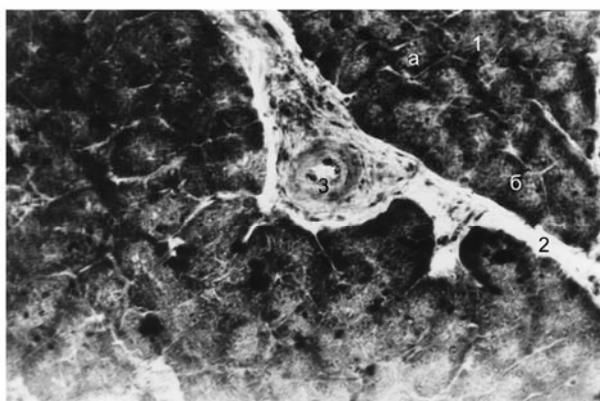


Рис.45. Поджелудочная железа крупного рогатого скота.

- 1 - ее концевые отделы (экзокриновая часть),
- а - ядра железистых клеток, б - ядра centroacinarных эпителиальных клеток,
- 2 - междольковая перегородка,
- 3 - кровеносный сосуд.

Рис.46. Поджелудочная железа крупного рогатого скота.

- 1 - ее концевые отделы (экзокриновая часть),
- 2 - островок Лангерганса (эндокринная часть),
- а - строма островка, б - инсулярные клетки,
- 3 - междольковые перегородки.



По периферии островка расположены ацидофильные клетки (альфаэндокриноциты), которые содержат крупные секреторные гранулы и их цитоплазма имеет темную окраску. Эти клетки продуцируют глюкагон и составляют 75% от количества всех клеток островка. В его центральной части находятся Бета-эндокриноциты, которые составляют основную массу клеток островков. Они плохо окрашиваются, их цитоплазма очень бледная с мелкими зернами секрета. Данные клетки выделяют гормон инсулин. В ядрах Бета-эндокриноцитов рыхло расположен хроматин. Глюкагон и инсулин играют большую роль в регуляции углеводного обмена и в известной степени являются антагонистами: глюкагон повышает содержание сахара в крови, а инсулин задерживает гликоген в печени и в связи этим уменьшается количество сахара в крови. Бета-эндокриноциты составляют 25% от общего количества клеток. Третий вид клеток - это Дельта-эндокриноциты. Они содержат мелкую голубую зернистость и составляет 10% от общего числа островковых клеток. Дельта-эндокриноциты выделяют гормон, тормозящий синтез белковых секретов.

Таким образом, по строению клеток, их составу и процентному отношению, можно сделать вывод о том, что изменений в клеточном составе и структуре тканей поджелудочной железы под влиянием сточных вод не наблюдается.

*Ткани почек.* Для изучения гистологического строения почек кусочки тканей фиксировали в 10% – ном нейтральном формалине. Депарафинированные срезы окрашивали гематоксилин – золином. Изучали корковое и мозговое вещество почек. На гистопрепаратах (рис. 47, 48) видно, что основой почечной паренхимы служат мочевые каналцы. Корковое вещество разделяется идущими в радиальном направлении кровеносными сосудами на мелкие дольки. В их центральные части проникают в виде лучей прямые каналцы мозгового вещества. В отличие от последних корковые каналцы не ветвятся. Хорошо просматриваются нефроны – структурная и функциональная единица почки. В нефроне различима капсула, шейка, проксимальный извитой каналец, петля Генле, дистальный извитой каналец, связывающий отдел.

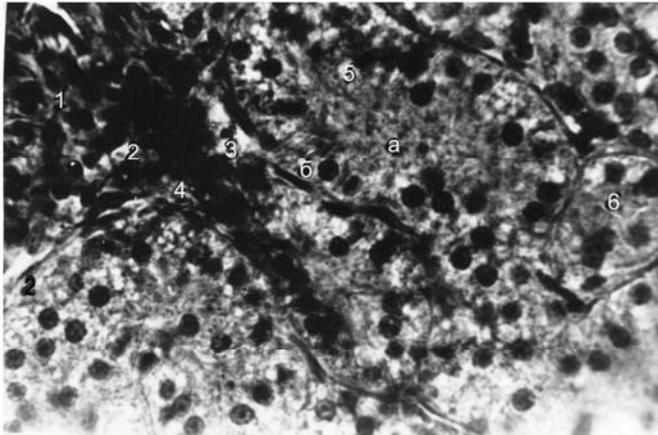
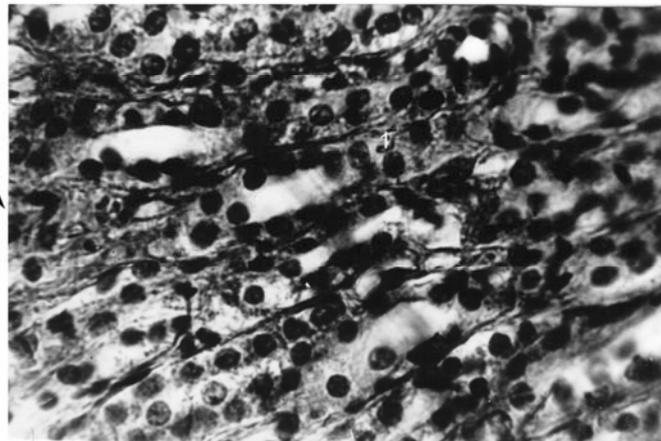


Рис.47. Кортикальное вещество почки крупного рогатого скота.

1 - почечное тельце, 2 - наружная часть капсулы клубочка, 3 - полость капсулы клубочка, 4 - сосудистый клубочек, 5 - проксимальный отдел нефрона, а - щеточная каемка, б - базальная исчерченность, б - дистальный отдел нефрона.

Рис.48. Мозговое вещество почки крупного рогатого скота.

1 - прямые каналы (нисходящие и восходящие части петли нефрона, собирательные трубочки).



Капсула нефрона – это расширенный слепой конец мочевого канальца из однослойного плоского эпителия. Этот конец вдавливаются сам в себя, поэтому стенка его двойная. Щель между наружным и внутренним листками стенки является продолжением полости канальца. Внутренний листок срастается с залегающим внутри капсулы артериальным клубочком, вместе с которым образует почечное тельце. Его клетки называются подоцитами и напоминают сетчатую структуру - мезенхиму. Эпителиальные клетки, образующие наружную стенку капсулы формирует её наружный листок. Стенка суженной части канальца непосредственно за капсулой состоит из эпителия от плоского до кубического. Эта суженная часть (шейка) продолжается в проксимальный отдел. Для его клеток характерна мутная цитоплазма с бурным оттенком, щетковидная каемка на поверхности и палочковидная исчерченность в основании. Границы между клетками извилисты, плохо заметны. Палочковидная исчерченность возникает от расположенных вертикально митохондрий. По мере удаления от капсу-

лы нефрона щетковидная каемка и палочковидная исчерченность постепенно становятся менее выраженными. Эти структуры могут изменяться при различных функциональных состояниях канальца.

В тонких отделах в петли Генле эпителий низкий и напоминает эндотелий, в толстых он почти такой же, как и в проксимальных отделах. Клетки содержат мутную цитоплазму, исчерченность нечетко выражена и нет щетковидной каемки. Ближе к корковому веществу диаметр толстых частей увеличивается, а цитоплазма клеток становится более прозрачной. За петлей нефрона начинается дистальный отдел. Его эпителий отличается отсутствием щетковидной каемки и бледной окраской. В том месте, где каналец дистального отдела прилегает к артерии, в его эпителии видны скопления ядер, митохондрий, мембранных структур и он выглядит в виде плотного пятна.

Конечная часть дистального отдела образует связующий отдел, который переходит в каналец выводного протока, который впадает в собирательную трубку. Эти отделы построены из кубического эпителия, в котором хорошо выражены границы между клетками.

Граница между корковым и мозговым веществом неровная, так как канальцы мозгового вещества впячиваются внутрь коркового в виде мозговых лучей. Каждый луч образован из нескольких собирательных канальцев. В средней части луча они сливаются и дальше соединяются попарно в более крупные, а в глубоких частях мозгового вещества сливаются канальцы различных лучей. Самые крупные из них сосочковые, которые открываются на вершине пирамид, и образуют на поверхности каждой из них решетчатое поле. Канальцы мозгового вещества выстланы однослойным кубическим эпителием. По мере увеличения калибра канальца эпителий переходит в призматический. Вокруг канальцев имеется небольшое количество соединительной ткани, в которой много малодифференцированных клеток и ретикулиновых волокон.

Отсюда следует, что в тканевой структуре почек никаких изменений не произошло.

*Ткани сердца.* Гистологические препараты сердца (рис.49) готовились из межжелудочковой части, в место отхождения от нее септомаргинальной трабекулы.

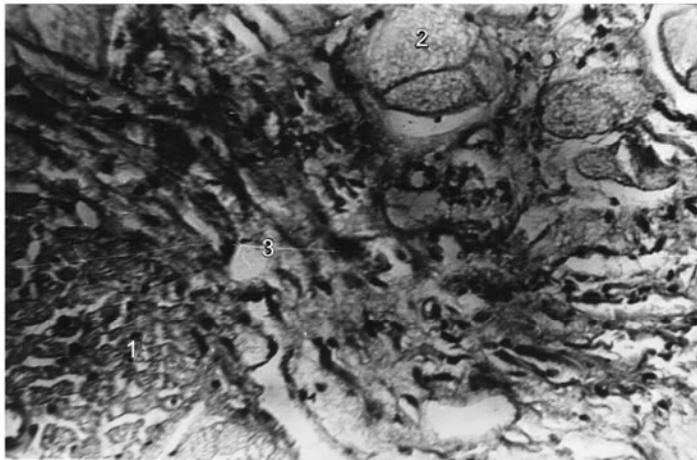


Рис.49. Сердце крупного рогатого скота.

- 1 - типичные миоциты,
- 2 - антитипичные миоциты,
- 3 - соединительнотканые прослойки.

Во внутренней оболочке перегородки сердца – эндокарде – четко различимы следующие слои: эндотелиальный, подэндотелиальный, мышечно-эластический и наружный соединительно – тканый. Эндотелиальный слой состоит из полигональных клеток, лежащих на толстой базальной мембране, хотя последняя не везде заметна. Подэндотелиальный слой образован соединительной тканью, богатой малодифференцированными (камбиальными) клетками. Большое количество этих клеток рассматривается как приспособление организма к новым условиям существования, так как данные клетки способны превращаться в другие клеточные формы. Глубже располагаются мышечно-эластический слой, в котором хорошо заметны веретеновидной формы клетки гладкой мышечной ткани. Эластических волокон в нем мало, что, в общем, характерно для стенки желудочков и межжелудочковой перегородки. На границе с миокардом расположен наружный соединительный слой. Он состоит из соединительной ткани, в которой очень много множество толстых эластических волокон и значительно меньше – тонких коллагеновых. Ретикулиновых волокон не видно, так как они выявляются при импрегнации серебром, а этот метод окраски мы не применяли. В наружном соединительнотканном слое обнаруже-

ны кровеносные сосуды, за счет которых осуществляются диффузное питание эндокарда. В некоторых местах находили атипичные миоциты проводящей системы.

Миокард образован рабочей и проводящей тканями. Основная масса представлена рабочей тканью, состоящей из сократительных клеток (миоцитов). Хорошо видны зоны контакта миоцитов в виде темно окрашенных ступенчатых или прямолинейных вставочных дисков. Диски расположены перпендикулярно длинной оси клеток. В каждом миоците находится одно или два ядра в центре, а по периферии расположены миофибриллы. Миоциты окружены эндомизием, в котором множество капилляров. Хорошо выражены анастомозы между миоцитами. Атипичные миоциты очень толстые и богаты саркоплазмой, что характерно для крупного рогатого скота. Эти клетки более светлые, неправильной овальной формы. Их поперечный диаметр в 2–4 раза больше типичных миоцитов. Миофибриллярный аппарат развит очень слабо, поэтому и общая поперечная исчерченность в отличие от типичных миоцитов незаметна, что указывает на устойчивость атипичных миоцитов к кислородному голоданию. Кроме того, в саркоплазме заметны включения гликогена в виде зерен.

Таким образом, включение в рацион дойных коров зеленого корма, сена и зернофуража, полученных с ЗПО, не привело к изменениям в тканевой структуре печени, почек, поджелудочной железы и сердца.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Длительное изучение динамики химического состава сточных вод газоперерабатывающего комплекса показало, что, начиная с 1976 г. и до 1989 г. происходило постепенное повышение минерализации за счет катионов натрия, анионов хлора и сульфатов, в результате чего изменилось соотношение между одно- и двухвалентными катионами в пользу первых. В последнее время отмечается улучшение состава сточных вод из-за изменения технологии нейтрализации жесткости воды в Каргалинской ТЭЦ и разбавления сточных вод в емкости сезонного регулирования талыми и дождевыми водами.

