

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
Высшего профессионального образования  
КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**Е.В. КУЗНЕЦОВ, А.Е. ХАДЖИДИ,  
А. Д. ГУМБАРОВ, Д. Г. СЕРЫЙ**

**АДАПТИРОВАННАЯ  
ЗЕМЕЛЬНО - ОХРАННАЯ СИСТЕМА  
ДЛЯ ЗАЩИТЫ АГРОЛАНДШАФТОВ И ВОДНЫХ  
ОБЪЕКТОВ ОТ ДЕГРАДАЦИИ**

Краснодар – 2014

**УДК 502.63**  
**ББК 40.3**  
**A28**

Рецензенты:

**В. А. Волосухин** - д-р техн. наук, профессор,  
Заслуженный деятель науки РФ;  
**С. Н. Якуба** – канд. техн. наук

A28 Адаптированная земельно – охранная система для защиты агроландшафтов и водных объектов от деградации: монография /Е. В. Кузнецов, А. Е. Хаджиди, А. Д. Гумбаров, С. Г. Серый – Краснодар: ЭДВИ, 2014. – 200 с.

**ISBN**

В работе рассмотрены причины деградации сельскохозяйственных земель и водных объектов, приводится метод оценки агроресурсного потенциала агроландшафтов и способы восстановления и повышения его исходного состояния, а также водоприемников поверхностных и дренажных вод с прилегающих территорий.

Разработаны адаптированные земельно – охранные системы для защиты агроландшафтов и водных объектов от деградаций. Внедрение адаптированных земельно – охранных систем позволяет восстанавливать агроресурсный потенциал агроландшафтов и обеспечивает защиту водных объектов от загрязнений.

Работа предназначена для научных работников в области мелиорации, рекультивации и охраны земель и магистрантов, обучающихся по направлению 280100 «Природообустройство и водопользование».

©Кузнецов Е.В.  
Хаджиди А. Е.  
Гумбаров А. Д.,  
Серый Д. Г. 2014

## ВВЕДЕНИЕ

В Краснодарском крае из-за интенсификации производства земли сельскохозяйственного назначения постоянно нуждаются в сохранении и восстановлении плодородия. Особенно это относится к черноземным почвам, которые испытывают периодическое подтопление и переувлажнение. Наметилась тенденция к сокращению сельскохозяйственных земель за счет их переувлажнения. Изъятие переувлажненных сельскохозяйственных земель из севооборота обусловлено не только экономическими факторами, но и их деградацией, нерациональным подходом к их эксплуатации. Деградация сельскохозяйственных земель это потеря плодородия, переход плодородных почв в аморфное состояние под действием длительного переувлажнения и подтопления.

Подтопление агроландшафтов при чрезвычайных ситуациях, вызванных природными и антропогенными факторами при неудовлетворительном управлении поверхностным и дренажным стоком, негативно отражается на социально-экономическом развитии территории Кубанского региона. Главным природным ресурсом территории в удовлетворении населения продуктами питания являются сельскохозяйственные земли.

Развитие сельскохозяйственной отрасли связано с охраной от подтопления плодородных сельскохозяйственных земель. Под действием подтопления и переувлажнения земли деградируют, что в конечном итоге отражается в недоборе урожая или они списываются как не пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур. Особенно страдают черноземные почвы в осеннее - зимний период, когда осадки скапливаются в бессточных понижениях на полях. На сельскохозяйственных землях от недобора урожая под действием подтопления и переувлажнения в среднем теряется до 30 % урожая озимых культур.

Предупреждение подтопления сельскохозяйственных земель возможно путем регулирования уровня воды в водоприемниках различного порядка, понижения уровня грунтовых вод за счет увеличения проточности русел рек и балок, пропуска паводков через водовыпуски в теле дамб и плотин, а также с помощью комплекса мероприятий, направленных на удаление избыточной влаги из корнеобитаемого слоя сельскохозяйственных культур.

Ликвидация подтопления территорий возможна путем разработки и применения комплексных мероприятий по охране сельскохозяйственных земель. В их состав могут входить межрегиональные, региональные и локальные мероприятия. Состав комплексных мероприятий по отводу избыточных вод с агроландшафтов должен намечаться с учетом условий и причин, формирующих подтопление земель. После ликвидации подтопления земель требуется создать необходимые условия для восстановления почвенного плодородия. Добиться данных условий на сельскохозяйственных землях после подтопления возможно с помощью применения адаптированных земельно-охранных систем и комплексных мелиораций.

С другой стороны, переувлажнение и подтопление агроландшафтов ускоряет процессы деградации земель от загрязнений. В переувлажненных почво-грунтах процессы миграции загрязняющих и токсичных веществ происходят более ускоренно. Для предупреждения загрязнения агроландшафтов от различных источников необходим комплекс мероприятий, направленных на очистку стока, его локализацию и утилизацию.

Для устранения деградации агроландшафтов необходимо исследовать причины, которые приводят к падению плодородия почв, снижению агресурсного потенциала (АРП) агроландшафтов.

Решение рассмотренной проблемы состоит в обосновании мероприятий для охраны земель от подтопления и переувлажнения, создания адаптированных земельно-охранных систем на территории бассейнов рек, что обеспечит своевременное управление земельными и водными ресурсами, позволит снизить социально-экономическую напряженность.

## **1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛАНДШАФТОВ И ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ**

Переувлажнение земель – негативное явление, суммирующее воздействие ряда различных факторов, которые подразделяются на две большие группы естественного или природного характера и искусственного или антропогенного происхождения.

К естественным природным факторам были отнесены: климатические; гидрологические; геоморфология и рельеф; гидрогеологические; почвенные. Для выявления значимости и влияния перечисленных факторов и их сочетаний на агроландшафты было выполнено физико-географическое районирование территории Краснодарского края [3,4,11,14,21,28, 42,43,45,46,62,63,64, 65, 85, 91].

В основу районирования положено выделение климатических зон по степени увлажнения. В отличие от существующего агроклиматического районирования, на котором границы аналогичных климатических зон проведены по границам административных районов, границы зон и районов проведены по естественным (ландшафтным, геоморфологическим, рельефным, почвенным) границам. При этом использовался анализ данных наблюдений по метеостанциям края за 40 летний период [84, 85, 87]. В пределах каждой климатической зоны выделялись физико-географические

районы. Всего выделено 15 районов, два из них разделены на два подрайона [87].

Физико-географические районы выделялись по следующим показателям: типам и видам ландшафтов; климатическим характеристикам; преобладающим элементам геоморфологии и рельефа, подвергающимся переувлажнению; преобладающим типам почв, подвергающимся переувлажнению; площадям потенциально переувлажняемых земель во влажные годы; факторам, влияющим на переувлажнение: гидрологическим, почвенным, антропогенным; направлению мелиораций по ликвидации переувлажнения земель.

### **1.1 Факторы, обуславливающие современное переувлажнение агроландшафтов степной зоны**

*Температура воздуха.* Географически территория современных агроландшафтов Краснодарского края располагается в области достаточно интенсивного воздействия солнечной радиации, которая в значительной степени зависит от циркуляции атмосферы и особенностей подстилающей поверхности [3, 4]. Территория доступна для вторжения холодных воздушных масс Арктики, которые сменяются теплыми влажными атмосферными массами. Нередки холодные вторжения из Казахстана и выносы тропического воздуха из Средиземного моря и Ирана. Приходящие извне воздушные массы уже значительно трансформированы и под влиянием подстилающей поверхности окончательно перерождаются в континентальные. При этом существенное влияние на общую циркуляцию оказывает система хребтов Большого Кавказа и близость морей – Азовского и незамерзающего Черного. По данным Краснодарской метеостанции среднеголетняя температура воздуха равна 10,4-10,9 °С. Наиболее холодным месяцем является январь со среднемесячной температурой – 2,4 °С. Наиболее высокая температура

воздуха наблюдается в июле. И за многолетний период достигала + 22,7 °С.

Зима обычно начинается во второй декаде декабря, вместе с появлением снежного покрова. Снежный покров в данном районе неустойчив. В течение зимы бывает более 70 дней с оттепелями, которые отрицательно влияют на накопление снежного покрова. В конце февраля, с переходом средней суточной температуры воздуха к положительным значениям наступает весна. В конце марта средняя суточная температура устойчиво переходит через + 5 °С, а в конце второй декады апреля через + 10 °С. В первой декаде апреля обычно заканчиваются заморозки. Однако, в отдельные годы при вторжении арктических масс воздуха, возможны и более поздние заморозки, которые могут наблюдаться в конце апреля – начале мая. Безморозный период продолжается 200-300 дней и заканчивается в среднем в начале ноября.

В середине апреля здесь устанавливается жаркая погода. При средней месячной температуре + 10,4°С, в отдельные дни температура может повышаться до + 30 °С. В начале второй декады мая происходит устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через + 15 °С.

Далее наступает жаркое сухое лето, которое продолжается до середины сентября.

*Осадки.* Годовая норма осадков по территории края выпадает неравномерно, что связано с географическим положением региона. Например, в Северо-восточных районах края они колеблются в диапазоне 250 – 350 мм, Центральном районе осадки составляют около 730 мм. Внутригодовое распределение осадков неравномерно. Наибольшее количество осадков выпадает в феврале и в июне. В июне наиболее часто выпадают осадки. Суточный максимум в отдельные ливни достигает 100-115 мм. В ряде случаев месячная норма осадков выпадает в один или два ливня.

На территории края нередки засухи. В отличие от нормального распределения осадков в данном регионе имеют место явления засухи, когда осадки не выпадают в течение всего летнего периода. Вероятность наступления засушливого периода продолжительностью 30 дней и более равна – 71 %. Повторяемость засушливых лет в регионе значительна, что приводит к резкому снижению урожайности сельскохозяйственных культур на богаре. Когда засуха стоит с апреля по май, это может привести к гибели молодых всходов отдельных сельскохозяйственных культур [91, 92].

*Гидрологический режим.* К основному фактору, влияющему на морфологию современного состояния бассейна, относится гидрологический режим [27, 36]. Сток рек и балок зарегулирован настолько, что при прохождении паводков происходит переувлажнение агроландшафтов и подтопление населенных пунктов. Гидрологический режим значительно влияет на режим грунтовых вод, снижает водность рек, деформирует морфологию русел и береговых ландшафтов. В настоящее время все степные реки перегорожены многочисленными дамбами и, фактически, представляют собой цепь прудов, используемых в рыбном хозяйстве и для орошения.

Поверхностный сток рек в гидрологическом отношении недостаточно изучен. Практически все степные реки не оборудованы водпостами. Не ведутся наблюдения и за динамикой уровня грунтовых вод (УГВ), за стоком наносов.

Половодье на реках степной зоны начинается в феврале и длится в среднем 2,5 месяца. Чаще всего наблюдается две волны половодья, обусловленные таянием снега при оттепелях, которые прерываются в период возврата холодов. Кроме талых вод существенную роль в формировании половодья и его растянутости во времени играют выпадающие дожди и повышенное грунтовое питание.



*Геологические и гидрогеологические условия, обуславливающие подтопление и переувлажнение агроландшафтов.*

В бассейне р. Кирпили грунтовые воды приурочены к различным геологическим образованиям от современных отложений аллювиально-лиманных до среднечетвертичных аллювиально-лиманных и эолово-делювиальных. За водоупор грунтовых вод принимаются нижнечетвертичные глины. Коэффициенты фильтрации водосодержащих пород изменяются в широких пределах 0,2 - 0,01 м/сутки в аллювиально-лиманных глинах и суглинках, до 2-4 м/сутки в лессовидных грунтах и 3 - 20 м/сутки в песках.

Общее направление потока грунтовых вод северо-западное, осложненное дренирующим действием рек и балок. Уклоны потока изменяются в пределах 0,0003 - 0,01.

Глубина залегания уровня грунтовых вод (УГВ) изменяется в диапазоне 0,1 – 20,0 м. В западной части бассейна преобладают глубины до 3 м, а в восточной 5 - 10 м.

Питание грунтовых вод исключительно инфильтрационное. Разгрузка их осуществляется за счет дренажа реками и балками, испарения и транспирации, перетекания в напорные водоносные горизонты.

По характеру сезонного изменения уровня грунтовых вод выделяются две области: водоразделы и склоны долин; поймы и надпойменные террасы рек и балок.

На водоразделах и склонах режим УГВ зависит от климатических факторов. Ход изменения уровня плавный, подъем начинается в ноябре и заканчивается в мае, спад уровня происходит в течение всего летнего периода и заканчивается в октябре. Амплитуда колебания УГВ уменьшается при увеличении глубины залегания грунтовых вод и изменяется в пределах 0,3- 2,5 м.

Поймы рек и балок практически на всем протяжении заняты прудами. Режим уровня грунтовых вод вблизи них соответствует

режиму уровня в прудах. Подъем уровня начинается в конце февраля - марта и заканчивается в июне, спад уровня продолжается до конца октября, а в ноябре - январе наблюдаются незначительные колебания уровня разной направленности. Амплитуда колебания уровня вблизи прудов обычно не превышает 1 м.

Продолжительность цикла многолетних колебаний уровня грунтовых вод составляет 25 лет, последние максимальные по водности годы были 1987-88 гг. [45] и 1997-98 гг. [64, 85, 89].

Химический состав грунтовых вод в течение года изменяется незначительно и при неизменном химическом составе минерализации воды изменяется в пределах 0,36 - 0,46 г/л, небольшое повышение минерализации до 1,5 г/л отмечается на локальных участках. В крайней северо-западной части территории отмечаются воды с минерализацией 3-7 г/л. Воды с минерализацией до 1 г/л преимущественно гидрокарбонатные, реже гидрокарбонатно-сульфатные натриево-магниевые. При увеличении минерализации химический состав вод меняется на сульфатно-натриевый или сульфатный при различном катионном составе [7].

Водоносный горизонт нижнечетвертичных отложений распространен в центральной и западной частях бассейна степных рек. Горизонт приурочен к одному или двум прослоям песка мощностью 2-20 м, с коэффициентом фильтрации 5 и 20 м/сутки, суммарная водопроницаемость не превышает 200-300 м<sup>2</sup>/сутки.

Питание водоносного горизонта осуществляется за счет перетекания из грунтовых вод, а разгрузка за счет перетекания в нижележащие напорные водоносные горизонты верхнего плиоцена. Пьезометрические уровни водоносного горизонта устанавливаются на 1-6 м ниже уровня грунтовых вод на водораздельных пространствах и на 0,1-1,0 м в пределах пойм рек и балок.

По химическому составу воды гидрокарбонатные или карбонатно-сульфатные с минерализацией до 1 г/л, в центральной

части бассейна вблизи рек и западной части минерализация возрастает до 1,5-1,6 г/л[84].

Водовмещающими породами комплекса верхнеплиоценовых отложений являются прослои и линзы мелко - среднезернистых песков заключенных в толще слабопроницаемых глин. Количество песчаных прослоев изменяется от 5 до 15, а суммарная их мощность - от 20-30 до 80-100 м. Коэффициент фильтрации песков находится в пределах 2-15 м/сутки при среднем значении 8 м/сутки.

Водоносный комплекс верхнеплиоценовых отложений является основным источником водоснабжения в бассейне р. Кирпили. Питание преимущественно местное за счет перетекания из грунтовых вод. Воды верхнеплиоценовых отложений пресные с минерализацией 0,3-1,0 г/л преимущественно гидрокарбонатные натриево-кальциевые.

#### *Русловые отложения степных рек*

Была выполнена оценка современных русловых отложений в бассейнах р. Кирпили, р. Средняя Челбаска (бассейн р. Челбас) и р. Сосыка (бассейн р. Ея). Установлено, что в естественных условиях накопление донных отложений на реках происходило в незначительных объемах. Исключение составляют устьевые части рек входящие в современную дельту и сливающиеся с дельтой р. Кубань.

Основным материалом для накопления донных отложений является мелкозем, который образовался за счет денудации склонов долин, сложенных с поверхности черноземными почвами эолового происхождения. Главным фактором деградации рек являются антропогенные факторы, связанные с зарегулированием рек и балок, питающих реки. Зарегулирование стока на реках началось еще в дореволюционное время и продолжается в настоящий период.

Степные реки и балки перегорожены многочисленными дамбами, образующими каскады прудов. В результате этого, образовавшийся зарегулированный сток является основной причиной деградации водных объектов.

В результате деградации реки трансформировались во «временно живущие» водотоки. Обобщение ранее выполненных исследований позволяет сделать выводы:

1. В истоках рек и балок донные отложения представляют глины и суглинки иловатые мягко-тугопластичные, небольшой мощности до 1 м. Это вызвано небольшими глубинами до 1,5 м каскадов прудов, где по берегам распашка проводится до уреза воды. В результате эрозионных процессов, интенсивного зарастания прудов высшей растительностью и длительного периода эксплуатации, пруды превратились во временно живущие водотоки в период паводков. Расчистка верховых прудов от донных отложений позволит частично восстановить водосборные территории бассейнов рек.

2. В средней части рек мощность донных отложений достигает 1,5 – 1,8 м. Глубина воды в реках в летний период уменьшается до 0 – 0,8 м из-за мощности донных отложений. В результате эрозии почвы и процессов зарастания водоемов водорослями и высшей водной растительностью на дне прудов сформировались отложения в виде илов текучих; глин и суглинков иловатых мягко-текучепластичных; глин и суглинков мягко-тугопластичных и торфа. Торф в составе донных отложений наблюдается в виде маломощных (0,1-0,2 м) прослоев и линз.

Для восстановления проточности прудов необходимо выполнить мероприятия: восстановить разрушенные гидротехнические сооружения; установить водомерные устройства на сооружениях; восстановить естественную береговую линию рек и балок; выполнить расчистку проблемных участков рек и балок; восстано-

вить береговые ландшафты путем формирования гидроотвалов; провести рекультивацию восстановленных береговых ландшафтов.

Данные мероприятия позволят восстановить гидросферу степных рек, что в свою очередь повысится социальные условия проживания населения в бассейнах рек.

В результате проточности рек повысится дренирующая способность прилегающих участков агроландшафтов, снизится загрязнение водных и земельных ресурсов, на агроландшафтах можно выполнять адаптированных технологии производства сельскохозяйственной продукции, повышается эффективность производства продукции за счет орошения.

3. В дельтовой части снизится антропогенная нагрузка на сток рек, в результате улучшения качества поступающих вод в лиманы повысится рыбохозяйственное значение водных объектов.

## **1.2 Оценка антропогенных факторов, обуславливающих изменение мелиоративного режима агроландшафтов степной зоны**

Интенсивное воздействие человека на природу, особенно в последнее время, привело к значительному изменению водного режима бассейнов степных рек Краснодарского края. Сочетание природных и антропогенных факторов в 1997-98 гг. привело к подтоплению и переувлажнению 550 тыс. га пахотных земель, подтоплению и затоплению большого количества населенных пунктов. Неуправляемый паводок в 2002 г. на р. Кубань нанес значительный ущерб экономике края.

Антропогенные факторы, обуславливающие изменение водного режима бассейна, можно классифицировать по масштабам и видам воздействия на природную среду.

К наиболее масштабным антропогенным факторам можно отнести:

- зарегулированный сток рек, которые проходят по нескольким территориям субъектов (р. Кубань, р. Дон);
- зарегулированный сток рек, проходящий по нескольким муниципальным образованиям (р.Ея, р. Кирпили и др. реки края);
- переброска стока рек из одного бассейна в другой для обводнения территорий.

По видам антропогенного воздействия, влияющего на изменение водного режима территорий, относятся:

- осушение территорий, которое отражается на прилегающих территориях и может вызывать иссушение почвы;
- изъятие части стока на орошение для получения конкурентных урожаев сельскохозяйственных культур;
- агромелиорации, связанные с обработкой почвы при выращивании сельскохозяйственных культур;
- рекультивация, направленная на планировку полей, береговых ландшафтов.

Первый масштабный фактор обуславливает региональное воздействие на природную среду, второй вид фактора оказывает воздействие на природную среду локально.

Влияние перечисленных факторов регионального воздействия на процессы переувлажнения земель следующие: массовое зарегулирование стока степных рек началось 50-60 лет назад, и было направлено на сохранение воды для хозяйственных нужд, орошения и рыбоводства. В настоящее время все степные реки представляют собой цепь прудов. В зависимости от размеров реки количество плотин и дамб варьирует от 50 до 300. Вследствие подпертого состояния уровней и слабой проточности, поймы рек стали, практически постоянно находится в затопленном состоянии. Соответственно, поднялся УГВ в балочной системе. Несоблюдение режи-

ма природоохранных зон рек: пашня доходит до берегов рек. Высокая степень распаханности прилегающих к рекам территорий изменила естественный сток, значительно уменьшилась его величина. Интенсивно происходит заиление рек. Наряду со сносом мелкозема по склонам и балкам, в заиливании рек сыграли значительную роль пыльные бури. В настоящее время мощность илистых отложений в руслах и поймах рек варьирует от 0,5 до 3,0 м. Заиливание русел и пойм практически прекратило разгрузку бассейна грунтовых вод в реки через систему родников. Степные реки, игравшие роль естественного дренажа для отвода поверхностных и грунтовых вод, значительно утратили ее. Зарегулирование стока рек явилось мощным вмешательством в исторически сложившуюся природную систему и, естественно, обозначило начало негативных последствий. Оно привело к региональному подъему УГВ во всех бассейнах степных рек и способствовало появлению подтопленных и переувлажненных земель (ППЗ) в тех местах, где ранее они вообще не отмечались.

Развитие орошения в степной части края напрямую связано с зарегулированием стока степных рек, так как они служат источником орошения. Исследования [18, 92] показали, что орошение черноземов в крае приводит к существенному изменению их агрохимических и водно-физических свойств. В частности, через несколько лет орошения возрастает плотность почв, резко уменьшается водопроницаемость. Эти изменения являются предпосылкой для развития переувлажненных земель. Необходим комплекс мероприятий для повышения агроресурсного потенциала агроландшафтов [26, 77, 78].

Антропогенные факторы локального воздействия на процесс переувлажнения земель разнообразны, но общее для них – ограниченное небольшими площадями влияние на процесс переувлажнения земель. К таким факторам можно отнести планировку

поверхности почвы; проходы тяжелой сельскохозяйственной техники, нерациональное насаждение лесополос, строительство автодорог и каналов в насыпи без учета рельефа местности, переезды на балках, террасирование склонов, вспашка поперек направления естественного стока атмосферных осадков.

Планировка поверхности с засыпкой понижений создаст условия для равномерного распределения влаги на поверхности почвы, это предотвратит локальное переувлажнение. Однако, эффект от этого мероприятия оказывался обратным – ППЗ не уменьшались, а возрастали. Причиной этого явления следует признать наличие в почвах понижений, водоупорных слитых горизонтов, где имелись различия в скорости испарения со свободной водной поверхности и водонасыщенной толщи почв (на местах засыпанных понижений).

Повсеместная распашка привела к значительному изменению естественного распределения атмосферных осадков и формированию поверхностного стока. Регулярная вспашка вдоль плоских балок привела к нарушению естественного пути поверхностного стока, застаиванию атмосферных осадков и формированию переувлажненных земель.

Применение тяжелой сельскохозяйственной техники для различных видов работ и большое число ее сезонных проходов приводит к уплотнению почвы, уменьшению ее водовместимости и водопроницаемости. Плотность почвы в местах прохода сельскохозяйственной техники на 10-15 % выше, чем на прилегающих территориях. При выпадении обильных осадков такие зоны способствуют возникновению локального переувлажнения земель [63 - 65].

Строительство дорог и каналов в насыпях, переездов на переувлажненных балках так же приводит к локальному перекрытию путей естественного оттока атмосферных вод и, соответственно,



появлению ППЗ. Насаждение лесополос само по себе не влияет негативно на распространение ППЗ. Но в отдельных районах в годы с пыльными бурями вдоль лесополос появились валы из принесенного ветрами почвенного материала. Валы достигают высоты до нескольких метров и перекрывают пути естественного оттока атмосферных вод, что привело к появлению в таких местах ППЗ.

Начиная с 19 века, высокая урбанизация территории привела к росту числа водопользователей, а, следовательно, к строительству многочисленных перегораживающих сооружений на реках, большинство из которых создают постоянный подпор воды. Сооружения выполняют, в основном, функцию дорожного перехода через реку. С помощью дамб создают пруды и водохранилища, используемые для орошения, обеспечивают технологические нужды промышленных и сельскохозяйственных объектов, рыбозаведения, рекреации. Создание мелководных подпоров способствует ускоренному заилению рек и зарастанию, уменьшению проточности и ухудшению качества вод.

В результате подпора уровней воды в реках, наличия замкнутых бессточных понижений, а также повышения влажности климата, на значительной части водосборной территории сформировался высокий уровень грунтовых вод, препятствующий нормальному использованию этих земель.

### **1.3 Природно-ресурсный потенциал агроландшафтов Закубанья, как объектов осушения**

В географическом отношении Закубанский регион расположен в умеренно-влажной и во влажной климатической зонах на наклонной террасированной равнине расчлененной реками. Среднегодовая сумма осадков изменяется от 650 до 1000 мм в зависимости от местоположения района.

Основной тип водного питания – атмосферный. В холодный период года (ноябрь-март) в регионе выпадает около половины годовой суммы осадков. При минимальном испарении в этот период создаются условия для насыщения почв влагой и их переувлажнения. Пресные грунтовые воды залегают на террасах обычно глубже 3-х метров и практически не участвуют в процессе переувлажнения почв. Почвенный покров Закубанской равнины представлен в основном черноземами выщелоченными, подвергнутыми слитогенезу в различной степени, и черноземами слитыми.

Они обладают удовлетворительными агрохимическими и неудовлетворительными водно-физическими свойствами. Затопление, переувлажнение и, как следствие, деградация почв вызваны, как гидрологическими условиями, так и антропогенными факторами.

На Закубанской равнине выделяются следующие типы естественных ландшафтов: равнинно-террасированный лесостепной, долинный левых притоков реки Кубани и увалисто-холмистый лесной.

Равнинно-холмистый лесостепной ландшафт характерен для южной части Крымского и Абинского районов, где развито виноградарство и садоводство. В связи с наличием здесь значительных площадей легких почв и из-за частых летних ливней эрозия почв развита повсеместно на склоновых землях, оборудованных противозрозийными устройствами. Более того, многие насаждения имеют направление рядов вдоль склона, что способствует размыву почвы.

Неизменно-равнинный террасированный ландшафт характерен для северной части Абинского и Северского районов (севернее шоссе Краснодар – Новороссийск). Особенностью данного ландшафта являются низкие отметки местности, малые уклоны, тяжелые слабопроницаемые почвогрунты. Данная территория яв-

ляется местом разгрузки грунтового и поверхностного водного потока, стекающего с гор.

Долинные ландшафты прорезают предгорья и Закубанскую наклонную равнину в меридиональном направлении. В долинах горных рек (Абин, Афипс) расположены крупные населенные пункты и значительные площади пашни, садов и др. сельскохозяйственных угодий. Почвогрунты в большинстве хорошо дренированы и водопроницаемы, наибольший ущерб им наносят разливы рек и разрушение берегов.

Увалисто-холмистые лесные ландшафты преобладают в предгорьях. Среди почвоповреждающих факторов преобладает эрозия, наиболее часто проявляющаяся в период летних ливней. На перегибах рельефа, где склоны выполаживаются, наблюдается выклинивание грунтовых вод на поверхность, образование мочаков, поэтому в данных условиях на пашне противоэрозионные мероприятия должны сочетаться с осушительными.

Природные агроландшафты Закубанской равнины деградируют. К причинам деградации агроландшафтов следует отнести: изменение соотношения элементов баланса поверхностных и почвенных вод; изменение органического вещества и химических элементов в почвах агроландшафтов; техногенные загрязнения сельскохозяйственных угодий и водных ресурсов.

Изменение водного баланса при распашке и сельскохозяйственном использовании земель касается всех его элементов – испарения, поверхностного стока и влагообмена. На богарных пахотных землях наблюдается повышение испарения, поверхностного стока и соответствующее уменьшение влагообмена, на орошаемых землях – рост показателей всех этих элементов.

Роль изменений водного баланса в формировании состояния сельскохозяйственных угодий различна. Если рост степени испарения играет положительную роль (увеличение продуктивности растений), то уве-

личение поверхностного стока неизбежно приводит к развитию таких деградационных процессов, как водная эрозия пахотных земель, изменение режима и загрязнение поверхностных вод.

Изменение содержания органического вещества и химических элементов в почве при распашке происходит как за счет изменения в агроценозах объема производной биомассы и содержания в ней химических элементов, так и в результате отчуждения её значительной части с урожаем.

Последствия нарушения биологического круговорота для сельхозугодий разнообразны, но все они негативны, поскольку сопровождаются развитием деградационных процессов: снижением запасов почвенного гумуса, особенно интенсивным на орошаемых почвах, и ухудшением водно-физических и физико-химических свойств почв (разрушение структуры почвы, снижение ППК); ростом дефицита ионов кальция и магния в почвах гумидной зоны, и, как следствие, снижением степени насыщенности их основаниями, а также повышением гидролитической кислотности и уменьшением рН, что, в конечном счете, приводит к подкислению почв и снижению содержания доступных элементов минерального питания растений.

Следствием развития этих деградационных процессов является снижение плодородия почв, а также их экологической стабильности и эколого-геохимической устойчивости к техногенным загрязнениям.

Техногенные загрязнения почв и водных ресурсов связаны в основном с выбросами и сбросами загрязняющих веществ промышленными объектами и населенными пунктами и городами.

Изменение соотношения составляющих баланса поверхностных почвенных вод, включающее максимальное увеличение испарения, уменьшение поверхностного стока и регулирование влагообмена между почвенными и грунтовыми водами. Это достига-

ется путем залужения пашни на землях с уклонами более 2-5°, а также устройства лесных полезащитных насаждений.

Ликвидация дефицита элементов минерального питания в почвах путем применения соответствующих доз минеральных и органических удобрений.

Изменение системы обработки почв и широкое внедрение адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

### **1.3.1 Агроландшафты и стадии деградации**

По степени освоенности выделяют следующие виды агроландшафтов: освоенные целинные (естественные кормовые угодья с частично измененной растительностью); освоенные распаханнные (агроландшафты без радикальных вложений дополнительной энергии); мелиорированные (лесомелиоративные, технические мелиоративные и обводнительные системы, культурные пастбища); акультурные (эродированные, загрязненные, нарушенные).

В процессе эксплуатации, агроландшафт может постепенно деградировать из-за водной и ветровой эрозии, дегумификации, ухудшения водно-физических и иных свойств почв, их засоления, заболачивания, подтопления и загрязнения, аридизации. Такие акультурные ландшафты теряют продуцирующие и средоформирующие функции. Процесс деградации агроландшафта проходит несколько этапов экологического состояния: нормы, стадий риска, кризиса и бедствия (таблица 1.1). К основным экологическим факторам деградации следует отнести подтопление и переувлажнение агроландшафтов.

**Таблица 1.1 – Этапы экологического состояния агроландшафта**

№ п/п	Этапы экологического состояния	Характеристика
1.	Стадия экологической нормы	Соответствует слабому уровню деградации агроландшафта, когда процессы разрушения его структуры незаметны. Действует экологический закон Линдемана (правило 10%) поддерживает почвенное плодородие и сохраняется биоразнообразие. Комплексные мелиорации в этом случае направлены на усиление функциональности агроландшафта при устойчивом развитии сельского хозяйства.
2.	Стадия экологического риска	Наступает тогда, когда признаки деградации проявляются на площади до 20%, обуславливая падение продуктивности агроландшафта. Комплексные мелиорации должны быть направлены на ликвидацию причин очаговой деградации и уменьшение антропогенной нагрузки на всю площадь агроландшафта (снижение степени распаханности или пастбищной нагрузки при увеличении защитной облесенности территорий).
3.	Стадия экологического кризиса	Фиксируется при признаках деградации, проявляющихся на площади 20-50%, вызывающих не только падение продуктивности и устойчивости, но и ухудшение средне защитных функций агроландшафта. Комплексные мелиоративные мероприятия осуществляют на всей площади с одновременной консервацией (вывод из оборота и сплошное облесение) той её части, где уровень деградации угрожает среде формирующей функции ландшафта.
4.	Стадия экологического бедствия	Соответствует деградации на 50-100% площади агроландшафта. Поскольку в этом случае он уже не выполняет первоначальные заданных функций, полную консервации. При этом восстанавливают структуру деградированного ландшафта и его способность к само регуляции за счет создания лесных и луговых ценозов и распространения заповедного режима на всю его площадь

### **1.3.2 Причины избыточного переувлажнения и подтопления агроландшафтов**

Переувлажнение и подтопление земель вызваны рядом причин, которые обусловлены в сложившихся условиях природными и антропогенным факторами.

К природным факторам относятся: климат района; гидрологические условия; геоморфология и рельеф; гидрогеологические условия; почвенные условия.

К антропогенным факторам относятся: факторы регионального воздействия; факторы локального воздействия.

#### *Климатические факторы.*

В целом климат Закубанской равнины благоприятствует возделыванию большого набора сельскохозяйственных культур. Климат предгорной зоны характеризуется вертикальной зональностью. По мере подъема отчетливее проявляются времена года, продолжительнее и устойчивее зима, лето становится более коротким и прохладным.

Однако количество осадков при разной обеспеченности в большинстве случаев естественной первопричиной переувлажнения земель является из климатических факторов: осадки – их величина, характер и периодичность выпадения, распределение по сезонам, коэффициент увлажнения, являющихся суммирующим показателем, зависящим не только от величины осадков, но и от температуры, солнечной радиации, испаряемости.

Зависимость площади переувлажненных земель от суммы осадков была выявлена давно. По историческим материалам явление широкого распространения площади переувлажненных земель в крае отмечалось ещё в 19 веке. Тогда же была отмечена цикличность смены серии сухих и влажных лет с периодичностью 25-30 лет.

### *Гидрологические факторы*

К гидрологическим факторам следует отнести паводки горных рек, уровенный режим водных объектов. Гидрологический режим вод воздействует на процесс переувлажнения земель локально – в поймах рек.

Наиболее существенно влияние гидрологических факторов выражено на Закубанской террасированной равнине и предгорной зоне. Значительную роль в переувлажнении земель этого района играют паводки многочисленных горных рек. На равнинной части Закубанья эти реки с разветвленной балочной системой в периоды снеготаяния в горах и ливневых дождей являются ведущим фактором в распространении площади переувлажненных земель.

Приемниками избыточных вод являются реки, в бассейнах которых формируется поверхностный сток. Решение гидротехнических задач по отводу избыточных вод с природных и экологических позиций проводится именно в пределах природных образований, в частности, бассейнов рек, а не в границах административных районов. По этой причине за единицу природно-экологического комплекса приняты бассейны рек – бассейны горных рек низовой Кубани (Афипс, Убинка, Иль, Хабль, Ахтырь, Абин, Адагум).

Склоны гор покрыты густым лиственным лесом, пересеченным долинами многочисленных рек. Долины эти в верховьях имеют характер ущелий с крутыми, обрывистыми склонами. При входе на равнину долины этих рек расширяются, водоразделы сглаживаются и постепенно сливаются с окружающей низменностью. продольные уклоны дна рек уменьшаются, течение спокойное.

Общая водосборная площадь 5360км<sup>2</sup> и занимает 5,9% территории Краснодарского края (5% сельхозугодий). Все реки Левобережья низовой Кубани обладают паводочным режимом. Он характеризуется интенсивными зимними и весенними паводками и



летним мелководьем, вплоть до полного пересыхания к концу лета. Наибольший объем стока этих рек приходится на декабрь-март. Наименьший – на август-октябрь. Источниками питания рек являются атмосферные осадки и грунтовые воды.

Горные реки в историческом развитии утратили устьевые участки, так как русло реки Кубань из-за наносов приподнялось над дном долин. Это привело к образованию замкнутых бессточных территорий, которые постепенно заболачивались и превратились в плавни.

### *Геоморфология и рельеф*

Влияние этих факторов на процесс переувлажнения земель очень велико и соизмеримо по значимости с климатическими факторами.

Закубанская надпойменная терраса представлена в основном равнинным рельефом. Плоская, слабо дренированная, с отдельными, едва приметными понижениями. Падение её в сторону реки Кубань не превышает 2 – 3 м на 1 км. Встречаются места, где некоторые её точки имеют отметки уровня воды в реке.

В связи с тем, что в пойме левобережья р. Кубань построены ирригационные системы для возделывания риса, и вся излишняя вода собирается в дренажную сеть и затем в р. Кубань, к югу и северу от рисовых систем весенние паводковые воды и интенсивные осадки в течение зимне-весеннего периода, далеко не полностью поглощаются почвой, скатываются в замкнутые понижения рельефа, переувлажняют верхний горизонт, сдерживают и затрудняют своевременное проведение полевых работ, повышение культуры земледелия и рост урожаев.

