



В. Н. КАРНАУХОВ

ЭРОЗИОННО- АККУМУЛЯТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ОТКРЫТОЙ СЕТИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ



УДК 631.615

Карнаухов, В. Н. Эрозионно-аккумулятивные процессы на открытой сети мелиоративных систем / В. Н. Карнаухов. – Минск : Беларус. навука, 2013. – 347 с. – ISBN 978-985-08-1591-0.

Монография посвящена результатам научных исследований эрозионно-аккумулятивных процессов на мелиоративных системах и изучению закономерностей трансформации русел и пойм рек-водоприемников. Изложены методические подходы по количественной оценке объема продуктов эрозии, поступающих в открытую сеть, и прогнозу ее заиления. Дается подробный анализ процессов размыва и заиления, проходящих в руслах мелиоративной сети, в том числе рек-водоприемников, их состояние на современном этапе и предлагаются эффективные приемы по увеличению надежности их работы. Особое место отводится мероприятиям по регулированию гидравлического и руслового режимов рек-водоприемников в комплексе с применением новых технологий и конструкций с учетом современных знаний гидроморфологической теории русловых процессов и требований охраны природы.

Книга рассчитана на широкий круг специалистов проектных и строительных мелиоративных и водохозяйственных организаций, научных работников.

Табл. 54. Ил. 104. Библиогр.: 142 назв.

Научный редактор

член-корреспондент НАН Беларуси, доктор технических наук

А. П. Лихацевич

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор Э. И. Михневич,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор А. С. Мееровский,

кандидат сельскохозяйственных наук А. Ф. Черныш,

кандидат технических наук Э. И. Шкутов

ISBN 978-985-08-1591-0

© Карнаухов В. Н., 2013

© Оформление. РУП «Издательский дом
«Беларуская навука», 2013

Дело противозероизионной защиты сельскохозяйственных угодий только тогда получит для себя совершенно надежное основание, когда будут разработаны и внедрены системы использования земель, автоматически исключающие возможность широкого развития эрозии.

Н. И. Маккавеев

ВВЕДЕНИЕ

В 60-е годы XX столетия в Республике Беларусь были начаты крупномасштабные работы по осушению земель. Для научного обоснования мелиорации в природно-климатических условиях территории возникла необходимость развития новых направлений в различных отраслях знаний, таких как речная гидравлика, инженерная геология, гидрология, земледелие, почвоведение и др. В 60–80-е годы XX века в республике выполнены исследования в области регулирования рек и расчета устойчивости русел рек и каналов, получены новые результаты, сочетающие совместное решение вопросов гидравлики и механики грунтов; предложены новые конструкции и технологии строительства насыпей, возводимых непосредственно на слабых основаниях и разработаны методики определения показателей свойств биогенных грунтов; расширены исследования эрозионных процессов на мелиоративных системах и др.

Однако в результате осушения больших площадей и дальнейшего сельскохозяйственного использования земель произошли изменения исходного рельефа, нарушения естественных эрозионно-аккумуляционных процессов на водосборах. Проведенные работы при строительстве мелиоративных систем и выполнении культуртехнических мероприятий существенно преобразили поверхность осушенных земель, сформировался антропогенный рельеф и ландшафты. Возросла глубина и густота расчленения рельефа открытой сетью каналов, усилилось сосредоточенное поступление наносов в каналы и реки-водоприемники.

С начала функционирования мелиоративных систем возник ряд принципиально новых процессов, не характерных для заболоченных территорий. Особенно существенная трансформация произошла на участках с органогенными почвами. В результате сработки торфа понизились абсолютные отметки поверхности, произошло образование макро и мезорельефа и углубление замкнутых западин, появились минеральные повышения.