Режим орошения сточными водами изучаемых культур (кукуруза на силос, яровая пшеница, люцерна на сено) устанавливался в зависимости от метеорологической обстановки в период их произрастания. На посевах кукурузы для поддержания заданного режима орошения (75–80% от НВ) потребовалось проведение 5 поливов при средней поливной норме 430–530 м<sup>3</sup>/га во влажные и 7 – в среднезасушливые годы. Оросительная норма при этом колебалась в пределах 2100–3600 м<sup>3</sup>/га. Суммарное водопотребление кукурузы определено в размере 418 мм/га, а среднесуточный расход – 3,6 мм. Установлено, что величина водопотребления как в целом за вегетацию, так и по отдельным периодам не зависит от качества поливной воды. Внутривегетационный ход водопотребления согласуется с результатами наблюдений в засушливой зоне страны – водопотребление возрастает от появления всходов и достигает максимума в период выбрасывания метелок.

В водопотреблении кукурузы в зависимости от увлажненности года 50–80% приходится на поливы и 15–30% – на осадки. В специфических условиях ЗПО на легких суглинках до 15% воды теряется на инфильтрацию при поверхностном поливе. Независимо от качества поливной воды на 1 т силоса затрачивается 90–95 м<sup>3</sup>.

Суммарное испарение на поле яровой пшеницы при поливе сточными водами составило 415 мм при среднесуточном испарении 3,8 мм. За вегетацион-

ный период было проведено четыре полива со средней нормой около 700 м<sup>3</sup>/га. Коэффициент водопотребления равен 1153 м<sup>3</sup>/т зерна.

Более влаголюбивая люцерна за вегетационный период расходует 616 мм, при среднесуточном испарении 4,5 мм. Режим орошения этой культуры ежегодно складывался из 7 вегетационных и одного влагозарядкового поливов. Средняя оросительная норма составила 435 мм, или 71% от суммарного водопотребления. За счет более мощной корневой системы в поле люцерны увеличивается потребление почвенных влагозапасов.

В условиях тяжелосуглинистых грунтов и при поливе с помощью низкоинтенсивной ДМ «Фрегат» по сравнению с поверхностным способом на более легких грунтах фильтрационные потери уменьшаются в 1,6 раза, что необходимо учитывать в целях защиты водоисточников от загрязнения сточными водами.

Установлено, что зависимость суммарного испарения от биомассы, фотосинтеза и критических фаз развития яровой пшеницы, люцерны и кукурузы подтверждается и в условиях полива сточными водами газохимической промышленности. Это позволяет сделать вывод о том, что присутствие в этих водах токсичных веществ в пределах допустимых концентраций существенно не повлияли на процесс водопотребления изучаемых культур при оптимальном увлажнении и глубоком залегании грунтовых вод.

При поливе сточными водами в условиях Оренбургской области расход воды на 1 ц продукции определен в размерах 8,4 – 9,7 м<sup>3</sup>, а при поливе уральской водой – 8,6 – 10,5 м<sup>3</sup>. Более высокие величины в последнем варианте при почти одинаковом суммарном испарении получены за счет снижения урожайности кукурузы на силос. При поливе сточными водами на единицу урожая воды затрачивается меньше, чем при поливе уральской водой. Это можно объяснить только поступлением дополнительного количества питательных веществ (N, P, K) со сточными водами.

При поливе сточными водами посевов люцерны на сено произошло изменение водно-физических свойств до глубины 1,0–1,2 м и агрегатного состава

почвогрунтов до 60 см. За годы исследований в верхнем 60 см слое снизилось количество водопрочных агрегатов. Так, их количество при мокром просеивании снизилось по слоям: 0–30 см на 11,2%; 30–60 см. на 42,3%. В целом по профилю количество структурных частиц диаметром 0,25–5 мм снизилось в 2 раза и как следствие, произошло увеличение объемной массы в слое 0–30 см на 23% в слое, 30–60 см – на 15 и в слое 60–120 см – 7%.

А.И.Болдырев с соавт. [24] также установили, что длительное орошение минерализованными водами среднесуглинистых подзолистых почв увеличивает плотность и уменьшает количество водопрочных агрегатов и водопроницаемость. По данным Н.А.Ковалевой [140], на супесчаных подзолистых почвах Московской области при орошении многолетних трав промышленными стоками в верхнем слое объемная масса почвы уменьшилась с 1,59 до 1,47 г/см<sup>3</sup>.

Разрушающее действие вод обусловлено тем, что по мере увлажнения почвенных агрегатов ослабляются связи между составляющими их микроагрегатами и частицами. Общеизвестно, что до поступления в почву вода растворяет в атмосфере аммонийные и углекислые соединения. Аммоний может вытеснить из почвенно-поглощающего комплекса ионы кальция, что приведет к некоторому разрушению микроагентов, а также повысит подвижность органического вещества почвы, служащего клеем между микроагрегатами. Углекислота способствует растворению карбонатов кальция в почве, сдвигу равновесия между кальций-ионами в поглощающем комплексе и почвенном растворе, замене кальция другими ионами и, следовательно, разрушению микроагрегатов. Содержащийся в сточных водах в избыточном количестве натрий также способствует вытеснению кальция из ППК, о чем свидетельствует увеличение количества поглощенного натрия.

Анализ распределения солей по почвенному профилю показывает, что наметилась тенденция к накоплению их в верхних горизонтах почвы (до 60 см) и ниже 1 м. Из-за того, что это происходит за счет солей натрия ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ), то в этих слоях наблюдается изменение реакции почвенного раствора в сторону щелочной от 6,7 до 8,4. Интенсивное накопление ионов натрия в по-

глощенном виде происходило в первые 5 лет эксплуатации ЗПО, когда количество его достигало более 10 % от емкости поглощения. Это убедительное свидетельство о начале процесса осолонцевания почвы.

В дальнейшем, путем внесения органических удобрений и мелиорантов в виде гипса и фосфогипса, возделывания солеустойчивых культур, этот процесс был остановлен. Особенно хорошим мелиорантом на ЗПО является люцерна синегибридная, которая возделывалась на данном поле в общей сложности, в течении 8 лет.

М.Ф.Буданова [31], изучая химический состав почвенных растворов, установила, что сточные воды гидрокарбонатно–хлоридного аммонийно-кальциевого состава в зоне аэрации под влиянием процессов окисления органических веществ, нитрификации аммонийного азота и катионного обмена переходят в нитратно–хлоридные, хлоридно–нитратно–сульфатные типы. Изменение солевого состава почвы при орошении сточными водами описано в работе С.И.Репетуна [262].

Орошение сточными водами Оренбургского ГХК повлияло на состав и содержание отдельных солей. Так, практически снизилось количество  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{MgSO}_4$ , в то же время появились новые соединения –  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{NaHCO}_3$  и  $\text{NaCl}$ , т.е. качественный состав изменился в худшую сторону. Появление токсичных солей натрия, особенно  $\text{NaCl}$ , указывает на влияние сточных вод, где содержание этих ионов достаточно высокое.

В результате 15 – летнего орошения южных черноземов сточными водами ОГХК содержание азота в пахотном горизонте увеличилось в 2 раза, а глубине 1 м – более чем в 4 раза, т.е. происходит вымывание азота. Увеличение количества азота связано с освоением кормового севооборота, в состав которого входили зернобобовые культуры: люцерна, вика, эспарцет. Сточные воды не оказали отрицательного воздействия на активность нитрофицирующих бактерий, о чем убедительно свидетельствуют данные по содержанию  $\text{NO}_3$  в почве в различные годы.

Содержание подвижного фосфора, в слое 1 м практически не изменялось, но обнаружена тенденция его увеличения в верхнем 30 см слое почвы за счет перехода его из органической формы при минерализации корневых и растительных остатков.

В целом орошение сточными водами ОГХК не оказало отрицательного воздействия на пищевой режим южных черноземов, что очень важно для оценки ирригационных качеств этих вод при низком содержании в них элементов питания. Почвы ЗПО можно характеризовать как незасоленные, но в то же время наметилась тенденция к возникновению хлоридно-сульфатного типа засоления. Хотя общее количество солей и ниже критического уровня, при дальнейшей эксплуатации полей орошения особое внимание следует обращать на их содержание в почвах.

Установление степени влияния поливов сточными водами на мелиоративное состояние и качество очистки их на ЗПО невозможно без определения водного баланса зоны аэрации и грунтовых вод. Интенсивный подъем грунтовых вод на ЗПО происходит на отдельных участках с близким расположением водоносного горизонта (5–6 м), которые составляют около 5% общей площади. Так, в пойме р.Черной грунтовые воды за 4 года наблюдений поднялись на 1,8–2,0 м. т.е. ежегодный подъем уровня составлял около 0,5 м. Поступление сточных вод в грунтовые воды подтверждается и данными их химического состава. Минерализация грунтовых вод на террасе повысилась с 0,2 до 1,2 г/л, в основном за счет ионов натрия, хлоридов, сульфатов и гидрокарбонатов при одновременном снижении кальция.

Изменение химизма грунтовых вод в пойме р.Черной носит своеобразный характер. Здесь увеличение общей минерализации происходит за счет ионов натрия и гидрокарбонатов. Поступление гидрокарбонатов объясняется глубоким содовым засолением материнской породы, а остальных ионов – инфильтрацией сточных вод.

Для предотвращения дальнейшего подъема грунтовых вод необходим дифференцированный режим орошения кормовых культур, который определен

нами в результате лизиметрических наблюдений. Так, расход грунтовых вод в зону аэрации при их глубине 1 м равен 319 мм; 1,5 м – 228; 2,5 м – 115 и 3,5 м – 64 мм. Соответственно на эти величины необходимо уменьшать оросительную норму для полива люцерны на сено.

Для окончательного предотвращения загрязнения грунтовых вод и р.Черной сточными водами на фоне дифференцированного режима орошения необходимо строительство дренажа на участках с близким их залеганием.

На территории с глубоким залеганием грунтовых вод (14–15 м) уровень не изменился. Минерализация их колеблется от 0,3 до 0,5 г/л.

При оценке пригодности сточных вод для орошения основными биологическими показателями являются урожай и качество выращиваемых культур. Наблюдения за ростом и развитием кукурузы показали, что при поливе сточными водами и уральской водой существенных различий в наступлении фаз не происходило. Высота растений была выше в опытных вариантах, чем при поливе уральской водой. Растения отличались хорошей облиственностью и большой массой початков, за счет чего несколько повысилась кормовая ценность силоса.

Растения кукурузы и люцерны накапливают больше кормовых единиц, но при поливе сточными водами у обеих культур обнаружено снижение биологической ценности протеина, которую определяли по содержанию незаменимых аминокислот.

Изучение макро- и микроэлементарного состава растений позволило установить, что при орошении сточными водами у люцерны происходит довольно значительное увеличение количества Na, Cu и Zn, а кукуруза накапливает больше Ca, P, Zn, Mn и Co. Накопление указанных элементов, безусловно, связано с химическим составом сточных вод.

Опыты ТСХА, проведенные в Московской области, показали, что в пастбищных травах, орошаемых сточными водами, значительно возрастает содержание протеина и зольных элементов [8].

Исследование влияния атмосферных выбросов газоперерабатывающего комплекса на почву и растения в удалении от источника выбросов на расстоянии до 56 км с учетом ветрового режима и привязкой к населенным пунктам показало, что максимальное загрязнение по основным металлам, как в снежном покрове, так и в почвах приходится на 20 км отметку. Металлы – загрязнители Zn, Mn, Sr, Pb, Cr, Ni, Cu, составляющие ассоциацию в выбросах характерны и для исследуемых объектов. Это дает основание считать, что газохимический комплекс является основным источником загрязнения окружающей среды в пределах исследуемых территорий.

Наличие загрязнений на отметке 20 км и далее подтверждает выводы ученых о том, что носителями основной массы тяжелых металлов в атмосфере являются аэрозоли и время пребывания частиц размером до 1 мкм составляет до 5 суток, а наиболее мелкие остаются в атмосфере свыше 3–4 недель [1, 193].

Результаты исследований свидетельствуют о загрязнении сельскохозяйственных культур в т.ч. продовольственного назначения в несколько раз. Зависимость валового содержания этих элементов от их наличия в почве выражена коэффициентом корреляции, равным 0,83.