Замкнутые понижения рельефа – блюдца в этой зоне образовались вследствие просадки грунтов под влиянием естественного увлажнения и разлива рек. За период ноябрь – март выпадает небольшое количество осадков – до 440 мм. Значительные запасы во-

ды, не поглощаемые почвой, скапливаются в понижениях, образуют мочаки.

Вода в блюдцах с каждой весной прибавляется, нижние горизонты почвы все больше кольматируются, становятся слабопроницаемыми. Так возникают процессы заболачивания почвы.

#### *Гидрологические факторы*

Закубанскую террасированную равнину и предгорную зоны следует оценить как обладающие хорошей естественной дренированностью – многочисленные горные реки с разветвленной балочной системой, значительные уклоны местности создают предпосылки к хорошей отточности поверхностных и грунтовых вод.

Однако, довольно широкое распространение площади переувлажненных земель в районе этой природной зоны показывает, что естественная дренированность в этом районе не является доминирующим, сдерживающим распространение площади переувлажненных земель. В период интенсивного таяния снега весной или выпадения осадков в осенне-зимний и весенний периоды грунтовые воды поднимаются наиболее высоко и удерживаются близко к поверхности до конца мая – середины июня, а затем заметно понижаются. К этому времени происходит подпитывание почвы грунтовой верховодкой, и если осадки будут выпадать и дальше, то произойдет вымокание растений в микро и макро- понижениях рельефа.

На большей части предгорной зоны уровень грунтовых вод обычно залегает глубоко и участия в процессе переувлажнения склоновых земель не принимает.

Исключение составляют поймы горных рек, где уровень грунтовых рек и их амплитуда обычно определяется уровнем режимом рек.

### *Почвенные условия.*

С точки зрения выращивания сельскохозяйственных культур в данной зоне заслуживают внимание слитые черноземы. Слитые черноземы занимают до 30% общей площади пашни.

Цикличность климата и изменившейся процесс почвообразования отразились на почвенном покрове. Наиболее распространенными типами почв в регионе являются черноземы выщелоченные в различной степени слитости. Повышенная влажность климата привела к периодическому проявлению промывного режима влаги в почве, следствием чего явилась глубокая выщелоченность почв от карбонатов кальция. Выщелачивание структурообразующего элемента кальция имело ряд негативных последствий – почвенная среда сдвинулась в кислую среду, появилась не насыщенность основаниями.

В составе ППК стал присутствовать водород, а поглощенный кальций – заменятся магнием. Почвы стали обладать неблагоприятными водно-физическими свойствами: глыбистой структурой в сухом состоянии и практически бесструктурным состоянием при высокой влажности, набуханием при увлажнении и сильным сжатием и растрескиванием при иссушении, низкими водоотдачей, водо- и воздухопроницаемостью, высокой плотностью при иссушении и низким содержанием продуктивной влаги.

Почвы Закубанской равнины практически однородны по гранулометрическому составу более 90% площади относятся к тяжелосуглинистым и легкоглинистым разновидностям, то есть к тяжелым почвам. Но в отличие от большинства других регионов края и РФ, ведущим показателем, определяющим большинство параметров водно-физических свойств почв, является не гранулометрический состав, а степень слитости или слитогенеза.

Слитогенез является специфической формой внутрисочвенного выветривания, сопровождающегося преобразованием минер-

ралогического состава почв. Обязательным условием этого процесса является многократная смена циклов переувлажнения – иссушения почв. При этом происходит накопление в почве минералов смектитовой группы, в основном монтмориллонитов. Эти минералы обладают свойством менять свой объем при изменении влажности – набухать при увлажнении и подвергаться усадке (уплотнению) при иссушении. Они передают указанные свойства почвам, которые в зависимости от степени слитости, то есть содержания указанных минералов, меняют свои агрохимические и водно-физические свойства. На начальной стадии слитогенеза содержание в почвах монтмориллонита составляет порядка 10- 15%, в сильно слитых почвах – 30-40%.

Высокая набухаемость почв региона способствует развитию процесса преувлажнения. Одновременно она является следствием многократных циклов переувлажнения – иссушения почв. Набухание при увлажнении приводит к увеличению объема почвы на 20-40% и плотность почвы уменьшается до  $1,2-1,3 \text{ г/см}^3$ . При иссушении почвы происходит обратный процесс – усадка, при которой происходит растрескивание почвы на тумбовидные глыбы. Плотность глыб при этом достигает  $1,5-2,0 \text{ г/см}^3$ , при такой плотности корневая система культурных растений развиваться не может, а неоднократная смена циклов увлажнения – иссушения в течение вегетационного сезона приводит к разрывам корневой системы растений.

Формирования слитого горизонта в переувлажненных почвах черноземного типа – одна из стадий деградации таких почв, в результате черноземные почвы теряют все признаки черноземного типа. В результате деградации почва черноземного типа проходит несколько стадий этого процесса (таблица 1.2) [85].

**Таблица 1.2 – Стадии деградации чернозема обыкновенного под влиянием переувлажнения**

Почва. Стадии деградации	Балл бонитета	Основные характеристики почв
Чернозем обыкновенный (карбонатный)	85-90	Благоприятные агрохимические и водно-физические свойства. Карбонатность с поверхности. Реакция почвенной среды (рН) слабощелочная. Полная насыщенность ППК основаниями, где кальций занимает 85-90%, а магний не более 15%. Удовлетворительный запас элементов питания растений. Зернисто-комковатая структура пахотного горизонта. Высокая пористость, хорошая водопроницаемость (0,5-1,0 м/сут) и водоотдача.
Чернозем выщелоченный	70-85	Благоприятные агрохимические и удовлетворительные водно-физические свойства. Карбонаты выщелочены из верхней толщи 1,0 -1,2м. Структура пахотного горизонта глыбисто-комковатая. рН – нейтральная. Сократилась водопроницаемость почв в 3-5 раз, уменьшилась в 5-10 раз сквозная пористость (0,1м/сут).
Чернозем и лугово-черноземные почвы, уплотненные	60-70	Удовлетворительные агрохимические и неудовлетворительные водно-эрозические свойства. Выщелоченность от карбонатов всего почвенного профиля. В ППК доля поглощенного Mg возрастает до 25 – 30% при соответственном сокращении доли Са. Глыбистая структура, водопроницаемость от 0,01 до 0,001 м/сут. Сквозная пористость отсутствует. Водоотдача низкая. При увлажнении почва набухает, в иссушенном состоянии сильно растрескивается на глубину 1,0 -1,5м. Запасы продуктивной влаги в почве низкие.
Чернозем и лугово-черноземные почвы выщелоченные и слитые	40-60	Удовлетворительные агрохимические и крайне неудовлетворительные водно-физические свойства. Доля Mg в ППК достигает 35 – 40%. Проявляется насыщенность основаниями ППК Крупно глыбистая структура. Во влажном состоянии почва набухает, становится практически водопроницаемой ( $K\phi < 0,001$ м/сут). Объемная масса в выщелоченном состоянии в 2 раза выше, чем у исходной почвы и достигает 2,6-2,9г/см <sup>3</sup> . Водоотдача крайне низкая. Переувлажняется ежегодно.
Луговые осолодевшие	20-30	Неудовлетворительные агрохимические и крайне неудовлетворительные водно-физические свойства. Разрушается ППК, емкость поглощения уменьшается на 20 – 30%. Со-

почвы		<p>держание элементов питания в 2-3 раза ниже исходного. Структура крупно глыбистая, почва сильно уплотнена, пористость отсутствует. Водопроницаемость (<math>K\phi=0,0001\text{м/сут}</math>) и водоотдача крайне низкие. Почвы ежегодно неоднократно переувлажняются. Использование под пашню не рационально. Почвы практически не поддается мелиорации.</p>
-------	--	--

Из анализа материала таблицы 1.2 следует, что процесс деградации черноземов происходит под действием периодического или кратковременного затопления и переувлажнения верхнего плодородного горизонта. Уменьшение водопроницаемости почв после выщелачивания карбонатов способствует распространению площадей переувлажненных земель.

### 1.3.3 Антропогенные факторы

Антропогенные факторы оказывают значительное влияние на изменение водного режима почвогрунтов. По влиянию на распространение ППЗ антропогенные факторы можно разделить на две группы: регионального и локального воздействия.

К факторам регионального воздействия относятся: зарегулированные стока горных рек левобережья Кубани; зарегулирование стока реки Кубани; развитие орошения в предгорной части края; строительство и эксплуатация рисовых оросительных систем.

Антропогенные факторы локального воздействия крайне разнообразны: планировка полей; строительство дорог и каналов в насыпах; переезды на балках; террасирование; вспашка поперек направления естественного стока; распашка тальвегов балок; неправильное расположение лесополос; проходы тяжелой сельскохозяйственной техники.

**Таблица 1.3– Общее количество преграждающих устройств на основных реках территории (региональные факторы)**

№ п/п	Наименование бассейна реки	Районы	Преграждающие устройства, шт			
			ж/д мосты	а/д мосты	пруды	трубы, проезды
1.	р. Афипис	Северский	21	123	24	555
2.	р. Шепша	Северский				
3.	р. Убинка	Северский				
4.	Ерик Черный	Северский				
5.	р. Абин	Абинский				
6.	р. Адагум	Крымский				

Массовое зарегулирование стока горных рек, строительство на них плотин привело в некоторых местах к превращению рек в цепь прудов. Это привело к подпертому состоянию уровней и слабой проточности. Произошло заиление русел рек за счет сноса мелкозема по склонам и балкам.

Мощность ила в горных реках, выходящих на равнину, колеблется от 0,5 до 3,0м. Заиление русел и пойм прекратило разгрузку грунтовых вод в реки через систему родников. Реки утратили роль естественного дренажа, что приводит к региональному понятию УГВ. Это способствует росту переувлажнения земель.

#### **1.4 Распространение и динамика площадей переувлажненных земель**

Инвентаризация переувлажненных земель, выполненная институтом «Кубаньгипрозем» в 1972г., 1988-1989гг. и в 1997 г., 2007 г. институтом «ГЕЯ-НИИ» и КубГАУ показала, что происхо-

дит распространение ППЗ во всех районах и в том числе в предгорной частикрая (таблица 1.4).

**Таблица 1.4 – Распространение переувлажненных земель в предгорной зоне Краснодарского края**

№ п/п	Наименование районов	Площади с/х угодий, тыс.га				Площади переувлажненных с/х угодий, тыс.га			
		1972	1988 1989	1997	2007	1972	1988 1989	1997	2007
1.	Абинский	64,5	69,1	63,0	56,13	25,0	32,7	16,2	15,16
2.	Крымский	74,7	87,0	73,1	69,0	25,9	12,0	11,1	18,77
3.	Северский	67,2	66,3	56,4	58,0	24,8	26,4	11,0	14,67
	Итого	206,4	222,4	189,5	183,13	75,7	71,1	38,3	48,6

Результаты обследования показали, что процент переувлажненных земель по районам значительный и составляет для Абинского – 27%;Крымского– 27,2 % и Северского района – 25,3%.Выявленные в 1997 году ППЗ следует отнести к 3 и 4 группам переувлажненных земель, то есть это земли длительного и очень длительного переувлажнения.

В предгорной зоне происходит массовое переувлажнение черноземных и лесных горных плодородных почв, которые при длительном увлажнении подвергаются слитогенезу, который неизбежно приводит к снижению плодородию почв и падению урожайности культур.

Для восстановления плодородия почв необходим комплекс мелиораций, который позволит проводить мероприятия по осушению подтопляемых и переувлажняемых агроландшафтов.



## **2 ОХРАНА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПОВЕРХНОСТНЫМ СТОКОМ С АГРОЛАНДШАФТОВ**

Интенсификация сельскохозяйственного производства коренным образом связана с увеличением применения минеральных удобрений. Они способствуют росту урожайности сельскохозяйственных культур. Но они содержат биогенные элементы, которые, попадая с природными водами в водоемы, нарушают природное равновесие экосистем. Повышение содержания азота и фосфора стимулирует бурный рост водной растительности и приводит к цветению и зарастанию водных объектов, особенно слабопроточных. Даже незначительных количеств фосфора, внесенных с поверхностным стоком, достаточно, чтобы создать благоприятные условия для микрофлоры, отмирание которой способствует нарушению кислородного режима. В конечном итоге это приводит к евтрофикации водоемов.

Многие соединения азота, попадающие в почву, отличаются высокой подвижностью. Поэтому значительная часть его вымывается из верхних слоев атмосферными осадками. Калий также может вымываться из пахотного горизонта в больших количествах, причем наиболее интенсивно это происходит на легких почвах и особенно во влажные годы. Фосфор менее подвижен. Основные его потери происходят при смыве верхнего слоя почвы.

Большой вынос азота с сельскохозяйственных территорий отмечается в периоды внесения на поля удобрений, особенно при поливе сельскохозяйственных культур. Биогенные элементы попадают в водоемы в растворенном виде с поверхностным и подземным стоком, а также в нерастворенном состоянии вместе с частицами почвы в результате ее эрозии. С гектара дренированных почв может быть вымыто от 1,4 до 80 кг нитратного азота, до 3 кг фосфора и 60 кг калия в зависимости от типа и механического состава

почвы, количества и характера осадков, вида возделываемых растений, применяемой агротехники, вида, формы, дозы, сроков и способов внесения удобрений.

Огромный ущерб урожаю сельскохозяйственных культур наносят сорняки, вредители и болезни растений. Борьба с ними помогают пестициды, без которых трудно было бы поддерживать стабильный уровень сельскохозяйственного производства. Вместе с тем применение пестицидов вызывает побочные экологические последствия в природе, в том числе и водных объектах. Это особенно опасно в тех случаях, когда в воде водоприемников отмечается низкое содержание кислорода.

Хлорорганические пестициды не поддаются биологическому распаду, они сохраняются на протяжении многих лет в пресной и морской воде. Некоторые нерастворимые в воде пестициды растворяются в нефтепродуктах. В результате вместо того, чтобы осесть на дно, они скапливаются на поверхности, то есть один вид загрязнения усиливает влияние другого загрязнения. Гидробионты весьма чувствительны к малым концентрациям хлорорганических инсектицидов. В результате замедляются или останавливаются процессы развития, происходит вырождение особей. Это приводит к выпадению отдельных звеньев установившихся водных экосистем.

Кроме минеральных удобрений и пестицидов поверхностный сток с территории сельскохозяйственных угодий, выносит значительное количество мелкозема (алеврита) в водные объекты, вызывает их загрязнение и заиление. Донные отложения нарушают жизнедеятельность микроорганизмов, что отрицательно сказывается на биоценозе и процессах самоочищения. Окисление органических примесей с этими донными отложениями приводит к ухудшению кислородного режима водоема в течение длительного времени. Нефть и нефтепродукты приводят к изменению органи-

лептических свойств воды, при этом увеличивается мутность воды, появляется пена и пленка на поверхности, ухудшается запах воды, у воды появляется окраска и привкус.

На сельскохозяйственных территориях наблюдается значительное колебание уровня грунтовых вод, которое приводит к периодическим подтоплениям и переувлажнению почв. При колебании уровня загрязненных вод происходит деградация пахотного горизонта.

Организованный отвод избыточных вод с таких участков позволит не только улучшить мелиоративное состояние почв, но значительно повысить экологическую безопасность экосистем. Поэтому, выявление причин, связанных с поверхностным и грунтовым стоком, ведущих к загрязнению сельскохозяйственных угодий, его перехват и организованный отвод с полей, ограничение выноса является одним из путей комплексного восстановления природы и получение стабильных урожаев на сельскохозяйственных ландшафтах Краснодарского края.

## **2.1 Расчет выноса загрязняющих веществ поверхностным стоком в водные объекты**

Поверхностный сток зависит от атмосферных осадков, которые формируют расходы дождевых вод  $q_r$ , л/с. Расходы определяют по методу предельных интенсивностей по формуле:

$$q_r = \frac{z_{mid} A^{1,2} F}{t_r^{1,2n-0,1}}, \quad (2.1)$$

где  $z_{mid}$  — среднее значение коэффициента, характеризующего поверхность бассейна стока;

$A, n$  — безразмерные параметры;

$F$  — расчетная площадь стока, га;

$t_r$  — расчетная продолжительность дождя, равная продолжительности протекания поверхностных вод по поверхности до расчетного участка, мин.

Параметры  $A$  и  $n$  принадлежат определять по результатам обработки многолетних записей самопишущих дождемеров, зарегистрированных в данном конкретном пункте.

При отсутствии обработанных данных допускается параметр  $A$  определять по формуле:

$$A = q_{20} \cdot 20^n \left(1 + \frac{\lg P}{\lg m_r}\right)^\gamma, \quad (2.2)$$

где  $q_{20}$  — интенсивность дождя, л/с на 1 га, для данной местности продолжительностью 20 мин при  $P = 1$  год, определяемая по приложению 1;  $n$  — показатель степени, определяемый по таблице 2.1;

$m_r$  — среднее количество дождей за год, принимаемое по таблице 2.1;

$P$  — период однократного превышения расчетной интенсивности дождя;

$\gamma$  — показатель степени, принимаемый по таблице 2.1.

**Таблица 2.1 - Среднее количество дождей за год и показатель степени для расчета расхода дождевых и поверхностных вод в зависимости от района**

Район	Значение $n$ при		$m_r$	$\gamma$
	$P \geq 1$	$P < 1$		
Северное Предкавказье и наветренные склоны возвышенностей европейской части РФ	0,7	0,66	70	1,54

Ставропольская возвышенность, северные предгорья Большого Кавказа, северный склон Большого Кавказа	0,63	0,56	100	1,82
Черноморское побережье и западный склон Большого Кавказа	0,62	0,58	90	1,54
Восточный склон Большого Кавказа	0,58	0,47	70	1,82
Южный склон Большого Кавказа	0,57	0,52	100	1,54
Бассейн Куры, восточная часть Малого Кавказа, Талышский хребет	0,63	0,52	90	1,33

Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя необходимо принимать по таблице 2.2 или определять расчетом в зависимости от интенсивности дождей, площади бассейна и коэффициента стока по предельному периоду превышения.

**Таблица 2.2 - Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя**

	<60	60÷80	80÷120	>120
<i>P</i> , годы	3÷5	3÷5	5÷10	10÷20

Расчетную площадь стока для рассчитываемого участка сети необходимо принимать равной всей площади стока или части ее, дающей максимальный расход стока.

В тех случаях, когда площадь стока составляет 500 га и более, в числитель формулы 2.1 следует вводить поправочный коэффициент *K*, учитывающий неравномерность выпадения дождя по площади и принимаемый по таблице 2.3.

**Таблица 2.3 -Значение поправочного коэффициента  $K$** 

Площадь стока, га	800	1000	2000	4000	6000	8000	10000
Значение коэффициента $K$	0,95	0,90	0,85	0,80	0,70	0,60	0,55

При расчете стока с бассейнов площадью свыше 50 га с резко различными уклонами поверхности земли следует производить проверочные определения расходов дождевых вод с разных частей бассейна и наибольший из полученных расходов принимать за расчетный.

Значение коэффициента стока  $z_{mid}$  следует определять в зависимости от параметра  $A$  по таблице 2.4.

**Таблица 2.4 -Значение коэффициента стока  $z_{mid}$** 

Параметр $A$	Коэффициент $z_{mid}$
300	0,192
400	0,182
500	0,177
600	0,172
700	0,167
800	0,162
1000	0,157
1200	0,152
1500	0,147

## **2.2. Основные закономерности распределения и трансформации загрязняющих веществ водного объекта**

При сбросе сточных вод в водные объекты нормы качества воды водного объекта в расчетном створе, расположенном ниже выпуска сточных вод, должны соответствовать санитарным норма-

тивными требованиями в зависимости от вида водопользования. В качестве норматива используют предельно допустимую концентрацию (ПДК). Все вредные вещества, для которых определены ПДК, подразделены по лимитирующим показателям вредности (ЛПВ).

Для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования отвечают три ЛПВ: санитарно-токсикологический, общесанитарный и органолептический; для рыбохозяйственных целей: высшая, I категория и II категория.

Контроль за соблюдением нормативов ПДК осуществляется в местах выпуска сточных вод и в контрольных створах ниже и выше выпусков.

Общие требования к составу и свойствам воды водотоков и водоемов следующие:

- водородный показатель (рН) не должен выходить за пределы 6,5-8,5.

- минерализация воды для хозяйственно-питьевых нужд населения должна быть не более 1000 мг/дм<sup>3</sup> (в том числе хлоридов - 350 мг/дм<sup>3</sup>, сульфатов - 500 мг/дм<sup>3</sup>), для нужд рыбного хозяйства показатель нормируется согласно таксациям рыбо-хозяйственных водных объектов.

- взвешенные вещества не должны превышать для хозяйственно-питьевых нужд - 0,25 мг/дм<sup>3</sup>, для коммунально- бытовых нужд - 0,75 мг/дм<sup>3</sup>.

При сбросе сточных вод в водные объекты санитарное состояние водного объекта в расчетном створе считается удовлетворительным, если соблюдается следующее условие:

$$\sum_{i=1}^k \frac{C_{pci}^z}{C_{ПДКi}^z} \leq 1, \quad (2.3)$$

где  $C_{pci}^z$  - концентрация  $i^{\text{го}}$  загрязняющего вещества в расчет-

ном створе при условии одновременного присутствия  $z$  веществ, относящихся к одному и тому же ЛПВ;

$z$ - количество веществ с одинаковыми ЛПВ;

$C_{\text{ДДК}i}^z$ - предельно допустимая концентрация  $z^{\text{го}}$  вещества.

Основной механизм снижения концентрации загрязняющего вещества при сбросе стоковых вод в водные объекты - разбавление. Кратность разбавления в водотоке у расчетного створа выражается зависимостью:

$$n = \frac{\gamma Q + q}{q}, \quad (2.4)$$

где  $\gamma$  - коэффициент смешения, показывающий, какая часть воды водотока участвует в разбавлении;

$q$  - максимальный расход стоковых вод,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$Q$  - расчетный минимальный расход воды водотока в контрольном створе,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Для незарегулированных водотоков  $Q$  принимается равным расчетному минимальному среднемесячному расходу воды 95% обеспеченности, для зарегулированных - установленному гарантированному расходу ниже плотины.

Полное смешение природных вод с водами водоприемников происходит на некотором расстоянии от места выпуска. Расход водоприемника, участвующий в смешении, определяется коэффициентом  $\gamma$ , показывающим, какая часть расхода водоприемника смешивается со сточными водами в данном створе. Коэффициент  $\gamma$  определяется по формуле И.Д.Родзиллера:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \frac{Q}{q} e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}, \quad (2.5)$$



где  $\gamma$  - коэффициент смешения на расстоянии  $L$ ;

$L$  - расстояние от места выпуска природных вод до расчетного створа, принимаемого в одном километре до пункта ближайшего водопользования, м;

$Q$  - расход водоприемника (при 95% обеспеченности) в створе водоприемника у места выпуска, м<sup>3</sup>/с;

$q$  - средний расход стоковых вод, м<sup>3</sup>/с;

$\alpha$  - коэффициент, зависящий от гидравлических условий смешения, который находится по формуле:

$$\alpha = \xi \varphi^3 \sqrt{\frac{E}{q}}, \quad (2.6)$$

где  $\xi$  - коэффициент, учитывающий место положение выпуска стоковых вод и равный  $\xi = 1$  для берегового выпуска,  $\xi = 1,5$  для выпуска в фарватер и для рассеивающих выпусков;

$\varphi$  - коэффициент извилистости водоприемника (отношение длины между двумя пунктами по фарватеру к длине по прямой);

$E$  - коэффициент турбулентной диффузии:

$$E = \frac{V_{mid} H_{mid}}{200}, \quad (2.7)$$

где  $V_{mid}$  - средняя скорость течения воды в водоприемнике на участке между выпуском и расчетным створом, м/с;

$H_{mid}$  - средняя глубина водоприемника на том же участке, м.

### **2.3 Регулирование выпуска природных вод с агроландшафтов в водоприемники**

Расчетная схема состоит в моделировании стокового ряда в створе выпуска стоковых вод и в регулировании выпуска стоковых вод из осветлителя в водотоки.

Используем следующие обозначения:

$q_a$  - объем предельно допустимого сброса стоковых вод за интервал, при котором соблюдается заданная концентрация загрязняющего вещества;

$Q$  - объем стока реки за интервал;

$q$  - объем притока стоковых вод в осветлитель за интервал;

$C_0$  - концентрация загрязняющего вещества в осветлителе;

$C_\phi$  - фоновая концентрация загрязняющего вещества в водотоке;

$C_d$  - ПДК загрязняющего вещества;

$V$  - объем паводка;

$V_{сн}$  - наличный объем стоковых вод в осветлителе;

$C_i$  - текущая концентрация  $i^{го}$  загрязняющего вещества в водотоке с учетом сброса природных вод для интервала.

Пусть загрязняющие вещества в природных водах относятся к консервативным, створ водопользования расположен ниже створа полного перемешивания природных вод с водой водоприемника.

Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения природными водами предусмотрено, чтобы сумма отношений концентраций каждого загрязняющего вещества в воде водоприемника к соответствующей ПДК не превышала единицы формула (2.3).

Концентрацию каждого загрязняющего вещества определяем по формуле пропорционального смешения:

$$C_i = \frac{C_{\phi i} Q + C_{oi} q_d}{Q + q_d} . \quad (2.8)$$

С учетом формул (2.3) и (2.8) получим:

$$q_{д} \leq \frac{\sum_{i=1}^k \frac{C_{\Phi i} - 1}{C_{дi}}}{1 - \sum_{i=1}^k \frac{C_{oi}}{C_{дi}}} \cdot Q \quad . \quad (2.9)$$

Запас природных вод  $W$  в осветлителе в начале  $i^{20}$  интервала определим как сумму наличного объема жидкости в осветлителе и притока стоковых вод за этот интервал;  $W = V_{сн} + q$ .

Если на числовой оси  $O_x$  отложить величины  $q_{д}$  и  $q_{д} + V$  (рисунок 2.1), получим на ней три зоны, в одну из которых может попасть величина  $W$ .

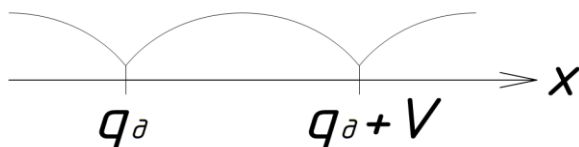


Рисунок 2.1 - Числовая ось  $O_x$

Алгоритм регулирования природных вод, включающий порядок установления объема сброса природных вод и наполнения осветлителя, будет различным в каждой из указанных зон:

Для объема сброса  $V_c$  природных вод за  $i^{20}$  интервал:

$$V_c^i = \begin{cases} W_i & \text{при } W_i \leq q_{дi} \\ q_{дi} & \text{при } q_{дi} < W_i \leq q_{дi} + V \\ W_i - V & \text{при } W_i > q_{дi} + V \end{cases} \quad . \quad (2.10)$$

Для наполнения осветлителя на конец  $i^{10}$  интервала:

$$V_{\text{сн}}^{i+1} = \begin{cases} 0 & \text{при } W_i \leq q_{\text{ди}} \\ W_i - q_{\text{ди}} & \text{при } q_{\text{ди}} < W_i \leq q_{\text{ди}} + V \\ V & \text{при } W_i > q_{\text{ди}} + V \end{cases}, \quad (2.11)$$

Последние строки формул (2.10) и (2.11) отражают случай залповых сбросов с сельскохозяйственных территорий, когда происходит превышение текущей концентрации загрязняющего вещества в водоприемнике над ПДК. Определив число  $n$  лет с такими сбросами за весь смоделированный ряд, находим обеспеченность  $P(\%)$  на превышение ПДК по числу бесперебойных лет:

$$P = \frac{N-n}{N} \cdot 100, \quad (2.12)$$

где  $N$  - длительность (в годах) смоделированного стокового ряда.

Если полученная обеспеченность  $P(\%)$  не равна нормативной, расчеты следует повторить изменив параметры осветлителя.

## **2.4 Условия приема и отвода поверхностного стока**

### **2.4.1 Характеристика малых и временных водотоков предгорной зоны Кубани**

Реки левобережья Кубани берут начало с водоразделов Большого Кавказского Хребта. Длина рек колеблется от нескольких десятков до сотен километров. Бассейны рек левобережья можно разделить на три участка.

Первый участок представляет русло с большими уклонами, проходящими по каменистым породам в каньонах.

Второй участок является сопрягающим руслом и расположен между равнинной частью и самими горами. На втором участке

обеспечивается интенсивное гашение избыточной кинетической энергии горных потоков во время паводков.

Третий участок рек Предгорья представлен ярко выраженной равнинной частью. Реки Левобережья входят в водохозяйственный комплекс (ВХК), объединяемый рядом водохранилищ: Шапсугским; Крюковским; Варнавенским и другими.

Реки Левобережья можно разделить на две группы.

К первой относятся бассейны горных рек, расположенные выше Краснодарского водохранилища. Установлено, что бассейны этих рек (Пшиш, Псекупс и др.) занимают около 23% площади сельскохозяйственных угодий Краснодарского края. Сток рек первой группы формируется в основном за счет таяния снегов в горах и дождей в горных районах, поэтому сток рек носит пульсирующий характер. Паводковый период наблюдается с апреля по июль, межень - с июля по октябрь.

Ко второй группе рек Левобережья относятся Афипс, Шебш, Иль, Убин и др., находящиеся ниже Краснодарского водохранилища. Бассейны этих рек по своей гидрологической характеристике и питанию не отличаются от горных рек, впадающих в р. Кубань выше Краснодарского водохранилища. Основное их отличие от рек первой группы состоит в устьевой части. Сток этих рек формирует Закубанские плавни, которые трансформировались в рисовые системы ВХК, водохранилища и пруды рыбхозов. Бассейны рек второй группы занимают около 5% площади земель сельскохозяйственного назначения.

Деление рек Левобережья Кубани на группы позволяет наметить методологический подход к оценке влияния горных рек на плодородие земель бассейнов и первоочередные мелиоративные мероприятия по восстановлению пропускной способности русел и дренированности прилегающих территорий.

## 2.4.2 Оценка влияния рек предгорной зоны на подтопление агроландшафтов

Для ликвидации последствий подтопления сельскохозяйственных угодий по бассейнам рек необходимо определить тот бассейн, где воздействие реки на окружающую территорию наиболее значительно.

При оценке влияния бассейна реки на сельскохозяйственные угодья, необходимо учитывать следующие основные факторы: длину реки, количество перегораживающих сооружений на реке, среднее расстояние между сооружениями, площадь подтопления территории рекой и количество осадков, выпадающих зимне-весенний период за январь – март месяцы.

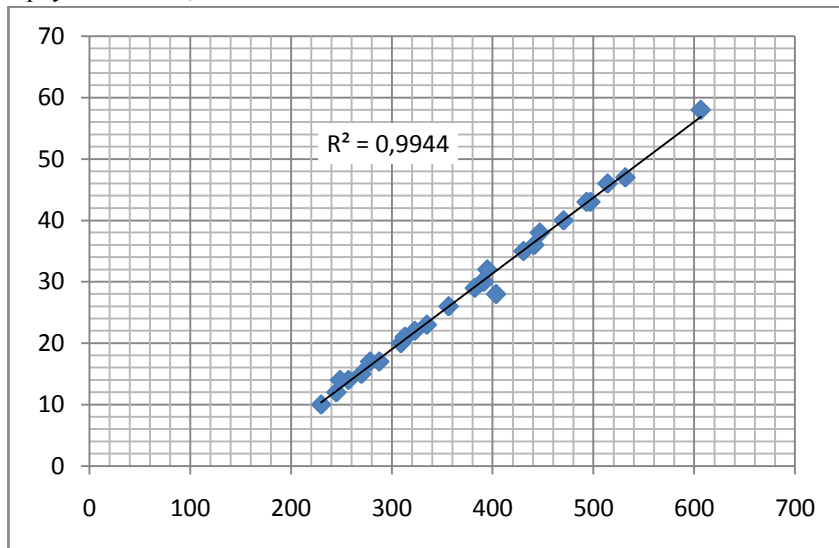
Исследованиями установлено влияние осадков различной обеспеченности на общую площадь агроландшафтов, испытывающих переувлажнение. На рисунке 2.2 приведено влияние осадков за данный период в течение 1981- 2007 гг. на агроландшафты.

Данные результаты получены для предгорной зоны Закубанской равнины. Обработка натуральных данных позволила получить линейную связь площади переувлажнения от количества осадков:

$$S_{\%} = 0,123 O - 18,033 \quad . \quad (2.13)$$

С помощью уравнения 2.13 можно прогнозировать возможную площадь переувлажнения от осадков и принимать меры к предупреждению размеров переувлажнения на данной территории агроландшафта.

Площадь  
переувлажнения, %



Сумма осадков(октябрь - март) в период 1981- 2007гг., мм

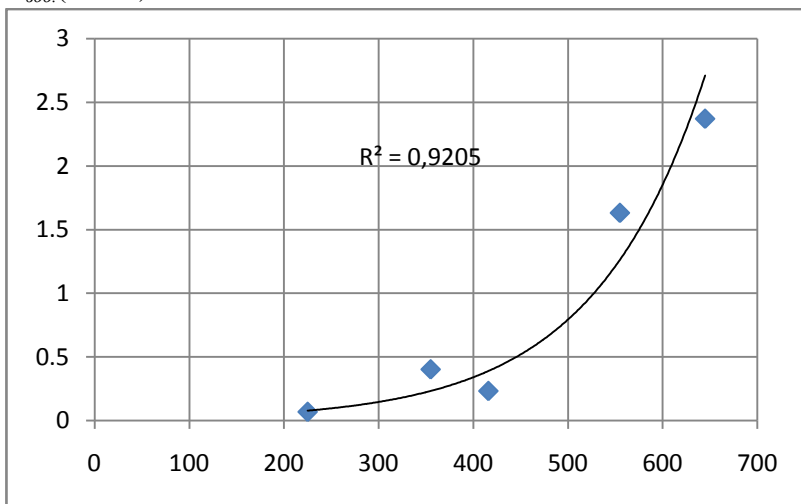
Рисунок 2.2 – Зависимость площади переувлажнения от осадков

Кроме осадков на переувлажнение агроландшафтов оказывают влияние антропогенные факторы: количество прудов, дамб, трубчатых переездов на реках. Данные сооружения создают значительный подпор уровней, что отражается на переувлажнении агроландшафтов. Влияние максимальных осадков в сочетании с антропогенными факторами на агроландшафты приведено на рисунке 2.3.

Зарегулированный сток рек создает подпор уровней. Среднее расстояние между реками изменяется от 0,25 до 0,92 км. Обработка натуральных данных показывает, что наибольшее влияние на подтопление агроландшафтов оказывает количество сооружений

на реках, которые затрудняют пропуск паводков различной обеспеченности.

$S_{под.} / S_{вод.}$  (га/км<sup>2</sup>)



Количество перегораживающих сооружений, шт.

Рисунок 2.3 – Зависимость относительной площади подтопления на водосборной площади от количества перегораживающих сооружений на реках Уруп, Лаба, Белая, Псекупс, Марта, Апчас и Пшиш

Полученный график описывается уравнением, по которому можно выполнять прогноз подтопления агроландшафтов в зависимости от площади водосбора и количества перегораживающих сооружений на данной реке:

$$S_{под.} = (0,0113e^{0,0085N}) S_{вод.} \quad , \quad (2.14)$$

где  $S_{под.}$  – площадь переувлажнения агроландшафта, га;  
 $S_{вод.}$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>;



$N$  — количество перегораживающих сооружений реке, шт.

Как показывают исследования [63], площади переувлажнения агроландшафтов значительны, например, в предгорной зоне на водосборе р. Лабы площадью 12,5 км<sup>2</sup> в 1997 - 98 гг подтопление более 5,0 тыс. га, а на водосборе р. Белая площадью 5,99 км<sup>2</sup> в этом же году оказалось подтопленными более 1,4 тыс. га. Загрязненный поверхностный сток с подтопленных и заболоченных сельскохозяйственных угодий поступает в водоприемники, загрязняет агроландшафты. Для решения проблемы охраны водоприемников и агроландшафтов от загрязнений необходимы мероприятия, по восстановление берегов рек, береговой естественной линии: расчистка русел от мелкозема, который снижает пропускную способность реки, из-за чего уровень в реках поднимается и затапливает территории и населенные пункты. Для восстановления пропускной способности реки необходима расчистка и восстановление естественной береговой линии реки.

### **2.4.3 Методика расчета параметров расчистки русел**

Подтопление и переувлажнение береговых ландшафтов и прилегающих сельскохозяйственных земель к водотокам на территории степной части Краснодарского края вызвано рядом причин, которые, в сложившихся условиях, обусловлены природными и антропогенными факторами [27, 30]. В большинстве случаев причиной подтопления и переувлажнения земель являются осадки, их величина, характер и периодичность выпадения, неравномерное распределение по сезонам. Гидрологические условия определяют паводки на реках, от которых зависит режим уровней воды. Наиболее существенно влияние гидрологических факторов выражено на реках в степной части края, где русла рек и балок заилены, пропускная способность снижена на 40 – 60 % [36, 76]. Характерные

элементы геоморфологии и рельефа формируют зоны переувлажнения и подтопления по берегам рек, искажая естественную береговую линию водотоков. Гидрогеологические условия определяют естественную дренированность территорий, характер отложений (генезис, свойства) зоны аэрации, структуру баланса грунтовых вод (соотношение приходных и расходных статей), уровень грунтовых вод и их амплитуду. Почвенные условия определяют зависимость распространения переувлажненных земель от свойств почв.

К антропогенным факторам, обуславливающим переувлажнение и подтопление земель, относятся: зарегулирование стока рек, развитие орошения, планировка поверхности почвы, проходы тяжелой сельскохозяйственной техники, нерациональное насаждение лесополос, строительство автодорог и каналов в насыпи без учета рельефа местности, переезды на балках, террасирование склонов, вспашка поперек направления естественного стока атмосферных осадков.

Природные и антропогенные факторы, воздействуя на агроландшафты бассейнов степных рек, ускоряют процессы эрозии почв, что приводит к интенсивному смыву мелкозема в русла рек и балок. В результате происходит деградация водотоков, которая обуславливает изменение естественной береговой линии, заиление русел мелкоземом черноземных почв. Для восстановления водотоков необходимы расчистка и места утилизации мелкозема.

К параметрам расчистки относятся глубина расчистки до коренных пород дна и ширина русла до границы естественной береговой линии реки. Параметры расчистки русла устанавливаются изысканиями, которые включают маршрутное обследование участка русла, инженерно-геодезические и инженерно-геологические изыскания, морфологические и гидрологические изыскания, почвенно-экологические изыскания.

Для обоснования объемов расчистки русла реки принята гипотеза, по которой считается, что объем воды после расчистки русла от иловых отложений равен объему воды призмы затопления береговых ландшафтов:

$$W_p = W_n, \quad (2.15)$$

где  $W_p$ - объем воды после расчистки;

$W_n$  - объем воды призмы затопления береговых ландшафтов.

Данное допущение обосновано тем, что восстановленное русло после расчистки пропускает паводковые расходы 1 % обеспеченности. И при этом подтопления прилегающих береговых ландшафтов не происходит.

Для расчета параметров расчистки рассмотрена схема (рисунок 2.4), которая отражает процесс подтопления ландшафтов за регулируемым стоком реки.

Из схемы (рисунок 2.4) видно, что при прохождении паводков объем воды должен полностью находиться в русле, следовательно, из уравнения (2.15) следует:

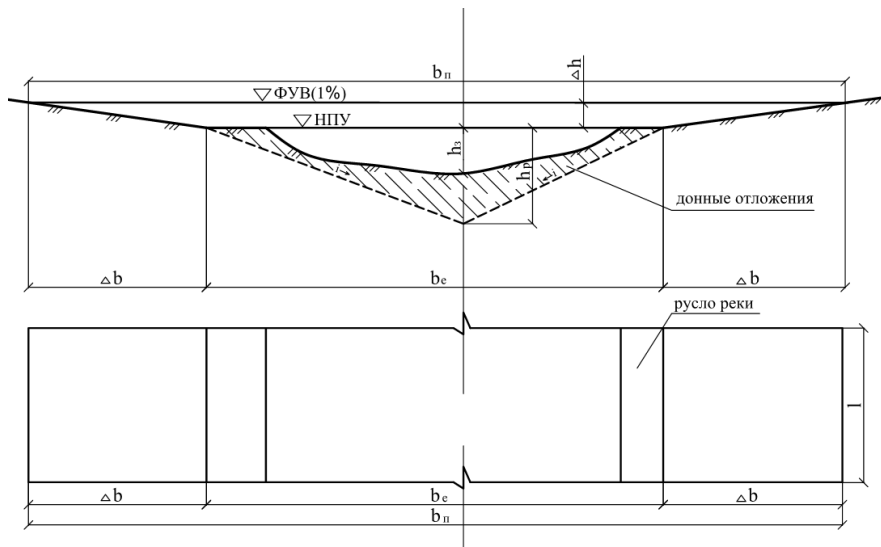
$$\frac{h_p \cdot b_e}{2} = b_e \cdot \Delta h + \Delta b \cdot \Delta h, \quad (2.16)$$

где  $h_p$  - глубина расчистки русла по фарватеру, м;

$b_e$  – ширина восстановленного, естественного русла, м;

$\Delta h$ - уровень подтопления, м;

$\Delta b$  – полоса подтопления берегового ландшафта, м.



$l$  - длина участка русла реки;  $i$ - уклон агроландшафта;  $\Delta h$ - уровень подтопления;  $h_3$  - зарегулированная глубина;  $\Delta b$  - полоса подтопления берегового ландшафта(агроландшафта);  $b_e$  - ширина естественного русла реки;  $b_n$  - ширина разлива реки при прохождении паводка

Рисунок 2.4 – Схема к расчету параметров расчистки русла реки

Полосу подтопления берегового ландшафта можно определить из формулы:

$$\Delta b = i \cdot \Delta h, \quad (2.17)$$

где  $i$  - уклон берегового ландшафта к урезу воды.

Из формулы (2.17) видно, что полоса подтопления определяется морфологией берегового участка. На одном и том же участке размеры полос подтопления могут быть различными. Следовательно, для оценки подтопления берега необходимо установить средний уклон ландшафта к реке.

Решая совместно уравнения (2.16) и (2.17), получим зависимость для расчета глубины расчистки русла реки:

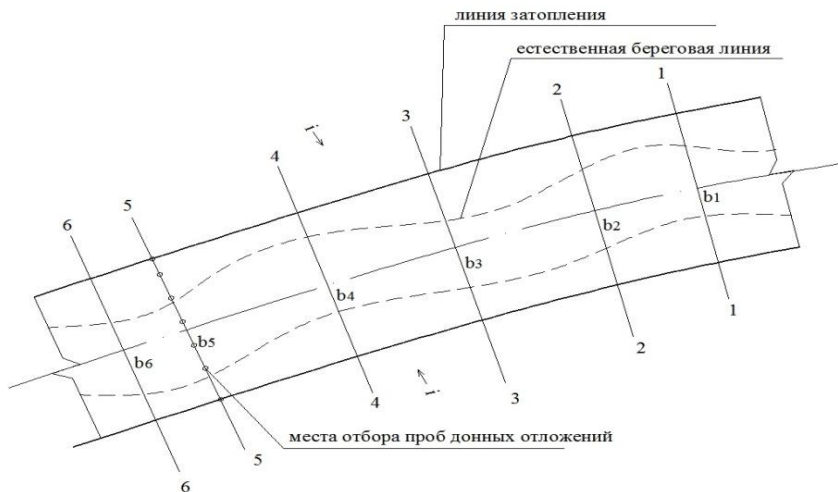
$$h_p = 2 \cdot \Delta h \cdot \left(1 + \frac{\Delta h}{ib_e}\right), \quad (2.18)$$

В формуле (2.18) параметр  $\Delta h$  принимается по уровню 1% обеспеченности паводкового расхода рассматриваемого водотока. Ширина естественного русла  $b_e$  принимается как среднеарифметическая величина для всех исследуемых створов реки.

Для определения глубины расчистки русла реки с помощью полевых исследований необходимо установить историческую естественную береговую линию реки. Ширина реки по длине расчистки изменяет свои размеры. Поэтому русло реки на участке изысканий разбивается на поперечные створы, в каждом из которых устанавливается ширина реки по морфологическим признакам, глубина донных отложений. В каждом створе (поперечнике) через определенные расстояния намечаются точки (места) отбора проб донных отложений, и в этих же точках делаются промеры глубин и иловых отложений. Результаты обрабатываются, наносятся на план-карту участка реки, где указывается ширина зарегулированного русла и естественная историческая береговая линия реки (рисунок 2.5).

На план - карте (рисунок 2.5) указывается граница естественной береговой линии, которая определяет поперечные размеры расчистки русла. Толщина донных отложений до коренных пород определяет глубину расчистки. Донные отложения степных рек представляют собой алевролит, который под действием эрозионных процессов ежегодно поступает на дно рек и балок. Алевролит степных рек состоит из мелкозема плодородного слоя черноземных почв, содержащего большое количество ценных питательных веществ. Следовательно, алевролит рек и балок следует рассматривать как «материал» для формирования естественной береговой линии, которая позволит восстановить историческую форму водотока.

Донные отложения сформировались из мелкозема, легко размываются под действием струй. Поэтому донные отложения относятся к слабым легко деформирующимся, легко размываемым грунтам. При условии отсутствия загрязняющих веществ или в количествах, не превышающих предельно допустимых концентраций в донных отложениях, их используют для формирования береговой линии в пределах водоохраной зоны.



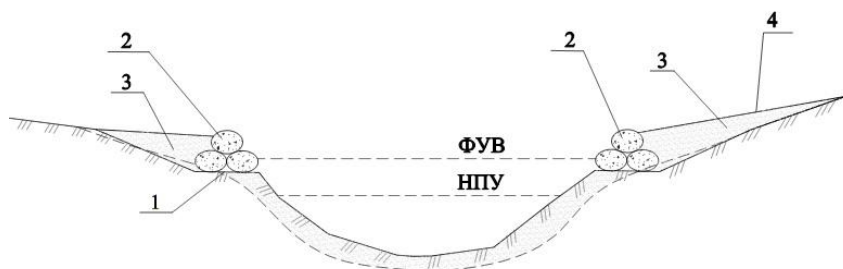
$i$  – уклон берегового ландшафта

Рисунок 2.5 – Схема план – карты к методике определения параметров расчистки русла реки

Решение задачи по формированию естественной береговой линии связано с расчисткой мелкозема в руслах водотоков и транспортировкой его в отвал. Наиболее рациональным способом восстановления русел является расчистка донных отложений земснарядами, которые осуществляют их подачу в места утилизации [58].

Методику расчета параметров расчистки и утилизации донных отложений можно использовать для различных морфологиче-

ских условий формирования естественной береговой линии. Один из вариантов формирования естественной береговой линии представлен на рисунке 2.6.



1-подготовленное основание; 2 – гибкие наливные оболочки;  
3 - гидроотвал; 4 – линия проектной отметки.

Рисунок 2.6 – Схема сформированного берега

Преимущество этого способа состоит в устройстве гибких наливных оболочек по естественной линии на недоступных береговых ландшафтах. Материалом для заполнения оболочек служат донные отложения.

В основе методики расчета параметров расчистки русел от донных отложений лежит гипотеза, при которой объем воды после расчистки русла от иловых отложений равен объему воды призмы затопления береговых ландшафтов, что позволяет обосновать положение естественной береговой линии, объемы расчистки до исторического дна русла.

Формирование естественной береговой линии за счет гибких наливных оболочек повышает эффективность расчистки донных отложений, снижает затраты на обвалование гидроотвалов.

## **2.5 Мероприятия по ограничению выноса загрязняющих веществ в водные объекты с сельскохозяйственных угодий**

Мероприятия по снижению выноса загрязняющих веществ в водные объекты с сельскохозяйственных угодий подразделяются на организационно-хозяйственные, гидротехнические и гидромелиоративные, лесомелиоративные и агротехнические [63].

### **2.5.1 Организационно-хозяйственные мероприятия**

Планирование капиталовложений в сельскохозяйственное производство и строительство водоохраных сооружений необходимо осуществлять с учетом оценки выноса загрязняющих веществ в существующих условиях и при намечаемом развитии хозяйственной деятельности в пределах водосборов.

На начальной стадии проектирования обосновывается выбор места для очистного комплекса с учетом возможности утилизации отходов, соблюдения требований охраны водотоков и водоемов от поступления в них загрязняющих веществ. Выбор места производится с учетом топографии, почвенно-гидрологических характеристик местности, крутизны склона, наличия близко протекающих водотоков.

Важнейшим условиям уменьшения выноса биогенных элементов в водотоки и водоемы являются повышение общего уровня сельскохозяйственного производства, соблюдение агротехнических правил и норм, снижение потерь органических и минеральных удобрений на всех ступенях их технологической цепи (производство - транспорт - хранение - внесение - заделка).

Снижение выноса загрязняющих веществ при эрозионном смыве возможно при условии выполнения мероприятий, предот-



вращающих водную и ветровую эрозию сельскохозяйственных угодий.

### **2.5.2 Гидротехнические мероприятия**

Большое значение в защите водных объектов от поступления в них загрязняющих веществ имеет внедрение надежных очистных сооружений в совокупности с накопителями осветленных стоков, смесителями, полями орошения, полями фильтрации, буферными, рыбоводческими и биологическими прудами.

Выполнение работ по защите почв от водной эрозии и проведение мелиоративных мероприятий (устройство буферных полос из многолетних трав и лесных насаждений, обвалование полей, создание аккумулятивных водоемов) снижает загрязнение водоемов загрязняющими веществами, поступающими с сельскохозяйственных угодий.

### **2.5.3 Гидромелиоративные мероприятия**

При проведении оросительных мелиораций необходимо избегать больших поливных норм, способствующих эрозии почвы, а также своевременно проводить работы по предотвращению образования оврагов, оползней, обрушению берегов водотоков, крутых склонов, по креплению откосов.

На сельскохозяйственных угодьях бассейнов рек и водоемов необходимо шире применять осушение с помощью закрытых дренажных систем, так как последние улучшают водно-воздушный режим почв и снижают вынос ряда биогенных веществ, в том числе соединений фосфора, являющихся в большинстве случаев лимитирующими в отношении эвтрофирования водоемов.

В целях сохранения малых рек и водоемов (озер, лиманов и водохранилищ), нельзя допускать осушения и коренной мелиорации узких пойм небольших рек (длиной до 10 км).

При оптимальных уровнях залегания грунтовых вод, соответствующих требованиям к возделыванию сельскохозяйственных культур, достигается наибольшее использование минеральных удобрений растениями и создается возможность наименьшего загрязнения грунтовых вод. Увеличение глубины залегания грунтовых вод способствует уменьшению процессов минерализации органического вещества и повышает уровень поступления продуктов минерализации в природные воды.

В период строительства и эксплуатации мелиоративных систем необходимо соблюдение установленного порядка ведения работ, намеченного в проекте. Это исключает либо снижает вероятность поступления загрязняющих веществ в водоприемники в указанное время.

Необходимо создание или сохранение водоохраных зон и прибрежных полос, ширина которых зависит от длины водотока, его хозяйственного значения и крутизны склонов. Водоохранная зона включает в себя пойму, надпойменные террасы, береговые овраги и балки, примыкающие к речным долинам, а также участки обитания особо ценных видов флоры и фауны. Ширина водоохраных зон колеблется от 100 м до 5 км (в зависимости от средне-многолетнего уреза воды в летний период).

В пределах водоохраных зон выделяются берегозащитные полосы, где осуществляются мероприятия для защиты берегов от разрушений, для задержания твердого стока и загрязняющих веществ (ширина полос - от 15 до 100 м, в зависимости от крутизны берега и характера прилегающих к нему земельных угодий). Если водный объект используется для питьевого водоснабжения, создается зона санитарной охраны.

#### **2.5.4 Лесомелиоративные мероприятия**

Эффективным средством является создание защитных лесных полос. Кроме того, необходимо охранять и восстанавливать естественную растительность по ложбинам стока поверхностных вод. Эти участки вместе с поймами рек являются ландшафтно-геохимическими барьерами, препятствующими смыву почвы с загрязняющими веществами, в первую очередь с фосфором.

При проведении мелиоративных работ в поймах рек следует сохранять древесно-кустарниковую растительность. Недопустимо ее уничтожение в прирусловой зоне, а также на эрозионно опасных участках. Если по каким-либо причинам она ликвидирована, следует ее восстановить. Нельзя уничтожать растительность, произрастающую вокруг лиманов и стариц, а также разбросанную небольшими куртинами по территории поймы. Недопустимо создавать в поймах большие открытые контуры пашни или лугов, что является одной из причин усиления эрозии во время половодья.

Значительную роль в самоочищении водоемов играют заросли прибрежно-водных растений. Следует создавать заросли тростника, рогоза, манника, осоки, ежеголовника и других растений на пути сброса природных вод.

#### **2.5.5 Агротехнические мероприятия**

Необходимо рационально вести агротехнические работы, особенно на подверженных эрозии угодьях. Они заключаются в ограничении распашки пойм, выполнении ее пахотой поперек склона, в выращивании культур с развитой корневой системой, запрещении выпаса скота на крутых склонах со слабым почвенным покровом, в использовании прогрессивных методов внесения удобрений.

Распашка пойм вызывает ухудшение свойств почв, нарушает функцию пойм как ландшафтно-геохимического барьера. После распашки в результате смыва почвы с поверхности пашни и разрушения берегов в реки начинает поступать большое количество загрязняющих веществ. Принимая во внимание сложившиеся особенности пойменных ландшафтов, их водоохранное значение, целесообразно использовать эти земли в качестве луговых угодий для высокоорганизованной кормовой базы животноводства. Площадь пашни в поймах рек должна быть сокращена до минимума.

Для снижения поступлений в поверхностные воды загрязненных стоков, необходимо применять прогрессивные методы обработки почв, переводящие поверхностный сток в подпочвенный.

К специальным водоохраным мероприятиям, связанными с обработкой почв, относятся:

- сохранение вдоль магистральных каналов нераспаханных полос шириной не менее 1 м;
- устройство пахотных угодий при малых уклонах поверхности (меньше 0,0005) не ближе 30 м от уреза воды в водоеме, а при больших уклонах (больше 0,002) - не ближе 100 м;
- проведение распашки земель параллельно береговой полосе с оставлением луговины.

Одним из путей поступления в водоемы биогенных элементов являются стоки сельскохозяйственных предприятий производящих и использующих минеральные и органические удобрения. Важным водоохраным мероприятием должно быть создание безотходной и бессточной технологии производства удобрений на заводах минеральных удобрений, комплексах и фермах. В области хранения и транспортирования минеральных и органических удобрений, а также пестицидов необходимо строгое соблюдение норм и правил, исключающих потери этих веществ и поступление их в

водные объекты в результате сноса ветром и смыва стоком поверхностных и подземных вод.

Все виды удобрений эффективно используются при нормированном внесении в почву. Обоснование доз внесения удобрений для разных сельскохозяйственных культур в зависимости от их программируемой урожайности производится расчетным путем в соответствии с существующими методиками.

Необходимо строго соблюдать дозы, сроки и технологию внесения минеральных, органических удобрений и пестицидов, не допускается:

- внесение удобрений на склонах вблизи водных источников, а также по снежному покрову или на замерзшую почву;
- авиавнесение удобрений на сильно обводненных территориях;
- хранение удобрений, а также временного содержания их открытыми вблизи водотоков и водоемов.

Необходимо также при внесении удобрений с самолетов строго учитывать скорость ветра, высоту полета и т.д. (согласно существующим методикам), ограничивать использование азотных удобрений осенью, внося их весной в установленные сроки.

На склонах крутизной более 2° и на склонах южной экспозиции количество загрязняющих веществ, выносимых с поверхностным стоком, значительно увеличивается. Для перевода стока в грунтовый используются следующие агротехнические приемы: зяблевая пахота, глубокая вспашка, щелевание почвы, вспашка поперек склона, контурная пахота, а также возделывание устойчивых к эрозии культур и специальные способы заделки удобрений.

Вынос биогенных веществ из органических удобрений зависит от способа внесения последних. Внесение навоза мелкими частями (чтобы перед вспашкой не развозить вторично) приводит к значительной потере аммиачного азота, наиболее доступного

растениям. Разбросанный в поле и незапаханный навоз дает наибольшие потери биогенных веществ. Прибавка урожая снижается почти вдвое при запашке его на 3-4-й день после внесения.

Следует строго соблюдать следующие условия внесения органических удобрений: равномерность распределения по полю, оптимальные сроки внесения, своевременность заделки в почву на оптимальную глубину. Для более равномерного распределения органических, а также минеральных удобрений на полях необходимо проведение культур-технических мероприятий с целью ликвидации мелкоконтурности. Оптимальные сроки внесения органических удобрений осенью и весной - под вспашку, летом - после скашивания кормовых культур.

Не следует вносить бесподстилочный навоз в дозах, превышающих рекомендованные соответствующими методиками, так как при этом ухудшаются физические свойства почвы. Не рекомендуется использовать бесподстилочный навоз низкого качества (с содержанием сухого вещества менее 4-5%, азота - менее 0,20%). Необходимо контролировать сроки, дозы и количество внесенного бесподстилочного навоза.

Особую роль в снижении потерь азота играет запашка соломы и зеленых удобрений, оказывающая положительное влияние на структуру и физические свойства почвы, баланс питательных веществ и поглощение их растениями.

Для снижения уровня поступления NPK в водотоки большое значение имеют связанные с агротехническими организационно- хозяйственные и специальные мероприятия, целью которых является уменьшение потерь органического вещества на технологической линии ферма - поле. Для сокращения этих потерь необходимо:

- обеспечить регулярность вывоза навоза с ферм; оборудовать все фермы и комплексы навозохранилищами достаточной ем-

костью (с 2-7-дневным сроком хранения) с регулярным опорожнением;

- обеспечить площадки хранения и компостирования навоза защитными валиками, водупорными основаниями;

- прекратить внесение удобрений по снегу, способствующее интенсивному выносу биогенных элементов в водотоки;

- увеличить долю торфа при компостировании в соотношении торф - навоз не менее чем 1:2, что способствует обезвоживанию навоза и увеличению выхода органических удобрений.

Необходимо переходить на использование удобрений, все компоненты которых хорошо поглощаются почвой. Например, фосфат аммония и карбонат калия снижают потери азота и калия из почвы в 1,5, калия - в 3 раза по сравнению с обычными удобрениями. Азотные соединения вымываются из почвы главным образом в виде нитратов, поэтому применение ингибиторов нитрификации позволяет уменьшить вымывание не только азота, но большинства катионов, образующих с нитрат - ионом растворимые соединения.

Следует шире использовать локальное внесение удобрений (строчное и ленточное) для уменьшения экрана их промыва в сравнении с внесением по традиционной технологии посредством разбрасывания.

Должны применяться вегетативно-синхронные и легкоусвояемые формы биогенных веществ; потенциально опасные их виды должны быть исключены из ассортиментов удобрений (например, фторсодержащие фосфатные и нитратные формы азотных удобрений); должны широко применяться передовые агротехнические приемы растениеводства при минимальном использовании удобрений.

Наиболее эффективна защита поверхностных вод от поступления загрязняющих веществ при осуществлении комплекса меро-

приятий, специально устанавливаемых для определенных (местных) природно-хозяйственных условий.

## **2.6 Мероприятия по перехвату загрязненных поверхностных и подземных вод с сельскохозяйственных угодий**

Мероприятия по перехвату загрязненных поверхностных и подземных вод зависят от источника переувлажнения, который в свою очередь зависит от условий расположения сельскохозяйственного массива и характера почво-грунтов, слагающих массив.

В зависимости от условий хозяйственного использования необходимо в заданный срок отвести избыточные поверхностные воды или на определенную величину понизить уровень фунтовых вод.

Отвести в заданный срок избыточные поверхностные воды можно следующими способами:

- ускорением и регулированием стока поверхностных вод при помощи системы открытых каналов;
- перехватом притока поверхностных вод специальными ограждающими данную площадь каналами или ограждением этой площади специальными дамбами, чтобы избежать притока поверхностных вод.

Понижение уровня грунтовых вод можно осуществить ускорением оттока почвенно-грунтовых вод, устроив открытую или закрытую (дренаж) осушительную сеть; недопущением притока этих вод на данную площадь путем перехвата их специальными глубокими открытыми каналами или дренами.

Системой открытых каналов отводят преимущественно поверхностные воды и изредка грунтовые. Они применяются на тяжелых и плохо проницаемых почвах.



Закрытый дренаж эффективно применять при затоплении территорий, как поверхностными водами, так и грунтовыми. Закрытый дренаж обеспечивает интенсивный и равномерный отвод воды при улучшении структуры почвы, водно-воздушного и питательного режима. Главное преимущество закрытого дренажа состоит в том, что он прокладывается под землей и поэтому не препятствует механизации полевых работ. При отведении вод с пахотных и пастбищных угодий наиболее целесообразно применять закрытый дренаж.

Переувлажнение земель может быть следствием притока поверхностных или грунтовых вод со стороны. Перехват притока поверхностных вод с вышележащих территорий осуществляется при помощи нагорных каналов, а грунтового потока - при помощи ловчих каналов или дрен.

На землях, подверженных периодическому или постоянному затоплению, осушаемую территорию ограждают земляными валами (обваловывают), а избыточную воду перекачивают в водоприемники.

Перехватываемые воды отводят в водоприемник по проводящей сети, которую необходимо выполнять в виде открытых, глубоких, но не часто расположенных каналов.

Водоприемником в большинстве случаев служит река, но для этого, как правило, ее русло необходимо спрямить, расчистить и углубить, то есть необходимо провести регулирование реки, что позволит, в частности, увеличить ее пропускную способность.

### **2.6.1 Регулирующая сеть**

При помощи регулирующей сети непосредственно создаются и регулируются водный и воздушный режимы почвы. Регулирующая сеть бывает открытой и закрытой. Глубина закладки регу-

лирующей сети при грунтовом питании зависит от нормы водоотведения и должна быть не меньше суммы глубины воды в дрене, нормы водоотведения и величины превышения поверхности грунтовых вод посредине между дренами над горизонтом воды в них. Регулирующую сеть в плане необходимо располагать как перпендикулярно направлению потока, так и вдоль него.

Открытая регулирующая сеть применяется для регулирования поверхностного стока. Она включает осушители и собиратели.

При выращивании культур, не требующих перекрестной обработки, применяется постоянная открытая регулирующая сеть.

Каналы препятствуют применению сельскохозяйственной техники, поэтому, если осушители находятся на небольшом расстоянии друг от друга, их можно делать временными, ежегодно нарезая сразу после зяблевой пахоты, а затем перед уборкой заравнивая, чтобы не препятствовать механизации сельскохозяйственных работ. После окончания уборки такую сеть можно вновь нарезать. Временные осушители представляют собой мелкие и сравнительно широкие борозды.

Траншеи в плане необходимо располагать под острым углом к горизонталям местности, благодаря чему осушители собирают воду, стекающую с осушаемой площади, и транспортируют ее в проводящую сеть. Почвы при этом обрабатываются перпендикулярно к собирателям, что при сложном рельефе затруднительно.

Расстояние между осушителями принимают таким, чтобы продолжительность затопления поверхности почвы водой не превышала допустимого предела, чтобы уровень грунтовых вод был понижен. Расстояние между осушителями зависит также от величины атмосферных осадков, рельефа местности, водопроницаемости почв. Для предгорной зоны Краснодарского края ориентировочно расстояние между осушителями принимается 50-70 м.

Поперечное сечение каналов открытой регулирующей сети принимается трапецеидальной формы и расчетом не определяют. Параметры регулирующей сети устанавливаются конструктивно в зависимости от типов почво - грунтов (таблица 2.6) и используемых механизмов. Наибольшая глубина заложения осушителя должна быть такова, чтобы при наименьшей глубине воды в нем, уровень ее был ниже корнеобитаемого слоя. Наименьшая глубина осушителя составляет 0,7-0,8 м.

Уклон дна для обеспечения отвода поверхностных вод принимается в пределах 0,0003-0,001.

Использование постоянной открытой регулирующей сети приводит к исключению из сельскохозяйственного использования 10 – 15% площади. Регулирующая сеть ограничивает механизацию сельскохозяйственных работ, кроме того, каналы и приканальные полосы служат рассадником сорняков.

**Таблица 2.6 - Конструктивные размеры поперечных сечений открытых регулирующих каналов**

Почво-грунт	Глубина, м	Ширина по дну, м	Коэффициент заложения откосов
торф мощностью 0,7 м и более (независимо от типа и степени разложения).	1,5	0,4÷0,6	1,0÷1,5
глина, тяжелый и средний суглинок, мощностью до 0,7 м.	1,0÷1,2	0,4÷0,6	1,0÷1,5
легкий суглинок, торф мощностью до 0,7 м, подстилаемый легким суглинком.	1,2	0,4÷0,6	1,0÷1,5
супесь, мелкозернистый (частицы от 0,25 до 1,1 мм более 50%) песок, торф мощностью до 0,7 м, подстилаемый этими почво-грунтами.	1,2	-	1,5÷2,5
крупнозернистый песок (частицы 0,5 до 2,0 мм более 50%), торф мощностью до 0,7 м, подстилаемый этими почво-грунтами.	1,2	-	1,5÷2,0

мелкозернистый песок и пылеватый суглинок (частицы 0,005-0,05 мм более 50%)	1,2	0,8÷1,0	2,5÷4,0
---	-----	---------	---------

Для осушения земель под полевые и овощекормовые севообороты, технические культуры, сады, ягодники и пастбища применяют закрытую регулируемую сеть.

Закрытая регулирующая сеть (дренаж) выполняется главным образом в виде труб, уложенных с определенным уклоном под землей. В отличие от открытой сети она не препятствует механизации полевых работ. При дренаже нет таких потерь площади, как при отводе воды открытыми каналами. Дрены в отличие от открытой регулирующей сети работают и зимой. Недостатки дренажа следующие: меньшая, чем у открытых каналов, водопропускная способность, сравнительно высокая стоимость строительства, трудность обнаружения и устранения повреждений.

Закрытая регулирующая сеть используется при атмосферном и грунтовом типах водного питания.

Дренаж может быть систематическим, равномерно распределенным по всей осушаемой площади, или выборочным, выполненным на отдельных ее участках. Систематический дренаж представляет собой ряд равномерно распределенных по всей площади дрен, которые улавливают весь грунтовый поток, тогда как выборочный дренаж позволяет улавливать только часть его.

Дрены из труб располагают на определенных глубинах и расстояниях друг от друга в зависимости от проницаемости почвы, типа водного питания и интенсивности поступления воды, нормы водоотведения, характера использования осушаемой территории.

Трубчатый дренаж закладывается на глубину 0,7- 1,2 м (пашни) и 1,2-1,4 м (сады), но не выше горизонта промерзания грунта в данной местности, обычно с уклоном 0,002-0,003. Расстояние между дренами зависит от водопроницаемости и структу-

ры почвы, характера рельефа, глубины закладки дрен и колеблется в пределах 10-20 м для Предгорной зоны Краснодарского края.

Применяют гончарные трубы, бетонные и трубы из пластмассовых материалов.

Для защиты дрен от заиливания стыки труб, перфорации обкладывают фильтрующим материалом (мох, торфяная крошка, шлак, минеральная вата), который, пропуская воду, задерживает частицы грунта.

Кроме того, применяют кротовый (земляной) дренаж, прокладываемый специальными машинами на нужной глубине. Кротодрены неустойчивы, и поэтому такой дренаж применяется главным образом на глинистых и суглинистых почвах.

Сеть кротовых и щелевых дрен устраивают, как правило, для усиления осушающего действия дренажа и закрытых собирателей. Кротовые и щелевые дрены относятся к беструбчатым конструкциям.

Кротовая дрена представляет цилиндрическую полость в грунте, образованную при протаскивании на глубине 0,5-0,8 м специального орудия дренера. Его диаметр 5-7 см для минеральных грунтов и 12-15 см для торфяных. Расстояние между кротовыми дренами назначают 6-10 м. Их прокладывают под углом 60-90° по отношению к трубчатому дренажу или открытой сети. Уклон кротодрен должен быть не менее 0,002-0,003.

Кротовый дренаж применяют на слабводопроницаемых кротоустойчивых грунтах при отсутствии камней.

Щелевые дрены устраивают путем разработки в грунте щелей, обычно треугольной формы, основанием вниз. Щели нарезают глубиной 0,8 – 1,0 м. Ширина щели понизу около 15 см.

Щели нарезают, как правило, по перекрестной схеме. Щели - коллекторы, имеющие выход в открытую сеть, нарезают перпендикулярно осушительным каналам через 100-150 м.

Обычно их длина не более 500 м. Параллельно открытой сети нарезают щелевые дрены через 8-10 м.

Кротодрены по сравнению с трубчатым дренажем менее прочны и действуют, как правило, в течение 2-3 лет. Однако они значительно дешевле.

### **2.6.2 Проводящая сеть**

Проводящая сеть не только отводит воды, поступающие из регулирующей сети, но и принимает поверхностные и грунтовые воды, поступающие через дно и откосы каналов проводящей сети или стыки звеньев труб закрытых коллекторов.

Проводящая сеть состоит из открытых и закрытых коллекторов, транспортирующих собирателей и магистрального канала.

Коллекторы служат для транспортирования в магистральный канал воды, поступающей в них из регулирующей сети.

Трасса проводящей сети зависит от расположения регулирующей сети и характера микрорельефа местности. При одностороннем сопряжении открытой регулирующей сети расстояние между открытыми коллекторами составляет 500-1000 м. Расстояние между закрытыми коллекторами при одностороннем сопряжении с ними дрен составляет 150-200 м. При двухстороннем примыкании регулирующей сети эти расстояния увеличиваются в 2 раза. Поперечное сечение открытой проводящей сети обычно трапецеидальное; магистральным каналам в малоустойчивых грунтах придают параболическую форму. Рассчитывают поперечное сечение проводящих каналов на максимальный расход. Скорости движения воды в каналах должны быть не выше неразмывающих и не менее тех, при которых заиливается русло.

Уклоны дна каналов составляют 0,0003-0,005 для коллекторов и 0,0002-0,001 для магистральных каналов. Заложение откосов

проводящих каналов 1,5-2. Ширина трапецеидального канала по дну должна быть не менее 0,3-0,5 м. Глубина обычно составляет 1,0 -1,6 м для коллекторов и 1,2-1,8 м и более для магистральных каналов. В местах изменения уклонов дна и ниже впадения в данный канал другого канала поперечное сечение должно изменяться.

На открытых проводящих сетях устраивают следующие сооружения:

- шлюзы-регуляторы для регулирования в сети горизонтов уровней воды;
- перепады и быстротоки для регулирования скорости течения;
- мосты и трубы в местах пересечения с дорогами.

### **2.6.3 Ограждающая сеть**

Ограждающая сеть включает нагорные и ловчие каналы.

Нагорные каналы применяются для перехвата притока поверхностных вод, поступающих с вышележащих площадок. Нагорные каналы прокладываются вдоль склона по верхней топографической границе осушаемого массива с уклоном, не допускающим отложения наносов (не менее 0,002), и выводятся в магистральный канал или непосредственно в водоприемник. Глубина нагорных каналов 1,0 -1,5 м и более. Поперечное сечение - неравнобокая трапеция, у которой верховой откос более пологий.

Ловчие каналы трассируют в верхних частях осушаемой площади, для перехвата подземных вод, выклинивающихся в виде ключей в основании склона или залегающих в виде грунтово-напорного потока под водонепроницаемым верхним пластом. Поперечное сечение их трапецеидальное, реже параболическое.

Глубина ловчих каналов определяется глубиной грунтовых вод 1,5–3,0 м. Чтобы избежать оплывания, нижнюю часть откоса крепят.

При перехвате безнапорного грунтового потока открытые ловчие каналы заменяют закрытыми рубчатými дренами.

#### 2.6.4 Расчет открытой и закрытой регулирующей сети

Для расчета расстояний между открытыми собирателями имеются формулы А.Н. Костякова и др. В практике расчетов широко используют формулу С.Ф. Аверьянова:

$$B = 3,6 \frac{\sqrt{I}}{n} \cdot \frac{(1-\sigma)}{\sigma} \cdot \frac{h}{T_2} \cdot T_0^2 \quad , \quad (2.18)$$

где  $T_0$ -нормативное время отвода поверхностных вод, ч;

$n$  - шероховатость поверхности (по данным Д.П. Юневича, для борозд вдоль уклона при хорошо вспаханной поверхности  $n=0,05$ , ровной укатанной поверхности  $n=0,08$ , хорошо вспаханной поверхности без борозд  $n=0,12$ , свежескошенной травы  $n=0,8$ , естественного луга, высокого травостоя  $n=2,3$ );

$\sigma$  - условный коэффициент стока (по данным А.Н. Костякова, для супесей и легких суглинков  $\sigma=0,12 \div 0,25$ , суглинков  $\sigma=0,25 \div 0,30$ , тяжелых суглинков  $\sigma=0,25 \div 0,40$ , меньшие значения  $\sigma$  относятся к лету, большие - к осени: при весеннем стоке по мерзлой почве  $\sigma=0,7 \div 0,95$ ;

$I$  - уклон поверхности земли;

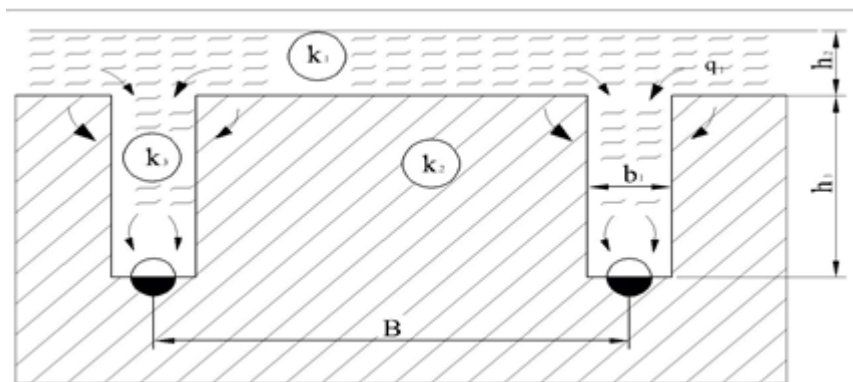
$h$  - слой воды после снеготаяния или слой выпавших осадков за время  $T_2$ , мм.