Патанатомическое вскрытие показало наличие отека, застойной гиперемии легких, диффузной дистрофии почек, печени, миокарда. Подсаживание интактного самца к экспериментальным самкам не привело к результатам – самки оказывались стерильными или гибли во время родов, что подтверждает влияние компонентов стока на репродуктивную активность самок. В варианте – интактная самка x экспериментальный самец – потомство отличалось слабой иммунной защищенностью, повышенной смертностью. Исследования показали, что набор компонентов сточных вод ОГХК в имеющихся концентрациях достаточен для индуцирования паталогических нарушений в живых системах. Поэтому нами дана оценка генотоксического эффекта сточных вод на тест-объектах различных уровней организации в целях определения опасности изучаемого фактора как мутагена среды.

К наиболее частым изменениям, наблюдающимся в поколении после обработки семян мутагенами, относятся морфозы – отклонения в физиологических и формообразовательных процессах, наступающие в ответ на необычные раздражения, к которым данный вид не мог вырабатывать приспособительные реакции на протяжении своего филогенеза.

Ранние стадии индивидуального развития живых организмов характеризуются особой чувствительностью к внешним мутагенным и немутагенным агентам. Нарушения, возникшие в этот период, сказываются на жизнеспособности индивидов. Если фактор является немутагенным, но представленным в избытке, организм погибает. Мутагены среды способны вызвать наследуемые изменения в живых системах при небольших концентрациях, причем эти изменения обычно вредны для организма и часто обеспечивают летальность. При оценке мутагенности вещества учитывают частоту мутаций, которую ставят в зависимость от концентрации исследуемого агента или длительности его воздействия на организм.

В нашей работе учитывались соматические мутации на растительных объектах, фиксировалось количество химерных растений и морфозов, которые сопровождают мутагенные эффекты. В экспериментах использовались неразбавленные сточные воды ОГХК, известные как агенты, вызывающие стимулирующий эффект у растительных организмов.

Типичные морфофизиологические изменения, наблюдаемые у растения фасоли: точка роста «заглушена», прекращен верхушечный рост побега, короткие междоузлия на стебле, листовые пластинки аномальной формы, абсолютное или частичное отсутствие пигментации, наличие некротических образований (коричневые и бурые пятна), в порядке убывания к молодым листочкам, поражение стебля; сильная пигментация 1-го настоящего листа при нормальном жилковании, 3-го листа – при учащенном жилковании. Химерные растения вместо 4 имели 5 ортоствих и развивали 3 первичных листа. Выход химерных растений не всегда можно связывать с прямым действием мутагена, возможно, количество химерных растений увеличилось благодаря стимулирующему дей-

ствию сточных вод, а в контроле – потенциал семян, дающих химерные растения, остался не реализованным. Соматические мутации имели место в форме наследуемых изменений формы листовой пластинки и жилкования.

Стимулирующий эффект сточных вод проявляется в возрастании активности митоза в зоне деления молодых корешков лука и пшеницы и сопровождается митотическими нарушениями типа К – митозов. Агент, участвующий в увеличении митотической активности в корешках пшеницы, имеет распространение во всем организме растения. Первый лист из-за активации митотических делений достигает внутри колеоптиле длины, превышающей объемы пространства, ограниченные колеоптиле, деформируется в спираль, и через некоторое время возникает разрыв ткани колеоптиле в результате избыточного натяжения, лист освобождается преждевременно, обнаруживаются деформация листа и механические повреждения.

У фасоли обнаружено увеличение веса зеленой массы при падении всхожести, у пшеницы оба показателя приближены к контролю и выражены в относительно щадящей форме.

Сточные воды воздействуют на растения, активизируя ростовые и формообразовательные процессы. Наблюдаемые морфозы часто являются следствием аномального ускорения развития, налицо результаты несоответствия между программой генома и условиями его реализации.

Эксперимент на дрожжах–сахаромицетах позволил проследить за проявлением наследуемых клеточно-летальных изменений, возникающих в результате действия сточных вод. Нестохастический наследуемый клеточно-летальный эффект наблюдался у гаплоидного дикого типа, а стохастический – у диплоидного  $\gamma$ -мутанта. Наследуемые клеточно-летальные эффекты являются основой для развития патологических изменений в тканях растений и животных.

Оценка действия сточных вод ОГХК, поступающих в ЕСР («сток–А»), тяжелой фракции со дна ЕСР («сток–С») и солей Ni, Cu, Zn (отдельно и в разных сочетаниях), входящих в состав сточных вод, на рост и развитие проростков пшеницы *Triticum durum* показала, что из предложенных сред наиболее ток-

сичны для семян «сток-А» и «Cu», которые обуславливают гибель семян соответственно на 28 и 24%, задержка в разворачивании колеоптиле наблюдается в вариантах «сток-С», «Ni» и «Zn». Никель способствует раннему разворачиванию колеоптиле, но процесс затягивается из-за пассивности развития первого настоящего листа.

Одна из форм реакции - морфозы. Обычно завершаются гибелью проростка и характерны в основном для варианта «Cu». Морфоз «спираль» не индуцируется вариантом «Ni». Основным источником подобного изменения - Cu, способствующая росту первого настоящего листа, и компонент, блокирующий разворачивание колеоптиле (подобное действию Zn).

Оценка действия сточных вод ОГХК и солей Ni, Cu, Zn на корешки лука *Allium* сера выявила, что корневая система растения способна впитывать компоненты среды в ограниченных количествах. Поглощающая способность корней зависит от соотношения концентрации компонентов; Cu и Zn являются антагонистами Ni; Cu способствует уменьшению плотности ткани корневой системы, усилению роста первого настоящего листа при высоких концентрациях; сточные воды ОГХК содержат относительно сбалансированную концентрацию Cu и Ni, но присутствие Zn усиливает эффект избыточной концентрации Cu или её дефицит.

Исследование действия сточных вод и солей Ni, Cu, Sn на частоту возникновения соматических мутаций и рекомбинации у дрозофилы показало, что набор компонентов содержащихся в сточных водах, даже в пределах ПДК достаточен для возникновения явления соматического мозаицизма, которое выражается в увеличении числа пятен на крыло за счет одиночных пятен типа flr. Соли Ni, Cu, Sn могут вызвать ощутимый эффект только в концентрациях, превышающих их в сточных водах в 100 раз и лишь в комплексе компонентов.

Сточные воды ОГХК и соли Ni, Cu, Sn индицируют небольшое количество рецессивных сцепленных с полом летальных мутаций. Проявление данного эффекта в большей степени определяют соли Ni.

Несмотря на всю важность токсикологической оценки кормов, исследований в данной области еще недостаточно. В настоящее время еще нет стройного представления о кинетике поступления отдельных химических веществ из сточных вод в растения, о механизме распределения их и выделения из растительной клетки. Это в значительной степени затрудняет выбор наиболее чувствительных и специфических показателей для выявления воздействия веществ, содержащихся в сельскохозяйственных продуктах, выращенных на ЗПО.

Наиболее приемлемым и объективным методом изучения возможной токсичности кормовой продукции, выращенной в условиях орошения промстоками, является биологическая проба, выполненная на экспериментальных животных.

Наши исследования на животных в подсобном хозяйстве Оренбургского гелиевого завода, которые в течение 3 лет получали корма (сочные, грубые, зерновые), выращенные на ЗПО ОГХК и в учхозе ОГСХА (контрольные группы), дали отрицательный результат.

Уровень продуктивности и показатели химического состава молока в значительной степени зависят от биологической полноценности кормов и характеризуют физиологическое состояние лактирующих коров. По органолептическим свойствам молоко опытной группы ничем не отличается от молока контрольных животных, а по чистоте соответствовало ГОСТ - 8218-56.

Изменения качества молока по периодам года были в пределах требований ГОСТ.

Радиологическая характеристика, содержание тяжелых и редких металлов в молоке, мясе, внутренних органах и костях было в пределах медико-биологических требований, хотя и отмечается несколько высокие радиологический фон и содержание Cu, Zn, Pb в молоке опытной группы по сравнению с контрольными животными.

Отмечается четкая зависимость ( $r=0,62$ ) концентрации металлов в мясе от их содержания в кормах.

Нами были изучены динамика морфологического состава крови, количества гемоглобина в крови, скорости оседания эритроцитов, содержания белка и белковых фракций, холестерина, каротина, кальция и фосфора в сыворотке крови, а также резервной щелочности в крови. Все показатели находились в пределах физиологических норм, и разница между группами по периодам наблюдений была недостоверной.

Исследования гистоструктуры тканей внутренних органов коров (печени, почек, поджелудочной железы, сердца) показали, что включение в рацион дойных коров грубых, сочных и зерновых кормов, полученных с ЗПО не привело к изменениям в тканевой структуре.

Таким образом чем выше уровень развития организмов, тем слабее выражен токсический эффект сточных вод. Получение качественной растениеводческой и животноводческой продукции доказывает, что почвы и растения являются естественными барьерами токсических веществ. Создание ЗПО – одна из реальных возможностей эффективной утилизации сточных вод в целях уменьшения загрязнения водоемов и получения дополнительной продукции земледелия.

Применение метода биологической пробы при токсикологической оценке кормов, полученных с ЗПО, использование различных по уровню организации объектов (микроорганизмы, растения, лабораторные животные) при исследовании общетоксической и мутагенной активности сточных вод позволяет получить объективную экологическую оценку изучаемого фактора в кратчайшие сроки и принять соответствующие меры по предотвращению кризисных ситуаций, экологических аварий и катастроф.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамовский Б.П. Глобальный баланс и предельно – допустимые выбросы ртути в атмосферу. //Всесторонний анализ окружающей природной среды. Л., 1976. С. 35 – 48.
2. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Стручкова Л.С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М., Медицина, 1991. С. 116 – 142.
3. Агроклиматические ресурсы Оренбургской области. М.: Гидрометеиздат., 1971. 120 с.
4. Алещенко М.Г.Сточные воды дрожжевого и сахарного производства и их использование для орошения кормовых культур //Использование сточных вод и навозных стоков на орошение и удобрение сельскохозяйственных угодий. М., 1985. С.79 – 85.
5. Алпатыев А.М., Остапчик В.П. Опыт использования биоклиматического метода расчета испарения при формировании эксплуатационного режима орошения // Биологические основы орошаемого земледелия. М., 1974. С. 127 – 135.
6. Андреев Н.Г., Мерзлая Г.Е. Создание высокопродуктивных травостоев при орошении сточными водами культурных пастбищ // Сельскохозяйственное использование сточных вод: Мат. VI Междунар. совещания ученых социалистических стран по сельскохозяйственному использованию сточных вод. М., 1972. С. 13 – 17.
7. Андреев Н.Г. Орошаемые культурные пастбища. М.: Россельхозиздат, 1978. С. 265 – 306.
8. Андреев Н.Г., Мерзлая Г.Е., Афанасьев Р.А. Орошение пастбищ сточными водами. М.: Россельхозиздат, 1976. 125 с.
9. Антипов-Каратаев И.Н., Кадер Г.М. К методике мелиоративной оценки поливной воды, имеющей щелочную реакцию // Почвоведение, 1961. № 3. С. 60 – 65.

10. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. Изд. 2-е, перераб., доп. М.: Изд-во МГУ, 1970. 480 с.
11. Астапов С.В., Долгов С.И. Руководство по почвенно-мелиоративным исследованиям в степных и лесостепных районах европейской части СССР. М.: Сельхозгиз, 1953. 256 с.
12. Багров М.Н., Бондаренков И.Е. Особенности орошения зерновых колосовых культур в Нижнем Поволжье// Биологические основы орошаемого земледелия. М., 1974. С.92 – 100.
13. Баер Р.А., Лютаев Б.В. Участие грунтовых вод в водопотреблении на орошаемых землях // Гидротехника и мелиорация. 1976. № 12. С. 17 – 28.
14. Баер Р.А., Лютаев Б.В. Мелиоративно-гидрогеологические условия Западного Причерноморья СССР. - Кишинев: Штиница, 1979. 184 с.
15. Бандман А.Л. Вредные химические вещества. Неорганические соединения V-VIII групп: Справочник. Л. Изд-во: Химия, 1989. 592 с.
16. Барановская В.А., Азовцев В.И. Влияние орошения на современный почвообразовательный процесс// Труды X Междуна родного конгресса почвоведов. М., 1974. Т.10. С. 132 – 136.
17. Беличенко Ю.П., Швецов Н.М. Рациональное использование и охрана водных ресурсов. М.: Россельхозиздат, 1986. 303 с.
18. Березова Е.Ф. О гетеротрофном питании растений //Тр. ин-та микробиологии АН СССР, 1961. Вып. 2. С. 17 – 23.
19. Бескровный Ю.Г., Бойко В.И., Чернокозинская А.С. Многолетний опыт использования сточных вод для орошения черноземов Украины // Вест. сельскох. науки. М., 1987. № 5. С.58 – 63
20. Бигалиев А.Б. Оценка генетической опасности солей тяжелых металлов (на примере хрома) как промышленных загрязнителей окружающей среды: Дис... докт. биол. наук. М., 1979. 418 с.
21. Битюков К.К., Осташева М.Е. Суммарное водопотребление кормовых культур при орошении // Методы естественной очистки сточных вод и экономическая эффективность их использования для орошения. М.: ВНИИГиМ, 1973. С. 80 – 88.