В настоящее время расчет расстояний между дренами ведут по соответствующим формулам с помощью ЭВМ. Расчет при этом выполняется не только для года заданной обеспеченности, но и для



совокупности реальных лет. Это дает возможность выбрать экономически наиболее выгодное расстояние между дренами.

Принцип отвода поверхностных вод с помощью закрытых собирателей и их конструктивные схемы предложены А.Д. Брудасовым. Поверхностные воды через пахотный горизонт и траншейную хорошо фильтрующую засыпку поступают в дренажные трубы и отводятся за пределы осушаемой территории. Закрытые собиратели при полном насыщении пахотного и нижележащего горизонтов работают как закрытые дренажи. Глубина их обычно не превышает 1 м.



$k$  – фильтрующий слой;  $b$  – ширина собирателя (дрены);  
 $B$  – расстояние между собирателями (дренами);  $q$  – приток;  
 $h_1$  – глубина собирателя (дрены);  $h_2$  – глубина фильтрующего слоя

Рисунок 2.7 – Закрытый дренаж

Время освобождения пахотного слоя от гравитационной воды определяется приближенно по зависимости Х. А. Писарькова, уточненной С.Ф. Аверьяновым и К.А. Мяги:

$$t = \frac{\mu B a r c t g x}{3 \sqrt{k_1 (e + g_2)}};$$

$$x = \frac{2h_1\sqrt{k_1}}{B\sqrt{e+g_2}},$$

$$g_2 = \frac{4k_2h_2^2}{B^2}, \quad (2.19)$$

где  $k_1, k_2$  – коэффициент фильтрации соответственно пахотного и подпахотного горизонтов, м/сут;

$g_2$  - интенсивность поступления воды в закрытые собиратели из пахотного слоя, м/сут;

$h_1, h_2$  - мощности пахотного и подпахотного слоев, м;

$\mu$  - водоотдача пахотного слоя,  $\mu = 0,056\sqrt[3]{k_1}\sqrt{h_1}$ .

Расстояния между закрытыми собирателями находят подбором по заданному (нормативному) времени освобождения пахотного слоя. Обычно  $t=1-2$  сут.

## **2.7 Мероприятия по осветлению загрязненных вод сельскохозяйственных угодий**

Исходя из характеристики загрязнения поверхностного и подземного стока для его очистки, рекомендуется предусматривать сооружения механической очистки. Во всех случаях рекомендуется применять простые в эксплуатации и надежные в работе сооружения по осветлению стока.

Осветление является одним из основных методов выделения из загрязненных вод оседающих и всплывающих механических примесей. Эффективность работы осветлителей зависит от седиментационных свойств взвешенных веществ (гидравлическая крупность частиц, концентрация взвеси, гранулометрический состав, склонность к образованию хлопьев, электрокинетические явления и т.д.), от гидродинамических условий работы сооружения (режим движения, плотностных и конвекционных токов, степени использования объема сооружения).

Для удаления основной массы взвешенных веществ и нефтепродуктов поверхностного стока применяют различные конструкции тонкослойных полочных отстойников, нефтеловушки, пруды, накопители, а также тонкослойные блоки для интенсификации работы прудов. Кроме того, могут применяться сооружения закрытого типа (подземные) и стационарные щитовые ограждения в акватории водоема.

Для достижения большего эффекта очистки рекомендуется природный сток пропускать через несколько ступеней очистки (рис. 2.7).

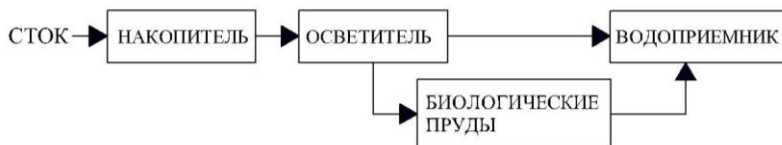
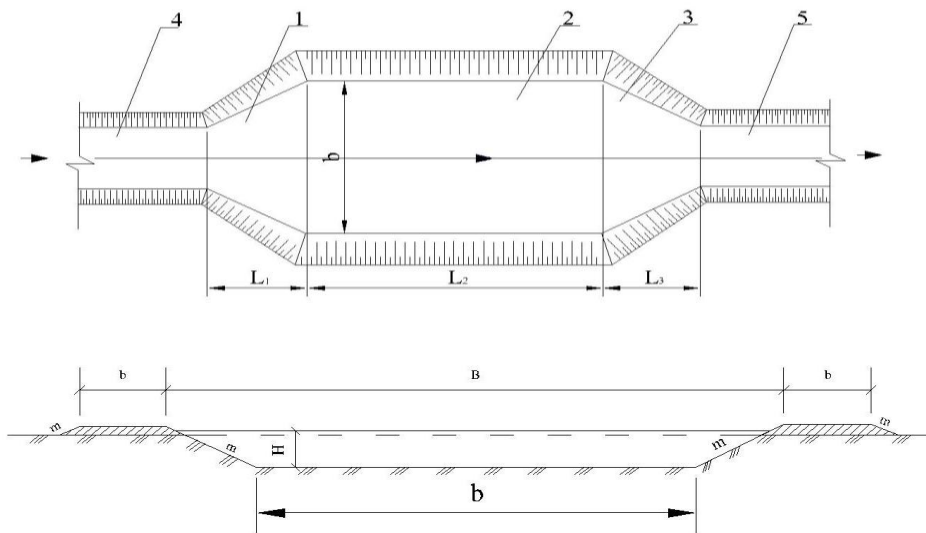


Рисунок 2.8 - Схема очистки и доочистки природных вод

### 2.7.1 Пруды-накопители

В климатических зонах со значительным выпадением ливневых осадков, когда невозможно очищать весь объем поверхностного стока, дополнительно предусматривается устройство накопительного резервуара. Конструкции прудов накопителей, осветителей и расчеты разработаны Д.Г. Серым (КубГАУ).

Из резервуара в период снижения поступления общего расхода природные воды поступают на очистное сооружение (рис. 2.9).



1 - приемная часть; 2 - рабочая часть; 3 - отводящая часть; 4 - подводящее русло;  
5 - отводящее русло

Рисунок 2.9 – Схема накопителя для осветления  
поверхностных вод с агроландшафтов

Для устройства прудов - накопителей, целесообразно использовать естественные понижения местности, овраги, карьеры, русла пересыхающих ручьев и т.д. Чистка прудов-накопителей с выводом осадка предусматривается, как правило, в сухое время года землеройными машинами общего назначения (бульдозерами). В случае расположения прудов-накопителей в районе крупных канализационных коллекторов выпавший в прудах осадок перекачивают насосами в эти коллекторы. Для удаления всплывших примесей целесообразно применять маслонептесборные карманы.

Размеры накопителя должны обеспечивать задержание объема воды в паводковый период. Объем воды за паводок определяется по формуле:

$$W = q_r \cdot t, \quad (2.20)$$

где  $q_r$  - расход дождевых вод, м<sup>3</sup>/с;

$t$  - расчетная продолжительность дождя, с.

Расчетную продолжительность дождя следует принимать равной времени протекания воды по поверхности и каналам от наиболее удаленного участка водосборного бассейна до накопителя и определяется по формуле:

$$t = \left( \frac{l}{V} + t_{\text{доп}} \right) \cdot K, \quad (2.21)$$

где  $l$  - длина от наиболее удаленного участка до накопителя, м;

$V$  - скорость течения воды на соответствующих участках, м/с;

$t_{\text{доп}}$  - время поверхностной концентрации дождевого стока, 500-1500 с;

$K$  - коэффициент, учитывающий увеличение времени протекания при уменьшении расхода воды, для Предгорной зоны Краснодарского края  $K=2,28$ .

Поперечные размеры рабочей части накопителя принимаются трапециевидными (рисунок 2.9). Глубина рабочей части принимается конструктивно, кратной 0,1 м. Отношение длины к средней ширине должно быть  $< 10$ :

$$B_{\text{ср}} \cdot L = \frac{W}{H};$$

$$\frac{L}{B_{\text{ср}}} > 10, \quad (2.21)$$

где  $B_{\text{ср}}$  - средняя ширина накопителя  $B_{\text{ср}} = (B+b)/2$ , м;

$L$  - длина накопителя, м;

$W$  - требуемый объем накопителя, м<sup>3</sup>;

$H$  - глубина накопителя, м.

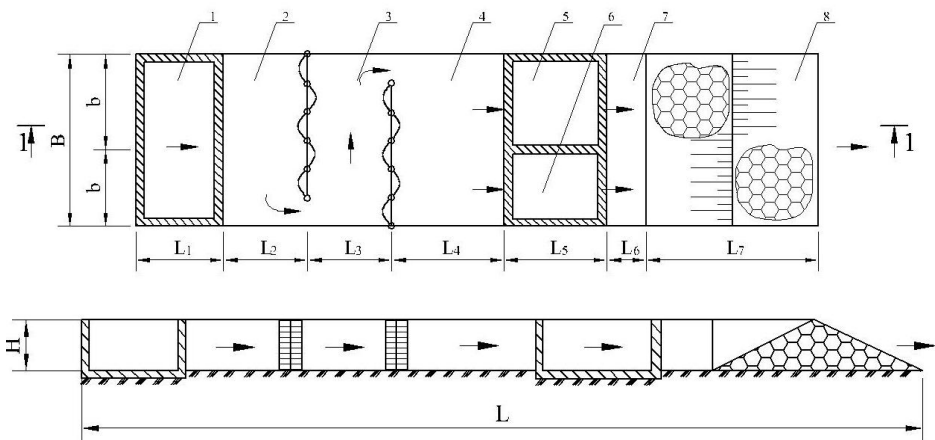
### 2.7.2 Осветлители

После прудов-накопителей рекомендуется устанавливать очистные сооружения, которые должны осветлять воду до требуемой концентрации.

Для очистки поверхностного стока разработана конструкция осветлителя (патент РФ №2153045), которая представлена на рисунках 2.10, 2.11 и 2.12.

В зависимости от пропускаемого расхода осветлители могут быть односекционными и двухсекционными. В зависимости от условий сброса очищенных вод осветлители могут быть с торцевым или с фронтальным водовыпуском.

Осветлитель выполняется в земляной выемки. Приемная камера, камера чистой воды и камера для сбора нефтепродуктов выполняются железобетонными. Камеры для сбора крупных и мелких фракций, а также разделительная камера отделяются друг от друга временными перегородками. Из приемной камеры в камеру для отстаивания крупных фракций вода поступает через пилообразный водослив. Из разделительной камеры вода поступает через водослив в камеру для сбора нефтепродуктов и через затвор в камеру чистой воды. Из камеры чистой воды через водослив и из камеры для сбора нефтепродуктов через затвор вода поступает в отводящую камеру, из которой через каменную наброску вода поступает в водоприемники.



- 1 - приемная камера; 2 - камера отстаивания крупных фракций;  
 3 - камера отстаивания мелких фракций; 4 - разделительная камера; 5 - камера чистой воды; 6 - камера для сбора нефтепродуктов и плавающего мусора;  
 7 - отводящая камера; 8 - каменная наброска

Рисунок 2.10 - Схема односекционного осветлителя

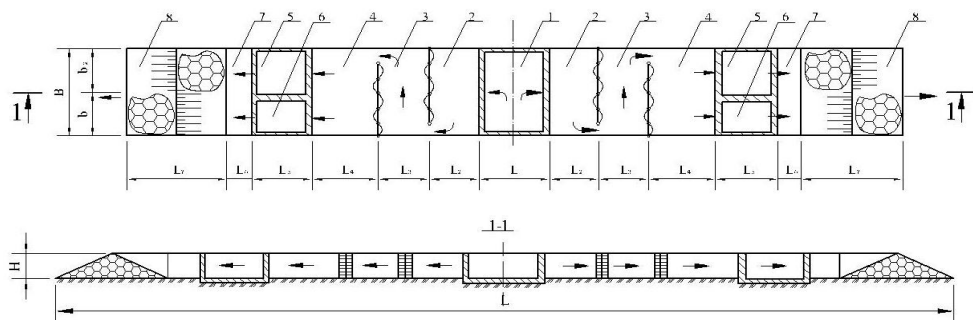


Рисунок 2.11 - Схема двухсекционного осветлителя  
 с торцевым водовыпуском

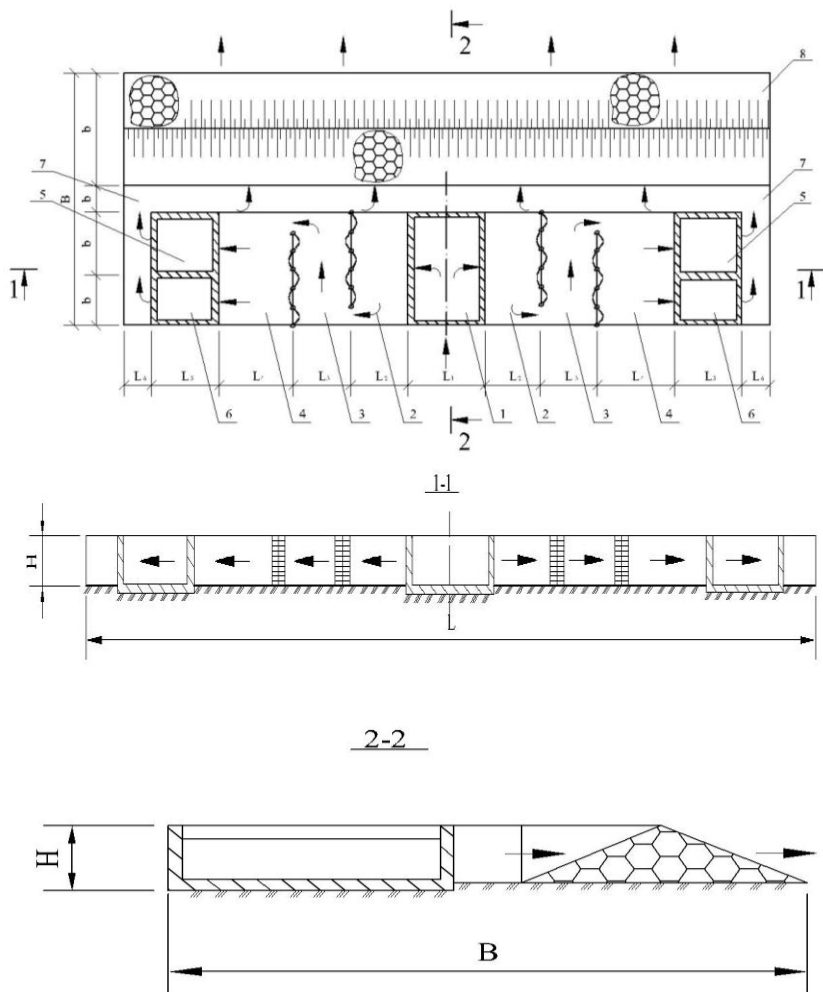


Рисунок 2.12 - Схема двухсекционного осветителя с фронтальным водовыпуском



## **2.8 Мероприятия по доочистке загрязненных вод сельскохозяйственных угодий**

Для обеспечения более глубокой степени очистки, чем та, которая достигается при осветлении, применяется доочистка, которая включает методы и процессы, дополняющие традиционные схемы очистки природных вод. Возможная степень удаления загрязнений в процессах доочистки практически неограниченна и определяется условиями сброса очищенных вод в водоприемники, подачи воды на технические нужды, рекреационное обводнение или в систему питьевого водоснабжения. При этом должны учитываться экономические соображения.

Для очистки и доочистки природных сточных вод, содержащих биоразлагаемые загрязнения, используют биологические пруды. Целесообразность применения биологических прудов определяется климатическими условиями, концентрацией и расходами сточных вод, а также конкретными почвенными и топографическими условиями. По характеру обеспечения кислородного режима биопруды разделяются с естественной и искусственной аэрацией (аэрируемые биопруды).

В пруды для доочистки следует направлять сточную воду после предварительной очистки. Биологические пруды с естественной аэрацией следует устраивать на нефилтрующих или слабофилтрующих грунтах. Отношение длины к ширине пруда с естественной аэрацией должно быть не менее 20. При меньших отношениях необходимо предусматривать конструкции впускных и выпускных устройств, обеспечивающих наиболее полное использование рабочего объема пруда.

Конструктивно биопруды выполняются в виде земляных емкостей правильной формы, внутренние откосы которых укреп-

ляются бетонными плитами 0,5x0,5 м на глубине 2 м от верха дамбы.

Для повышения глубины очистки воды и снижения содержания в ней биохимических элементов (азота и фосфора) рекомендуется разведение в пруду высшей водной растительности - камыша, рогоза, тростника и др. Плотность посадки 150-200 растений на 1 м<sup>2</sup> поверхности.

В качестве доочистки могут применяться: фильтрование, адсорбция, биосорбция, коагуляция, флотация, ультрафильтрация, гиперфильтрация, электродиализ, ионный обмен, окисление и биологические методы очистки.

### **3 АДАПТИРОВАННАЯ ЗЕМЕЛЬНО-ОХРАННАЯ СИСТЕМА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ**

Для сохранения нового улучшенного состояния геосистемы необходимо обеспечивать охрану агроландшафта от деградаций, вызываемых загрязнением окружающей среды. Для решения этой задачи создан сельскохозяйственный мелиоративный комплекс (СМК) [40]. Для реализации СМК необходима разработка модели адаптированной земельно-охранной системы (АЗОС), которая могла бы управлять отдельными элементами СМК.

Для разработки адаптированной земельно – охранной системы (АЗОС) было выполнено ресурсное моделирование мелиоративного состояния почв (МСП) агроландшафта, в основе которого лежит определение технологических рисков и составление прогноза изменения АРП под действием адаптированных ресурсосберегающих технологий. Разработанная модель позволяет управлять АРП путем воздействия технологий на МСП агроландшафта [39, 82].

Для внедрения АЗОС устойчивого развития агроландшафта необходим следующий алгоритм:

- 1). Создать систему локального мониторинга для наблюдения за изменением основных параметров состояния агроландшафтов в пределах СМК.
- 2). Установить исходное состояние МСП агроландшафта.
- 3). Подобрать технологическую схему проведения мелиоративных работ по сложившейся ситуации на поле.
- 4). Обосновать для технологической схемы необходимость и достаточность применения адаптированной технологии для повышения АРП.
- 5). Обосновать комплекс машин для выполнения адаптированной технологии.
- 6). Воспользоваться ресурсным моделированием для управления комплексом машин в составе принятой адаптированной технологии.
- 7). Выполнить сравнение полученных вариантов восстановления МСП по принятым ограничениям ресурсов.
- 8). Получить эколого-экономические показатели по выбранным вариантам.

### **3.1 АЗОС защиты агроландшафтов от подтопления и переувлажнения грунтовыми водами**

Следует отметить, что подтопление агроландшафтов грунтовыми водами может нести более негативное воздействие на АРП, чем переувлажнение от верховодки или орошения сельскохозяйственных культур. Подъем уровня минерализованных грунтовых вод выше критического приводит к вторичному засолению почв агроландшафта.

Мелиоративное состояние почв агроландшафта оценивается с помощью мониторинга и маршрутного обследования участков,

подверженных деградации. В характерных точках обследуемых агроландшафтов отбираются почвенные образцы, в лабораторных условиях определяются необходимые индикаторы и устанавливаются границы деградации. УГВ наблюдается в оборудованных в пониженных местах рельефа агроландшафта стационарных скважинах. Одновременно берутся пробы грунтовой воды для установления её химического состава

Для АЗОС черноземных почв обосновано 8 основных индикаторов риска, влияющих на МСП и, в общем, на АРП агроландшафта. Изменение каждого показателя под действием технологий является внутрисистемным риском [34].

Исходное состояние агроландшафта оценивалось комплексом внутрисистемных индикаторов экологической безопасности агроландшафта пахотного горизонта почвы.

Для ресурсной модели агроландшафта обозначаются наиболее значимые индикаторы. На подтопление участка существенное влияние оказывает УГВ, уровень которых не должен быть не менее 3 м (индикатор 1). Их минерализация определяет степень засоления пахотного горизонта почвы (индикатор 8) и всего профиля в целом и влияет на АРП агроландшафта. Эти индикаторы наиболее существенны в ресурсной модели АРП [34].

Следовательно, АЗОС должна предупреждать появление очагов деградации почв в переувлажняемых агроландшафтах, обеспечивая улучшение МСП пахотного горизонта. Для этого нижние горизонты почвы (0,2 – 1,0 м) подвергаются коренным мелиорациям (чизельная обработка почвы, химические мелиорации, включение в севооборот фитомелиорантов и др.) [5, 35].

По индикаторам экологической безопасности ресурсной модели определяется состояние МСП агроландшафта: «хорошее», «удовлетворительное», «неудовлетворительное», «деградация».

Агроландшафты, находящиеся на повышенных частях местности не испытывают влияния подтопления. МСП этих территорий, как правило, находится в хорошем состоянии и они не нуждаются в коренных мелиорациях. Затраты на обработку таких участков в 1,5 – 2,0 раза меньше, чем для пониженных участков полей, находящихся в состоянии «деградация». Исследованиями установлено, что на участках с неудовлетворительным МСП урожайность озимой пшеницы ниже в среднем в 2 – 3 раза, чем на том же поле, но с хорошим МСП [49, 50, 51].

По адаптированной шкале безопасности рисков (рисунок 2.8) принимаются решения по управлению АРП агроландшафта. Для оценки МСП исследуемого агроландшафта используется сумма индикаторов, которая определяет границы и размеры отдельных участков исследуемого поля, выбор адаптированных технологий и комплекса мелиоративных машин для обработки почвы.

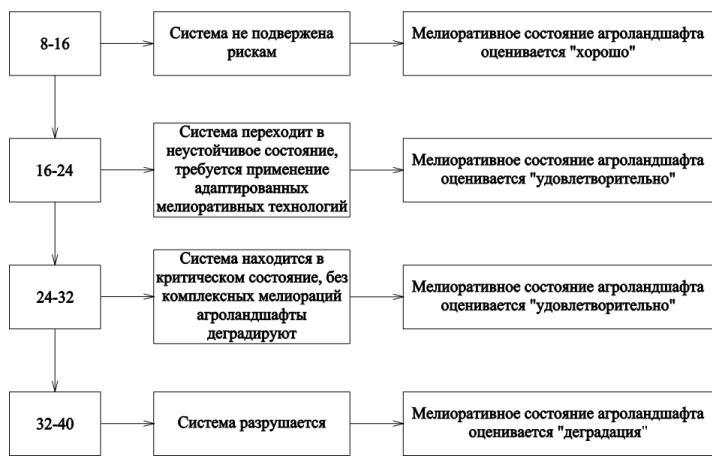


Рисунок 3.1 – Интегральная шкала безопасности рисков

Ресурсный подход к охране земель и адаптированная «шкала безопасности» позволили разработать «модель управления адаптированными технологиями», которая представлена в виде блок-схемы АЗОС для восстановления АРП от подтопления (рисунок 3.1). Модель использует компьютерные программы, обеспечивающие управление технологическими операциями для снижения негативного влияния подтопления и переувлажнения на агроландшафты [49].

Метод управления АРП опирается на базис в виде блок-схемы АЗОС (рисунок 3.2), систему показателей экологической безопасности агроландшафтов по рискам [34], стандартные ситуации подтопления агроландшафтов, адаптированные технологии, комплексы машин и механизмов, технологические карты [49].

### **3.1.1 Методика определения состояния АРП агроландшафта**

Для выработки решений по управления АРП необходим мониторинг состояния агроландшафта. Предложена следующая последовательность операций.

1. Выполняется общая диагностика агроландшафта по оценке мелиоративного состояния почвы. Диагностика проводится с применением электронной карты путем разбивки обследуемого поля на квадраты. Для необходимой точности оценки результатов размер квадратов на полях площадью до 50 га принимается 20×20 м, на площадях более 50 га следует разбивку поля выполнять по квадратам размером 50×50 м и более. Расстояние между вершинами квадратов могут быть выбрано пользователем программного продукта самостоятельно.

2. В вершинах квадратов берутся образцы почв исследуемых горизонтов, устанавливается глубина залегания УГВ. Для от-

бора образцов используются различные методы: стандартные способы отбора проб, экспресс методы получения информации о химическом составе почвенных горизонтов с обработкой информации на месте в полевых условиях. Например, одновременно с механической обработкой почвы поля идет получение информации о текущем состоянии агроландшафта. Она поступает через системы *GOOGLE*, *GPS*, *SAS* на пульт управления СМК.

3. Информация обрабатывается и отображается на электронной карте исследуемого поля, на котором планируется выполнять комплекс технологических операций по восстановлению АРП. Для этого используются ресурсы компьютерных программ *GOOGLE*, *SAS* или других программ, позволяющих использовать загружаемые карты агроландшафтов.

4. Оператором (или автоматически) вводятся в программу результаты почвенных обследований, характеризующих МСП по следующим показателям: уровень и минерализация грунтовых вод; кислотно-щелочной баланс почвы; содержание макроэлементов (гидролизуемый азот, подвижный фосфор, подвижный калий) и гумуса почвы; механический состав почвы; степень засоленности почвы. Каждая точка, в которой производился отбор почвенных образцов, фиксируется в координатах системы глобального позиционирования (*GPS*) и её координаты заносятся в программу.

Программа отображает участок, где необходимо выполнение технологических операций по охране земель от деградации или участок, который в будущем может быть подвержен деградации. Для оперативного управления охраной земель разработана компьютерная программа, которая использует интерактивные карты, отображения визуальных данных в виде карт и спутниковых снимков, и работает при подключении к сети «Интернет».



Рисунок 3.1 - Блок-схема АЗОС охраны агроландшафтов от подтопления и переувлажнения





пользовать карты из других источников, в том числе графические файлы. Файл со значениями параметров в точках квадратов открывается через меню «Точки» -> «Загрузить точки», либо через пункт контекстного меню в левой части главного окна.

Ввод /редактирование/, удаление значений параметров в точках и самих точек осуществляется через соответствующие пункты меню.

Файл загружаемой карты участка работ сохраняется в формате (\*.html), и находится в папке с программой (рисунок 3.4).

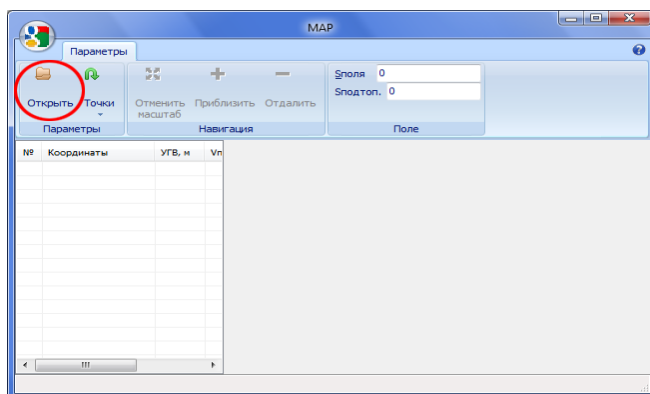


Рисунок 3.4 – Диалоговое окно для открытия сохраненных карт и координат точек обследования

Диалоговое окно является важным элементом АЗОС, так как выполняет функции модели агроландшафта – осредненной природно-антропогенной среды. Применение этой модели дает возможность прогнозировать появление очагов подтопления и переувлажнения, загрязнения сточными водами, деградаций почв и принимать решения по охране АРП агроландшафтов.

С помощью «окна» производится редактирование (управление) СМК и его подсистем. Редактирование позволяет создавать

удобную «ресурсную модель агроландшафта» с применением адаптированных технологий для сохранения АРП.

Параметры ресурсной модели агроландшафта, закрепляются в каждой точке координатами системы *GPS*. Далее компьютерная программа на загруженной карте участка моделирует ресурсные границы участков агроландшафта с различным МСП и указанием размеров площадей по соответствующим оценкам шкалы безопасности рисков (рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 – Ресурсная компьютерная модель агроландшафта, подверженного деградации от подтопления и переувлажнения

Ресурсная модель отображает участки агроландшафта с различным МСП:

- зеленый (0-1) – «хорошо»;
- желтый (1-2) – «удовлетворительно»;
- синий (2-3) – «неудовлетворительно»;
- красный (3-4) – «бедствие» (деградация).

В результате исследования АРП участка установлено, что данная территория площадью 82,39 га неоднородна по МСП.

АЗОС отражает входные параметры (рисунок 3.5), которые определяют состояние агроландшафта, размеры участков, где необходимо применение адаптированных технологий для улучшения МСП.

Исследования на данном агроландшафте показали, что на участках с оценкой МСП "удовлетворительно" урожай озимой пшеницы не превысил 24 ц/га при средней урожайности данной культуры по краю – 53 ц/га.

Для диагностики агроландшафтов используется *GOOGLE* - карта, на которой указаны точки отбора почвенных проб с указанием её номера и мелиоративной оценки.

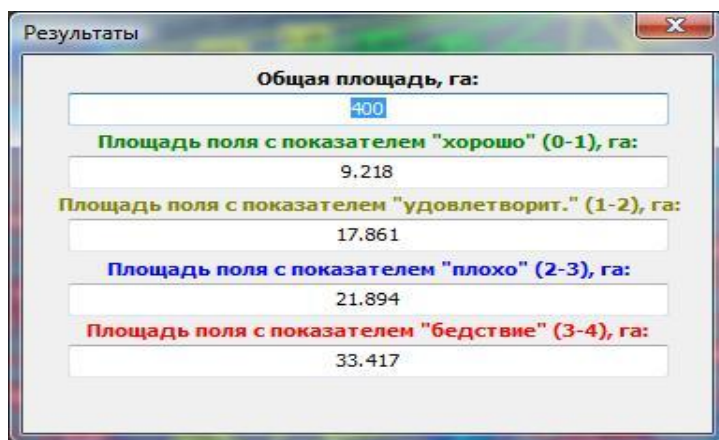
На электронной ресурсной карте показаны вершины квадратов, где проводился отбор проб и определялся УГВ. Результаты обработки полевых исследований по ресурсной модели с помощью компьютерной программы выведены на экран. Координаты *GPS* точек с ситуацией МСП указаны слева от карты (рисунок 3.4).

На карте выделены участки, отображающие экологическую катастрофу (деградацию от подтопления), окрашенные красным цветом. Карта позволяет оптимизировать затраты на восполнение ресурса агроландшафта в зависимости от сложившейся ситуации.

Для навигации по карте используются следующие инструменты:

- «Передвинуть влево»
- «Передвинуть вправо»
- «Передвинуть вверх»
- «Передвинуть вниз»
- «Масштаб +»
- «Масштаб -»

Далее программа отображает диалоговое окно, в котором приводятся результаты обработанных исследований по начальному МСП агроландшафта (рисунок 3.6).



The screenshot shows a dialog box with the title 'Результаты'. It contains a list of land area measurements in hectares (га) for different quality categories. The data is as follows:

Категория	Площадь (га)
Общая площадь	400
Площадь поля с показателем "хорошо" (0-1)	9.218
Площадь поля с показателем "удовлетворит." (1-2)	17.861
Площадь поля с показателем "плохо" (2-3)	21.894
Площадь поля с показателем "бедствие" (3-4)	33.417

Рисунок 3.6 – Диалоговое окно, отображающее размеры площадей по начальному состоянию

Результатом компьютерной обработки полученных данных является ресурсная модель оценки начального состояния агроландшафта. Площадь обследуемого поля, подверженная подтоплению и переувлажнению была 400 га, поэтому расстояние между вершинами квадратов были приняты 80 – 100 м.

Площадь поля с хорошим и удовлетворительным состоянием занимает 32,8 % от общей площади, остальная часть площади 67,2 % нуждается в проведении комплекса работ по восстановлению АРП с помощью адаптированных технологий и комплекса мелиоративных машин [52, 54, 61, 80, 68-75].

Ресурсная модель (рисунок 3.5) используется для выделения на ней по координатам «средней природно-антропогенной среды» с оценкой начального состояния МСП.

В программе методом триангуляции Делоне выполняется решение задачи по осреднению размеров контуров площадей. В результате получено 5 контуров осредненной природно-антропогенной среды, которые объединяются в две среды с условно одинаковым состоянием МСП (рисунок 3.7). Для двух участков осредненной среды подбираются два комплекса мероприятий по восстановлению АРП агроландшафта.

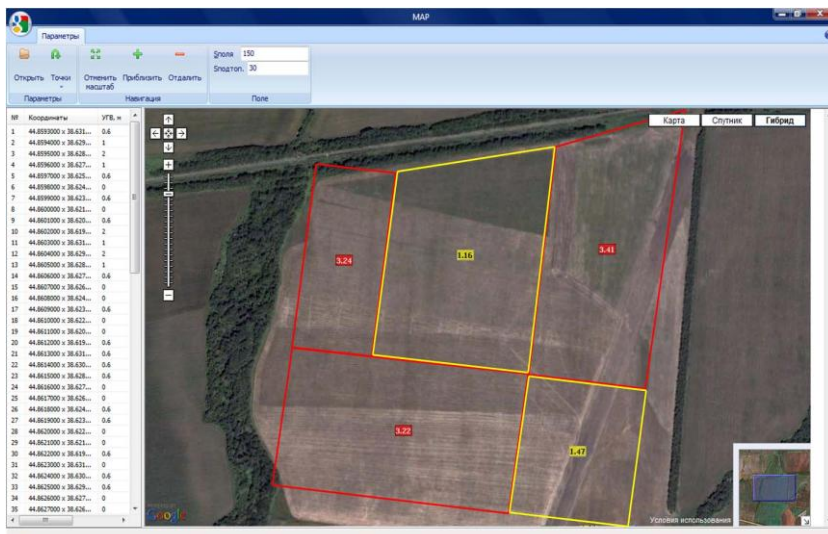


Рисунок 3.7 – Отображение границ площадей для выполнения комплекса мероприятий по повышению АРП

Выбор комплекса мероприятий для восстановления АРП зависит от сложности рельефа, морфологии участков, где производятся работы.

Программа выделяет контуры площадей, осредняя участки в зависимости от МСП и необходимой точности получения результатов оценки деградированных ландшафтов. В данной задаче получают участки агроландшафта, удобные для проведения ком-

плекса мелиоративных работ по восстановлению АРП. Чем меньше участков с различным МСП, тем эффективнее можно выполнять комплексы мелиоративных работ по восстановлению агро-ресурсного потенциала агроландшафта.

Разработанная ресурсная модель «агроландшафт-технология» для повышения АРП является адаптированной по отношению к рассматриваемому агроландшафту, так как учитывает его природные факторы.

### **3.1.2 Методика выбора адаптированных технологий и комплекса мелиоративных машин для повышения МСП**

Ресурсное моделирование деградированных от подтопления и переувлажнения агроландшафтов выполняется для количественной оценки мелиоративного состояния почвы.

Предлагается модель «агроландшафт – технология», использующая полученные данные для разработки методов управления АРП.

Моделирование заключается в подборе комплекса машин, который в технологической последовательности процесса механической обработки почвы агроландшафта выполнит комплекс мероприятий для повышения МСП.

В справочной базе компьютерной программы имеется достаточный перечень мелиоративной техники для выполнения необходимых операций. Подбор мелиоративной техники производится по алгоритму адаптированных технологий, которые разработаны для конкретных ситуаций подтопления или переувлажнения агроландшафтов. В базе так же представлен разработанный перечень технологической последовательности операций.

Под «необходимыми и достаточными условиями» использования адаптированной технологии для повышения АРП понимается:

1. Выбор из предоставленного в программе необходимого перечня тракторов, мелиоративных и сельскохозяйственных агрегатов для выполнения работ по повышению МСП (интерактивное меню – рисунки 3.8 и 3.9).

2. Размер площади подверженной деградации от подтопления и общей обрабатываемой территории агроландшафта.

3. Стоимость 1 кг ГСМ (рисунок 3.10).

4. Объем инвестиций на проведение комплекса технологических операций.

Программа рассчитывает ресурсную модель «агроландшафт - технология», которая управляет откликом имитационного моделирования ресурсов агроландшафта, где в качестве управляемого параметра используется агроресурсный потенциал сельскохозяйственных земель.

Ресурсная модель учитывает ограничения по энергетическим, финансовым и трудовым ресурсам.

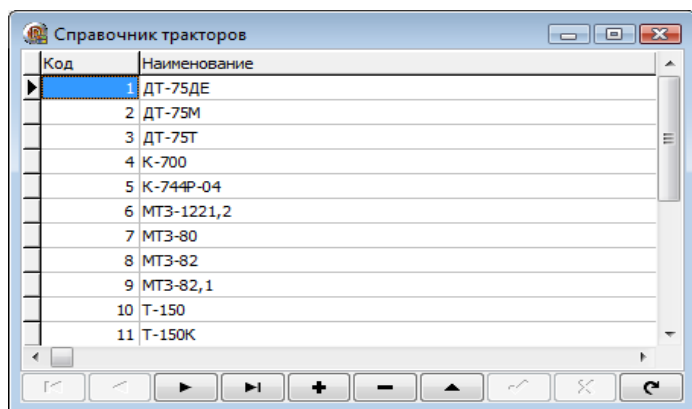


Рисунок 3.8 – Меню для выбора тракторов



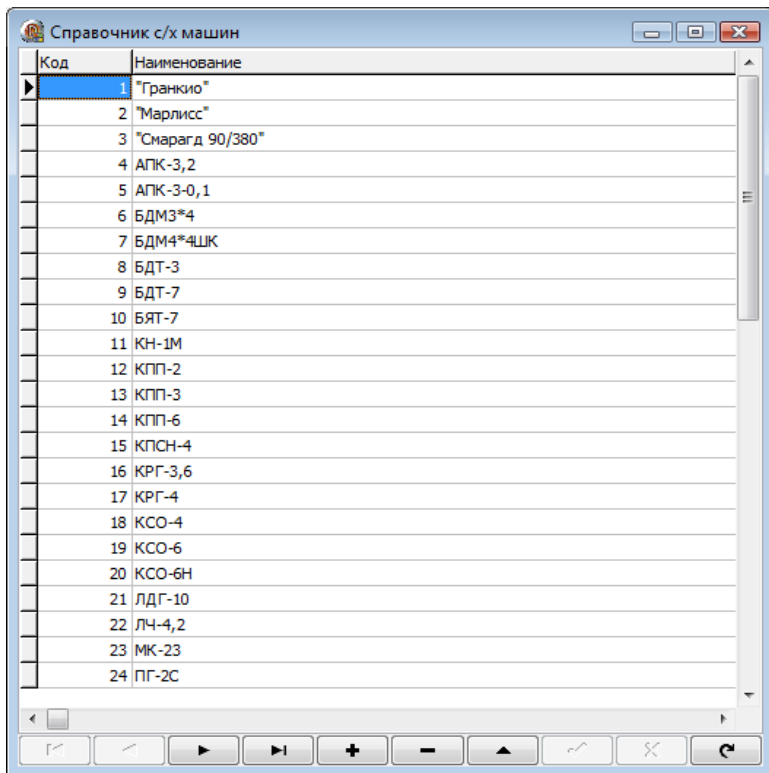


Рисунок 3.9 – Меню для выбора сельскохозяйственных машин

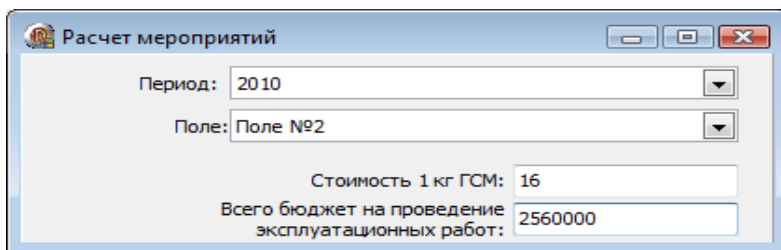


Рисунок 3.10 – Меню для ввода стоимости 1 кг ГСМ и средств на проведение комплекса технологических операций

Модель определяет стоимость и энергозатраты, необходимые на выполнение комплекса мероприятий, которые заложены в программу с учетом различных почвенных условий с введенными ограничениями для стандартных ситуаций мелиоративной обработки полей.

Модель учитывает начальное состояние агроландшафта, объем инвестиций и выбор адаптированных комплексов мелиоративной и сельскохозяйственной техники для проведения мелиоративных работ по восстановлению АРП.

Для повышения АРП с различным МСП разработаны индивидуальные технологические схемы [5, 54, 70-72].

В программе в зависимости от стандартной ситуации по подтоплению или переувлажнения агроландшафта имеется состав операций и мелиоративных машин, которые зависят не только от начального состояния МСП, но и от предшествующей культуры.

Стандартные ситуации по мелиоративной обработке разработаны и приводятся в рекомендациях по охране сельскохозяйственных земель от подтопления [5].

Стандартные ситуации по охране земель от подтопления и переувлажнения формируются при чрезвычайных условиях:

- сплошном подтоплении полей за счет поднятия УГВ;
- подтоплении понижений за счет грунтового и поверхностного стока;
- подтоплении локальных понижений внутри полей;
- переувлажнении полей за счет затруднения поверхностного стока в ранневесенний период;
- переувлажнении за счет накопления грунтовой воды в почве.

Для стандартных ситуаций подтопления полей в программе заложены базовые комплексы мелиоративных машин и механизмов, которые адаптированы к условиям производства работ.

При необходимости, в зависимости от ситуации на рассматриваемом поле, к ближайшему базовому комплексу, отвечающему мелиоративным условиям данного поля, добавляются или убираются агро-мелиоративные приемы, которые обеспечивают оптимальное выполнение производства мелиоративных работ.

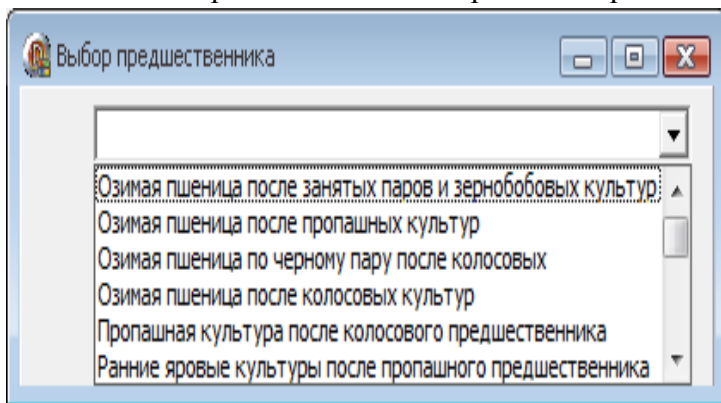


Рисунок 3.11 – Выбор предшествующей сельскохозяйственной культуры для базового комплекса мероприятий

В результате для обработки поля подбирается не только оптимальная схема работ, но и адаптированный комплекс технологических операций, позволяющий максимально эффективно использовать имеющиеся в распоряжении ресурсы.

В разработанной компьютерной программе для повышения эффективности выполняемых технологических операций предлагается использовать современную отечественную и зарубежную сельскохозяйственную технику.

Комплексная механизация мелиоративных работ должна предусматривать оптимальное сочетание использования строительных и мелиоративных машин, как в процессе выполнения капитальных масштабных работ - строительство крупных осушительных коллекторно-сбросных сетей, так и в процессе их эксплуа-

тации, при выполнении технологии возделывания сельскохозяйственных культур в мелиоративных севооборотах [68, 69, 73, 74, 75, 80].

Главным условием при разработке АЗОС должно быть обеспечение требуемого качества работ при минимальных материальных и финансовых затратах. Для выполнения мелиоративных работ применяют специальные мелиоративные, общестроительные и сельскохозяйственные машины. Поэтому в программе сформирован виртуальный парк основных машин и мелиоративной техники для комплексных мероприятий на переувлажняемых сельскохозяйственных землях.

Конечным результатом разработанной компьютерной программы является технологическая карта (рисунок 3.12) с указанием на ней технологических операций, основных агротехнических требований и сельскохозяйственных агрегатов для их выполнения.

№ п/п	Наименование сельскохозяйственных работ	Основы и агротехнические требования	Объем работ (га, т или тыс. растений)	Агротехнический срок				Качество осы за сутки	Состав агрегата				Кол-во обслуживающего персонала	
				плановый	количество рабочих дней	агротехнический срок работ	Продолжительность работы, время, сут. ч.		трактор	моторсельскохозяйственной машины	моторсамоходной машины	количество человек в бригаде	механизаторов	вспомогательных рабочих
1.1	Устройство каналов открытого типа	глубина до 0,60 м	200,0	м куб	3	2	7	1	ДТ-75М	МК-23	-	1	1	-
1.2	Устройство кротовых дрен	глубина заповени и до 0,40-0,5 м	9,0	км	3	1	7	1	ДТ-75М	КН-1М	-	1	1	-
1.3	Глубокое рыльцевое почвы	до 0,60 м	100,0	га	5	5	14	2	ДТ-75М	ПГ-2С	-	1	1	-
1.4	Безопыльная (капельная)	2,20-0,22 м	100,0	га	6	3	14	2	ДТ-75М	ПЧН-3,2	-	1	1	-
1.5	Поверхностная почвы	до 0,12 м	100,0	га	4	1	14	2	Т-150К	БДТ-7	-	1	1	-
1.6	Предопыльная (культивация)	до 0,12 м	100,0	га	5	2	14	2	МТЗ-80	КСО-6	-	1	1	-
1.7	Посев	0,05-0,06 м	100,0	га	3	1	14	2	ДТ-75М	СЗ-3,6	С-11У	3	1	3
1.8	Приматывание семян	100,0	га	4	4	4	14	2	МТЗ-80	КПФ-2	-	1	1	-

Рисунок 3.12 – Фрагмент технологической карты обработки поля адаптированным комплексом технологических операций

На технологической карте выводятся критерии экологической и экономической целесообразности проведения технологических операций.

Карта показывает необходимые ресурсы по выполнению каждой технологической операции, такие как объем работ и агротехнический срок их выполнения, продолжительность рабочего времени, затраты труда, энергоемкость, металлоемкость, а также другие характеристики выполняемых операций, которые позволяют специалистам АПК выполнять анализ агромероприятий для повышения агроресурсного потенциала сельскохозяйственных земель.

После выполнения комплекса мероприятий по охране агроландшафта от подтопления и переувлажнения выполняется оценка экологической и экономической целесообразности технологических работ по двум показателям эффективности:

1). Экологический показатель устанавливает, снижение антропогенной нагрузки на почву в результате оптимизации технологических операций проводимых на поле, восстановление деградированных и выведенных из севооборотов сельскохозяйственных земель - улучшение МСП.

2). Экономический показатель показывает снижение себестоимости продукции, получение дополнительной прибыли от увеличения урожайности и посевных площадей за счет введения восстановленных сельскохозяйственных земель, снижение расходов на амортизационные отчисления, заработную плату рабочим, ГСМ.

Экологические и экономические критерии оценки комплексных мероприятий и схем обработки сельскохозяйственных земель позволяют пользователям-аграриям делать вывод о целесообразности применения адаптированных технологий для получе-

ния конкурентных и высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Разработанная методика по охране агроландшафтов является адаптированной для различных природных и антропогенных условий, её можно применять в различных направлениях хозяйственной деятельности агропромышленного комплекса. Данная методика является универсальной.

### **3.2 АЗОС охраны агроландшафтов степных рек**

В основе структуры АЗОС лежит разработка мероприятий по охране агроландшафтов и комплекса мелиоративных работ в бассейне реки.

Мероприятия разрабатываются на основе результатов мониторинга бассейна. Он включает комплекс работ, направленных на изучение и анализ поверхностного стока, формируемого ландшафтом водосбора, инфраструктуры территории, агоресурсов, динамики УГВ, морфологии водоприемника и качества водных ресурсов.

Наиболее существенным компонентом в управлении АЗОС является мониторинг УГВ. Изменение ландшафта под действием УГВ представлено на рисунке 3.12.

Для предупреждения деградации от подтопления разработана АЗОС для бассейна реки в составе адаптированной ЗОС сельскохозяйственного мелиоративного комплекса, в основе которого лежит предупреждение и охрана агроландшафтов от деградации, а так же комплекс адаптированных технологий для повышения МСП и сохранения АРП.



Рисунок 3.12 - Изменение ландшафта под действием УГВ

Структура АЗОС бассейна реки для охраны агроландшафтов от подтопления и переувлажнения приведена на рисунке 3.13.

Хозяйственная деятельность на водосборах бассейна снижает устойчивость развития экосистемы, биоты. Это приводит к деградации почвенного покрова, загрязнению и заилению водных источников, уменьшению воспроизводства почвенного плодородия.

Используя структурную схему АЗОС бассейна реки для охраны агроландшафтов от подтопления и переувлажнения, выполнены исследования и разработаны мероприятия для охраны ландшафтов от подтопления и переувлажнения.



Рисунок 3.13 – Структура АЗОС бассейна реки для охраны агроландшафтов от подтопления и переувлажнения

### 3.2.1 Исследование морфологии русел рек и прибрежных ландшафтов

Исследованиями [22, 30, 33, 36, 76] установлено, что причинами деградации русел рек являются: зарегулирование стока; замедление скоростей потока; подпор уровня; увеличение гидравлических сопротивлений; обмеление русла; повышение температуры воды в летний период до 35 – 40 °С; распашка ландшафтов до уреза воды.



Деградация степных рек Кубани привела к уменьшению пропускной способности русел и балок (притоков). Это обусловило снижение дренированности территорий, подтопление прибрежных агроландшафтов, что повлекло за собой снижение АРП агроландшафтов.

Смыв мелкозема за счет распашки прибрежных ландшафтов дает дополнительный сток наносов в водотоки. Интенсивное отложение остатков высшей и низшей водной растительности на дне обуславливает обмеление русла. Русла водотоков не пропускают паводковые расходы весной и летние дождевые паводки, прилегающие агроландшафты, подтапливаются и переувлажняются.

Общее гидрологическое и морфологическое состояние русел степных рек и балок Кубани можно оценить, как «экологическая катастрофа». Русла рек практически полностью перестают быть гидравлическими водотоками. Антропогенное вмешательство обусловило современное состояние агроландшафтов в бассейнах степных рек и балок. Необходимо срочно применять природоохранные меры для сохранения водных ресурсов степных рек Кубани.

Данную тенденция прослеживается на примере р. Средняя Челбаска и б. Водяная (рисунок 3.14).

Аналогичная ситуация наблюдается в бассейнах степных рек Понура, Кирпили, Бейсуг и других бассейнах рек Краснодарского края [30, 36, 76].

Исследования береговых агроландшафтов были выполнены на примере бассейнов р. Челбас (площадь водосбора 57,60 тыс. км<sup>2</sup>) и р. Ея (площадь водосбора 8,65 тыс. км<sup>2</sup>), которые относятся к степной части Краснодарского края и занимают общую площадь 66,25 тыс. км<sup>2</sup>.

Разработка адаптированных земельно-охранных систем по восстановлению пропускной способности степных рек является

актуальной проблемой, решение которой обеспечит условия для устойчивого развития территорий и повышение АРП агроландшафтов. *Цель исследований* – разработать АЗОС бассейна реки для охраны агроландшафтов от подтопления и переувлажнения путем обоснования мероприятий по восстановлению естественной формы русел и прибрежных ландшафтов для повышения водности степных рек.



Рисунок 3.14 – Современное состояние агроландшафтов в бассейне р. Средняя Челбаска и б. Водяная (2012г.)

Участки русел рек практически полностью покрыты тростниковой растительностью, полностью деградировали (рисунок 3.15).

Для этого была изучена морфология степных рек для обоснования способов восстановления русел степных рек; выполнено исследование химического состава донных отложений и по дальнейшему использованию, водно-физических свойств почвогрунтов для рекультивации береговых ландшафтов.

На основе выполненных исследований разработана АЗОС бассейна реки, включая мероприятия для охраны агроландшафтов от подтопления и переувлажнения.

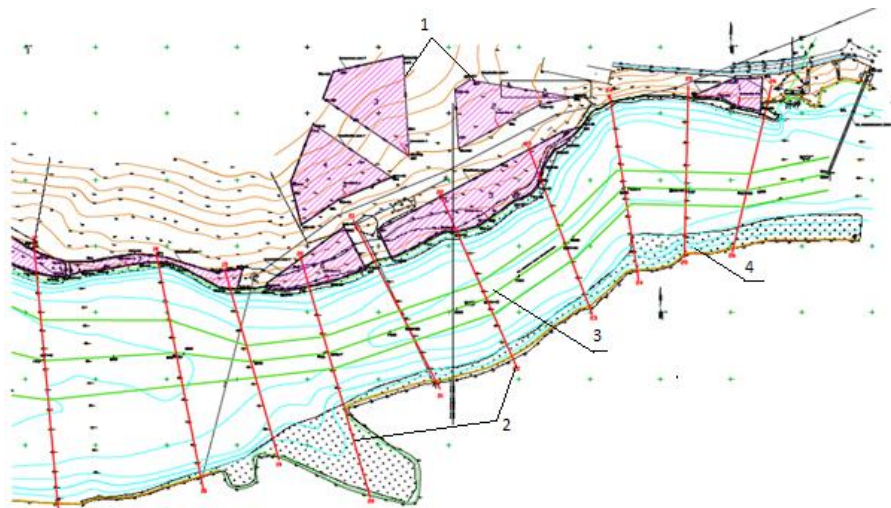


Рисунок 3.15 – Современное состояние береговых ландшафтов

### **3.2.2 Методика исследований**

Исследования выполнялись с 2010 по 2013 гг. в бассейнах р. Челбас, р. Ея и на их притоках: р. Средняя Челбаска, б. Водяная и р. Сосыка. Они были направлены на изучение естественной формы русел, влияния адаптированных технологий на водность восстановленного участка реки, оросительную способность источника орошения, устойчивость береговых агроландшафтов.

Схема исследований участков русел рек представлена на рисунках 3.16 и 3.17. Исследования выполнялись на р. Сосыка в районе ст. Павловской и р. Ср. Челбаска – ст. Челбасской. Выбор схемы исследований определяла морфология участка русла.



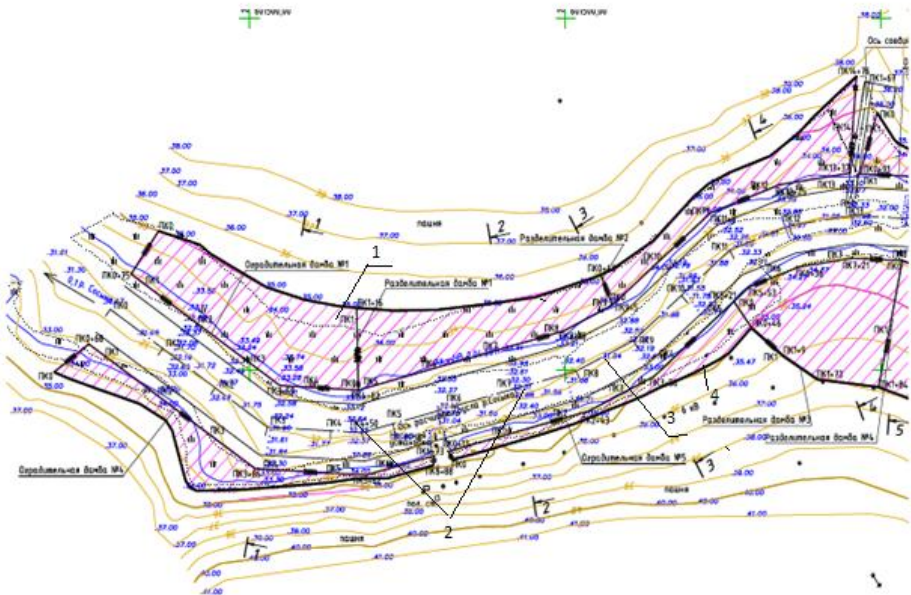
1 – гидроотвалы; 2 – поперечники; 3 – фарватер; 4 – береговые ландшафты

Рисунок 3.16 – Схема исследований участка  
р. Средняя Челбаска (бассейн р. Челбас)

Для исследования морфологии рек проводилось маршрутное обследование ландшафтов. Оценивался рельеф участков, растительность, распаханность, близость населенных пунктов.

Выбирались участки реки длиной от 2,5 до 3,5 км, характерные возможностью использования воды для орошения. Всего было выбрано 4 участка общей длиной 12,4 км. На участках, в зависимости от морфологии русла, через 100 – 300 м разбивались поперечники, на которых по створам определялась мощность иловых отложений, рельеф берегового ландшафта и дна, скорости потока.

Точки отбора проб располагались по фарватеру, левому и правому берегам рек. Расстояния между промерами по поперечнику реки было принято через 20 м. В них в трехкратной повторности отбирались пробы на химический анализ донных отложений.



1 – гидроотвалы; 2 – поперечники; 3 – фарватер; 4 – береговые ландшафты  
 Рисунок 3.17 – Схема исследований р. Сосыка (бассейн р. Ея)

Исследование образцов ила, почво-грунта, воды проводилось в аккредитованных химических лабораториях: ООО «РосИнтеКо», г. Краснодар (Свидетельство об оценке состояния измерений № 05.18.2679/00026) Рег. № 2950 и центр «Научный экологический центр» НИИ прикладной и экспериментальной экологии ФГБОУ ВПО «КубГАУ» (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.21 АЮ62).

Состояние окружающей среды оценивалось в соответствии с нормативными документами: "Почвы и донные отложения" - ГОСТ 17.4.3.01-83, ГОСТ 17.4.4.02-84 и ГОСТ 28168-89; "Подземные и поверхностные воды" – ГОСТ 17.1.5.05-85, ГОСТ 17.1.5.04-8, ГОСТ 4979-49, ГОСТ 24481-80.

Для агрохимической оценки почв береговых агроландшафтов отбирались пробы из шурфов по горизонтам  $0,1 \div 0,2$  м,  $0,2 \div 0,5$

м, 0,5÷1,0 м, и 1,0÷2,5 м. Мониторинг подземных вод проводился с использованием заложённых скважин.

Маршрутное обследование проводилось для оценки общего экологического состояния окружающей среды. Оно включало:

- выявление возможных источников загрязнения почвы, подстилающих пород, поверхностных и подземных вод;
- установление возможных путей миграции и участков концентрации загрязняющих веществ;
- выделение характерных морфологических форм ландшафтов (рельеф, тип почв, гидрография, растительный и животный мир, выклинивание ключей на поверхность, подтопление и заболачивание, лесистость);
- выявление техногенной нагрузки на береговой ландшафт (примыкание к водотоку населённых пунктов, ферм, прудов рыборазведения, участков орошения).

Проводилась оценка загрязнения полей орошения очищенными стоками заводов по переработке сельскохозяйственной продукции. Загрязнение почвы ЗПО химическими веществами определялось по нефтепродуктам, фенолам и тяжелым металлам (*Ni, Cu, Zn, Pb, Cd, As*).

Степень загрязнения почво-грунтов нефтью и нефтепродуктами рассчитывалась по рекомендации Кларка.

Содержание фенолов в почве сравнивалось с допустимой концентрацией – 1,0 мг/кг.

Содержание тяжелых металлов в почво-грунтах измерялось рентгенофлуорисцентным методом. Их концентрации сравнивались с допустимыми для глинистых и суглинистых типов почв со средой, близкой к нейтральной, в соответствии с ГН 2.1.7.2511-09.

Химическое загрязнение почво-грунтов оценивалось по суммарному показателю химического загрязнения, являющемуся индикатором неблагоприятного воздействия на здоровье населе-

ния. Суммарный показатель химического загрязнения характеризует степень химического загрязнения почв и грунтов обследуемой территории вредными веществами различных классов опасности и определяется суммарной концентрацией отдельных компонентов.

Восстановление береговой линии агроландшафтов предложено выполнять с помощью пульпочеков из донных отложений с дальнейшей их рекультивацией. По осевым линиям участков расчистки под пульпочки бурились геологические скважины глубиной 3,0 – 5,0 м и определялось геологическое строение берегового ландшафта с целью размещения гидроотвалов и восстановления береговой линии.

На планируемых под пульпочки участках по створам закладывались почвенные разрезы, где отбирались пробы почв для агрохимических исследований.

Исследования проб почвы береговых ландшафтов, иловых отложений выполнялись стандартными методами. В соответствии с ГОСТ в таблице 3.1 представлены виды и методы исследований для обоснования АЗОС.

Количество проб зависело от степени детальности, необходимой достоверности и объема работ на участках исследований.

Для оценки возможности использования поверхностных вод для орошения и разбавления сточных вод выполнялся расчет индекса загрязненности вод (приказ комитета РФ по рыболовству от 18 января 2010 г. N 20).

Динамика и характер подтопления или иссушения исследовались с помощью наблюдательных скважин. Скважины закладывались в центре понижения, где исследовался процесс подтопления почвы, на склонах – переувлажнения и на возвышенных местах – иссушения почвы.

По профилю почвы исследовались плотность, пористость, наименьшая влагоемкость (НВ), усадка и набухаемость почвы.

Исследования на реках и балках выполнялись в зимний период по ледоставу, на береговых ландшафтах осенью. Проводились отборы проб почво-грунтов на глубину до 2,0 м. Образцы почвы для определения влажности брали по слоям: 0,10÷0,15 м, 0,35÷0,40 м, 0,55÷0,60 м, 0,75÷0,80 м, 1,00÷1,05 м, 1,45 ÷1,50 м и 1,95÷2,00 м в трех кратной повторности через 14 – 16 суток.

**Таблица 3.1 – Виды и методы исследований**

№ п/п	Состав исследований донных отложений русла и почво-грунтов береговых ландшафтов	Примечание
1	Гранулометрический состав с пирофосфатной подготовкой	Для горизонта 0–0,2м.
2	Стандартный анализ проб поверхностных вод	Для определения индекса загрязнения поверхностных вод
3	Поглощённые основания	Са и Mg по Тюрину, Na в модификации ЦИНАО
5	Содержание гумуса	по Тюрину
6	рН водной суспензии	Потенциометрическим методом
7	Азот гидролизуемый по Тюрину-Кононовой	Макроэлементы определялись для оценки МСП
8	Фосфор подвижный по Мачигину	
9	Калий подвижный по Мачигину	
10	Азот валовой	Метод кислотного разложения
11	Фосфор валовой	
12	Калий валовой	
13	Тяжёлые металлы	Метод ААС



Исследования подтопления и переувлажнения почво-грунтов проводились в вегетационный период. Влажность почвы определялась термостатно-весовым методом (ГОСТ 5180-84).

Зависимость распространения влаги в почве от источника увлажнения для натуральных условий в слое  $A_0$  проверялась на достоверность по критерию Кохрена и сравнивалась с натуральными данными.

Для оценки динамики запасов влаги необходимо иметь информацию о процессе перемещения влаги в слоях почво-грунта во время вегетации растений. Полевые исследования проводились для каждого слоя последовательно от глубины  $0,10 \div 0,15$  м до  $1,95 \div 2,00$  м. Обработка данных измерения влажности выполнялась с использованием метода наименьших квадратов. В результате были получены уравнения для определения влажности в точках профиля почво-грунта.

На береговых ландшафтах бурились скважины на глубину 2,5 м (по 3 скважины на 1 км берега реки), в которых отбирались образцы почво-грунта по слоям. В скважинах отслеживался уровень и химический состав грунтовых вод. Анализы химического состава поверхностных и грунтовых вод проводились в аттестованной химической лаборатории по стандартным методикам.

### **3.2.3 Морфологические и гидрологические исследования степных рек и балок**

Исследованиями установлено, что в руслах рек и балках накапливаются наносы, которые снижают пропускную способность, уменьшая объемы запасов воды в степных реках [22, 30, 33]. В реках создаются гидравлические подпоры, обуславливая подъем УГВ на агроландшафтах, расположенных за сотни и тысячи метров от рек и балок. На поверхностях полей образуются водяные «блюдца»

[35, 45, 81, 88]. Исследования показали, что блюдца занимают 10 – 40 % площади поля [62, 63].

На степных реках и их притоках (Ея, Сосыка, Челбас, Средний Челбас, балка Водяная, Кирпили) поперечные сечения русел стеснены от 30 до 80 % иловыми отложениями [27, 36]. Результаты исследований по обследованию донных отложений р. Сосыка приведены на рисунках 3.18 – 3.19.

Установлено, что естественная правая и левая береговая линия ландшафта деформирована в основном за счет распашки береговой линии.

Илистые отложений занимают значительную площадь поперечного сечения русла р. Сосыка. При подъеме уровня в реке происходит подтопление агроландшафтов, при понижении уровня мелкозем вместе с водой инфильтруется в нижние слои почвы, вызывая кольматацию почво-грунта.

Для восстановления пропускной способности расходов реки необходим комплекс мероприятий: расчистка русла от иловых отложений до естественного (исторического) дна; увеличение глубины воды в реке до 2 – 3 м; увеличение проточности русла путем восстановления ключей и пропускной способности трубчатых переездов на плотинах, перегораживающих реки.

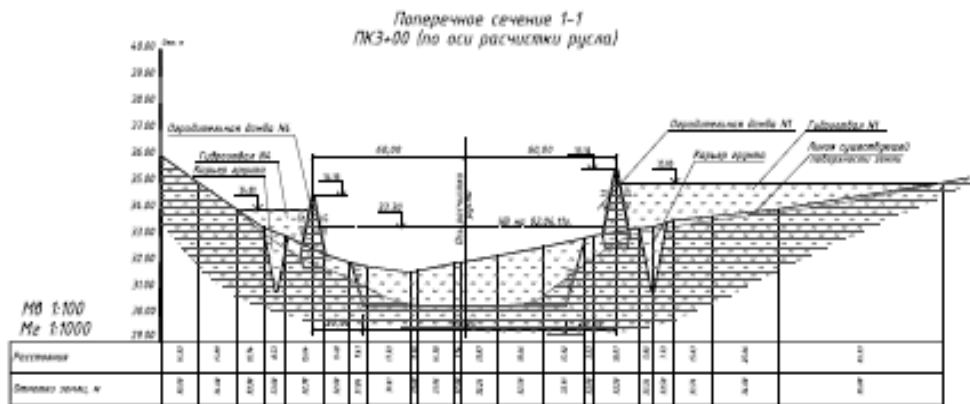


Рисунок 3.18 – Поперечное сечение 1-1 русла р. Сосыка

Сопоставление результатов исследования по современной морфологии русла показывают, что русло р. Сосыка полностью деградировано. Это подтверждается результатами исследования, полученными на всех поперечных сечениях русла (например, сечение 2-2, рисунок 3.19).

На всех участках были получены идентичные результаты деградированных поперечных и продольных сечений на р. Сосыка.

Исследования донных отложений на участке между истоком и устьем (в среднем течении реки) показали, что мощность илистых отложений увеличивается от берега к фарватеру.

Установлено, что она по фарватеру достигает 1,1 – 2,2 м. Стеснение русла от донных отложений колеблется от 50 до 80 %.

Гидрологический режим реки нарушен илистыми отложениями. В вегетационный период скорости потока в русле имеют критические значения, меньше заиляющих скоростей потока и не превышают 0,1 м/с.

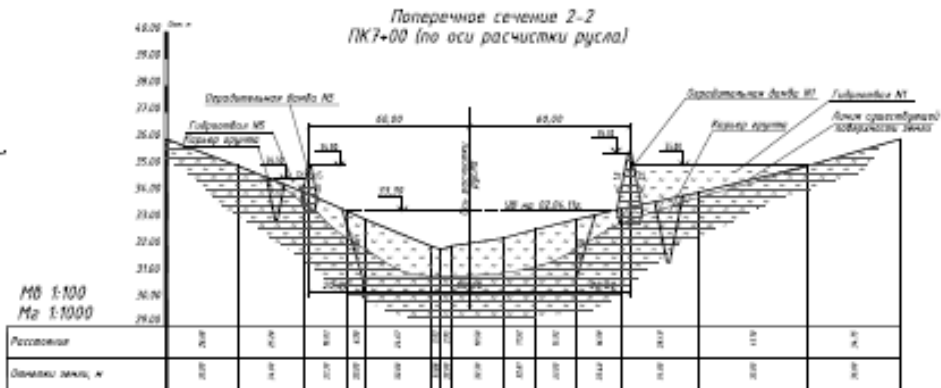


Рисунок 3.19 – Поперечное сечение 2-2 русла р. Соська

Во время паводков 5 % обеспеченности русло реки работает сечением, не превышающим 40 % естественного размера. На подтопление агроландшафтов дополнительное влияние оказывает подпор уровня перегораживающими гидротехническими сооружениями (ГТС), которые не обеспечивают пропуск паводков.

Результаты исследования по донным отложениям приведены на рисунке 3.20 (р. Средняя Челбаска) и на рисунке 3.21 (б. Водяная).

Поперечное сечение 24-24  
ПК25+4 (по оси расчистки русла)

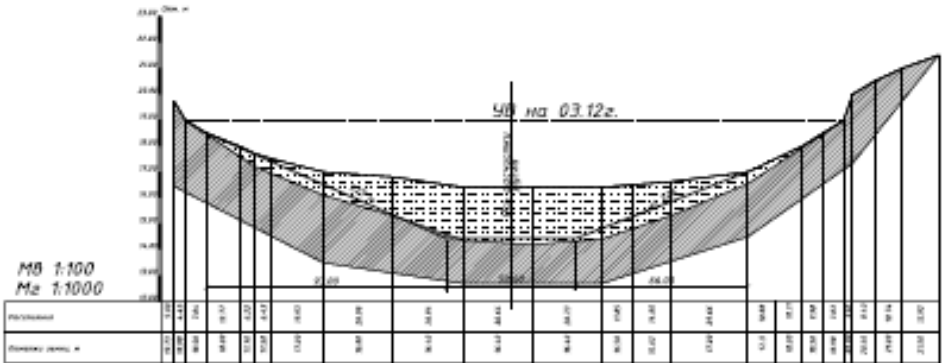


Рисунок 3.20 – Поперечное сечение русла р. Средняя Челбаска

Поперечное сечение 3-3  
ПК5+31 (по оси расчистки русла)

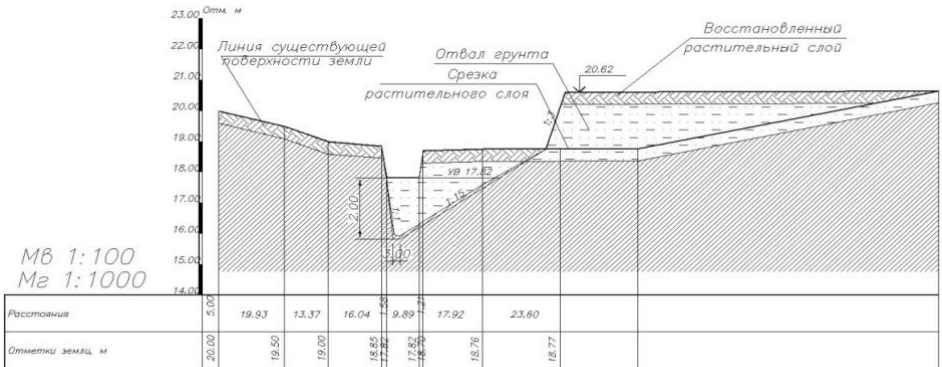


Рисунок 3.21 – Поперечное сечение русла б. Водяная

Из анализа исследований (на примере р. Средняя Челбаска и б. Водяная) установлено, что естественная морфология и гидроло-

гический режим балок, питающих степные реки, полностью нарушены.

Если в реках наблюдается «усеченный» гидрологический режим, то балки, как водные притоки практически перестали существовать. На рисунке 3.22 приведены результаты исследования основного притока р. Средняя Челбаска - б. Водяная.

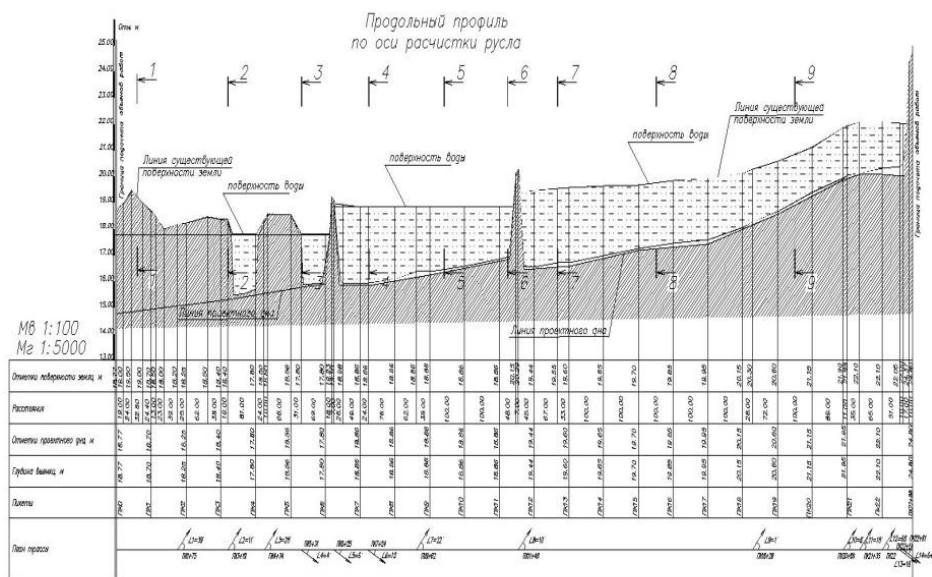


Рисунок 3.22 – Продольный профиль б. Водяная

Результаты исследования показали, что русло б. Водяная полностью перекрыто иловыми отложениями. Балка не обеспечивает поддержание гидрологического режима р. Средняя Челбаска, которая, в свою очередь, обуславливает снижение дренированности бассейна р. Челбас.