22. Блохин Е.В., Прутков А.М. Опыт применения показателей рН для диагностики солонцов// «Теоретические основы и опыт мелиоративной обработки и химической мелиорации солонцовых почв». Целиноград, 1980. С. 161 – 162.
23. Бойко С.И. К вопросу о максимально возможном испарении. // Современные проблемы мелиорации и пути их решения. М., 1973. С. 29 – 33.
24. Болдырев А.И. Изменение физических свойств темно-каштановых почв Украины влиянием орошения // Почвоведение. 1977. С. 10 – 12.
25. Бондарев Л.Г. Ландшафты, металлы и человек. М.: Наука, 1976. 160 с.
26. Бородин В.П. и др. Геохимические исследования почв и осадков речной сети для оценки антропогенного загрязнения территории // Экологогеохимические исследования в районах интенсивного техногенного воздействия.// Сб.науч.статей. М., 1990. С. 61 – 65.
27. Босток К., Самнер Э. Хромосома эукариотической клетки: Монография. М.: Медтцина, 1981. 581 с.
28. Бочеввер Ф.М., Лапшин Н.Н., Орадовская А.Е. Защита подземных вод от загрязнения. /Ф.М.Бочеввер,. М.: Недра, 1979. 254 с.
29. Бочков Н.П., Чеботарев А.Н. Наследственность человека и мутагены внешней среды. М.: Медицина, 1989. 268 с.
30. Будаговский А.И. Водно-тепловой режим и водопотребление посевов сельскохозяйственных культур// Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. М., 1973.,С. 5 – 6.
31. Буданов М.Ф. Система и состав контроля за качеством природных и сточных вод при использовании их для орошения. Киев: УкрНИИГиМ. 1970. 44 с.
32. Бушманис П.Я. Исследование орошения многолетних трав сточными водами в условиях Латвийской ССР: Автореф. дис... канд. с.-х. наук. Елгава, 1973. 32 с.
33. Бычковская И.Б. Проблема отдаленной радиационной гибели клеток. М.: Энергоатомиздат, 1987. 192 с.

34. Бялый А.М. Водный режим в севообороте на черноземных почвах Юго-Востока. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 231 с.
35. Васильев А.В. Гематология сельскохозяйственных животных. М.: Изд-во Медицина. 1948.
36. Васильева Е.А. Клиническая биохимия сельскохозяйственных животных. М.: Россельхозиздат., 1982.
37. Вериго С.А., Разумова Л.А. Почвенная влага. Л.: Гидрометеиздат., 1973. 328 с.
38. Вернадский В.И. Избранные сочинения. Т. IV. М.: Изд-во АН СССР. 1960. 652 с.
39. Вершинин А.П. К методике расчета испарения с поверхности суши // Тр. ГГИ. 1972. Вып. 204. С. 84 – 102.
40. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР. 1957. 278 с.
41. Владимиров А.М. и др. Охрана окружающей среды. Л.: Гидрометеиздат, 1991. С 8.
42. Владимирский В.И. Влияние земледельческих полей орошения на состояние грунтовых вод // Основные вопросы санитарной охраны почв. М.: Медицина, 1965. С. 325 – 340.
43. Влияние атмосферного загрязнения на свойства почв. / Под ред. докт. биол. наук. Л.А.Гришиной. М.: Изд-во МГУ, 1990. 203 с.
44. Влияние загрязнений воздуха на растительность. Причины. Воздействие. Ответственные меры. Под ред. Х.Г.Десслер. М., 1981. 181 с.
45. Возбуцкая А.Е. Химия почвы. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1964. 398 с.
46. Волохова А.А. Формирование верховодки при орошении в условиях низкой сыртовой равнины. // Гидротехника и мелиорация, 1974. № 3. С. 84 – 86.
47. Воробьев С.А. Влагообеспеченность сельскохозяйственных культур в севообороте // Вестник с.-х. науки, 1979, № 5. С. 27 – 35.

48. Воробьева Р.П., Ракушина В.И., Бондаренко П.Н., Степанова Е.С. Плодородие черноземных почв при многолетнем орошении очищенными сточными водами коксохимического завода // Влияние орошения сточными водами и навозными стоками на плодородие почвы: Сб. науч. тр. М.: ВНИИГиМ, 1987. С.146 – 156.

49. Воронин Н.Г. Орошаемое земледелие. М.: Агропромиздат, 1989. 336 с.

50. Воронин Н.Г., Караваева Г.И., Бочаров В.П. Использование сточных вод на ЗПО – резерв экономии водных ресурсов и эффективная мера охраны окружающей среды от загрязнения // Эффективность использования орошаемых земель в Поволжье. Саратов, 1986. С.47 – 51.

51. Воронин Н.Г., Федоров П.А. Использование сточных вод Энгельсского комбината химического волокна для полива с.-х. культур // Вопросы сельскохозяйственной мелиорации и орошаемого земледелия: Тр. Саратовского СХИ. Саратов, 1974. Вып. 13. С. 159 – 168.

52. Воронин Н.Г., Яковлев Н.П., Разуваев В.С. Подпочвенное орошение биологически очищенными сточными водами г. Энгельса // Вопросы орошаемого земледелия, мелиорации и гидротехники: Тр. Саратовского СХИ. Вып. 72. Саратов, 1976. С. 36 – 46.

53. Временный максимально-допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах с/х животных и кормовых добавках. М., 1987.

54. Гарюгин Г.А. Режим орошения сельскохозяйственных культур / Под редак. Б.А.Шумакова. М.: Колос, 1979. С. 269.

55. Георгиевский В.И. Физиология сельскохозяйственных животных. М.: Агропромиздат, 1990.

56. Глазовская М.А. О принципах классификации почв по их устойчивости к воздействию техногенных химических веществ// Тез.докл. V съезда общества почвоведов. М., 1977. С. 69 – 71.

57. Глазунова А.П. Влияние орошения сточными водами на динамику питательных веществ и изменение водно-физических свойств почв //Тр. Ленгипроводхоза. Вып. 3. Л., 1974. С. 24 – 26.

58. Горянский М.М. Методика полевых опытов на орошаемых землях. Киев: Урожай, 1970. 84 с.
59. ГОСТ 2874 – 82. Вода питьевая. Методы анализа // Сборник. Издание официальное. ГК СССР по стандартам. М., 1984.
60. Голченко М.Г., Желязко В.И. Орошение сточными водами. М.: Агропромиздат, 1988. 180 с.
61. Гостищев Д.П. Техника полива сточными водами // Использование сточных вод для орошения земель. М.: Колос, 1983. С.124 – 134.
62. Гостищев Д.П. Эффективность внутрипочвенного орошения сточными водами // Мелиорация и водное хозяйство, 1988. № 6. С.32 – 34.
63. Гостищев Д.П. Эффективность орошения кормовых культур сточными водами // Вест. сельскохозяйств. науки, 1986. № 10. С.123 – 127.
64. Гостищев Д.П., Кастрикина Н.Н. Использование сточных вод для орошения сельскохозяйственных культур. М.: Россельхозиздат, 1982. 48 с.
65. Гражене А., Струсявичене С., Струсявичус З. Влияние круглогодичного орошения сточными водами Шестского маслосырзавода на режим и качество дренажных грунтовых вод // Сб. науч. тр. Литовский НИИГиМ и Литовская сельскохозяйственная академия. 1987. Т.18. с.70 – 79.
66. Грамматикати О.Г., Емельянова В.А., Нестерова Г.С. Использование воды повышенной минерализации в целях орошения // Гидротехника и мелиорация, 1971. № 3. С. 59-66.
67. Гарипова Р.Ф. Токсикогенетическая оценка сточных вод газоперерабатывающей промышленности: Автореф. дис...канд. биол. наук. Оренбург, 1998. 20 с.
68. Гарипова Р.Ф., Калиев А.Ж. Динамика микроэлементного состава почв и растений, подверженных воздействию сбросных вод газоперерабатывающей промышленности // Вестник ОГУ. 2004. № 10. С.110 – 112.
69. Гришина Л.А., Нургалиев М.К. Влияние промышленного загрязнения на агроценозы. // Влияние атмосферного загрязнения на свойства почв / Под ред. Л.А.Гришиной. М.: Изд-во МГУ, 1990. 156 с.

70. Громов В.В., Стародубцев Е.Т. Океанология. 1974. Т 14, Вып. 6. С. 1005 – 1011.

71. Губин Н.М. Суммарное испарение люцерны и расход грунтовых вод при разной глубине их залегания // Сб.научн.работ. Саратов: СХИ, 1978. Вып. 120. С. 60 – 63.

72. Губин Н.М. Суммарное испарение культур орошаемого севооборота с учетом влагообмена и влагопереноса: Автореф. дис. ... канд. с. – х. наук. Саратов, 1980. 20 с.

73. Губин Н.М., Банников С.В. Изучение суммарного испарения сельскохозяйственных культур с учетом процессов влагопереноса // Информационный листок ВДНХ. М. 1978.

74. Губин Н.М., Калиев А.Ж. Использование регионального биоклиматического метода определения суммарного испарения и сроков полива в условиях ЗПО // Сборник научных трудов. Саратов. СХИ, 1981. Вып. 122. С.31 – 35.

75. Губин Н.М., Салтанов А.И. Расход грунтовых вод в зону аэрации при разной глубине их залегания // Об. науч. работ Саратов. СХИ. 1977. Вып. 93. С. 152 – 161.

76. Гудерман Р. Загрязнение воздушной среды. М.: Наука, 1979. 200 с.

77. Давыдова Н.Д. Оценка воздействия пылегазовых выбросов на город и окружающие его ландшафты //Экологогеохимические исследования в районах интенсивного техногенного воздействия: Сб.науч.ст.. М., 1990. С. 72 – 76.

78. Джиндил А.Р. О влиянии орошения на состав и содержание гумуса и некоторых свойств черноземов Одесской области // Агрехимия, 1974. № 10. С. 106 – 111.

79. Джулай А.П. Водопотребление и орошение сельскохозяйственных культур. Краснодар. кн. изд-во, 1970. 223 с.

80. Додолина В.Т. Агромелиоративный потенциал сточных вод предприятий пищевой промышленности // Использование городских и промышленных сточных вод для орошения: Сб. науч. тр. ВНИИССВ. М.: ВНИИГиМ, 1982. С.3 – 7.

81. Додолина В.Т. Использование и влияние орошения сточными водами на урожай сельскохозяйственных культур и плодородие черноземных почв // Технология и эффективность применения сточных вод и животноводческих стоков в сельском хозяйстве: Сборник научных трудов ВНИИССВ, М., 1988. С.117 – 133.

82. Додолина В.Т. Классификация сточных вод по пригодности их для орошения// Сельскохозяйственное использование сточных вод. М., 1972. С. 72 – 80.

83. Додолина В.Т. Оценка пригодности сточных вод для орошения по агрометрическим показателям // Сельскохозяйственное использование сточных вод. М., ВНИИГиМ, 1978. Вып. 5. С. 33 – 40.

84. Додолина В.Т. Подготовка сточных вод маслосырзаводов для орошения сельскохозяйственных культур // Прогрессивные технологии и технические средства сельскохозяйственного использования сточных вод и животноводческих стоков. М., 1984. С.187 – 190.

85. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.

86. Дружинин Н.И., Шишкин А.И. Математическое моделирование и прогнозирование загрязнения поверхностных вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 390 с.

87. Духовный В.А. Орошение и освоение Голодной степи. М.: Колос, 1973. 240 с.

88. Дягилев В.П., Перепелкин С.Н. Определение впитывания сточных вод в почву при зимних поливах в условиях Новосибирской области // Сельскохозяйственное использование сточных вод: Сб. науч. трудов. М., 1979. Вып. 6. С. 22 – 26.

89. Егоров В.В., Кистанов Н.С. Влияние орошения на засоление земель в Южном Поволжье // Почвоведение, 1973. № 8. С. 86 – 96.