Аналогичные исследования были выполнены на балках р. Ея. В них полностью нарушен естественный гидрологический ре-

жим, при паводках вода разливается по деградированным тальвегам балок, подтапливая значительные площади агроландшафтов бассейна реки и населенных пунктов [32, 43, 86].

### **3.2.4 Обоснование мероприятий по расчистке русел от донных отложений для восстановления водности степных рек**

Сток степных рек зависит от подпитки грунтовыми водами (40%) и дождевыми паводками и таянием снега (60 %) [12]. Приток в русла рек грунтовых вод перекрыт донными отложениями. Поверхностный сток из-за стеснения русла обуславливает появление чрезвычайных ситуаций.

Исследованиями установлено, что для повышения проточности русел в первую очередь необходима расчистка их от донных отложений, что приведет к восстановлению ключевого питания рек.

Для обоснования мероприятий по расчистке рек были выполнены исследования на безымянной балке, которая являлась притоком р. Ея.

Выбор балки был обусловлен доступностью проведения полевого опыта и обоснованием инвестиций по применению адаптированных технологий устранения подтопления и снижения переувлажнения примыкающих полей. Это дало возможность восстановления до 40 га пашни в ООО «Кавказ» Крыловского района.

Установлено, что балка была заилена на глубину 2,0 – 2,3 м, поверхностный сток балки подтапливал прибрежные агроландшафты на ширину от 10 до 150 м. Исследования выполнялись в августе месяце, когда на степных реках наблюдается межень. Предварительные исследования на участке длиной 10 м и в 540 м от основного русла р. Ея показали, что при расчистке балки от ила

ниже глубины 1,9 м открылись ключи грунтовой воды, которые интенсивно заполняли объем копани.

Была выполнена расчистка русла балки экскаватором до естественной формы поперечного сечения на участке длиной 60 м. Параметры расчистки балки были приняты: ширина – 5,5 м; глубина - 3,5 м. Разработка грунта в балке проводилась из-под уровня воды из-за притока грунтовых вод. Поступающий грунтовый сток удалялся из балки дренажным насосом.

В результате восстановления естественной береговой линии после полного удаления воды наполнение балки до установившегося уровня произошло за 5 суток. Для установления дебита балки опыт был повторен 3 раза.

Вода, поступившая в балку, использовалась для орошения сельскохозяйственных культур с помощью дождевального аппарата ДДН – 70. Заполнение балки грунтовой водой с каждым разом замедлялось. Среднее время заполнения объема расчистки составило 10,5 суток.

Установлено, что средний дебит притока грунтовой воды к расчищенному руслу балки составил  $110 \text{ м}^3/\text{сут.}$  ( $1,27 \text{ л/с}$ ) или на 1 м длины балки -  $0,021 \text{ л/с / п.м.}$

Данное исследование позволяет прогнозировать гидрологический режим притока ГВ после расчистки русел степных рек северо- восточной части Краснодарского края.

Гидрологические исследования, выполненные на р. Сосыка и р. Ср. Челбаска и балки Водяная позволяют сделать вывод о возможности восстановления водности степных рек. Так прогнозный приток ГВ на участке р. Сосыка на участке длиной 2,7 км после расчистке русла составит в среднем  $4,7 \text{ м}^3/\text{с}$ .

После расчистки балки Водяная (приток р. Челбаска) на длине 1,2 км (параметры расчистки: глубина русла до коренных грунтов – 2,3 м, средняя ширина – 20 м, тип - трапецидальное се-



чение) приток составил 39 л/с. Расход воды измерялся в зимний период в 2012 г с помощью водослива с широким порогом. При пересчете на 1 м длины балки приток ГВ будет составлять 0,0325 л/с/п.м.

Адаптированные технологии по расчистке русел степных рек и балок разработаны в КубГАУ на кафедре гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения. Установлено, что донные отложения рек и балок полностью перекрывают русла в межень. Поэтому, основным мероприятием для восстановления водности рек и балок является расчистка русел от донных отложений и формирование естественной береговой линии с помощью земляных дамб. Земляные дамбы формируются из иловых отложений и минеральных грунтов береговых ландшафтов, а пространство между дамбами - элемент конструкции пульпочек. Пульпочки заполняются иловыми отложениями реки и балки.

Обмеление рек за счет накопления иловых отложений в руслах привело к значительному ухудшению качества воды. В результате реки из рыбопромысловых водоемов (1 категории) превратились в «отстойники», где наступила полнейшая деградация гидробионтов.

Оценку качества воды рек выполняли по индексу загрязненности вод [24]. Расчет индекса загрязненности вод производился по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям (таблица 3.2). В качестве исходных данных для расчета использованы результаты исследования качества воды степных рек в границах исследуемых участков.

**Таблица 3.2 – Усредненные химические показатели качества воды исследуемых степных рек**

№ п/п	Наименование ингредиентов	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>	Средняя концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	Значение в долях ПДК*
1	Азот аммонийный	0,4	<0,50	1,25
2	Хлориды	300	7,52	0,025
3	Фосфат-ионы	0,2	0,10	0,50
4	Сульфаты	100	922,3	9,22
5	Кислород	4	3,20	1,25
6	БПК <sub>5</sub>	4-6	6,40	1,06

\* ПДК - предельно допустимые концентрации, нормативы ПДК

Индекс загрязненности вод ИЗВ = 2,21, который соответствует «умеренно загрязненным» водам 3 класса [24]. Анализ результатов исследований показывает, что вода степных рек загрязняется по мере увеличения объема иловых отложений. Следовательно, для повышения качества воды необходима расчистка русел рек от донных отложений.

Питание степных рек северо - восточной части края носит смешанный характер и обеспечивается в паводковый период поверхностным стоком, в меженный – грунтовым стоком. Наиболее напряженный период жизни реки - межень, когда питание происходит только за счет ГВ. Поэтому расчистка ила по всей длине русла восстановит естественный гидрологический режим рек.

### **3.2.5 Мероприятия по утилизации донных иловых отложений степных рек**

При расчистке русел от иловых отложений встает проблема утилизации иловых отложений, которая усугубляется тем, что бе-

реговая линия полностью деградирована, границы берега сложно восстановить из-за распашки береговых ландшафтов.

Кроме того, в летний период (межень) реки мелеют, пересыхают, наблюдается гниение водной растительности, воздух насыщается продуктами распада водорослей. Русло реки и прибрежные ландшафты деградируют, экология окружающей среды вдоль рек ухудшается, снижается социальный статус территории.

В настоящее время дно степных рек поднялось на 2,0 – 2,5 м из – за донных отложений, поэтому при прохождении паводков по рекам происходит затопление сельскохозяйственных земель и населенных пунктов. В результате затопления территории несут значительные убытки, связанные с потерей урожая и подтоплением населенных пунктов [40].

Как показал анализ объемов донных отложений в руслах исследованных водотоков, наиболее целесообразным является размещение ила по берегам рек. Это позволяет решать ряд стратегических задач развития территорий северо-восточной части Краснодарского края:

- размещение гидроотвалов вдоль берегов обеспечит восстановление естественной береговой линии по урезу нормального подпорного уровня;

- сформированные берега позволят защитить прибрежные ландшафты от затопления и подтопления;

- на восстановленных ландшафтах формируется водоохранная зона, которая может быть использована в качестве рекреаций, зон отдыха;

- восстановленная водность степных рек позволит решать задачи по развитию агроландшафтов путем обводнения и орошения сельскохозяйственных культур, восстановить водоемы до рыбохозяйственного значения.

Для решения проблемы утилизации донных отложений необходимо иметь данные по химическому составу ила.

Исследования проводились на береговых ландшафтах степных рек Сосыка, Ср. Челбаска, б. Водяная общей длиной 12,4 км. Для обоснования объемов гидроотвалов были выполнены морфологические исследования по толщине донных отложений. Качественный состав ила оценивался агрохимическими исследованиями. Качество отложений оценивалось по химическому анализу отборов проб в буровых колонках. Было пробурено 9 скважин глубиной 3,0 - 5,0 м до материнских пород.

Была выполнена оценка почв для рекультивации земель под гидроотвалами по модели рисков [40]. Используя модель рисков и систему экологической безопасности агроландшафтов, обоснованы индикаторы риска рекультивации земель береговых ландшафтов, с помощью которых можно оценить состояние АРП ландшафта. Для ландшафтов р. Ср. Челбаска установлено, что почвы представлены обыкновенными (карбонатными) черноземами, которые сформированы на тяжелых лессовидных суглинках и бурых глинах. Характеризуются относительно тяжелым механическим составом. Карбонатные черноземы в пахотном слое содержат большое количество углесолей (0,7 – 2,0%), с глубиной их количество повышается.

По содержанию гумуса почвы участка относятся к слабогумусным, с содержанием гумуса в пахотном слое 0 - 20 см до 4,0%. Реакция почвенного раствора слабощелочная, рН солевой вытяжки – 7,1.

Содержание общего азота - 0,22 – 0,26%, содержание валового фосфора - 0,17 – 0,19%, содержание валового калия 1,8 – 2,0%. Плотность почвы в пахотном горизонте составляет 1,2 – 1,3 г/см<sup>3</sup>, плотность твердой фазы почвы - 2,6 – 2,8 г/см<sup>3</sup>, порозность 42 – 52 %, наименьшая влагоемкость 28 – 31%.

Исследованиями установлено, что уровень грунтовых вод (в среднем 0,4 м) на участках тесно связан с уровнем воды реки Средняя Челбаска и балки Водяной. Грунты переувлажнены, слабопроницаемые, коэффициент фильтрации не превышает 0,1 м/сутки. Почво-грунты не обладают просадочными свойствами, ненабухающие.

Выполнены исследования по химическому составу грунтовых вод береговых ландшафтов. Результаты исследований химического состава ГВ береговых ландшафтов приведены в таблице 3.3.

**Таблица 3.3 - Химический состав ГВ береговых ландшафтов**

Гидрокарбонаты, мг/л	<i>pH</i>	Магний $Mg^{++}$ , мг/л, мг-экв.	Едкие щелочи $Na^+ + K^+$ , мг/л, мг-экв.	Общее содержание солей, мг/л	Жесткость воды, мг-моль, %	Сульфаты, $SO_4^{2-}$ , мг/л, мг-экв.	Хлор $Cl^-$ , мг/л, мг-экв.	Кф, м/сут
58	7,1	98,5	558,1	3202,0	26,0	922,3	7,5	<0,1
		8,10	22,32		-	19,19	0,21	

Из анализа проб установлено, что ландшафты имеют низкое плодородие, нуждаются в восстановлении АРП и повышении МСП. Ландшафты имеют низкий коэффициент фильтрации, требуют осушения и восстановления поверхности почвы до естественных отметок.

Исследования показывают, что необходимо выполнять рекультивацию береговых ландшафтов путем создания устойчивой к эрозии береговой линии степных рек и балок. Наиболее рациональным и эффективным методом является восстановление бере-

говых ландшафтов с помощью гидроотвалов из донных иловых отложений, появившихся в результате перемещения эродированной почвы поверхностным стоком на дно степных рек.

Предложен инновационный способ восстановления береговых линий и гидроотвалов путем устройства гибких наливных дамб из современных материалов (геотекстиль, геомембраны [58]). Гибкие наливные дамбы укладываются по естественной береговой линии и заполняются иловыми отложениями из дна реки земснарядом.

Материал дамбы имеют перфорацию, через которую вода из дамбы фильтруется обратно в реку. Данный способ имеет преимущество перед способами возведения оградительных дамб экскаваторами, так как может быть устроен в труднодоступных местах водотоков.

По материалам полевых исследований установлены индикаторы рисков для современного берегового ландшафта в слое почвы 0 – 0,2 м.

- 1). Содержание почвенных агрегатов -  $I_1 = 2$ .
- 2). Обеспеченность подвижным калием -  $I_2 = 2$ .
- 3). Обеспеченность подвижным фосфором -  $I_3 = 2$ .
- 4). Обеспеченность гидролизуемым азотом -  $I_4 = 2$ .
- 5). Содержание гумуса -  $I_5 = 4$ .
- 6). Кислотно-щелочной баланс ( $pH$ ) -  $I_6 = 1$ .
- 7). Степень засоления почвы -  $I_7 = 2$
- 8). Уровень грунтовых вод на участке агроландшафта -  $I_8 = 4$

Интегральный безразмерный индикатор рисков по ресурсной модели [40] составил:  $I_{АПП} = 2,50$ , превышающий критический индикатор рисков. Это означает, что береговые ландшафты трансформируются, необходимы мероприятия по охране земель береговых ландшафтов от деградации.

Для рекультивации и охраны береговых ландшафтов необходимо разработать АЗОС восстановления русел степных рек и балок.

## ВЫВОДЫ

1. Разработана компьютерная программа, в основу которой положен комплекс мероприятий по охране агроландшафтов от деградации. Программа включает индикаторы экологической безопасности почвы, шкалу мелиоративного состояния почвы агроландшафта. Конечным результатом компьютерной программы является технологическая карта (рисунок 3.12) с указанием на ней всех технологических операций, основных агротехнических требований и набор сельскохозяйственных агрегатов для их выполнения. Приведены объемы работ и агротехнический срок их выполнения, продолжительность рабочего времени, затраты труда, энергоемкость, металлоемкость, и другие характеристики выполняемых операций.

2. Разработана структурная схема АЗОС для охраны ландшафтов бассейна реки от затопления и подтопления, которая является основой для выбора комплекса выполнения мелиоративных работ по повышению агроресурсного потенциала в системе СМК. Основными элементами системы являются ландшафты бассейнов рек, водосборов, где формируется поверхностный сток, морфология русел рек для пропуска паводков.

3. Установлено, что береговые ландшафты степных рек северо-западной части Краснодарского края деградированы под действием хозяйственной деятельности. Береговая линия практически нарушена. Интегральный безразмерный индикатор рисков по модели [40] превышает критический индикатор стабильности исследуемых ландшафтов и равен  $I_{APII} = 2,50$ . Необходим комплекс мероприятий по охране береговых ландшафтов. Одно из основных

мероприятий по восстановлению водности рек – расчистка русел от ила.

4. Для ландшафтов р. Ср. Челбаска, р. Сосыка и р. Ея установлено, что питание рек носит смешанный характер и обеспечивается в паводковый период поверхностным стоком, а в меженный – грунтовым стоком. Наиболее напряженный период жизни реки – межень, когда питание происходит только за счет ГВ. Поэтому, восстановление ключей *путем расчистки ила по всей длине русла рек* восстановит естественный гидрологический режим рек.

5. Анализ выполненных исследований по водообеспеченности степных рек в меженный период, показывает, что водность рек можно восстановить практически до естественного режима путем расчистки русел степных рек Северо-Восточной части Краснодарского края. Данное исследование позволяет прогнозировать гидрологический режим стока ГВ после расчистки русел.

6. Индекс загрязненности воды исследованных составляет в среднем рек ИЗВ = 2,18, который соответствует «умеренно загрязненным» водам 3 класса. Вода степных рек загрязняется по мере увеличения объема иловых отложений. Необходима расчистка русла рек от донных отложений.

7. Результаты исследований по донным отложениям на характерных участках русел степных рек между истоком и устьем (в среднем течении реки) показали, что толщина илистых отложений увеличивается от берега к фарватеру. Установлено, что толщина илистых отложений по фарватеру достигает 1,1 – 2,2 м. Стеснение русла от донных отложений колеблется от 50 до 80 %. Поэтому основным мероприятием для восстановления водности рек является расчистка от донных отложений и формирование естественной береговой линии русла с помощью дамб, которые являются элементом конструкции пульпочек.



## 4 МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ АЛГОРИТМА ОХРАНЫ АГРОЛАНДШАФТОВ ОТ ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ

### 4.1 Методика определения степени переувлажнения агроландшафтов по модели рисков

Для вычисления рисков использования агроландшафтов при выращивании сельскохозяйственных культур на территориях, подверженных подтоплению и переувлажнению, использовали модель рисков, разработанную в КубГАУ [34, 40], в которой используются безразмерные индикаторы риска.

Современные исследования в области природообустройства определяют критерии безопасности эксплуатации объектов мелиорации. Для оценки качества воды применяются индексы загрязненности вод, ирригационные коэффициенты. Загрязнение почвы учитывается по концентрациям или комплексом вредных веществ в почвенном поглощающем комплексе, плодородие почвы оценивается по критериям экологической деградации. На практике имеется достаточное количество эффективных критериев, которые определяют состояние объекта по одному или нескольким параметрам. Можно считать, что изменение каждого параметра определяет локальный риск.

Для оценки рисков разработана модель рисков [34]. Она представлена в безразмерной интегральной форме и показывает общее состояние системы по агресурсному состоянию агроландшафта:

$$I_{API} = \frac{\sum_1^n I_i}{\sum_n} \leq I_{KP}, \quad (4.1)$$

где  $I_{API}$  - интегральный индикатор рисков (модель риска);

$I_{KP}$ , – критический индикатор риска;

$I_i$  – безразмерный индикатор  $i$  риска системы;

$n$  – количество индикаторов, которые оказывают *существенное* влияние на систему.

В основе модели рисков лежит опыт исследований по экологической безопасности ландшафта с ограничениями параметров по безразмерным индикаторам [34]. Количество индикаторов риска в модели [40] можно приниматься без ограничения. Однако общее количество индикаторов должно быть необходимым и достаточным для решения поставленной целевой функции.

Суммарное количество отдельных «обоснованных» рисков определяет *«эталонный» интегральный индикатор*.

Для интегральной оценки МСП разработана методика, по которой можно оценить состояние агроресурсного потенциала (АРП) агроландшафта. За эталонный индикатор принимается показатель риска, отвечающий оценке «хорошо». Мониторинг позволяет получать количественные показатели агроландшафта. Показатели подлежат экспертизе, которая назначает необходимое и достаточное количество индикаторов для данного типа агроландшафта. Количество показателей может быть увеличено или уменьшено в зависимости от поставленной цели использования агроландшафта.

Риски выстраиваются по ранжиру, каждому риску присваивается номер. Под действием природных и антропогенных факторов происходит изменение УГВ,  $pH$ , макроэлементов, гумуса, солевого и водно-воздушного режима и др., все эти изменения в почве агроландшафта – локальные риски, а выстроенные по ранжиру риски – это внутрисистемные риски.

Оценка риска выполняется безразмерными индикаторами. Безразмерный индикатор каждого показателя имеет ограничения по рискам. Мелиоративное состояние почвы агроландшафта при оценке «хорошо» определяется индикатором риска – 1, «удовлетворительно» - 2, «неудовлетворительно» - 3 и «бедствие» - 4. Следовательно, для каждого показателя установлен числовой индикатор, который изменяется от 1 до 4. Например, при 6 показателях рисков эталонным интегральным индикатором агроландшафта

является суммарный индикатор 6, при этом все учтенные «эталонные» индикаторы будут равны 1.

Риски определяют устойчивость системы сельскохозяйственного мелиоративного комплекса (СМК): исходный агроландшафт – адаптированная технология – конкурентный урожай – новое состояние агроландшафта [39].

Следовательно, методика позволяет по ограничению показателей планировать внутрисистемные риски возделывания сельскохозяйственных культур, разрабатывать комплексы мероприятий для охраны АРП агроландшафта от переувлажнения и подтопления путем управления рисками в системе СМК.

Необоснованные риски при управлении мелиоративными технологиями могут приводить систему к дисбалансу на уровне «агроландшафт – технология» [39].

В модели рисков безразмерный индикатор риска  $I_i$  определяется по формуле:

$$I_i = I_{\text{ШКАЛ}} / I_{\text{ГРАН}} , \quad (4.2)$$

где  $I_{\text{ШКАЛ}}$  – исследуемый индикатор риска, находящийся в диапазоне от 1 до 4 (принимается по шкале рисков переувлажнения агроландшафта);

$I_{\text{ГРАН}}$  – эталонный индикатор риска ограниченный по соответствующему параметру (для МСП – хорошо, индикатор  $I_{\text{ГРАН}} = 1,0$ ).

По шкале рисков индикатор соответствующий МСП – «хорошо» должен быть в диапазоне  $1,0 < I_{\text{РИСК}} \leq 1,5$ . При  $I_{\text{РИСК}} > 1,5$  система переходит в неустойчивое состояние. Интегральный индикатор рисков  $I_{\text{АРП}}$  для «эталонного» состояния агроландшафта равен 1,0.

Для агроландшафта, который может переувлажняться от воздействия природных и антропогенных факторов, разработаны локальные риски. Локальные риски в системе СМК определяются безразмерными индикаторами, которые по значимости располагаются в следующем порядке:

- 1). Индикатор уровня грунтовых вод -  $I_1$ .
- 2). Индикатор водно-воздушного состояния почво - грунта -  $I_2$ .
- 3). Индикатор площади подтопления агроландшафта -  $I_3$ .
- 4). Индикатор кислотно - щелочного баланса ( $pH$ ) –  $I_4$ .
- 5). Индикатор минерализации грунтовых вод –  $I_5$ .
- 6). Интегральный безразмерный индикатор, который определяет внутрисистемный риск  $I_{APL}$ .

Модель рисков позволяет оценить использование агроландшафта для выращивания сельскохозяйственных культур в условиях подтопления (переувлажнения) в зависимости от природных факторов в данном регионе.

Для определения степени переувлажнения агроландшафтов вследствие избыточного выпадения осадков или подъема УГВ необходимо учитывать основные индикаторы состояния почвогрунта.

*Первый индикатор* – индикатор подтопления сельскохозяйственных земель в зависимости от положения уровня грунтовых вод относительно поверхности агроландшафта:

$$I_1 = \frac{h}{H_{opt}}, \quad (4.3)$$

где  $I_1$  – индикатор уровня грунтовых вод;

$h$  – глубина залегания УГВ на данной площади, м;

$H_{opt}$  – глубина, соответствующая оптимальному УГВ для выращиваемых культур севооборота, м [8].

При  $I_1 = 0$ , УГВ находится на поверхности поля, так как  $h = 0$ . При  $I_1 = 1,0$ ,  $h = H_{opt}$  и УГВ не оказывает существенного влияния на растения, они не угнетаются избытком влаги.

Шкала оценки мелиоративного состояния почвы (МСП) по индикатору положения уровня грунтовых вод:

- 1,0 м – «хорошо»;
- <1,0 – 0,75 м – «удовлетворительно»;

- $<0,75 - 0,50$  м – «неудовлетворительно»;
- $<0,5 - 0,25$  м – «бедствие».

При  $I_1 = 0 - <0,25$  м – происходит затопление поверхности, грунтовая вода поднимается и стоит в понижениях поля. Каждому индикатору по переувлажнению почво – грунта присваивается порядковый номер в возрастающем порядке от 1 до 4. Следовательно, МСП «хорошо» соответствует порядковый номер – 1, МСП «удовлетворительно» – 2 МСП «неудовлетворительно» – 3, бедствие – 4.

Данное ранжирование позволяет определить степень деградации почво-грунтов, применение адаптированных технологий по охране агроландшафтов от переувлажнения, а так же используется для разработки компьютерных программ, управления МСП в зависимости от степени деградации участка.

*Второй индикатор* учитывает заполнение пор грунтовой водой – индикатор водно-воздушного состояния почво – грунта.

Известно, что урожайность сельскохозяйственных культур зависит водно-воздушного состояния почвы, то есть от соотношения объема воды к объему содержания воздуха в порах.

Почва отвечает МСП – «хорошо», когда имеется соотношение воды и воздуха в порах равное 0,5. То есть твердая фаза почвы (минеральная часть) занимает 50%, почвенный воздух – 25% и вода – 25% общего объема. Для обоснования второго индикатора принимаем объем пор за 100 %, который занимает половину общего объема почво-грунта.

Следовательно, индикатор водно-воздушного состояния почво - грунта можно вычислить по зависимости:

$$I_2 = I - \frac{(V_{ж.ф.} - V_{в.ф.})}{V_{пор.}}, \quad (4.4)$$

где  $I_2$  – индикатор водно-воздушного состояния почво – грунта;

$V_{пор.}$  – суммарный объем пор;

$V_{ж.ф.}$  – объем пор, заполненные жидкой фазой;

$V_{в.ф.}$  – объем пор, заполненные почвенным воздухом.

Шкала оценки мелиоративного состояния почвы (МСП) по индикатору водно-воздушного состояния почво – грунта построена по соотношению объема пор заполненного водой к объему воздуха в порах.

При  $V_{ж.ф.} = V_{в.ф.}$  числитель дроби уравнения (4.4) будет равен 0, при этом индикатор равен 1, следовательно, МСП имеет оценку «хорошо». Очевидно, при процессе переувлажнения почвы вода из пор вытесняет воздух. Этот процесс начинается при подъеме УГВ. При уменьшении объема воздуха в порах до 25 % получаем удовлетворительное состояние МСП и т.д. В результате можно получить шкалу для индикатора водно-воздушного состояния почво – грунта, который показывает долю воздуха от объема воды в порах:

- 1,0 – «хорошо»;
- <1,0 – 0,75 – «удовлетворительно»;
- <0,75 – 0,50 – «неудовлетворительно»;
- <0,5 – 0,25 – «бедствие».

При  $I_1 = 0$  – грунтовая вода полностью заполняет поры почво-грунта.

Каждому индикатору присваивается порядковый номер в возрастающем порядке от 1 до 4. Следовательно, МСП «хорошо» соответствует порядковый номер – 1, МСП «удовлетворительно» – 2 МСП «неудовлетворительно» – 3, «бедствие» – 4.

Для снижения переувлажнения почво-грунта в пахотном горизонте необходим комплекс технологических операций: глубокое

рыхление, щелевание, кротование, индикатор стремиться к единице, т.е.  $I_2 \rightarrow 1$ .

*Третий показатель* – индикатор площади подтопления агроландшафта -  $I_3$  учитывает распространение воды по поверхности, накопление воды в понижениях поля. Накопление воды на поверхности может происходить по ряду причин. К основной причине относится уплотнение подпахотного горизонта почвы за счет проходов сельскохозяйственной техники, когда атмосферные осадки скапливаются в понижениях поля. Уплотненный горизонт снижает дренированность почво-грунта в несколько раз. Накопление воды может наблюдаться при подпоре уровня грунтовых вод дорогами, лесополосами, мостами, переездами, дамбами на прудах.

Индикатор площади подтопления агроландшафта -  $I_3$  определяем в зависимости от размера контура подтопления на поле.

При отсутствии контуров подтопления  $I_3=1$ . При подтоплении площади поля до 10 % ,  $I_3 = 2$ . Данному индикатору соответствует МСП «удовлетворительно», при подтоплении площади поля до 20 % - МСП «неудовлетворительно»,  $I_3 = 3$ , при подтоплении площади поля до 30 % и более – «бедствие»,  $I_3 = 4$ .

*Четвертый индикатор* – индикатор кислотно-щелочного баланса грунтовых вод ( $pH$ ) –  $I_4$ . При переувлажнении почвы необходимо иметь данные по  $pH$  грунтовой воды. Изменение кислотно-щелочного баланса почвы под действием щелочной или кислотной воды вызывает падение плодородия почвы, её угнетение, а, следовательно, это приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Поэтому, влияние  $pH$  на состояние почвы имеет значение для мелиорации земель.

Для нейтральной водной среды, где  $pH = 7$  индикатор риска равен 1, для  $pH = 5,5 - 7,0$  и  $7,0 - 7,5$  индикатор риска равен 2, для  $pH = 5,0 - 5,5$  и  $7,5 - 8,0$  индикатор риска равен 3, для  $pH < 5,0$  и  $> 8,0$  индикатор риска равен 4.

*Пятый индикатор* - индикатор минерализации грунтовых вод –  $I_5$ . При подъеме уровня минерализованных грунтовых вод под воздействием факторов происходит вторичное засоление активного корневого слоя почво-грунта. В результате почва деградирует тем больше, чем выше степень минерализации грунтовых вод. В зависимости от химического состава грунтовой воды засоление почвы может быть различным. При засолении почвы происходит её разрушение, изменение состава катионов, почва теряет плодородие, становится непригодной для выращивания сельскохозяйственных культур.

Поэтому, минерализацию грунтовых вод при переувлажнении и подтоплении агроландшафтов необходимо учитывать при разработке комплексных мероприятий по охране земель [28, 32, 37, 38, 78].

Индикатор минерализации грунтовых вод –  $I_5$  определяется по степени её минерализации. При минерализации воды  $C < 1$  г/л индикатор риска  $I_5 = 1$ , при  $C = 1$  г/л, индикатор риска  $I_5 = 2$ , при  $C = 1 - 2$  г/л, индикатор риска  $I_5 = 3$ , при  $C > 2$  г/л, индикатор риска  $I_5 = 4$  [37].

В результате анализа воздействия природных и антропогенных факторов на мелиоративное состояние почвы можно установить, как влияют риски переувлажнения и подтопления на АРП агроландшафта. Результаты анализа воздействия факторов на МСП разработана система рисков, которая приведена в таблице.

**Таблица 4.1 - Система рисков для охраны агроландшафтов от переувлажнения и подтопления**

Номер риска	Система рисков, оказывающих влияние на переувлажнение	Шкала значений рисков	Индикатор риска по МСП
-------------	---	-----------------------	------------------------



1	Индикатора уровня грунтовых вод - $I_1$ , м	1,0 <1,0 – 0,75 <0,75 – 0,50 <0,5 – 0,25	1 2 3 4
2	Индикатор водно-воздушного состояния почво – грунта – $I_2$ . Доля воздуха от объема воды в порах	1,0 <1,0 – 0,75 <0,75 – 0,50 <0,5 – 0,25	1 2 3 4
3	Индикатор площади подтопления агроландшафта - $I_3$ , %	0 0 - 10 10 – 20 20 - 30	1 2 3 4
4	Индикатор кислотно-щелочного баланса ( $pH$ ) – $I_4$ .	7 5,5 – 7,0 и 7,0 – 7,5 5,0 – 5,5 и 7,5 – 8,0 < 5,0 и > 8,0	1 2 3 4
5	Индикатор минерализации грунтовых вод – $I_5$ .	< 1 1 1 – 2 > 2	1 2 3 4

Примечание. Индикатор риска 1 – МСП «хорошо», 2 – «удовлетворительно», 3 – «неудовлетворительно», 4 – «бедствие».

Полученные количественные показатели индикаторов используются в модели рисков для определения начального состояния агроландшафта по МСП. По индикаторам риска можно установить степень деградации агроландшафта от переувлажнения под действием природных и антропогенных факторов. Система рисков определяет вес каждого индикатора при разработке мероприятий по охране агроландшафтов от переувлажнения.

Из таблицы 4.1 видно, что индикаторы рисков связаны между собой. К наиболее существенным рискам при переувлажнении

агроландшафтов относится индикатор риска УГВ, который оказывает влияние на 2 и 3 индикаторы рисков.

Индикаторы рисков 4 и 5 при переувлажнении оказывают влияние на изменение химического состава почво-грунтов агроландшафта. Если качество грунтовой воды не превышает предельно допустимые концентрации, то риски 4 и 5 в модели для оценки деградации агроландшафтов от переувлажнения равны 1.

Система рисков формирует шкалу безопасности сельскохозяйственного производства в условиях изменчивости природных и антропогенных факторов. Шкала безопасности по 5 индикаторам, их весу позволяет принимать адаптированные технологии по охране агроландшафтов от переувлажнения. Технологические схемы разрабатываются по стандартным ситуациям подтопления и переувлажнения агроландшафтов [5, 20, 77].

## **4.2 Алгоритм математической модели для мелиорации и охраны агроландшафтов**

Система рисков (таблица 4.1) была использована при разработке алгоритма компьютерной программы для создания технологических карт по мелиорации и охране агроландшафтов от переувлажнения. Используя данные и шкалу деградации сельскохозяйственных земель по рискам переувлажнения, разработан алгоритм (рисунок 4.1) к построению математической модели, позволяющий выполнять оценку мелиоративного состояния на основе данных полученных в результате обследования территории. При обследовании учитывалось: площадь поля, площадь подтопления, пористость почвы, объем воды и воздуха в порах, влажность, глубина активной корневой системы растений, уровень грунтовых вод.

Алгоритм разработан с учетом особенностей возделывания основных культур. Для полной оценки мелиоративного состояния почв в алгоритм внесены данные о содержании в пахотном гори-

зонте *НРК*, гумуса и данные о предшественнике. Для выполнения мероприятий по охране агроландшафтов от переувлажнения в состав алгоритма входит парк сельскохозяйственной техники для технологических операций.

Алгоритм включает технологические карты по выполнению оптимального комплекса технологических операций, дает оценку по стоимости выполняемых операций в зависимости от прироста урожая и дополнительного дохода.

По алгоритму разработана компьютерная программа, в которую загружают карту хозяйства и показатели почвенного обследования территории. На карте обозначаются площади с различным МСП. Полученная карта является первым этапом по составлению оптимального комплекса технологических операций для устойчивого развития агроландшафта и экономии энергоресурсов, с учетом особенностей возделывания основных культур.

На втором этапе для охраны от переувлажнения и повышения АРП агроландшафта разрабатываются технологические карты, где указываются сроки проведения каждой технологической операции, марка сельскохозяйственного агрегата для её выполнения. Выполняется расчёт стоимости мелиоративных работ с учетом предшественника.

Разработка компьютерной программы на базе алгоритма создает принципиально новые, адаптированные, модернизированные, более гибкие условия применения систем обработки почвы и соответствующих технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

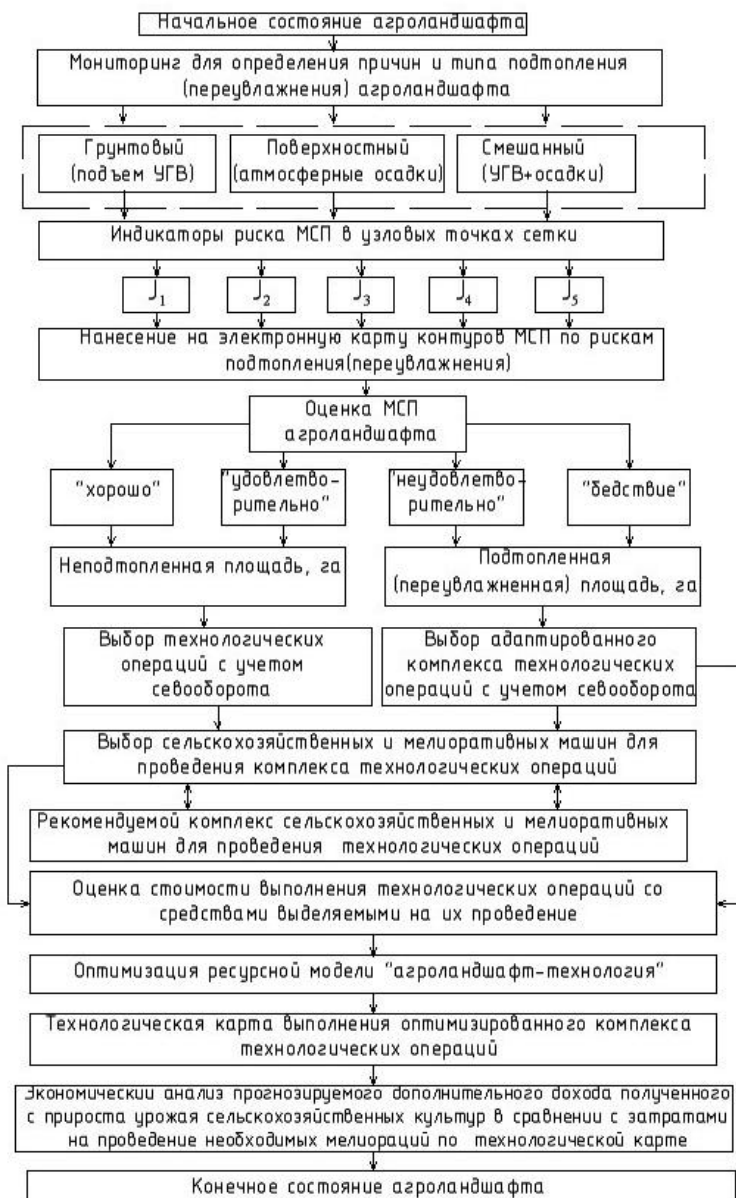


Рисунок 4.1 - Алгоритм для математической модели охраны агроландшафтов от переувлажнения

## **5 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ СПИРТОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ОХРАНЫ АГРОЛАНДШАФТА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ**

Цель исследований – обосновать и разработать адаптированную технологию полной, круглогодичной утилизации отходов производства спирта на земельные участки орошения (ЗПО) для охраны агроландшафтов от деградации и водных объектов от загрязнений.

Для реализации цели были поставлены задачи исследований:

- обосновать схему утилизации отходов производства спирта на ЗПО;
- обосновать технологические процессы круглогодичной утилизации отходов спиртзаводов;
- исследовать пригодность «оросительной воды» для орошения культур севооборота при полной утилизации жидких отходов;
- разработать режим орошения культур очищенными жидкими стоками;
- обосновать риски и прогноз воздействия «оросительной воды» на ЗПО;
- разработать адаптированную технологию полной утилизации отходов спиртового производства для охраны агроландшафтов и водных объектов от загрязнений.

### **5.1 Разработка технологической схемы для утилизации отходов производства спирта**

Проблема загрязнения территорий отходами спиртзаводов одна из существенных на территории РФ. Отходы производства

спирта приводят к деградации водных объектов, агроландшафтов, вызывают отрицательные социальные проявления в обществе. Существующие способы утилизации отходов производства спирта не эффективны из – за использования лагун, в которых отходы накапливается в течение нескольких лет. При выходе отходов производства спирта более 500 т/год начинаются проблемы их утилизации. Для переработки отходов разработаны способы их утилизации [41, 55, 56, 57, 79].

*При разработке схемы утилизации отходов (схема) решались вопросы охраны земель и водных объектов: ликвидация лагун (накопителей) для приема барды (отходов); полная круглогодичная утилизация отходов на ЗПО.*

С учетом основных требований была разработана новая принципиальная схема, которая позволила разработать эффективную, ресурсосберегающую технологию полной круглогодичной утилизации отходов спирта (рисунок 5.1).



Рисунок 5.1 - Схема утилизации отходов производства спирта

Схема включает несколько этапов утилизации отходов. Первый этап состоит в разделении барды на фракции, второй этап – это транспортировка отходов, третий этап включает процессы подготовки отходов к утилизации и последний этап – полная утилизация. К новым подходам утилизации отходов спирта относится: на месте лагун устраиваются ЗПО для приема очищенных сточных вод («оросительная вода») спиртзавода, площадки для переработки твердой массы отходов (кега) - получение компоста, биогумуса и воспроизводства вермикультуры и 3 – х секционный пруд накопитель, выполняющий роль очистных сооружений (биологических прудов).

Пруды и площадки для переработки кега (твердых отходов) занимают площадь до 1,0 – 1,5 га в зависимости от мощности заводов. Остальная площадь лагун выводится под ЗПО для утилизации жидких отходов.

Схема подготовки отходов к утилизации значительно снижает затраты на транспортировку барды от завода к лагунам. Эта операция достигается процессом прессования барды, где в результате получают жидкие и твердые отходы. Осветленная барда (жидкие отходы) после прессования без взвешенных примесей с лютерной водой (3 – 4 % (фугат)) по трубопроводу от завода направляется в 3 – х секционный пруд накопитель. Пруд располагают в непосредственной близости от ЗПО для снижения затрат на орошение сельскохозяйственных культур. Объем пруда накопителя рассчитывается таким образом, что бы в течение 10 - 12 суток можно принимать и перерабатывать путем отстаивания жидких отходов. Процесс отстаивания – «доочистка сточных вод».

Эффективность схемы утилизации отходов спиртзаводов достигается:

- 1). Устраиваются ЗПО на месте ликвидированных лагун;

2). Из кега после прессования получают компост для выращивания вермикультуры при производстве биогумуса, стоимость которого покрывает издержки на создание данной технологии в течение нескольких лет;

3). Улучшается качество окружающей среды в местах утилизации отходов после ликвидации лагун (бардохранилища), в воздух не поступают продукты гниения, атмосфера не загрязняется;

4). Обеспечивается охрана земель, поверхностных и грунтовых вод;

5). На ЗПО при орошении очищенными сточными водами спиртового производства получают дополнительную продукцию в виде урожая сельскохозяйственных культур.

*В результате утилизации отходов по разработанной схеме получается замкнутая безотходная адаптированная ресурсоберегающая технология утилизации отходов производства спирта, которая позволит эффективно развивать данную отрасль при сохранении окружающей среды.*

Основным продуктом утилизации в схеме (рисунок 5.1) являются жидкие отходы барды, которые подаются на сельскохозяйственные поля в виде «оросительной воды». Технологическая схема утилизации отходов производства спирта адаптирована в модели «агроландшафт – технология» структуры СМК (раздел 2). Ресурсная модель «агроландшафт – технология» (ЗПО – режим орошения) обеспечивает охрану земель и водных объектов от загрязнений. Применение модели рисков (2.1) обеспечивает контроль в процессе полной утилизации оросительной воды на агроландшафте ЗПО. Для снижения рисков при утилизации отходов необходимо контролировать водно-солевой режим агроландшафтов ЗПО.

Фугат при производстве спирта является основным продуктом, который составляет 92 – 94 % от общей массы отходов барды.



При накоплении и хранении его в лагунах в течение нескольких лет жидкие отходы являются основным загрязнителем водных объектов и агроландшафтов окружающей среды. Фугат (осветленная барда + лютерная вода) содержат большое количество различных веществ, которые в той или иной степени оказывают влияние на почву и водные объекты. Фугат, прошедший через систему 3 – х секционных прудов, отстаивается, охлаждается и подается через дождевальные машины на ЗПО.

## 5.2 Разработка технологических процессов утилизации фугата

При разработке адаптированной технологии полной утилизации отходов спиртзаводов использовалась модель управления рисками СМК [40] и модель прогноза изменения водно-солевого режима ЗПО. Исследования выполнялись для спиртзавода ООО «Хуторок – 2» Прикубанского района Краснодарского края. При производстве спирта от ректификационной колонны получают отходы: лютерная вода и спиртовая барда. Для разработки технологии утилизации свежей барды на ЗПО был установлен выход отходов и расход вспомогательных материалов производства (табл. 5.2).

**Таблица 5.2 - Выход отходов и расход вспомогательных материалов**

Наименование сырья и вспомогательных материалов	Единицы измерения	Потребность	
		в сутки	в год
Свежая спиртовая барда	м <sup>3</sup>	800	292000
Лютерная вода	м <sup>3</sup>	30	10950
Гашеная известь	т	0,886	316
Негашеная известь	т	0,572	209

Лютерная вода – вода, получаемая в ректификационной колонне, частично используется для промывки и обработки сивушных масел в процессе брагоректификации, остатки по схеме смешиваются с осветленной бардой после прессования. Получается на выходе фугат.

Для оценки качественного состава лютерной воды были выполнены исследования физико-химических характеристик. Результаты исследования представлены в таблице 5.3 [79].

**Таблица 5.3 - Физико-химический состав лютерной воды**

Наименование показателей	Размерность	Значения	Примечание
<i>pH</i>		5,3	Результаты анализа экологической лаборатории г. Краснодар от 17.08.2007г.
Температура	<sup>0</sup> С	96	
Азот аммонийный	мг/дм <sup>3</sup>	1,4	
Азот нитритов	мг/дм <sup>3</sup>	0,016	
Азот нитратов	мг/дм <sup>3</sup>	1,2	
Кальций – $Ca^{2+}$	мг/дм <sup>3</sup>	72	
Магний - $Mg^{2+}$	мг/дм <sup>3</sup>	29	
Сульфаты - $SO_4^{2-}$	мг/дм <sup>3</sup>	106,7	
Хлориды - $Cl$	мг/дм <sup>3</sup>	39	
БПК <sub>20</sub>	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	355	
ХПК	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	400	
Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	80	

Из данных физико-химического состава (таблица 5.3) видно, что лютерная вода по своему составу пригодна для целей утилизации на ЗПО.

Однако в пробах лютерной воды имеется: повышенное содержание сульфатов -  $SO_4^{2-} = 106,7 > 100$  мг/дм<sup>3</sup>; кислотная среда с  $pH = 5,3 < 7,0$  (лютерная вода имеет слабокислую среду); хлор, не превышающий ПДК ( $Cl = 39 < 300$  мг/дм<sup>3</sup>). Количество лютерной воды в общем объеме не превышает 4 %.

Для оценки качественного состава свежей барды были выполнены исследования её физико-химического характеристик. В таблице 5.4 приведена общая усредненная характеристика свежей барды, по которой видно, что свежая барда имеет высокое содержание влаги.

**Таблица 5.4 – Общая характеристика свежей спиртовой барды**

Наименование показателей	Размерность	Значения	Примечание
Влага	%	92-94	«Технология спирта» под редакцией В. Л. Яровенко
Сухие вещества	%	6-8	
Сухой протеин	% св.	26,5-27,5	
Безазотистые вещества	% св.	40-50	
Жир		5,97-7,5	
Клетчатка		12,5-13,4	
Зола		7,6-8,7	

Как видно из таблицы 5.4, в барде имеется 92 – 94 % влаги. Данные исследования послужили основой в разработке процесса прессования свежей барды. Для обоснования процесса отжима были выполнены исследования физико-химического состава свежей барды (таблица 5.5).

**Таблица 5.5 – Физико-химический состав свежей спиртовой барды**

Наименование показателей	Размерность	Значения	Примечание
рН		4,2	«Экспертиза № 265 от 14.03.07г. ООО «Хуторок -2»
Влага	%	92,4	
Массовая доля сухого вещества	%	5,8	
Массовая доля сырого протеина	%	2,67	
Массовая доля сырой клетчатки	%	0,36	
Массовая доля сырого жира	%	0,39	
Массовая доля сырой золы		0,47	
БЭВ		3,51	

Кальций	г/кг	0,23	
Фосфор		0,66	

Анализ результатов (таблицы 5.3 – 5.5) показывает, что отходы производства спирта обладают ценными веществами для выращивания сельскохозяйственных культур. В пробах концентрации веществ не превышают нормативные ПДК для рыбохозяйственных водоемов [59] за исключением сульфатов,  $pH$ , ХПК. Органические вещества имеются в небольших количествах, но они являются полезными для растений. Барда завода содержит до 92,4 % влаги, следовательно, при прессовании свежей барды получается 240 тыс. м<sup>3</sup> фугата.

По составу веществ и размерам концентраций барда может с доочисткой (отстаивание в прудах, повышение  $pH$ ), применяться для утилизации на ЗПО. Следовательно, для доочистки фугата необходимо разработать каскад отстойников, где будет проходить процессы накопления, понижения температуры, отстаивания, смешения и повышения  $pH$ .

Для технологии круглогодичной полной утилизации фугата необходимо установить размеры ЗПО в зависимости от его объема.

Для утилизации кега необходимо разработать круглогодичную технологию получения компоста и вермикомпоста.

*Обоснование схемы разделения фракций барды.* Для удаления влаги принят способ прессования. Свежая барда подается насосом на шнековый пресс сепаратор модели СМ–300. Осветленный фугат удаляется самотеком по трубопроводу в накопительный резервуар, где он смешивается с лютерной водой.

*Обоснование схемы транспортировки отходов на ЗПО.*

После разделения свежей барды на фугат и кег выполняется процесс транспортировки отходов на утилизацию. Для транспортировки жидких отходов применяются центробежные насосы, установленные на территории завода. Насосная станция перекачива-

ет фугат расходом 8,1 л/с в нагревательный – охладительный канал. Перекачка фугата насосной станцией заменяет 70 рейсов автомобилей (КАМАЗ) с цистерной емкостью 10 м<sup>3</sup>. Для транспортировки твердых отходов применяются самосвалы грузоподъемностью 10 т. Дальность транспортировки 6,5 км от завода к ЗПО.

*Обоснование процесса подготовки оросительной воды к утилизации*

Фугат имеет  $pH= 4,1$ , лютерная вода –  $pH = 5,3$ . При смешивании 670 м<sup>3</sup>/сут. фугата и 30 м<sup>3</sup>/сут. лютерной воды получают  $pH= 4,15$ . Оросительная вода будет использована для заполнения нагревательного - охладительного канала, для орошения компоста, для культивирования вермикультуры и орошения культур. С учетом рисков технологии  $pH$  оросительной воды должна быть в пределах 6,0 - 7,5 [40].

Оросительная вода раскисляется гашеной известью, которая готовится в узле реагентного хозяйства. Для процесса раскисления необходим резервуар емкостью 100 м<sup>3</sup>, который наполняют оросительной водой в объеме 90 м<sup>3</sup> и добавляют 111 кг гашеной извести для выполнения процесса раскисления. Установлено, что годовая потребность в извести - 316 т/год.

Для процесса раскисления разработана новая конструкция смесителя емкостью 100 м<sup>3</sup>, состоящая из двух секций для приготовления известкового молока. Первая секция предназначена для выгрузки сухой извести в случае отсутствия готового известкового молока –  $Ca(OH)_2$ . Дно первой секции выполняется с уклоном для наилучшего распределения извести по площади резервуара. Во второй секции для активного перемешивания извести и воды предусмотрены две перфорированные трубы из ПВХ, подающие воздух от компрессора. Секции разделены между собой металлической решеткой для фильтрации в случае отсутствия известкового молока -  $Ca(OH)_2$ .

Отходы собираются в специальную емкость, выполненную из стали, удаляются из резервуара и вывозятся на площадку хранения отходов. Раствор известкового молока подаётся самотеком из второй секции по трубе диаметром –100мм. На входе в трубу предусматривается установка сифона, подающего известковое молоко в резервуар.

Чистая вода для приготовления известкового молока поступает в резервуар по трубе диаметром 50 мм. Среда  $Ph$  оросительной воды достигает требуемой величины – 7,0. Смешанная с гашеной известью оросительная вода насосами перекачивается в 3-х секционный пруд отстойник для приготовленной оросительной воды (вода) к утилизации и нагревательно – охладительный канал. Конструкция смесителя смонтирована и используется при приготовлении известкового молока использована в инновационном проекте [53].

*Обоснование процесса круглогодичного производства компоста и вермикомпоста*

Для процесса охлаждения фугата разработана конструкция нагревательно – охладительного канала. Нагревательно – охладительный канал трапецеидального сечения с откосами 1:1 устраивается по периметру площадки компостирования. Зимой нагретая вода из 1-й секции используется для нагревания буртов и самой площадки, ускорения процесса ферментации твердой фракции барды и превращения её в компост, а затем и в вермикомпост.

*Обоснование размеров емкости водоёма оросительной воды*

Орошение сельскохозяйственных культур, приготовление компоста и культивирование вермиккультуры связаны с водным режимом, с соблюдением температурного режима и влажности воздуха.

Для определения емкости водоёма для оросительной воды рассчитывается баланс поступления оросительной воды, осадков, испарения с водной поверхности и поверхности земли. При расчете баланса учитывалась температура воды в секциях.

Для предотвращения фильтрации воды из секций применяли кольматаж, который выполнялся из мятой глины и укладывался на дно и откосы каналов толщиной 20 см [55]. Для выбора года расчетной обеспеченностью осадками, принимается год 95% обеспеченности [60].

Рассчитывается баланс поступления оросительной воды с завода, где учитываются осадки и испарения с водных поверхностей, поверхности земли с учетом природно - климатических характеристик района.

Из расчета баланса поступления воды на площадку утилизации установлен объем емкости прудов для воды, который составил 60731 м<sup>3</sup>. Вода из емкости использовалась для орошения сельскохозяйственных культур ЗПО.

Оросительная вода содержит в своем составе различные вещества, которые могут влиять, как положительно, так и отрицательно на состав почвенно-поглощающего комплекса ЗПО. Отрицательное воздействие оросительной воды на почву приведет к деградации агроландшафта. Установим пригодность оросительной воды для *процесса утилизации* на ЗПО.

### **5.3 Обоснование пригодности фугата для орошения сельскохозяйственных культур ЗПО**

Оросительная вода является основной составляющей процесса утилизации отходов. Поэтому, обоснование её пригодности для орошения является одной из основных задач при поливе культур ЗПО. Очищенные стоки, прошедшие через каскад прудов, по-

даются на поля орошения. Выполнено исследование пригодности фугата для орошения в 3-й секции накопителя (таблица 5.6).

**Таблица 5.6 – Состав веществ оросительной воды, обуславливающий пригодность оросительной воды для утилизации на ЗПО**

№ п/п	Наименование показателей	Значение показателей	
		мг/л	мг экв/л
1	Реакция среды	6,5 – 7,5	
2	Концентрация растворенных веществ	1000	-
3	Содержание $Na^+$	230	10,0
4	Содержание $Ca^+$	220	11,0
5	Содержание $Cl^-$	70	1,97
6	Содержание $Mg^{2+}$	180	15,0
7	Содержание $SO_4^{2-}$	287	6,0
8	Подвижный фосфор (по $P_2O_5$ )	122	3,25
9	Обменный калий (по $K_2O$ )	500	12,82
10	Гидролизированный азот	150	-
11	Взвешенный осадок	0,03%	-

Из результатов анализа проб видно, что состав веществ оросительной воды в последней секции прудов удовлетворяет требованиям нормативных показателей качества воды по ПДК (таблица 5.6) [66]. Вода содержит питательные вещества необходимые и достаточные для выполнения положительного баланса веществ в почве для охраны АРП и водных объектов от загрязнений.

Установлены ирригационные показатели качества воды. Получена характеристика пригодности оросительной воды по М. Ф. Буданову [13]. Результаты исследования пригодности воды приведены в таблице 5.7.



**Таблица 5.7 - Качественные показатели пригодности оросительной воды**

№ п/п	Наименование показателей	Показатели	Значение показателей	
			допустимые	расчетные
1	Минерализация, м <sup>2</sup> /л	-	1000	1000
2	Отношение Na <sup>+</sup> /Ca <sup>2+</sup> , мг экв/л	$\frac{10}{11}$	≤1,0	0,9
3	Отношение Na <sup>+</sup> /Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup> , мг экв/л	$\frac{10}{11 + 19}$	<0,7	0,33
4	Отношение Σсолей / Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup> , мг экв/л	$\frac{64.04}{11 + 19}$	≤4	2,14
5	pH	-	6 – 7,5	6-7,5

По качественным показателям вода пригодна для орошения сельскохозяйственных культур ЗПО, так как ирригационные индикаторы находятся в допустимых пределах. Подготовленная вода по суммарному содержанию токсичных солей и условиям процессов осолонцевания [15], удовлетворяет требованиям для ЗПО.

*Обоснование влияния оросительной воды на почву ЗПО*

При снижении общей минерализации солей в почве уменьшается общее содержание катионов Na<sup>+</sup> и Ca<sup>2+</sup> и увеличивается содержание HCO<sup>3-</sup>, что создает опасность образования соды. При попадании в почву высоко минерализированной оросительной воды приводит к развитию процессов снижения водопроницаемости почвы. Это определяет необходимость регламентирования нижнего предела допустимого общего содержания солей в оросительной воде. Исследования [38] позволяют рекомендовать оптимальный уровень минерализации – 1,0 г/л для орошения культур ЗПО. Увеличение минерализации воды более 4,0 г/л приведет к развитию процесса засоления почвы [1, 2, 6, 37].

При утилизации фугата на ЗПО в почвенном растворе формируются свободные ионы  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$  заряженные или нейтральные ионные ассоциации, а также свободные молекулы  $H_2O$ ,  $H_2SO_4$  и  $SO_2^-$ . Под воздействием оросительной воды на почву - формируется новый состав почвенного раствора – новое состояние ЗПО. Для оценки влияния оросительной воды на почву ЗПО используется индекс *sodium adsorption ratio SAR*. По индексу *SAR* выполняется оценка риска влияния оросительной воды на опасность осолонцевания почвы и снижения водопроницаемости по формуле:

$$SAR = [Na^+] / [Ca^{2+} + Mg^{2+}] \leq 10, \quad (5.1)$$

где  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  и  $Na^+$ -молярные концентрации ионов кальция, магния и натрия.

Индекс *SAR* определяет негативные процессы, которые могут возникать в почве, если не соблюдать рекомендации по охране земель от деградации: хлоридное засоление; натриевое осолонцевание; магниевое осолонцевание; содообразование. По *SAR* исследована пригодность оросительной воды для утилизации на ЗПО. Результаты исследований влияния оросительной воды на почву ЗПО [9] даны в таблице 5.8.

**Таблица 5.8 – Почвенно-мелиоративная характеристика оросительной воды**

№ п/п	Наименование показателей	Результат исследования	Класс опасности	Вид опасности
1	Минерализация	1,0 г/л	-	-
2 Показатели по степени опасности				
2.1	Хлоридное засоление -Cl	1,97 мг экв/л	<2	1-й класс неопасный
2.2	Натриевое осолонце-	0,9 мг экв/л	0,51-1,0	2-й класс

	вание $Na^+/Ca^{2+}$			малоопасный
2.3	Магниевое осолонцевание $Mg^{2+}/Ca^{2+}$	1,36 мг экв/л	1,01-1,5	2-й класс малоопасный
3	$SAR=Na^+/\sqrt{Ca^{2+}Mg^{2+}}$	2,0	<10	почвы не склоны к содообразованию
4	<i>PH</i> оросительной воды	6,5 – 7,5	6,5 – 7,5	-

Из выполненных исследований по опасности возникновения процессов деградации, установлено, что «оросительная вода» спиртзаводов относится ко 2-му классу опасности по показателям – натриевое и магниевое осолонцевание. 2-й класс опасности оросительной воды требует соблюдения мероприятий:

- комплекс мероприятий, направленных на внесение кальциевых мелиорантов, применение травопольных севооборотов с обязательным включением в состав севооборота люцерны, применение агромелиоративных приемов;
- наблюдение за уровнем грунтовых вод;
- соблюдение *pH* оросительной воды в пределах 6,0 - 7,5.

#### 5.4 Исследование мелиоративного состояния ЗПО

Объем поступления питательных веществ в почву при утилизации фугата определялся режимом орошения, а вынос – определяется урожаем культур севооборота ЗПО. Соотношение поступления и выноса веществ определяется их балансом. Баланс веществ определяет МСП по содержанию макроэлементов в почве ЗПО. Режим орошения культур ЗПО рассчитан для 3-х польного севооборота: 1 поле – озимая пшеница, 2 – поле люцерны 1-го года, 3 поле – люцерны 2 –го года. Утилизация воды выполняется дождевальная установка. Баланс макроэлементов для трехпольного севооборота приведен в таблице 5.9.

**Таблица 5.9 –Баланс питательных веществ в почве при орошении культур трехпольного севооборота ЗПО**

№ п/п	Наименование показателей	Питательные вещества, кг/год		
		азот	фосфор	калий
I поле. Озимая пшеница				
1	Поступает с оросительной водой	1987,5	1616,5	6625
2	Вынос питательных веществ	800	275	200
3	Остается в почве	1387,5	1341,5	6425
II поле. Люцерна 1-го года				
1	Поступает с оросительной водой	1950	1586	6500
2	Вынос питательных веществ	3450	900	3150
3	Остается почве	-1500	686	3350
III поле. Люцерна 2-го года				
1	Поступает с оросительной водой	2775	2257	9250
2	Вынос питательных веществ	3450	900	3150
3	Остается в почве	-675	1357	6100

Из таблицы 5.9 видно, что наибольшее количество макроэлементов остается в почве после озимой пшеницы. Содержание калия в почве после озимой пшеницы и люцерны 2 –го года свыше 6,0 т/га. Установлено, что на ЗПО имеется дефицит азота после выращивания люцерны в севообороте. Дефицит азота достигает 1,5 т/га на 2-м поле севооборота. Тогда как в литературных источниках [16, 17, 23, 47, 48] имеются данные, которые указывают на то, что после люцерны в почве накапливается азот, люцерна является желательным фитомелиорантом в севооборотах [17, 19, 47]. Считается, что люцерна обеспечивает наилучший водно-воздушный режим почвы после её уборки. Корневая система люцерны обеспечивает достаточное проникновение воздуха в глубокие слои почвы. Воздух обеспечивает аэробный процесс усвоения питательных веществ культурными растениями, которые (*N P K*) поступают в почву вместе с удобрениями, в том числе с азотными удобрениями.

Из анализа баланса макроэлементов (таблица 5.9) видно, что большая доля питательных веществ, поступающих с оросительной водой, накапливается в почве, повышая мелиоративное состояние почвы.

На МСП оказывает существенное влияние содержание гумуса в почве. Участок ЗПО представлен лугово-черноземными слабозасоленными слабогумусированными мощными среднесуглинистыми на средних суглинках почвами. Для разработки комплекса мероприятий по повышению МСП необходимо иметь данные о содержании гумуса, питательных веществ, кислотно щелочном балансе и других показателей в почве ЗПО. Результаты исследования по содержанию гумуса в почвенных горизонтах участка ЗПО даны в таблице 5.10.

**Таблица 5.10 – Содержание гумуса по горизонтам участка ЗПО**

Индексы генетических горизонтов	Глубина, см	Содержание гумуса, %
A <sub>пах</sub>	0-24	3,85
A <sub>1</sub>	24-45	2,42
B <sub>1</sub>	45-71	1,65
B <sub>2</sub>	71-108	1,82

Наибольший процент гумуса расположен в пахотном слое почвы: A<sub>пах</sub> 0 – 24см - 3,85%. По мелиоративной шкале [184,табл.3.3]системных показателей экологической безопасности агроландшафтов АЗОС содержания гумуса определяется критическим индикатором – 4. Почва по содержанию гумуса находится в неудовлетворительном состоянии по шкале МСП.

Для полной оценки влияния оросительной воды на почву ЗПО исследовался состав почвенного поглощающего комплекса (ППК).

По изменению ППК участка, где имеется тенденция исследуемого массива к количественному изменению катионов  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  и  $Na^+$  по глубине почвы, можно дать рекомендации по применению того или иного комплекса мероприятий для повышения МСП. Результаты исследования ППК на ЗПО представлены в таблице 5.11.

**Таблица 5.11 – Состав почвенно-поглощающего комплекса ЗПО**

Глубина снятия образца	Поглощенные основания, мг экв. / %			
	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Na^+$	Всего
0 – 23 см	<u>24,86</u>	<u>8,32</u>	<u>0,37</u>	<u>35,55</u>
	74,1	24,8	1,1	100
23 – 41 см	<u>21,63</u>	<u>11,72</u>	<u>0,29</u>	<u>33,64</u>
	64,3	34,8	0,9	100
41 – 76 см	<u>23,52</u>	<u>12,6</u>	<u>0,37</u>	<u>36,49</u>
	64,1	34,5	1,0	100
76 – 105 см	<u>23,52</u>	<u>11,92</u>	<u>0,73</u>	<u>35,17</u>
	66,9	31,0	2,1	100
Среднее	<u>23,36</u>	<u>10,89</u>	<u>4</u>	<u>34,71</u>
	67,45	31,3	1,3	100

Результаты исследования показывают, что ППК черноземов участка ЗПО во всех слоях почвенных горизонтов насыщены катионом  $Ca^{2+}$  равномерно. Аналогично горизонты равномерно представлены катионами магния и натрия. Минимальное содержа-

ние катиона  $Na^+ = 1,3 \%$  говорит об отсутствии солонцеватости у почвы.

Количественный состав почвенно-поглощающего комплекса исследуемых почв с почвенно-мелиоративной характеристикой относится к 1-му неопасному классу. Для подтверждения данного вывода был исследован состав водной вытяжки почвы ЗПО.

Для прогноза изменения водно-солевого режима необходимо иметь данные о качественном составе водорастворимых и токсических солей состава водной вытяжки почвы. Результаты исследования представлены в таблице 5.12.

**Таблица 5.12 - Состав водной вытяжки почвы ЗПО**

Глубина снятия образца	Состав водной вытяжки $\frac{мг/100г\text{почвы}}{мг - экв}$						$\Sigma$ солей, %	
	$HCO_3^-$	$Cl$	$SO_4^{2-}$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Na^+$	водо- раство- римые	ток- сич- ные
0 – 23	$\frac{15}{0.25}$	$\frac{4}{0.13}$	$\frac{12}{0.25}$	$\frac{7}{0.34}$	$\frac{1}{0.08}$	$\frac{7}{0.21}$	0,046	0,020
23 – 41	$\frac{15}{0.25}$	$\frac{4}{0.13}$	$\frac{2}{0.04}$	$\frac{4}{0.21}$	$\frac{1}{0.04}$	$\frac{5}{0.17}$	0,031	0,014
41 – 76	$\frac{0.31}{0.5}$	$\frac{16}{0.46}$	$\frac{10}{0.21}$	$\frac{17}{0.84}$	$\frac{1}{0.08}$	$\frac{10}{0.25}$	0,085	0,031

Результаты исследования показывают, что содержания не превышает 2 мг – экв. Качественный состав почвенно-поглощающего комплекса с почвенно-мелиоративной характеристикой относится к первому неопасному классу. За исключением соотношения  $Na^+ / Ca^{2+}$ , которое относится ко второму малоопасному классу. Почвы не склоны к содообразованию.

Установлено, что оросительная вода имеет повышенное содержание обменного калия равное 0,5 г/л или 12,82 мг экв./г. Следовательно, после орошения в почве должен преобладать калий, который входит в состав питательных веществ – макроэлементов.

Было выполнено исследование обеспеченности макроэлементами почвы после орошения культур ЗПО. Результаты исследования даны в таблице 5.13.

**Таблица 5.13 - Обеспеченность почв орошаемого участка макроэлементами**

№ п/п	Наименование элементов питания	Содержание <i>NPK</i> , мг/ кг	Обеспеченность растением макроэлементами
1	Азот гидролизуемый	67,2	Высокая
2	Подвижный фосфор ( $P_2O_5$ )	120,7	Повышенная
3	Обменный калий ( $K_2O$ )	628,8	Повышенная

Исследования показали, что в почве ЗПО имеется повышенное содержание калия. Следовательно, для эксплуатации ЗПО необходимо подбирать культуры, таким образом, которые особенно нуждаются в калийных удобрениях. Например, картофель, который можно использовать при производстве спирта.

### **5.5 Рекомендации по снижению отрицательного влияния оросительной воды на АРП агроландшафта ЗПО**

Агроресурсный потенциал земельных полей орошения (АРП ЗПО): земли потенциально пригодные в сельскохозяйственном производстве для утилизации очищенных сточных вод, обладающие плодородием, ресурсным и необходимым биоклиматическим потенциалом. В отличие от агроресурсного потенциала агроландшафтов АРП ЗПО нуждаются в дополнительном комплексе



мероприятий по охране земель и водных объектов от загрязнений окружающей среды.

Агроландшафты ЗПО содержат мелкие почвенные фракции, которые относительно легко поддаются эрозии. Исследования агроландшафта показали, что в составе почвы ЗПО илистой фракции содержится – 12,9% (сумма частиц мельче 0,001мм), фракция крупной пыли (0,05 - 0,01мм) составляет - 41,0%. Количество гумуса приведено в таблице 5.10.

Следовательно, почва ЗПО подвержена воздушной и водной эрозии. Максимальное содержание гумуса находится в верхних горизонтах почвы, это значит, почва при водной эрозии будет терять АРП ЗПО.

С другой стороны в создание водопрочных агрегатов почвы особую роль играет гумус с его, склеивающей и цементирующей способностью. Спротивляемость почв водной эрозии тем выше, чем больше в них содержится гумуса.

Следовательно, повышение гумуса или его сохранение обеспечит устойчивое развитие агроландшафта ЗПО. Включение в севооборот травопольной системы обеспечит сохранение пахотного горизонта почвы, а, следовательно, и – гумуса.

Установлено, что почвы участка содержат агрегаты с преобладающим размером частиц менее 1 мм. Частицы почвы с размером более 1 мм имеют содержание агрегатов около 0,1 %. Следовательно, почвы участка предрасположены к водной и ветровой эрозии. Для защиты почвы от водной эрозии при утилизации оросительной воды необходимо применять мелкодисперсное дождевание (МДД). Интенсивность капель и размер дождя МДД при травопольном севообороте обеспечит устойчивость почвы от водной эрозии. Орошение МДД с интенсивностью дождя 0,2 мм/мин (0,14 м /сут.) при впитывающей способности почвы 0,45 м/сутки обеспечит устойчивость участка ЗПО к водной и воздушной эрозии почвы.

Разработан комплекс противоэрозийных мероприятий по сохранению АРП ЗПО при утилизации оросительной воды, которые включают основные положения:

- разработка адаптированных земельно-охранных систем;
  - использование противоэрозийной техники и адаптированных почвозащитных технологий для охраны почв от ветровой и водной эрозии;
  - оставление на поверхности почвы стерни после уборки озимых;
  - орошение культур севооборота очищенными стоками с высоким содержанием питательных веществ, что обеспечит повышение АРП;
  - внедрение сбалансированных и адаптированных севооборотов;
  - применение органических удобрений в совокупности с оставлением стерни после уборки;
  - включение в севооборот люцерну первого, второго года;
- Полив оросительной водой культур севооборота не должен стимулировать подъем УГВ. Для этого необходимы мероприятия:
- ресурсосберегающий полив - мелкодисперсное дождевание;
  - травопольный севооборот, который способствует понижению УГВ.

## **5.6 Оценка рисков утилизации оросительной воды на ЗПО**

Исследования показывают, что при утилизации оросительной воды на ЗПО формируются новый водный режим, зависящий от способа утилизации фугата, очистки производственных стоков, почвенно-гидрологических условий, механического состава почвы, глубины залегания грунтовых вод.

При орошении появляются дополнительные факторы – уплотнение почвы в условиях искусственного орошения за счет пе-

реноса мелких, пылеватых частиц по почвенному профилю нисходящими потоками воды. Следовательно, почвы ЗПО имеют хорошую водопроницаемость только в слое аэрации, а в остальных же слоях - плотное сложение - отсюда обладают меньшей проницаемостью.

В природных условиях перенос солей по профилю почвы с оросительной водой носят сложный характер. Теоретически одна часть солей перемещается при поливах в более глубокие слои, другая часть солей будет аккумулироваться в метровом слое почвы [1, 2, 6].

Выполненные исследования по утилизации жидких отходов показывают целесообразность их утилизации на ЗПО. Эффективность адаптированной технологии по утилизации стоков спиртзаводов установлена с помощью ресурсной модели рисков.

При утилизации оросительной воды возникают риски на уровне применения адаптированных технологий для сохранения АРП на ЗПО. Для оценки АРП при утилизации оросительной воды будем использовать ресурсную модель рисков [40].

Оценку АРП выполняли по 9 индикаторам (раздел 2). Установлено, что оросительная вода обладает высокой удобрительной ценностью по содержанию макроэлементов, следовательно, индикаторы с 1 по 5 принимают значения равными - 1. Почва ЗПО имеет низкое содержание гумуса, следовательно, по гумусу будет - 3.

Кислотно-щелочной показатель оросительной воды равен 4,2. Для повышения  $pH$  выполняется мероприятие по раскислению воды гашеной известью, повышается среда до нейтральной, индикатор риска - 2.

Степень засоления почвы в пахотном горизонте почвы ниже 0,1 %, следовательно, индикатор - 1.

УГВ на участке агроландшафта ниже 2 м, индикатор - 1.

Вычисляем интегральный безразмерный индикатор рисков по ресурсной модели рисков, который будет определять состояние АРП агроландшафта после утилизации фугата спиртзавода.

При утилизации отходов спиртзавода с помощью адаптированной ресурсосберегающей технологии интегральный индикатор риска составит 1,375, что меньше критического индикатора исходного АРП.

Следовательно, при утилизации отходов на ЗПО риски минимальны. Интегральному индикатору риска  $I_{API} = 1,375$  соответствует МСП с оценкой «хорошо».

Следовательно, риск утилизации отходов ЗПО можно считать экологически безопасным.

### **5.7 Оценка водно-солевого режима при утилизации оросительной воды**

При рисках утилизации отходов необходимо давать оценку АРП по изменению водно-солевого режима почвы участка ЗПО. Обоснование водно-солевого режима участка было выполнено по методике, разработанной в [40].

Для севооборота ЗПО средневзвешенная оросительная норма установлена по природно-климатическим характеристикам и суммарному водопотреблению культур - 2200 м<sup>3</sup>/га. С учетом оросительной нормы количество солей в метровом слое почвы по формуле [40] составило:  $\Delta S_{op} = 0,008 \%$ .

Исходное состояние агроландшафта перед утилизацией оросительной воды определяется общим содержанием солей в почве. Исследованиями установлено, что среднее количество солей в метровом слое почвы было – 0,054 %.

С учетом водного режима суммарное количество поступающих солей в метровый слой почвы будет:  $\Delta S_{исх.н} = 0,008 + 0,054 = 0,062 \%$ .

При утилизации оросительной воды происходит накопление солей в почве ЗПО. Полученная концентрация солей в конце поливного сезона, обуславливает новое состояние АРП после утилизации оросительной воды на ЗПО.

Количество солей в почве за 7 летний период эксплуатации составит [40]  $\Delta S_{PM} = 0,432 \% < S_{КРИТ.} = 1 \%$ .

Мелиоративный эффект от эксплуатации ЗПО при утилизации отходов будет выполняться 16 лет. Через данный период необходимо проводить комплекс мероприятий для восстановления АРП.

Мелиоративный эффект можно продлить за счет промывного режима почвы ЗПО.