90. Есенбаев А., Мустахметов М. Факторы определяющие питательную ценность кормов // Вестник с – х науки Казахстана, 1990. № 12. С. 50 – 53.

91. Жернов И.Е., Файбышенко Б.А. Методика и результаты полевых исследований условий влагопереноса на орошаемом участке // Материалы межведомственного совещания по мелиоративной гидрологии и инженерной геологии. М., 1972. Вып. 11., С. 42 – 47.

92. Жирков Е.И. Больше внимания использованию сточных вод для орошения // Гидротехника и мелиорация. 1986. № 1. С.73 – 75.

93. Жирнов Б.Ф. О допустимом содержании веществ в сточных водах, используемых для орошения кормовых культур // Сельскохозяйственное использование сточных вод. М.: 1975. Вып. 7. С. 47 – 54.

94. Жирнов Б.Ф., Буртузанов Б.А. Качество урожая многолетних злаковых трав на осушенных выработанных торфяниках при орошении сточными водами // Сельскохозяйственное использование сточных вод. М., 1976. Вып.3. С. 92 – 95.

95. Запорожченко А.Л. Кукуруза на орошаемых землях. М.: Колос, 1978. 191 с.

96. Захаров И.А., Кожин С.А., Кожина Т.Н., Федорова И.В. Сборник методик по генетике дрожжей-сахаромицетов. Л.: Наука, 1976. 144 с.

97. Захарцова Л.М.. Использование сточных вод гидролизно-дрожжевого производства для мелиорации и удобрения почв// Использование сточных вод и навозных стоков на орошение и удобрение сельскохозяйственных угодий. М., 1985. С.70 – 73.

98. Захарцова Л.М. Влияние орошения сточными водами гидролизно-дрожжевого завода на урожай некоторых сельскохозяйственных культур и его качественные показатели // Сельскохозяйственное использование сточных вод. М., ВНИИГиМ, 1979. Вып. 6. С. 48 – 52..

99. Зубаиров О.З., Айменов А.Т., Константинов В.М., Мусаев А.И. Использование сточных вод для орошения сельскохозяйственных культур в Казахстане и перспектива его развития // Использование городских и промышленных сточных вод для орошения: Сб. науч. тр. ВНИИССВ. М.: ВНИИГиМ, 1982. С.116 – 122.

100. Зубенюк Л.И. Испарение на континентах. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 263 с.

101. Иванов А.И. Эколого-гигиеническая оценка полигона для захоронения промышленных отходов предприятий цветной металлургии по обработке вторичного сырья // Гигиена и санитария. 1993. № 8. С. 21 – 24.

102. Иващенко П.С. Теоретические основы и методика определения экономической эффективности сельскохозяйственного производства // Тр. Волгоградского СХИ, 1968. Т. 2. С. 43 – 96.

103. Израэльсен О. Теория и практика ирригации: Пер. с англ. / Под ред. С.П. Тромбаева. М.: Изд-во иностранной литературы, 1956. 350 с.

104. Ильин В.Б. Элементный химический состав растений. Новосибирск, Изд-во СибОАН СССР, 1985. 129 с.

105. Илькун Г.М. Загрязнители атмосферы и растения. Киев, Изд-во Урожай, 1978. 247 с.

106. Инструкция по организации контроля за содержанием тяжелых металлов и мышьяка в растениеводческой продукции. М., 1994.

107. Иоаниди И.П., Степанова М.И., Калиев А.Ж. и др. Комплексные агрометеорологические исследования возделывания кормовых культур при орошении сточными водами ОГПЗ в условиях Оренбургской области. // Отчеты о НИР. Государственный регистрационный № Б-668806. 1977. 184 с.; № Б-863522, 1978. 252 с.; № Б-866347, 1979. 245 с.; № Б-992150, 1980. 239 с.; № 9021165. 1982. 372 с.

108. Иоаниди И.П., Степанова М.И., Калиев А.Ж. и др. Рекомендации по использованию сточных вод газоперерабатывающей промышленности для орошения дождеванием кормовых культур в условиях Южного Урала. Оренбург, Изд-во Южный Урал, 1986. 31 с.

109. Использование сточных вод в орошаемом земледелии // Тез. докл. М., 1988. 83 с.

110. Использование сточных вод предприятий пищевой промышленности для орошения / Пособие к ВСН 33-272.02-86 «Оросительные системы с использованием сточных вод». Нормы проектирования. М., 1988. 26 с.

111. Калиев А.Ж. Агробиологические исследования в условиях орошения сточными водами. Оренбург, 1984. Деп. в ВНИИТИ. 1984. № 164.

112. Калиев А.Ж. Влияние поливов сточными водами на мелиоративное состояние полей орошения // Информац. Оренбургского ЦНТИ, 1980. № 163.

113. Калиев А.Ж. Влияние поливов сточными водами Оренбургского газового комплекса на мелиоративное состояние земледельческих полей орошения: Автореф... дис... канд. с. – х. наук. Саратов, 1981. 22 с.

114. Калиев А.Ж. Влияние поливов сточными водами Оренбургского газового комплекса на мелиоративное состояние земледельческих полей орошения. Дис... канд. с. – х. наук. Саратов, 1981. 190 с.

115. Калиев А.Ж. Использование сточных вод для полива // Уральские Нивы. Свердловск. 1991.

116. Калиев А.Ж. Мелиоративное состояние полей орошения Оренбургского газоперерабатывающего комплекса // Вопросы экологии в интенсивных системах земледелия Поволжья: Тезисы докл. межрегион. конф. Саратов, 1990, С.62 – 63.

117. Калиев А.Ж. Оптимизация водного режима растений путем тензиометрических наблюдений // Тезисы докладов VIII Всесоюзного симпозиума по водному режиму растений. Ташкент, 1984. С.34.

118. Калиев А.Ж. Режим почвенной влаги в поле люцерны при поливе сточными водами // Информац. листок Оренбургского ЦНТИ. 1984. № 164.

119. Калиев А.Ж. Режим почвенной влаги при орошении кукурузы ВИР-42 сточными водами // Информац. листок Оренбургского ЦНТИ, 1984. № 165.

120. Калиев А.Ж. Утилизация сточных вод на земледельческих полях орошения // Информац. листок Оренбургского ЦНТИ, 1991. № 6.

121. Калиев А.Ж., Гарипова Р.Ф. Действие сточных вод Оренбургского ГПК на живые организмы // Информац. листок Оренбургского ЦНТИ, 1993. № 279.

122. Калиев А.Ж., Гарипова Р.Ф. Действие сточных вод и солей никеля, меди, цинка на рост и развитие проростков пшеницы. Информац. листок Оренбургского ЦНТИ, 1995. № 5.

123. Калиев А.Ж., Гарипова Р.Ф. Действие сточных вод и солей никеля, меди цинка на корешки лука // Информац. листок Оренбургского ЦНТИ, 1995. № 4.

124. Калиев А.Ж., Гарипова Р.Ф. Влияние атмосферных выбросов Оренбургского ГПК на почву и растения // Информац. листок Оренбургского ЦНТИ, 1993. № 208.

125. Калиев А.Ж., Гарипова Р.Ф. Способ оценки эффекта малых доз мутагена среды // Информац. листок Оренбургского ЦНТИ, 1993. № 280.

126. Калиев А.Ж., Губин Н.М. Влияние поливов сточными водами на мелиоративное состояние орошаемых земледельческих полей (на примере Оренбургского газоперерабатывающего комплекса) // Актуальные вопросы гигиены в сельскохозяйственном производстве. 1987. С.55 – 62.

127. Калиев А.Ж., Ибрагимов Ф.Ф., Гарипова Р.Ф. Использование охранной зоны Оренбургского газоперерабатывающего комплекса для производства кормов // Информац. листок Оренбургского ЦНТИ, 1993. № 78.

128. Калиев А.Ж., Ибрагимов Ф.Ф., Гарипова Р.Ф. Использование охранной зоны Оренбургского ГПК для производства кормов // Отчет о НИР государственный регистрационный № 0293002109. 65 с.

129. Калиев А.Ж., Кудашева А.В., Иващенко Л.П. Сточные воды и производство кормов // Уральские Нивы. Свердловск, 1982. С.33 – 34.

130. Калиев А.Ж., Мосиенко Н.А. Для орошения посевов в степной зоне. // Земледелие. 1985. № 11. С.42 – 43.

131. Канякин А.В., Грибовская И.Ф. Эмиссионный спектральный анализ объектов биосферы. М.: Химия, 1979. С. 206.

132. Карпуть И.М. Гематологический атлас сельскохозяйственных животных. Минск: Урожай, 1986.

133. Кац Д.М. Алирзаев А.А. Режим и баланс грунтовых вод на Мугани. // Гидротехника и мелиорация, 1974. № 6. С. 75 – 84.

134. Кац Э.Д., Парфенова Н.И. Некоторые закономерности режима грунтовых вод оросительных систем Нижнего Дона // Вопросы гидрогеологических исследований для мелиорации. М., 1971. Вып. 37. С. 25 – 29.

135. Качинский Н.А. Физика почвы: Ч. 1, 2. М.: Высшая школа, 1970. 350 с.

136. Кигель Т.Б. и др. Методико-биологические аспекты утилизации стоков на сельскохозяйственных полях орошения, / Сб.науч.тр. ВНИИССВ. М., 1982. С. 133 – 137.

137. Кирт Э.Э., Блонская В.А. Эффективность очистки сточных вод производства картофельного крахмала в зависимости от степени выделения и утилизации картофельного сока // Сб. науч. тр. / Таллинского политехнического института, 1988. № 31. С.37 – 43.

138. Ковалев А.И. использование сточных вод в качестве удобрения // Земледелие, 1985. № 9. С.62.

139. Ковалева Н.А. Плодородие почв при орошении сточными водами тонкосуконной фабрики // Естественные методы очистки сточных вод и их использование в сельском хозяйстве: Тр. ВНИИССВ. М., 1969. Вып.1. С. 114 – 124.

140. Ковалева Н.А., Михеева Л.Ф., Мазур А.В., Греке И.С., Половинко О.Н. Ирригационная оценка сточных вод завода по производству минеральных удобрений // Прогрессивные технологии и технические средства сельскохозяйственного использования сточных вод и животноводческих стоков. М.: ВНИИ-ГиМ, 1984. С.190 – 195.

141. Коваленко Т.Н. Использование сточных вод крахмальных заводов для орошения сельскохозяйственных культур // Пищевая промышленность. Киев, 1984. № 1. С.55 – 56.

142. Коваленко Т.Н. Орошение кормовой свеклы сточными водами Оранского крахмального завода. Киев: УкрНИИГиМ, 1986. 2 с.

143. Коваленко Т.Н. Эффективность орошения сточными водами крахмального производства и их влияние на мелиоративное состояние почвы // Повышение эффективности мелиорируемых земель и водохозяйственное строительство: Мат. Всесоюз. научно-технич. конф. Тбилиси, 1987. С.235 – 236.

144. Коваленко Т.Н., Бойко В.И. Защита малых рек Донбасса от загрязнения шахтными водами // Технология и эффективность применения сточных вод

и животноводческих стоков в сельском хозяйстве: Сборник научных трудов. ВНИИССВ. М., 1988. С.86 – 89.

145. Ковальский В.В. Геохимическая экология. М.: Наука, 1973. 281 с.

146. Ковальский В.В., Гололобов А.Д. Методы определения микроэлементов в органах и тканях животных, растениях и почвах. М.: Наука, 1969. 145 с.

147. Ковальский В.В. и др. Микроэлементы в растениях и кормах. М., 1971. 240 с.

148. Ковда В.А. Качество оросительной воды. М.: Наука, 1968. С. 115.

149. Ковда В.А. Основы учения о почвах. Кн. 2. М.: Наука, 1973. 468 с.

150. Козинец М.В. Влияние орошения сточными водами на урожай и качество кукурузы на силос в условиях Бортнической оросительной системы // Мелиорация и водное хозяйство. Киев: Урожай, 1973. Вып.26. С. 31 – 36.

151. Козин М.А. Водный режим почвы и урожай. М.: Колос, 1977. 304 с.

152. Кондратьев В.И. Морфологические и биохимические исследования крови у животных. Л., 1976.

153. Кондрахин И.П. Клиническое значение и методы определения общего белка сыворотки крови животных // Ветеринария, 1977. № 8. С.97 – 98.

154. Константинов А.Р. Методы расчета испарения с сельскохозяйственных полей. Л.: Гидрометеиздат.,1971. 126 с.

155. Костин Н.С. Режим орошения сельскохозяйственных культур в зависимости от глубины залегания слабоминерализованных грунтовых вод // Тр. Волж. НИИГиМ, Саратов. 1970. Т.1. С. 372 – 388.

156. Костин Н.С. Орошение в Поволжье. М.: Колос, 1971. С.224.

157. Костин Н.С. Использование грунтовых вод в орошаемом земледелии. // Почвоведение, 1978. № 11. С. 94 – 102.

158. Костяков А.Н. Основы мелиорации. М.: Сельхозгиз, 1960. 621 с.

159. Критерий оценки экологической обстановки территории для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. М.: МинПрирода РФ. 1992. 58 с.

160. Кружилин А.С. Биологические особенности и продуктивность орошаемых культур. М.: Колос, 1977. 304 с.
161. Кудрявцев А.А., Кудрявцева Н.А. Морфологические и биохимические показатели крови и костного мозга животных. М., 1977.
162. Кузник И.А. Влияние агролесомелиоративных мероприятий на весенний сток и эрозию почв. Л.: Гидрометеиздат, 1962. 219 с.
163. Кузник И.А. Суммарное испарение и расход грунтовых вод в Заволжье // Водные ресурсы, 1978. № 5. С. 33 – 44.
164. Кузник И.А. Орошение в Заволжье. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 160 с.
165. Кузник И.А. Технические указания к расчету режима орошения и элементов водного баланса оросительных систем в Заволжье. Саратов: Изд-во ВолжНИИГиМ, 1979. С. 17 – 25.
166. Кузник И.А., Губин Н.М. Суммарное испарение и вопросы влагопереноса в условиях второй надпойменной террасы реки Волги // Сб. научн. тр. Саратов. СХИ, 1976. Вып. 93. С. 132 – 143.
167. Кузник И.А., Калиев А.Ж. Изучение влагопереноса в условиях сельскохозяйственных полей орошения // Информационный листок Оренбургского ЦНТИ, 1981. № 17.
168. Кузник И.А., Нестеренко Ю.М. Схема развития верхноводки на открытой оросительной системе сыртового Заволжья на примере Ершовского орошаемого участка // Материалы Межведомственного совещания по мелиоративной гидрогеологии инженерной геологии. М., 1972. С. 78 – 83.
169. Кузник И.А., Нестеренко Ю.М., Шувалов А.Н. Элементы водного баланса на орошаемом участке водораздельной равнины Заволжья (на опыте Ершовской опытной станции) // Сб. науч. тр. Саратов, СХИ, 1974. Вып.91. С. 15 – 51.
170. Кутепов Л.Е. Оценка пригодности сточных вод для орошения // Почвенные методы очистки и использования сточных вод и животноводческих стоков на орошение. М.: ВНИИГиМ, 1983. С.43 – 48.
171. Кутепов Л.Е. Использование на полях орошения сточных вод Волжского промрайона и их влияние на агролесомелиоративные показатели почв: Автореферат дис... канд. с. – х. наук. М., 1974. 23 с.

172. Кутепов Л.Е. К методике определения ирригационной пригодности сточных вод // Сельскохозяйственное использование сточных вод. М., 1975. Вып.2. С. 42 – 47.

173. Лапшина Н.А. Естественно-биологическая очистка вод маслозаводов на полях орошения // Использование городских и промышленных сточных вод для орошения. М, 1982. С.26 – 27.

174. Ларионов А.Г. Режим орошения люцерны // Тр. Валуйской опытно-мелиоративной станции. Волгоград, 1966. С. 108 – 131.

175. Латфулина Г.Г., Ракушина В.И. Изменение физико-химических свойств почвы при длительном воздействии сточных вод сахарного завода // Использование городских и промышленных сточных вод для орошения. М., 1982. С.38 – 43.

176. Лебедев А.В. Методы изучения баланса грунтовых вод: Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Недра, 1976, С. 223.

177. Лебедев П.Т., Усович А.Т. Методы исследования кормов, органов и тканей животных: 3-е изд., перераб. и доп. М.: Россельхозиздат, 1976. 120 с.

178. Лошак П.Ф. Влияние скармливания растениеводческой продукции с ЗПО на организм сельскохозяйственных животных // Сельскохозяйственное использование сточных вод, Сб. науч. тр. М., 1972. С.18 –20.

179. Лошак П.Ф., Саяпин В.П. Влияние на организм овец, кормов, выращенных при орошении условно-чистыми водами //Сб. науч. тр. Методы естественной очистки сточных вод и экономическая эффективность их использования для орошения. М., 1973. С.28 –30.

180. Лурьев Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных вод. М.: Химия, 1984. 118 с.

181. Львович А.И. Защита вод от загрязнения. /Под ред. Н.И.Теличинко. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 167 с.

182. Лысогоров С.Д. Орошаемое земледелие. 3-е изд. перераб. М.: Колос, 1971. 374 с.

183. Малютин К.И. Влияние многолетнего орошения сточными водами сахарного завода на урожай сельскохозяйственных культур и плодородие почвы // Использование городских и промышленных сточных вод для орошения. М., 1982. С.33 – 38.

184. Мамедов Р.Г., Зейналова О.А., Ахундов К.Ф. Эффективность и целесообразность применения почвенного метода очистки сточных вод г.Баку //Использование сточных вод в орошаемом земледелии. М., 1988. С.25 – 27.

185. Манько А.Д. Испарение влаги сельскохозяйственными культурами. - В кн.: Мелиоративный прогноз и мероприятия по предупреждению засоления орошаемых земель в Поволжье. М., 1974. с. 78 – 92.

186. Манько А.Д., Максюкова В.А., Максимова А.И. Влияние глубины залегания и минерализации грунтовых вод на испарение влаги и засоление почвы при возделывании яровой пшеницы // Мелиоративный прогноз и мероприятия по предупреждению засоления орошаемых земель в Поволжье. М., 1975. Вып. 2. С. 40 – 54.

187. Марымов В.И. Использование промышленных сточных вод для орошения. М.: Колос, 1982. 72 с.

188. Марымов В.И. Испытание и подбор перспективных культур, наиболее приспособленных к орошению сточными водами // Информац. листок, 1972. № 478.

189. Марымов В.И. Обезвреживание и утилизация сточных вод промышленных предприятий на сельскохозяйственных полях орошения в зоне Нижнего Поволжья: Автореф. дис....докт. с.-х. наук. Волгоград, 1975. 47 с.

190. Марымов В.И. Обезвреживание и использование промышленных сточных вод на светлокаштановых почвах // Использование сточных вод для орошения. М.: Колос, 1978. С. 126 – 130.

191. Марымов В.И. Эффективность использования промышленных вод в зоне Нижнего Поволжья // Использование сточных вод в орошаемом земледелии. М., 1988. С.13 – 15.

192. Масс Я.Б. Состояние энзимогипатограммы и содержание железа и марганца в крови и ткани печени у больных раком поджелудочной железы //

Биологическая роль и практическое применение микроэлементов. Рига, 1975. Т. 2. С. 18 – 20.

193. Медведев Н.Н. Практическая генетика. М.: Наука, 1986.

194. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов. М., 1990. 95 с.

195. Мезенцев В.С. Расчеты водного баланса. Омск: СХИ, 1976. С.60 – 65.

196. Мезенцев В.С., Карнацевич И.В. Режимы влагообеспеченности в условиях гидромелиорации степного края. М.: Колос, 1974. 240 с.

197. Методические разработки по математическому обеспечению программируемых микрокалькуляторов для решения биометрических задач. Л., 1986. 86 с.

198. Методические рекомендации о полном сельскохозяйственном использовании сточных вод в условиях юга Казахстана. М.: ВНПО «Прогресс», 1984. 24 с.

199. Методические рекомендации по гидрогеологическим исследованиям и прогнозам для контроля за охраной подземных вод. М.: ВСЕГИНГЕО, 1980. 24 с.

200. Методические указания по выполнению НИР при изучении вопросов использования сточных вод на орошение. М.: Колос, 95 с.

201. Методические указания по оценке качества и питательности кормов. М., 1993. 35 с.

202. Методы расчета водных балансов. Международное руководство по исследованиям и практике. / Под редакцией А.А.Соколова и Т. Г.Чапмена - Л.: Гидрометсоиздат, 1976. С.15 – 16.

203. Миклиманский А.З. О формах нахождения химических элементов в атмосфере: распределение микроэлементов между парами атмосферной влаги и аэрозолем в приземных слоях воздуха // Геохимия. 1978. № 1. С. 3 – 10.

204. Милованова Е.В. Загрязнение почв в процессе техногенеза // Актуальные проблемы изменения среды за рубежом. М. 1976. С. 19 – 21.

205. Мишин П.Я. Микроэлементы в почвах Оренбуржья и эффективность микроудобрений. Челябинск: Юж – Урал. кн. изд-во, 1991. 92 с.
206. Мишин С.И. Оценка пригодности для орошения и удобрительной ценности сточных вод пунктов первичной переработки овощей Молдавской ССР // Прогрессивные технологии и технические средства сельскохозяйственного использования сточных вод и животноводческих стоков. М.: ВНИИГиМ, 1984. С.161 – 166.
207. Михайловский Г.Е. Принципы экологического мониторинга водных сообществ // Человек и биосфера. М.: Изд-во МГУ. 1983. Вып.8. С.55 – 67.
208. Михеев Н.Н. Вода: экология и технология // Мелиорация и водное хозяйство, 1994, № 5. С.2 – 4.
209. Можейко А.М. Использование хозяйственно-бытовых и некоторых промышленных сточных вод для орошения сельскохозяйственных культур // Материалы юбилейной научной конференции, посвященной 150-летию СХИ им. В.В.Докучаева. Харьков, 1968. С 31 – 39.
210. Можейко А.М. Некоторые вопросы использования сточных вод на орошение //Сельскохозяйственное использование сточных вод: Мат. УІ Международн. совещ. М., 1972. С. 110 – 115.
211. Молоко, молочные продукты и консервы молочные. М.: Изд-во стандартов , 1983. 115 с.
212. Мосияш С.С., Матанский Ю.Т., Мосияш С.А. К вопросу оптимизации экологического мониторинга водных объектов // Мелиорация и водное хозяйство, 1994. № 5. С.35 – 37.
213. Муромцев Н.А. Использование тензиометров в гидрофизике почв. Л.: Гидрометеиздат., 1979. № 10. С. 111 – 117.
214. Мякотин Г.Н., Кузнецов В.М. Удобрительные поливы стоками свиноводческого комплекса // Сельскохозяйственное использование сточных вод и навозных стоков. М.: ВНИИГиМ, 1986. С.63 – 66.
215. Надеенко В.Г. /Гигиена и санитария. 1986. № 9. С. 59 – 60.

216. Насонов Ю.Ф. Использование сточных вод г. Харькова для орошения сельскохозяйственных культур // Использование сточных вод в орошаемом земледелии. М., 1988. С.56 – 58.

217. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам: Изд. 2-е перераб. и доп. Л.: Гидрометеиздат, 1963. Вып. 2. 310 с.

218. Немедова Ю.М. Методы лабораторно-клинических исследований. М.: Медицина, 1972. 118 с.

219. Никитин В.А., Лапшина Н.А. Высокоэффективное использование животноводческих стоков для орошения и удобрения сельскохозяйственных угодий // Использование сточных вод в орошаемом земледелии. М., 1988. С.4 – 5.

220. Никоненко Е.М. Эколого-токсикологические аспекты загрязнения морской среды. М.: Биолог. наука. 1985. № 5. С. 90 – 94.

221. Никоненко Е.М., Коробков В.И. Науч. докл. высш. школы. М.: Биол. науки. 1984, N 9. С. 64 – 69.

222. Новиков В.М. Орошение сточными водами в СССР //Сельскохозяйственное использование сточных вод: Мат. VI Междун. совещ. М., 1972. с. 129 – 137.

223. Новиков В.М., Додолина В.Т. Подготовка сточных вод для орошения // Сельскохозяйственное использование сточных вод. М., 1974. Вып. . 79 – 82.

224. Новиков В.М., Зубаиров О.З., Касенов Б.Р. Характер накопления солей в почве при орошении сточными водами // Гидротехника и мелиорация, 1979. № 11. С. 73 – 76.

225. Новиков В.М., Игнатова В.В. Использование для орошения сточных вод населенных пунктов, промышленных предприятий и стоков животноводческих комплексов // Сельскохозяйственное использование сточных вод. М., 1976. Вып. 3. С. 3 – 9.

226. Новиков В.М., Игнатова В.В. Состояние научных исследований в области использования сточных вод и животноводческих стоков для орошения // Использование сточных вод для орошения земель. М.: Колос, 1983. С.3 – 12.