Мероприятия, предупреждающие засоление почв, состоят из комплекса агротехнических и инженерно-мелиоративных приемов, проводимых в процессе эксплуатации оросительной системы. Мероприятия включают:

- 1). Строительство дренажной сети.
- 2). Внесение органических и минеральных удобрений.
- 3). Максимальная загруженность полей культурными растениями путем применения пожнивных, поукосных и подзимних посевов.
- 4). Глубокая вспашка и экологическая система обработки почвы.
- 5). Контроль за УГВ, выше которого будет наблюдаться подтопление участка.

Контроль УГВ является предупреждающим мероприятием от засоления и заболачивания почв, подъема грунтовых вод и выноса солей из нижних соленосных горизонтов в корнеобитаемый слой почвы.

## **5.8 Адаптированная ресурсосберегающая технология полной утилизации отходов спиртзаводов на ЗПО**

В создание адаптированной технологии утилизации отходов на ЗПО был положен принцип охраны окружающей среды. Технология разработана и научно обоснована авторским коллективом профессором Е.В. Кузнецовым, инженером Н. Н. Семеновой, доцентом А. Е. Хаджиди[31]. Технология утилизации отходов повы-

шает эффективность переработки барды, транспортировки фугата и кега, подготовки фугата к утилизации и обеспечивает устойчивое развитие агроландшафтов.

В технологии использован метод прессования барды. Осветленная барда без взвешенных примесей по трубопроводу направляется в 3–х секционный пруд накопитель. Эта операция является основой экономической новацией технологической схемы. В результате процесса высвобождаются лагуны. На месте лагун устраиваются ЗПО и площадки для переработки кега. По традиционной технологии барда в лагунах разлагается от 3 до 4 лет.

Технология утилизации отходов инновационная и адаптированная к природно – техногенной среде. Технология создаёт устойчивость ЗПО замкнутостью цикла ресурсной модели «агроландшафт – технология» в системе СМК, включая: круглогодичную и полную утилизацию отходов производства спирта; подготовку барды в пределах площадки завода и транспортировку её отходов по трубопроводу; строительство ЗПО путем ликвидации лагун на всей площади для утилизации фугата; производство компоста и биокомпоста из кега; получение вермикультуры для производства биогумуса.

Технологические процессы технологии утилизации отходов спиртзаводов представлены на блок-схеме (рисунок 5.2).

Технология включает 3 блока переработки отходов.

Блок I – Подготовка оросительной воды к транспортировке по напорному трубопроводу к пруду горячей воды;

Блок II – Подготовка оросительной воды к орошению сельскохозяйственных культур на ЗПО;

Блок III – Полная утилизация отходов.

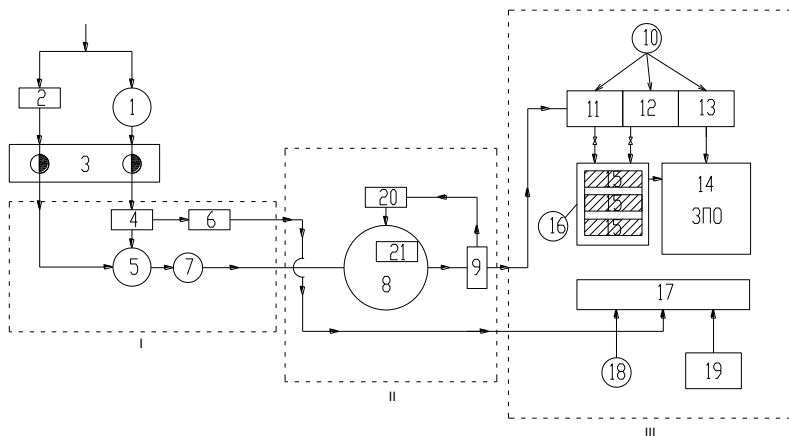


Рисунок 5.2 – Блок-схема технологии утилизации отходов

После процесса получения спирта отходы производства (барда и лютерная вода) направляют в два разных накопителя 1 и 2. Барду насосом 3 направляют на прессование для отделения фугата от органической массы. С помощью пресса 4 получают фугат и плотный остаток органической массы (кег) 6. В усреднителе 5 производится смешивание жидких отходов. Усреднитель 5 соединен с насосом 7 первого подъема, который подает жидкие отходы в усреднитель 8 для нейтрализации отходов.

Насосной станцией 9 второго подъема нейтрализованную воду подают к прудам – накопителям 10. Пруд 11 предназначен для приема горячей воды, пруд 12 – для теплой и пруд 13 для хранения холодной.

Оросительные трубопроводы из прудов подают воду на сельскохозяйственные поля 14. Пруды накопителя 11 и 12 подают воду на площадку для выращивания вермикультуры через дренажные каналы 16. Плотный остаток органической массы (кег) 6 поступает на площадку 17, где расположен компост, для получения которого используют компрессор 18 и измельчитель 19 для измельчения растений, используемых в качестве органической добавки. Для

нейтрализации смеси фугата и лютерной воды используются реагентное хозяйство 20 и воздуходувка 21.

Основным продуктом утилизации, исходя из объема отходов, являются жидкие отходы, которые в дальнейшем будем называть «оросительная вода». Для выполнения технологических процессов утилизации отходов обосновано и принято 3 блока.

Блок I. Отходы производства спирта барда и лютерная вода поступают в накопительные ёмкости 1 и 2 соответственно, где происходит предварительная их утилизация и хранение. С помощью насосной станции 3 лютерная вода подаётся в усреднитель 5. Барда из бардоприемника 1 насосной станцией 3 подается на пресс 4, где происходит отделение фугата от органической массы. Температура фугата после ректификационного процесса имеет температуру около 96 °С.

Плотный остаток органической массы (кег) должен содержать влажность не менее 75%. Степень содержания влаги органической массы контролируется усилием в прессе 4, которую можно изменять в зависимости от требуемого режима утилизации кега. Плотный остаток органической массы из разгрузочной части прессы 4 транспортируют на площадку 17 для компоста. Транспортировка возможна различными способами.

Блок II. Жидкая часть барды (фугат) после отделения органической массы в прессе 4 попадает самотеком в усреднитель 5. В усреднителе 5 фугат смешивается с лютерной водой и с помощью насосной станции первого подъема 7 подается в усреднитель 8. В усреднителе 8 происходит повышение кислотности жидкой среды с помощью реагентного хозяйства 20, где в качестве повышения водородного показателя  $pH$  применяется известковый раствор.

Кислая среда доводится до нейтральной или близкой к ней с  $pH$  7,0. Объем усреднителя 8 согласуется с объемом усреднителя 5. Это вызвано тем, что поступивший объем жидкости (кег + лютерная вода) должны находиться в усреднителе 8 определенное время для повышения среды  $pH$  до 7,0. При смешивании водной среды



подача жидкости из усреднителя 5 в усреднитель 8 прекращается. Для перемешивания раствора используется воздуходувка 21.

Блок III. После достижения нейтральной среды в емкости 8 раствор подается с помощью насосной станции второго подъема 9 в пруды–накопители 10, где пруды 11, 12, 13 предназначены для горячей, теплой и холодной воды. Заданная температура воды в прудах обеспечивает температурный режим процессов утилизации отходов спиртзавода.

Объем подаваемой воды в блок III, определяет размеры земледельческих полей орошения 14, площадок для приготовления биокомпоста (вермикультуры) 15, компоста 17 и выращивания червей. Холодная вода из пруда 13 подается и утилизируется на земледельческих полях орошения 14.

Режим орошения культур рассчитывается таким образом, чтобы часть воды оставалась для охлаждения вермикультуры 15 в летний период, а также для подачи воды на площадку 17 для приготовления компоста для выращивания вермикультуры 15 и получения биогумуса.

Площадка 17 используется для получения компоста. Компост готовится из плотного остатка органической массы 6. Кег транспортом доставляется на площадку 17, из которого формируются бурты для приготовления компоста.

Для повышения качества компоста используются органические добавки в виде измельченной массы растений или, например, животноводческого навоза. Для приготовления органической массы применяется, измельчитель 19.

Для ускорения процесса ферментации в буртах служит компрессор 18. Созревший компост отправляется на площадку 15 для вермикультуры. Оставшаяся часть компоста может быть утилизирована в качестве удобрения.

Вермикультура 15 выращивается круглый год в открытом грунте в специальных контейнерах, устроенных в земле. Для выращивания вермикультуры 15 и утилизации отходов круглый год

работает каскад прудов 10 с горячей 11, теплой 12 и холодной 13 водой.

Утилизация отходов начинается с теплого периода года и продолжается непрерывно. Для снижения температуры в теплый период и поддержания заданной влажности в компосте используется холодная вода из пруда 13, которая с помощью дождевания подается на площадку 15.

При незначительном понижении температуры окружающей среды из пруда 12 подается теплая вода в дренажные каналы 16, расположенные по периметру площадки 15. Процесс утилизации в данном случае не прекращается. В холодный период года в дренажные каналы 16 подается горячая вода, в контейнерах поддерживается оптимальная температура для вермикультуры 15, процесс утилизации в данном случае так же продолжается.

Для разработки технологии необходимо исследовать характеристики барды, объем отходов и вспомогательных материалов, необходимых для полной утилизации отходов.

## **5.9 Эффективность технологии утилизации отходов спиртзавода**

Адаптированная технология утилизации включает: орошение сельскохозяйственных культур на ЗПО и получение зеленой массы на корм животным; получение вермикомпоста и компоста из кега.

При производстве спирта из зерна пшеницы от стандартной ректификационной колонны в среднем получают основные отходы: лютерную воду – 30 т/сутки или 10950 т/год; свежую спиртовую барду - 800 т/сутки или 292000 т/год.

Свежая спиртовая барда – представляет собой водянистую массу светло – коричневого цвета с хлебным запахом и незначительным количеством сухого вещества (сухое вещество – 6 – 8%, влага – 92 – 94%).

Лютерная вода собирается в резервуар емкостью  $6 \text{ м}^3$ , свежая спиртовая барда в железобетонный резервуар емкостью  $2780 \text{ м}^3$ , откуда насосами производительностью  $60 \text{ м}^3/\text{ч}$  подается на разделение её на фракции.

Процесс удаления влаги из свежей спиртовой барды был принят по рекомендациям ЗАО «Биокомплекс».

Барда насосом под давлением подается на шнековый пресс – сепаратор модели «СМ – 300», производительностью в зависимости от ситовых цилиндров –  $4 - 56 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Эффективность процесса сепарации:

- 1). Содержание сухих веществ на выходе –  $35 - 40\%$ ;
- 2). Выход фугата –  $670 \text{ т/сутки}$ ;
- 3). Выход кега –  $62 \text{ т/сутки}$ .

Кег направляется на площадку переработки.

Фугат самотеком направляется в резервуар, где он смешивается с лютерной водой, где получают оросительную воду.

Оросительная вода – это смесь  $670 \text{ т/сутки}$  фугата и  $30 \text{ т/сутки}$  лютерной воды – будет использована для заполнения нагревательно – охлаждающего канала, для орошения компоста, культивирования вермикультуры и орошения сельскохозяйственных культур на ЗПО, которые требуют  $pH = 6,0 - 7,5$ .

Оросительная вода подается в резервуар емкостью  $100 \text{ м}^3$ , где происходит раскисление гашеной известью в количестве  $0,9 - 1,0 \text{ кг/ м}^3$ . Хорошо вымешанная смесь насосами подается на площадку полей фильтрации в 3х секционный водоём емкостью  $60731 \text{ м}^3$ .

Первая секция – снижает температуру смеси с  $t = 90 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ , откуда она самотеком переливается во вторую секцию для дальнейшего охлаждения воды – температура снижается с  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , далее она переливается в третью секцию, где смесь при  $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$  хранится и используется для орошения.

Распределение годового количества оросительной воды с учетом испарения с водной поверхности, испарения с поверхности земли и выпавших осадков следующее:

1). Орошение компоста кег и вермикомпоста – 41510 м<sup>3</sup>/год;

2). Орошение сельскохозяйственных культур – 2200 м<sup>3</sup>/га;

3). Нагревательно-охладительный канал требует – 30972 м<sup>3</sup>/год.

Оросительная вода используется для орошения:

- процесса компостирования с целью поддержания необходимой влажности в бурте;

- процесса вермикомпостирования с целью создания необходимых условий жизнедеятельности червей – для получения вермикомпоста;

- сельскохозяйственных культур на ЗПО.

Для обеспечения необходимой влажности и наружной температуры для приготовления компоста и вермиудобрения вокруг площадки компостирования прокладывается нагревательно-охладительный канал, который наполняется:

летом холодной водой – из водоёма № 3, где  $t=20-25^{\circ}\text{C}$ ;

зимой горячей водой – из водоёма №1, где  $t=60-90^{\circ}\text{C}$ ;

весной и осенью, водой – из водоёма №2, где  $t=25-60^{\circ}\text{C}$ .

Это обеспечивает круглогодичное компостирование кег и промышленное культивирование червей.

Орошение осуществляется дождевальной установкой с мелкодисперсным разбрызгивателем.

Описанная технологическая схема позволяет комплексно использовать свежую барду:

1). Осветленную барду (фугат):

- для создания микроклимата, для приготовления компоста и культивирования вермикультуры;

- для орошения севооборотных сельскохозяйственных культур на ЗПО.

2). Кег:

- кег в сыром виде как корм домашним животным;

- вермиудобрения (ценнейшее удобрение) - 7500 т/год.

3). Остаток компоста – 16317 т/год.

В таблице 5.14 обоснована производственная мощность утилизации спиртовой барды для процессов технологии.

**Таблица 5.14 – Производственная мощность утилизации спиртовой барды**

№ п/п	Наименование продукции	Единица измерения	Производственная мощность	
			т/сутки	т/год
1	Вермикомпост	т	20,55	7500
2	Компост	т	44,7	16317
3	Масса живых червей	т	0,103	37,5
4	Зеленая масса озимой пшеницы	т	-	130
5	Зеленая масса люцерны 1 года	т	-	50
6	Зеленая масса люцерны 2 года	т	-	60

Как видно из таблицы 5.14, для ЗПО принят 3-х польный севооборот, где основной культурой является люцерна – фитомелиорант.

### ВЫВОДЫ.

1.Создание замкнутых безотходных адаптированных технологий утилизации отходов производства спирта – одно из инновационных направлений, которое позволит сохранять окружающую среду.

2.Основным продуктом утилизации технологии является барда, которая поступает на земельные поля орошения после очистки в виде оросительной воды. Технология утилизации отходов производства спирта, отвечает адаптированной ресурсной модели «агроландшафт – технология» в структуре СМК, где на выходе из системы получается новое состояние АРП.

3. Для удаления влаги обоснован процесс прессования, который является наиболее эффективным. Для подготовки оросительной воды к утилизации используется 3-х секционный нагревательно - охладительный канал, который применяется для орошения компоста, культивирования вермикультуры и орошения сельскохозяйственных культур.

4. По качественным показателям оросительная вода пригодна для утилизации на ЗПО. Ирригационные индикаторы находятся в пределах ПДК для водоёмов рыбохозяйственного назначения. Очищенная вода по суммарному содержанию токсичных солей удовлетворяет требованиям почвы ЗПО.

5. Результаты применения адаптированной технологии утилизации отходов показывают, что риски технологии минимальны. При утилизации отходов интегральный индикатор рисков не превышает 1,375. Данному индикатору соответствует «хорошо» МСП.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель / С.Ф. Аверьянов. – М.: Колос, 1978.

2. Аверьянов С.Ф. Горизонтальный дренаж при борьбе с засолением орошаемых земель (расчет). М.: изд-во АН СССР, 1959. 288 с.

3. Агроклиматические ресурсы Краснодарского края. Л.: 1975.

4. Агроклиматический справочник по Краснодарскому краю.-Краснодар, 1961.

5. Агромелиоративные приемы обработки почв переувлажняемых сельскохозяйственных земель: рекомендации / Е.В. Кузнецов, А.Е. Хаджиди, С.Ю. Орленко // Краснодар: изд – во ИП Тафинцев Адольф Григорьевич. – 2009. – 55 с.

6. Айдаров И.П. Регулирование водно-солевого и питательного режимов орошаемых земель / И.П. Айдаров. // М.: Агропромиздат. – 1985. – 210 с.

7. Алекин О. А. Руководство по химическому анализу вод суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1954. – 199 с.

8. Алпатьев А.М., Влагооборот культурных растений /А.М. Алпатьев// Л.: Гидрометеиздат, 1954. - 323с.

9. Безднина С.Я. Экологические основы водопользования. /С.Я. Безднина // ВНИИАгрохим. М.: – 2005. – 224с.

10. Безменов А. И. Сельскохозяйственные мелиорации. М.: Колос, 1974.

11. Блажний Е.С. Почвы равнинной и предгорной части Краснодарского края // Труды Кубанского с.х. ин-та. Выпуск 9(37).1964.

12. Борисов В.И. Реки Кубани / В. И. Борисов. – Краснодар: Краснодарское книжное изд-во, 1978. – 78 с.

13.Буданов М.Ф. Требования к качеству оросительной воды // Водное хозяйство. 1965 - № 1. - С. 31 – 35.

14.Вальков В.Ф., Штомпель Ю.А., Трубилин И.Т. и др. Почвы Краснодарского края, их использование и охрана // СКНЦ ВШ.- Ростов н/Д, 1995.-192с.

15.Ведомственные нормы технологического проектирования ВНТП 01-98. Мелиоративные системы и сооружения. Оросительные системы с использованием сточных вод и животноводческих стоков. – М.: Министерство сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации, 1998.

16.Гасанов Г.Н. Роль сельскохозяйственных культур и севооборотов в накоплении органического вещества в почве. Динамика почвенных процессов и плодородия орошаемых земель: Сб. научных трудов - Волгоград, 1990. - С. 163-170.

17.Гумбаров А.Д. Комплексные мелиорации в дельте реки Кубань. – Краснодар: Советская Кубань, 2001.-180 с.

18.Джулай А.П. Борьба с переувлажнением почвы и повышение её плодородия в замкнутых понижениях рельефа. Краснодар: кн. изд-во, 1974.

19.Динамика баланса гумуса на пахотных землях Российской Федерации. РосНИИземпроект. - Москва, 1998 г.

20.Дьяченко Н.П. Мелиоративные приемы для ликвидации подтопления и переувлажнения сельскохозяйственных земель / Н.П. Дьяченко, А.Е. Хаджиди // Актуальные проблемы развития агропромышленного комплекса: Материалы Международной науч.-практ. конф., посвященной 60-ю Победы в Великой Отечественной войне / ВГСХА. - Волгоград, 2005. – С. 153-156.

21.Дьяченко Н.П. Оценка земельно-охранных мероприятий для предупреждения и ликвидации подтопления сельскохозяйственных угодий Азово-Кубанского бассейна. Труды МГУП, г. Москва, 2005 г.

22.Дьяченко Н.П. Увеличение пропускной способности малых рек бассейна р.Кирпили для предупреждения подтопления



сельскохозяйственных земель / Н.П. Дьяченко, П.Ю. Шугай, А.Е. Хаджиди // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник материалов I Всероссийской конференции молодых ученых / КубГАУ.- Краснодар, 2007.- С.343-344.

23.Жаринов В.И. Люцерна / В.И. Жаринов, В.С. Клюй – М.: Урожай, 1983. – 230с.

24.Кичигин В. И. Исследование физико-химических характеристик поверхностного стока населенных пунктов / В. И. Кичигин, П. Г. Быкова// ВСТ. – 2002. – №11. – с.28.

25.Климко А.И. Регулирование водного режима почвы разряженной сетью каналов в сочетании с агромелиоративными приемами. Труды СевНИИГиМ. Вып. ХУ.Л., 1958.

26.Кузнецов Е.В. Земельно – охранные системы для сохранения и восстановления плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / Е. В. Кузнецов, А. Е. Хаджиди, В. Н. Гельмиева // Политематический сетевой электронный научный журнал КГАУ. - №23(07). Режим доступа: [http:// ej.Kubagro.ru / 2006/07/pdf/19](http://ej.Kubagro.ru/2006/07/pdf/19).

27.Кузнецов Е. В. Комплекс мероприятий по расчистке русел рек бассейна р. Кирпили для охраны земель от подтопления / Е. В. Кузнецов, А. Е. Хаджиди, П. П. Коломоец Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – 2006. - №03(19). Режим доступа: [http:// ej.Kubagro.ru / 2006/03/04/p04/asp](http://ej.Kubagro.ru/2006/03/04/p04/asp).

28.Кузнецов Е. В. Комплексный подход к мелиорации переувлажненных земель предгорной зоны Кубани / Е. В. Кузнецов // Труды КубГАУ. – Краснодар. – 2004. – Вып. №407 (435). – С. 143 – 148.

29.Кузнецов Е. В. Оценка мелиоративных приемов по снижению подтопления сельскохозяйственных земель / Е. В. Кузнецов, А. Е. Хаджиди, Н. П. Дьяченко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ , 2005. - №04(12). Режим доступа: <http://ej.Kubagro.ru/2005/04/18/>.

30. Кузнецов Е. В. Разработка мероприятий по восстановлению водоемов для охраны земель от подтопления / Е. В. Кузнецов, А. Е. Хаджиди, П. П. Коломоец // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. - 2006. - №03(19). Режим доступа: <http://ej.Kubagro.ru/2006/03/05/p05/asp>.

31. Кузнецов Е.В. Адаптированные технологии полной утилизации отходов производства спирта для охраны сельскохозяйственных земель и водных объектов от загрязнений / Е.В. Кузнецов, А. Е. Хаджиди, Я. А. Полторак // Труды КубГАУ. – 2013. - Вып. № 5(44). - С. 274-277.

32. Кузнецов Е.В. Дьяченко Н.П. и др. Охрана сельскохозяйственных земель и водных объектов от техногенных загрязнений. Учебное пособие. Из-во КГАУ, г.Краснодар, 2005.-236 с.

33. Кузнецов Е.В. Комплекс мероприятий по расчистке русел рек бассейна р. Кирпили для охраны земель от подтопления / Е.В. Кузнецов, Н.П. А.Е. Хаджиди, П.П. Коломоец // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2006. - №03(19). Режим доступа: <http://ej.Kubagro.ru/2006/03/04/p04.asp>.

34. Кузнецов Е.В. Методы количественной оценки мелиоративного состояния агроландшафта и риски управления системой сельскохозяйственного мелиоративного комплекса / Е.В. Кузнецов, А.Е. Хаджиди // Труды КубГАУ. – 2013. - Вып. 4(43), - С.266-271.

35. Кузнецов Е.В. Оценка мелиоративных приемов по снижению подтопления сельскохозяйственных земель / Е.В. Кузнецов, А.Е. Хаджиди, Н.П. Дьяченко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2005. - №04(12). Режим доступа: <http://ej.Kubagro.ru/2005/04/18/>.

36. Кузнецов Е.В. Проблемы рекультивации и охраны земель прибрежных ландшафтов степных рек Кубани / Е. В. Кузнецов, А. А. Приходько // Труды КубГАУ. – Вып. 1(34), 2012. - Краснодар: КубГАУ, 2012. – С. 205-207.

37.Кузнецов Е.В. Прогноз изменения агресурсного потенциала агроландшафтов под влиянием водно-солевого режима оросительной воды / Е.В. Кузнецов, А.Е. Хаджиди // Перспективы развития науки и образования: сборник науч.трудов по материалам Международной научно-практической конференции 29 ноября 2013 г. в 7 частях. Ч.VII. Мин-во обр. и науки – М.: «АР - Консалт», 2013 г. - С.25-28.

38.Кузнецов Е.В. Прогноз минерализации грунтовых вод и засоления зоны аэрации / Е.В. Кузнецов, Т.И. Сафронова, Д.Г. Серый // Образование. Экология. Экономика. Информатика: сб. науч. тр. VIII Международной конференции. – Астрахань: ИПЦ "Факел". – 2004 – С. 335-339.

39.Кузнецов Е.В. Разработка адаптированной модели «Агроландшафт - технология» для охраны земель от подтопления и переувлажнения / Е. В. Кузнецов, А. Е. Хаджиди, В. Т. Ткаченко // Кадастр земельных ресурсов: состояние, проблемы и перспективы развития: материалы межд. научно – практ. Конференции, посвящ. 100-ю выпуска первого мелиоратора России. Вып. 2.: НГМА.- Новочеркасск: изд – во «НОК», 2012. – С. 154-158.

40.Кузнецов Е.В. Сельскохозяйственный мелиоративный комплекс для устойчивого развития агроландшафтов / Е.В. Кузнецов, А.Е. Хаджиди: монография. Краснодар: ид – во «ЭДВИ», 2014. – 199 с.

41.Кузнецов Е.В. Технология получения биогумуса и внесение его под сельскохозяйственные культуры / Е.В. Кузнецов, Я.А. Полторац // Труды КубГАУ. – 2010. - Вып. № 1(22). - С. 173-175.

42.Кузнецов Е.В., Коломоец П.П и др. Комплексный подход к мелиорации переувлажненных земель в предгорной зоне Кубани. Труды КубГАУ, 2004. Выпуск 407(435).С.142-146.

43.Кузнецов Е.В., Шевченко Г.В., Кадышев С.Л. Причины и оценка подтопления земель и населенных пунктов по бассейнам рек Кубани.-Краснодар, КГАУ, 1996. с.21.

44. Кузнецова А.Е. Обоснование режимов природоохранного комплекса Ахтарской группы лиманов Азовского моря для защиты от подтопления и сохранения рыбохозяйственного значения // Мелиорация антропогенных ландшафтов. Т. 14 – Новочеркасск: НГМА, 2001. -141-147 с.

45. Кузнецова А.Е., Шевченко Г.В. Краткий анализ переувлажненных земель в Краснодарском крае и направление мелиораций // Труды КГАУ. Краснодар, 1998. Выпуск 364(392). С. 187-193.

46. Мелиорация переувлажненных почв Краснодарского края. – Краснодар: КГАУ, 1994. – 30 с.

47. Молчанова Н.П. Влияние многолетних трав как фитомелиорантов на плодородие орошаемых темно-каштановых почв в Заволжье: автореф. дис.... канд. с.х. наук / Н. П. Молчанова; СГАУ. – Саратов, 2007.

48. Орлов Л.С. Особенности органического вещества орошаемых почв / Л.С. Орлов, Е.М. Аниканова, А.А. Маркин // Проблемы ирригации юга черноземной зоны: учеб. пособие – М.: Наука, 1980. – С.35-61.

49. Отчет о выполнении научно исследовательской работы «Разработка элементов системы управления мелиоративным состоянием почв восстановленных и существующих рисовых полей для экологической безопасности, сохранения агроресурсного потенциала и экономии энергоресурсов на сбалансированной рисовой оросительной системе». Департамент сельского хоз-ва и перераб.пром-ти Краснодарского края. 2011. – 75 с.

50. Отчет о научно-исследовательской работе на тему: «Восстановление почвенного плодородия переувлажненных земель Предгорной зоны Краснодарского края». Научно-изыскательское общество Гея-НИИ. I этап 2000 – 1 том. II этап . - 2001 – 1том. III этап 2002 – 1 том.

51. Отчет по научно-исследовательской работе по теме: «Разработка мероприятий по охране сельскохозяйственных земель от подтопления», Краснодар - 2007. – 104 с.

52.Паспорт инновационного проекта. Земельно – охранные системы для защиты от деградации сельскохозяйственных земель / Е.В. Кузнецов, А.Е. Хаджиди, А.В. Литовченко: Каталог инновационных проектов / под ред. А.И. Трубилина; Кубан.гос.агр.ун-т. – Краснодар: КубГАУ, 2011. - С. 105-106.

53.Паспорт инновационного проекта. Технологический комплекс очистных сооружений консервных заводов по утилизации очищенных сточных вод для сохранения плодородия почв / Е.В. Кузнецов: Каталог инновационных проектов / под ред. А.И. Трубилина; Кубан.гос.агр.ун-т. – Краснодар: КубГАУ, 2010. - С. 69-70.

54.Паспорт инновационного проекта. Технология восстановления плодородия деградированных агроландшафтов для повышения агроресурсного потенциала / Е.В. Кузнецов, А.Е. Хаджиди, В.В. Цыбулевский: Каталог инновационных проектов / под ред. А.И. Трубилина; Кубан.гос.агр.ун-т. – Краснодар: КубГАУ, 2011. - С. 108-109.

55.Пат. 2371426 Российская Федерация от 27.10.2009г. (заявка №2007135507 от 25.09.07г). Способ утилизации отходов спиртового производства для сельскохозяйственных целей и система для его осуществления. Кузнецов Е.В., Щеколдин Ю.А.

56.Пат. 2402493 Российская Федерация, МПК В65G47/34; заявитель и патентообладатель КубГАУ. – 1347938; опубл. 21.01.2010. – 3 с./ Е.В. Кузнецов, Я.А. Полторак, А.Е. Хаджиди. Способ утилизации свиноводческих отходов.

57.Пат. 2402510 Российская Федерация, МПК С05F5/00; заявитель и патентообладатель КубГАУ. – 2009111962/21; заявл. 31.03.2009; опубл. 27.10.2010. – 3 с. / Е.В. Кузнецов, Я.А. Полторак, А.Е. Хаджиди. Способ получения вермикомпоста.

58.Пат. 2492292 Российская Федерация, МПКЕ02В 3/02. Способ охраны земель прибрежных ландшафтов рек / Кузнецов Е.В., Килиди Х.И., Хаджиди А.Е.; заявитель и патентообладатель

Кубанский государственный аграрный университет (RU). – 2012101379/13; заявл. 16.01.2012; опубл. 10.09.2013. – 4 с.

59.Приказ Госкомрыболовства РФ от 28.04.99 г. № 96 «Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение».

60.Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 14 марта 2007 года N 56 «Об утверждении типовой формы решения о предоставлении водного объекта в пользование». Москва, 2007. – 11 с.

61.Приходько И.А. Обеспечение устойчивости агроландшафтов с учетом особенностей возделывания сельскохозяйственных культур // И.А. Приходько, С.Ю. Орленко, А.Е. Хаджиди // Труды КубГАУ. – 2009. - Вып.№ 4(19). - С.231-235.

62.Проблема переувлажнения земель в Краснодарском крае /Техн. отчет НИР –Краснодар: ОАО «Кубаньводпроект», 1997, - 54с.

63.Рекомендации по мелиорации переувлажненных земель Закубанской равнины и Предгорной зоны Краснодарского края.- Краснодар. Департамент сельского хозяйства и продовольствия Краснодарского края, КГАУ,2001.-41с.

64.Рекомендации. Земельно-охранная система для защиты от подтопления сельскохозяйственных земель Азово-Кубанского бассейна.// Е.В Кузнецов, Дьяченко Н.П., А.Е. Хаджиди, А.М. Сусликов. – Департамент с.х. и перерабатывающей промышленности Краснодарского края. Кубанский ГАУ, 2005. – 96 с.

65.Рекомендации. Обоснование способов охраны переувлажненных земель.// Е.В. Кузнецов, П.П. Коломоец. – Краснодар, ОАО «Кубаньводпроект»,2002.-30 с.

66.СанПиН 2.1.17.573-96 «Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения». Москва, 1996.

67.Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ от 01.09.10г. №2010615681 / Хаджиди А.Е., Цыбулевский В.В., Кузнецов Е.В. Оптимизация выбора мелиоративных агрегатов для охраны земель по обобщенной функции желательности.

68.Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ от 09.06.10г. №2010613804 / Кузнецов Е.В., Хаджиди А.Е., Цыбулевский В.В. Оптимизация выбора мелиоративных машин по часовой производительности для охраны земель.

69.Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ от 09.06.10г. №2010613803 / Кузнецов Е.В., Хаджиди А.Е., Цыбулевский В.В. Определение коэффициентов по функции желательности (топливо) выбора оптимального мелиоративного агрегата.

70.Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ от 11.01.10г. №2010610322 / Кузнецов Е.В., Хаджиди А.Е., Дьяченко Н.П. и др. Комплекс мероприятий для восстановления агро-ресурсного потенциала почв.

71.Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ от 11.01.10г. №2010610323/ Кузнецов Е.В., Хаджиди А.Е., Дьяченко Н.П. и др. Комплекс технологических операций для сохранения плодородия почв в Предгорной зоне Краснодарского края.

72.Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ от 11.01.10г. №2010610321/ Кузнецов Е.В., Хаджиди А.Е., Дьяченко Н.П. и др. Модель комплекса технологических операций по улучшению мелиоративного состояния богарных земель.

73.Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ от 27.08.10г. №2010615546 / Хаджиди А.Е., Кузнецов Е.В., Цыбулевский В.В. Оптимизация выбора мелиоративных машин по затратам труда для охраны земель.

74.Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ от 28.05.10г. №2010613527 / Кузнецов Е.В., Цыбулевский В.В., Хаджиди А.Е. Расчет коэффициентов для оптимизации выбора мелиоративных машин - металлоемкость.

75.Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ от 28.05.10г. №2010613530 / Кузнецов Е.В., Хаджиди А.Е., Цыбулевский В.В. Расчет коэффициентов для выбора оптимального мелиоративного агрегата по энергоемкости.

76.Хаджиди А. Е. Восстановление пропускной способности русел степных балок / А. Е. Хаджиди, Н. Н. Крылова, К. В. Ященко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник материалов VI Всероссийской конференции молодых ученых / КубГАУ. – Краснодар, 2012. – С.538-540.

77.Хаджиди А. Е. Комплекс мероприятий для охраны земель сельскохозяйственного назначения от подтопления и переувлажнения / А. Е. Хаджиди, Г. И. Булатецкий, В. Н. Гелльмиярова // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2006. - №23 (7).

78.Хаджиди А. Е. Концептуальный подход к охране сельскохозяйственных земель от деградации/ А. Е. Хаджиди // Труды КубГА. – 2010. – Вып.№1 (22). – С. 186-189.

79.Хаджиди А.Е. Комплексная технология утилизации сточных вод спиртзаводов на сельскохозяйственных полях орошения / А.Е. Хаджиди // Труды КубГАУ. – 2012. - Вып. 5(38). - С. 177-181.

80.Хаджиди А.Е. Оптимизация выбора мелиоративных агрегатов для охраны земель // А.Е. Хаджиди, В.В. Цыбулевский. Проблемы мелиорации земель и воспроизводства почвенного плодородия. матер. 3-й междунар. научно - практ. конференции / КубГАУ. -Краснодар, 2010. - С.204-205.

81.Хаджиди А.Е. Охрана земель от переувлажнения / А.Е. Хаджиди // MaterialyIIIМiedzynarodowejnaukowe-



praktycznej konferencji «Wykształcenie nauk bez granic - 2005». Tom 26.-Przemysł:Sp. Zo.o. «Nauka i studia».-2005. – С.86-88.

82. Хаджиди А.Е. Принцип формирования земель - охранных систем для предотвращения чрезвычайных ситуаций / А. Е. Хаджиди // Мелиорация и водное хозяйство. Сборник научных трудов НГМА. / НГМА. -Новочеркасск, 2003. С.37-40.

83. Хаджиди А.Е. Технология сохранения почв агроландшафтов / А.Е. Хаджиди, А.Н. Куртнезиров // материалы конференции: Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник материалов IV Всероссийской конференции молодых ученых / КубГАУ.- Краснодар, 2010.. С. 6-8.

84. Черненко В.Я. Осушение переувлажненных земель // Сборник научных трудов ВНИИГиМ.- М., 1989-130с.

85. Черниченко И.Д., Жуков В.Д. Проблема переувлажнения и подтопления земель в Краснодарском крае //Труды КГАУ. Выпуск 358(372). – Краснодар, 1997.

86. Шевченко Г.В. Защита от влияния антропогенных факторов на переувлажнение сельхозугодий и населенных пунктов Ейского района Краснодарского края /Тезисы докладов КГАУ, Краснодар, 1998.

87. Шевченко Г.В. и др. Влияние климатических факторов на переувлажнение земель и физико-географическое районирование земель Краснодарского края по проявлению переувлажнения./ Тр. КГАУ, Краснодар, 1998. Выпуск 364 (392) с.193-201.

88. Шевченко Г.В. Проблемы переувлажнения почв Кубани. Причины появления, распространения, приуроченность и динамика площадей переувлажненных земель. / Г.В. Шевченко, А.М. Сусликов, И.Д. Черниченко и др. // Состояние и пути мелиорации черноземов Кубани. СКЗНИИСиВ. – Краснодар. – 2002. – С. 29-40.

89. Шевченко Г.В., Кузнецов Е.В. Охрана земель от переувлажнения и подтопления и мероприятия по их предотвращению /Тр. КГАУ, Краснодар, 1998. Выпуск 364 (392) с.201-211.

90. Шевченко Г.В., Кузнецов Е.В., Кадышев С.Л. Причины и оценка подтопления земель и населенных пунктов по бассейнам рек Кубани. Краснодар: КГАУ, 1996, с.21.

91. Штомпель Ю.А., Котляров Н.С., Терпелец В.И. Охрана почв и рекультивация земель Северо-Западного предкавказья.- Краснодар: Советская Кубань, 2000,-208с.

92. Штомпель Ю.А., Котляров Н.С., Трубилин А.И. Деградация почв и почвоохранное земледелие.- Краснодар: Советская Кубань, 2001.-528 с.