227. Новиков В.М., Костанди Ф.Ф. Использование сточных вод и навозных стоков на орошение кормовых культур – весомый вклад в реализацию долговременной программы мелиорации // Использование сточных вод и навозных стоков на орошение и удобрение сельскохозяйственных угодий. М.: Колос, 1985. С.7 – 12.

228.Новиков В.М., Элик Э.Е. Использование сточных вод на полях. М.: Россельхозиздат, 1986. 80 с.

229. Новикова А.В. Прогнозирование вторичного засоления почв при орошении. Киев: Урожай, 1975. С. 184.

230. Объекты биологии развития. Сборник. /Под ред. Б.Л. Астаурова. М.: Наука, 1987. 148 с.

231. Ойвин И.А. О скорости восстановления белкового состава сыворотки крови // Докл. АН Тадж.ССР, 1954. Т.1. С. 12 – 17.

232. Овцов Л.П. Элик Э.Е. Использование сточных вод в орошаемом земледелии // Мелиорация и водное хозяйство, 1988. №6. С.30 – 31.

233. Опыт использования сточных вод гидролизного производства для орошения сельскохозяйственных культур. Киев.: изд-во Урожай, 1985. 120 с.

234. Охрана почв. 2-е изд., перераб. и доп. Ростов-на-Дону: Изд. Ростов.ун-та, 1983. С. 121 – 134.

235. Панкова Е.И., Прохоров А.Н. Оценка пригодности воды для орошения // Гидротехника и мелиорация. 1985. № 10. С.54 – 58.

236. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. М.: Колос, 1988. 120 с.

237. Пельтихина Р.И. Экологические аспекты аккумуляции тяжелых металлов растениями в условиях промышленной среды: Дис...канд. биол. наук. Донецк, 1987. 167 с.

238. Перепелкин С.Н. Особенности технологии орошения сточными водами сахарного производства // Использование городских и промышленных сточных вод для орошения. М., 1982. С.44 – 52.

239. Пестряков В.К., Шевелев Я.З. Земледельческие поля орошения. Л.: Лениздат. 1981. С.22 – 31.

240. Петербургский А.В. Практикум по агрономической химии. М.: Колос, 1968. С. 496.

241. Петровский К.С. Гигиена питания. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Медицина, 1975. 130 с.

242. Планин Ю.Г. К методике определения критических глубин залегания грунтовых вод на основе экспериментальных исследований элементов водно-солевого баланса в Вахшской долине // Тр. ВСЕГИНГЕО. М. 1971. Вып. 37. С. 24 – 33.

243. Побережский Л.Н. Водный баланс зоны аэрации в условиях орошения. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 159 с.

244. Подготовка и использование сточных вод крахмальных заводов Украины для орошения сельскохозяйственных культур и почвенной доочистки. РНТД 33АД 04.001-85. Киев: УкрНИИГиМ, 1985. 24 с.

245. Постановление ЦК КПСС и СМ СССР (1972 г.) «О мерах по предотвращению загрязнения бассейнов рек Волги и Урала неочищенными сточными водами» // КПСС в резолюциях и решениях съездов, конференций и пленумов ЦК. М. 1976. С. 75 – 79.

246. Предельно-допустимые концентрации химических веществ в почве. М., 1982. 145 с.

247. Предельно-допустимые концентрации химических веществ в почве. М., 1985. 145 с.

248. Примерные технологические карты на возделывание и уборку основных полевых культур при орошении. Саратов, 1977. 95 с.

249. Проект по рекомендации газоконденсатопроводов ОГКМ. МП «Синтоп». Донецк, 1992. 172 с.

250. Пронина Г.И. Естественная резистентность кроликов при включении в их рацион кормов, выращенных при орошении сточными водами Астраханского целлюлозно-картонного комбината // Технология и эффективность при-

менения сточных вод и животноводческих стоков в сельском хозяйстве: Сб. науч. тр. ВНИИССВ. М., 1988. С. 155 – 168.

251. Простаков П.Е. Влияние орошения на содержание и состав воднорастворимых солей и поглощенных оснований в светлокаштановых почвах. // Вопросы орошаемого земледелия: сб. Тр. Волгоградского СХИ. Волгоград, 1966, Вып. 1. С. 38 – 56.

252. Рабочев Г.И. Индуктивный пересчет результатов водных вытяжек на гипотетические соли. // Проблемы освоения пустыни, М. 1977. Вып. 2. С. 70 – 79.

253. Радугин П.А. Возделывание сельскохозяйственных культур на земледельческих полях орошения. М.: Колос, 1970. С. 144.

254. Разуваев В.С. Режим орошения кукурузы и оптимальные параметры системы подпочвенного орошения сточными водами города Энгельса: Автореф. дис... канд. с. – х. наук. Волгоград, 1980. 25 с.

255. Разумова М.П. Изменение черноземов при орошении солонцеватыми водами в Куйбышевском Заволжье // Почвоведение, 1973. № 8. С 107 – 115.

256. Рапопорт И.А. Действие генетически активных веществ на фенотип и чистота генетического состояния // Химический мутагенез в повышении продуктивности сельскохозяйственных растений. М.: Наука, 1984. С. 85 – 97.

257. Рекомендации ВНПО «Прогресс» по использованию сточных вод масло- и маслосырзаводов для орошения сельскохозяйственных культур в условиях Мордовской АССР. М., 1984. С.3 – 24.

258. Рекомендации по использованию сточных вод сахарного производства для орошения сельскохозяйственных угодий в свеклосеющей зоне Казахской ССР. М., 1981. С.3 – 13.

259. Рекомендации по расчету испарения с поверхности суши / Под ред. П.П.Кузьмина, С.М.Алпатьяева. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 96 с.

260. Рекомендации по методике проведения наблюдений и исследований в полевом опыте. Саратов: Приволж. кн. изд – во, 1973. 224 с.

261. Рекомендации по совместному использованию сточных вод сахарных заводов и маслосырзаводов для орошения сельскохозяйственных культур в условиях северной зоны Краснодарского края // М.: ВНПО «Прогресс», 1984. 27 с.

262. Репетун С.И. Изменение солевого состава почвы при орошении промышленными стоками. Мелиорация и водное хозяйство. Вып. 26. Киев: Урожай, 1973. С. 37 – 40.

263. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге: Т. 1, 2. Л.: Гидрометеоздат, 1965. 950 с.

264. Рокицкий П.Ф. Введение в статистическую генетику. Минск: Высш.школа, 1974. 105 с.

265. Романенко Н.И. Охрана окружающей среды и здоровья населения при неиспользовании сточных вод за рубежом // Гигиена и санитария, 1993. № 8. С. 27 – 30.

266. Рыбина Н.И. Опыт сельскохозяйственного использования сточных вод некоторых отраслей пищевой промышленности в СССР. М.: Изд-во ВНИИ-ГиМ, 1990. 45 с.

267. Рыбкин В. Определение суммарного водопотребления основных с.-х. культур на Энгельсской оросительной системе // Тр. МГМИ, 1977. Т. 51. С. 53 – 60.

268. Саг Ю.К. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 235 с.

269. Сафонникова С.М. Ранжирование территории сельскохозяйственных угодий по степени загрязнения промышленными токсикантами // Гигиена и санитария, 1993. № 10. С. 28 – 31.

270. Саяпин В.П. Ветеринарно-санитарная экспертиза мяса кроликов, получавших корма с ЗПО // Сб. науч. тр. ВНИИССВ. М., 1982. С. 128 – 132.

271. Саяпин В.П. Основные принципы, критерии и методы ветеринарно-токсикологической оценки кормовой продукции, выращенной при орошении сточными водами. // Использование сточных вод в орошаемом земледелии. М., 1988. С. 64 – 65.

272. Саяпин В.П., Тарарин Ю.И. К вопросу изучения мутагенной активности кормовой продукции, выращенной при орошении сточными водами Авдеевского коксохимического завода // Использование сточных вод в орошаемом земледелии. М., 1988. С. 65 – 67.

273. Саяпин В.П., Косарева Л.Т. Влияние рационов, содержащих корма с ЗПО, на организм коров, их продуктивность и питательную ценность молока // Сельскохозяйственное использование сточных вод. М., 1974. Вып. 2. С. 17 – 20.

274. Саяпин В.П., Матулявичене Н.И., Воеводино В.П. Зоогигиеническая оценка растениеводческой продукции, выращенной при орошении животноводческими стоками. Проспект ВНПО «Прогресс» ВНИИ по с.-х. использованию сточных вод. Купавна. 1981. 6 с.

275. Саяпин В.П., Старков М.В., Матулявичене Н.И. Возможность использования в рационах животных растениеводческой продукции, выращенной в условиях орошения животноводческими стоками // Сельскохозяйственное использование сточных вод: Сб. науч. тр. ВНИИССВ. М., 1980. С.79 – 82.

276. Седова К.П. Влияние длительного орошения хозяйственно-бытовыми сточными водами на изменение водно-физических свойств почв // Использование городских и промышленных сточных вод для орошения: Сб. науч. тр. ВНИИССВ. М., 1982 С.56 – 60.

277. Сельскохозяйственное использование сточных вод: Справочник. М.: Росагропромиздат. 1989. С.124 – 130.

278. Сергиенко Л.И. Критерий мелиоративной и агрохимической оценки поливных сточных вод в условиях Поволжья // Труды ВНИИССВ. М., 1984.С. 176 – 180.

279. Сергиенко Л.И., Семенов Б.С., Бобылева Л.А. Орошение черноземных почв минерализованными сточными водами и навозными стоками на плодородие почвы // Сб. науч. тр. М.: ВНИИГиМ. 1987. С.64 – 72.

280. Сидоренко Г.И., Ицкова А.Н. Никель. Гигиенические аспекты охраны окружающей среды. М.: Медицина, 1980. 176 с.

281. Система ведения сельскохозяйственного хозяйства Оренбургской области. Челябинск: Южно-Урал. кн. изд-во, 1981. 303 с.
282. Смирнов Н.А. Моделирование процессов эвтрофикации // Человек и биосфера. М., 1982. Вып. 6. С.42 – 60.
283. Соам С.К., Агарвал П.К. Реакция проростков *Vigna mungo* W.HERPER на избыточное поступление тяжелых металлов // Экология, 1992. № 5. С. 14 – 16.
284. Соколовский С.П. Опыт оценки мелиоративного состояния земель по данным полевых съемок // Почвоведение, 1973. № 5. С. 72 – 82.
285. Сорокина Е.П., Саэт Ю.К. Геохимический анализ техногенного загрязнения как основа оптимизации природной среды городов. // Эколого-геохимические исследования в районах интенсивного техногенного воздействия: Сб. науч. ст. М., 1990. С. 65 – 68.
286. Состав и питательность кормов Оренбургской области. Оренбург, 1987. 125 с.
287. Справочник по качеству продуктов животноводства. М.: Россельхозиздат, 1986. 130 с.
288. Степанова М.И. Водно-солевой баланс опытного орошаемого участка надпойменных террас р. Урал Оренбургской области: Автореф. дис... канд. с.-х. наук. Саратов, 1975. 25 с.
289. Степанова М.И., Калиев А.Ж. Влияние поливов сточными водами Оренбургского ГПЗ на мелиоративное состояние земель. // Сб. науч. тр. Саратовского СХИ. 1980. Вып. 121. С.62 – -70.
290. Степанова М.И., Калиев А.Ж., Гамм Т.А. Водный баланс зоны аэрации и грунтовых вод в условиях ЗПО // Сб. науч. трудов Саратовского СХИ, 1983. С.40 – 46.
291. Степанова М.И., Калиев А.Ж., Ким М.Ф. К опыту освоения земель сельскохозяйственных полей орошения (ЗПО) // Сб. науч. работ Саратовского и Оренбургского СХИ. 1978. Вып. 120. С.71 – 74.

292. Степанова М.И., Калиев А.Ж. Лиземерические наблюдения на орошаемых землях // Информац. листок Оренбургского ЦНТИ. 1980. №125.

293. Стехлик Карел. Состояние и перспективы исследований по орошению сточными водами в Чехословакии // Сельскохозяйственное использование сточных вод: Мат. VI Междун. совещ. М., 1978. С. 170 – 186.

294. Строганов И.С. Вопросы водной токсикологии. М.: Медицина, 1970. 126 с.

295. Строгонов Б.П. Структура и функции клеток растений при засолении. М.: Россельхозиздат, 1970. С. 318.

296. Струсявичус З. Использование и очистка сточных вод предприятий молочной промышленности на сельскохозяйственных полях орошения // Проблемы охраны окружающей среды на предприятиях молочной промышленности. Каунас, 1985. С.35 – 36.

297. Судницын И.И. Закономерности передвижений почвенной влаги. М.: Наука, 1964. 135 с.

298. Сустанов А.П., Гостищев Д.П. Оценка различных способов полива животноводческими стоками в условиях Омской области // Сельскохозяйственное использование сточных вод и навозных стоков. М.: ВНИИГиМ, 1986. С.86 – 99.

299. Табаков Д.С. Очистка и утилизация сточных вод молочной промышленности // Молочная промышленность, 1984. № 11. С.43 – 45.

300. Тарарин Ю.И. Ответная реакция организма коров на введение в рацион зеленого корма, полученного при орошении сточными водами коврово-суконного производства. // Технология и эффективность применения сточных вод и животноводческих стоков в сельском хозяйстве. Сб. науч. тр. М., 1988. С. 168 – 177.

301. Тарасенко Н.Д. Экспериментальная наследственная изменчивость у растений. Новосибирск: Наука, 1980. 200 с.

302. Технология и эффективность применения сточных вод и животноводческих стоков в сельском хозяйстве: Сб. научн. трудов. М., 1988. 182 с.

303. Тимченко И.И., Сало Т.Л., Бойко В.И. Сточные воды Донбасса на службу сельскому хозяйству. // Кукуруза, 1977. № 3. С. 14 – 15.

304. Уметов А. Влияние биологически очищенных сточных вод на агрохимические и биологические свойства сероземно-луговых почв. // Сб. научн. тр. Кирг. НИИ почвоведения и химизации сельского хозяйства, 1984. Вып.16. С.100 – 107.

305. Физиология растительных организмов и роль металлов. / Под ред. Н.М. Чернавской. М.: Изд-во МГУ, 1989. 156 с.

306. Филимонов М.С. Орошение полевых культур. М.: Россельхозиздат, 1978. С. 144.

307. Фишман М.Я. К солевому прогнозу грунтовых вод и пород зоны аэрации. // Мелиоративный прогноз по предупреждению засоления орошаемых земель в Поволжье, 1975. Вып. 2. С. 80 – 84.

308. Харченко С.И. Гидрология орошаемых земель. 2-е изд. перераб. и доп. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 342 с.

309. Хвесик М.А. Система контроля за качеством природных вод на территориях, орошаемых сточными водами // Гигиена и санитария, 1987. № 8. С.65 – 66.

310. Химический мутагенез в повышении продуктивности с.-х. растений: Сборник. М.: Наука, 1984.

311. Христофорова Н.К. Биоиндикация загрязнения морских вод тяжелыми металлами: Дис... докт. биол. наук. Владивосток, 1985. 394 с.

312. Холодная Л.А. Использование в сельском хозяйстве сточных вод промышленных предприятий Донбасса // Мат. VI Междун. совещ. Киев, 1970. С. 200 – 203.

313. Христева К.Н. Белковый и аминокислотный состав сыворотки крови у здоровых и больных гастроэнтеритом телят // Сельскохозяйственная биология. М., 1977. Вып.3, № 12. С.398 – 401.

314. Хрушлова Т.Н. Влияние орошения сточными водами спиртовой промышленности на солевой режим почв, урожай люцерны и кукурузы // Мелиорация и водное хозяйство. Киев, 1974. Вып. 30. С. 31 – 34.

315. Хрушова Т.Н., Чабаяев В.А. Орошение сточными водами сахарных заводов // Земледелие. 1985. № 9. С.46 – 47.

316. Чайлдс Э. Физические основы гидрологии почв: Перев. с англ. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 427 с.

317. Черногаева Г.М., Бреслав Е.И. Некоторые методы пространственного обобщения материалов гидрохимических наблюдений // Вопросы контроля загрязнения среды. Л.: Гидрометеиздат, 1981. С.103 – 111.

318. Шабанов В.В. Биоклиматическое обоснование мелиорации. Л.: Гидрометеиздат, 1973. С. 165.

319. Шапошников Н.Г., Попандопуло П.Х. Витаминный состав кормов: 2-е изд. М., 1954, 260 с.

320. Шахов А.А. Солеустойчивость растений. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 552 с.

321. Шевцов Н.М. Внутрипроизводственная очистка и утилизация сточных вод. М.: ВО Агропромиздат, 1988. С.10 – 11.

322. Шевцов Н.М. Сельскохозяйственное использование сточных вод при внутрипочвенном орошении. М.: Агропромиздат, 1987. 55 с.

323. Шевцов Н.М. Эффективность внутрипочвенной очистки и использования сточных вод и навоза в сельском хозяйстве // Обзорн.информац. ВНИИ-ТЭИСХ. М., 1986. 48 с.

324. Шин Г.А. Формирование гидрохимического режима грунтовых вод на земледельческих полях орошения.// Мат. VI Междунар. совещ. М., 1972. С. 223 – 233.

325. Шин Г.А. Водно-солевой баланс грунтовых вод в условиях круглогодичного орошения сточными водами на супесчаных почвах // Особенности формирования режима и баланса грунтовых вод при круглогодичном орошении сточными водами в различных гидрогеологических условиях. М.: Колос, 1965. С 79 – 84.

326. Шишкин А.И., Метелкина Г.Ю. Обоснование репрезентативных показателей влияния сточных вод на природную среду с помощью факторного ана-

лиза // Рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды. Изд-во ЛПИ, 1984. Вып. 7. С.24 – 28.

327. Школьник М.Я. Микроэлементы в питании растений // Физиология сельскохозяйственных растений. М. 1967. Т 2. С. 128 – 216.

328. Шульц М. Круглогодичное орошение сточными водами. М.: Колос, 1965. 191 с.

329. Шумаков Б.Б. Принципы экосистемного водопользования в сельском хозяйстве // Мелиорация и водное хозяйство, 1994. № 5. С.12 – 13.

330. Шумаков Б.А., Новиков В.М. Использование сточных вод для орошения. М.: Колос, 1978. 166 с.

331. Цвылев О.П., Старцева А.И. Эколого-токсикологические аспекты загрязнения морской среды. Л.: Наука, 1985. Т. 5. С. 42 – 54.

332. Эйдригевич Е.В., Раевская В.В. Интерьер сельскохозяйственных животных: 2-е изд., перераб и доп. М.: Колос, 1978. 255 с.

333. Эколого-геохимические исследования в районах интенсивного техногенного воздействия: Сб. науч. ст. М.: Изд-во МГУ, 1990. 162 с.

334. Эколого-геохимический анализ техногенного загрязнения: Сб. науч. ст. М., 1992, 165 с.

335. Яковлев С.В. Эколого-технологические проблемы очистки и отведения сточных вод // Мелиорация и водное хозяйство, 1994. № 5. С.43 – 45.

336. Яковлев Н.П., Разуваев В.С. Влияние подпочвенного орошения на солевой режим темно-каштановых почв // Мелиоративный прогноз и мероприятия по предупреждению засоления орошаемых земель в Поволжье. М.: ВНИИГиМ, 1975. Вып. 2. С. 84 – 87.

337. Янин Е.П. Основные тенденции изменения геохимических черт водотоков и водоемов в антропогенных ландшафтах // Динамика географических систем. М.: Изд-во МГУ, 1983. С. 13 – 14.

338. Air pollution and plant life, N 4: John Wiley and Sons, 1984. P. 486.

339. Bartomaews W. Ergebnisse der Klar - und Brackwasserberung in Porcken der DDR // Feldwirtschaft, 1976. № 7. P. 18 – 25.

340. Beauchamp E.G., Kidd G.E., Thurtell G. Ammonia volatilization from liquid dairy cattle manure in the field // *Canad. J. Soil Sci.*, 1982. Vol. 62. № 1. P. 11 – 19.

341. Benz Z.C. Water-table depth and irrigation effects on applied - water use efficiencies of tree crops // *Transactions of the ASAE*, 1978. Vol. 21, №4. P. 723 – 728.

342. Boyko H., Boyko E. Sea water Irrigation a Nem Zike of Keresearch an Biokimatological Flant «Soil Complex» Zieden, 1959.

343. Brewer R.F. Lead Berhilly, 1966. P. 213 – 234.

344. Cannon H., Bowles J. *Science*. 1962, Vol. 137. P. 765 – 766.

345. Chapin F.S. The mineral nutrition of neild peants. // *Ann. Rev. Ecot. Syst.* 1980. № 11. P. 233 – 260.

346. Chemiae G.M., Martin J.F. *Plant Physiology*, 1969. Vol. 44. № 3. P. 351 – 360.

347. Chow T.J., Eart J.L, *Science*. 1970. Vol. 169. P. 577 – 580.

348. Chow T.J., *Nature*, 1971. Vol. 225. № 26. P. 295 – 296.

349. Craun G.P., Mocabe L.J. *J. Amer. Water Works Assoc.* 1975. Vol. 67, № 4. P. 593.

350. Christie N.J., Costa M. // *Biol. Trace Element Res*, 1983. Vol. 5. №1. P. 55 – 71.

351. Clarkson J.P., Elmes M.E., Jasani B. etal. // *Histochem. J.*, 1985. Vol. 17, № 3. P. 343 – 352.

352. Diner B.A. Joliot P. *Photosynthesis*, 1976. № 4. P. 187 – 205.

353. Engelberg Report. Health Aspects of Wastewater and Exereta Use in Agriculture and Anuaculture (Report of Reviem Meeting of Enveronmental Specialists and Epidemiobogistis). Engilberg, 1985.

354. Farook S., Bradley H., Uara D. Sanitation and Disease: Health Aspects of Excreta and Wastewater Management. Chichester, 1983. P. 225 – 230.

355. Follett R. The effect of irrigation and water-table depth on crop yields, *Agzon. abtzt.*, 1973. P. 5 – 6.

356. Health Aspects of wastewater and Excreta use in Agriculture and Aquaculture // Engelberg Rep. IRCWD New., 1985. Vol. 23. P. 11 – 19.

357. Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture (Techn.Rep.Ser 778). Geneva, 1989.

358. Jewell W., Seabrook B. A History of Land Application as a Treatment Alternative. Washington, 1979. P. 125 – 129.

359. Little A.D. Water quality criteria data book. V. 2 Inorganic chemical pollution of fresh Water environmental protection agency. Water pollution control series. Washington, 1971. P. 30 – 36.

360. Nielsen F.H. /Biochemistry of the trace elements N, J.L., 1984. P. 293 – 308.

361. Patin S.A., Ajivazova L.E. Ambio Special Res., 1977. № 5. P. 57 – 59.

362. Rubin A.J., Aqueous environmental chemistry of metal. Michigan, 1974. P. 215 – 230.

363. Seefeldt L.C., Arp D.J. Biochemie. 1986. Vol. 68., № 1. P. 25 – 34.

364. Shannon E.E., Bzezonik P.L. Eutrophication analysis, multivariate approach. // Proc. ASCE. J. of Sanit. Eng. Div., 1972. Vol.98. P.37 – 55.

365. Shende G., Sundaresan B. // India (FAO) Noway Seminar on Maximizing Fertilizer use Efficiency: Proceedings. New Delhi, 1980. P. 280 – 301.

366. Shewal H., Adin A., Fattal B., et al. Wastewater irrigation in developing countries: effects and technical solutions. // (World Bank Techn. Paper N 51). Washington, 1986.

367. Shewal H., Yekutieli P., Fattal B. // Water Sci.Technol., 1987. Vol. 17. P. 433 – 442.

368. Singer M., Hanson L. Lead accumulation on in Soil near high ways in the twin cities metropolitan area. // Soil. Sci. Soc. Amer. Droc. 1969. Vol. 33, № 1. P. 152 – 155.

369. Spector M., Winget G.D. Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 1980. Vol. 77, № 2. P. 957 – 959.

370. Strauss M. Wastewater and Excreta use in India. Dubendorf. 1986. P.260.

371. Treatment and Use of Sewage Effluent for Irrigation. Mexico Experience in Using Sewage Effluent for large Scale Irrigation. // Ed.M.Pescod. A.Arar. London, 1988. P. 310 – 340.

372. Williams R.Y.R. // Eur. J.Biochem. 1985. Vol. 150, № 2. P. 231 – 248.

373. Wood J.M. Science. 1974. Vol. 183, № 4129. P. 1049 – 1052.

*Научное издание*

А.Ж. Калиев

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА  
ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ  
ГАЗОХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА  
НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ**

ISBN 978-5-7410-0885-0



9 785741 008850

**Лицензия № ЛР020716 от 02.11.98.**

Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага писчая.

Усл. печ. листов 16,8. Тираж 500. Заказ 33.

---

ИПК ГОУ ОГУ  
460018, г. Оренбург, ГСП, пр. Победы, 13,  
Государственное образовательное учреждение  
«Оренбургский государственный университет»

---