Анализ водно-эрозионных и дефляционных процессов на мелиоративных системах показал, что на современном этапе русловой режим в канализированных реках-водоприемниках и на устьевых участках крупных магистральных каналов в значительной части находится в неудовлетворительном состоянии. Повсеместно произошли значимые необратимые переформирования русел рек-водоприемников и прилегающих осушенных пойменных массивов. Во многих случаях ресурс водоприемников самотечных мелиоративных систем к настоящему времени выработан, и они без проведения восстановительных работ не могут обеспечивать пропуск расчетных расходов в соответствии с нормативными требованиями. Продолжительность выхода потока на пойму и глубина ее затопления по мере старения мелиоративных систем увеличивается, что приводит к постепенному увеличению площадей затопляемых и подтопляемых земель.

В свою очередь процессы эрозии на мелиорированных землях наносят серьезный ущерб урожаю, провоцируют заиление открытой мелиоративной сети и особенно рек-водоприемников. Понятно, что в каждом регионе эрозия почв имеет свои особенности, требует специальных исследований и разработки эффективных мер борьбы с ней. Без таких работ невозможно решить сложный комплекс задач, связанных с повышением продуктивности мелиорированных сельскохозяйственных земель и улучшением экологической обстановки на мелиоративных системах.

Эрозионно-аккумулятивные процессы, протекающие в сети мелиоративных водотоков, определяются сложным взаимодействием различных факторов, одни из которых влияют в основном на механическую силу потоков (глубина и скорость, модули стока воды), другие на противозерозионную устойчивость ложа (рас-

тельность, сложение почвы), третьи – на эродируемость (свойства почвы). При назначении противоэрозионных мероприятий требуется не только качественная, но и количественная оценка масштабов распространения эрозионных процессов на осушенных землях, а также динамики их изменения в открытой мелиоративной сети во времени, т. е. причин и механизмов ее заиления.

В настоящей монографии излагаются вопросы влияния эрозионно-аккумулятивных процессов на работоспособность отдельных элементов мелиоративных систем и условия транспортировки продуктов эрозии мелиоративными водотоками в различных условиях. Предлагаются новые методики по количественной оценке поступления наносов с полей, распределения их в открытой сети и инженерные мероприятия по снижению отрицательного влияния эрозионно-аккумулятивных процессов на мелиоративных системах. Приводятся результаты исследований на опытных участках мелиоративных систем и крупномасштабных гидравлических моделях рек-водоприемников динамики руслового и гидравлического режимов. Дается анализ процессов размыва и заиления, проходящих в руслах открытой мелиоративной сети, в том числе рек-водоприемников, оценивается их состояние на современном этапе и предлагаются приемы по увеличению надежности их работы при эксплуатации и проведении реконструкции.

ОЦЕНКА ЭРОЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ НА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ И ИХ ВЛИЯНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ОСУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

1.1. Эрозионные процессы на мелиоративных системах

Слово «эрозия» имеет иностранное происхождение (от лат. через франц. «erodere» – разъедать). Понятие «эрозия» многозначно, оно используется в почвоведении, геологии, медицине, технике и т. д. Под эрозией почвы на мелиоративных системах понимается совокупность взаимосвязанных процессов отрыва, переноса и отложения частиц грунта поверхностным стоком, сосредоточенными водными потоками и ветром, а также техногенной нагрузкой.

Поверхностный сток формируется за счет атмосферных осадков и вызывает поверхностный смыв. Рельеф почвы на любом мелиоративном объекте не бывает идеально ровным, и вода струйками и ручейками различной величины, стекающая с поверхности осушенного массива, постепенно сосредотачивается в воронках стока, поступает в открытую мелиоративную сеть и далее в водоприемник. Потоки талой и дождевой воды создают промоины небольших размеров, приводящие к удалению частиц грунта пахотного слоя почвы. Этот малозаметный, но наиболее опасный процесс носит название «плоскостная водная эрозия», для борьбы с которой на мелиоративных системах разработаны специальные инженерные приемы, которые обеспечивают отвод избыточной воды с поверхности в дренажные системы или по искусственным бороздам и ложбинам в воронки стока.

Эрозионная деятельность водных потоков в открытой сети относится к элементам русловой (линейной) эрозии, которая осуществляется в основном за счет гидравлического воздействия потоков воды на рыхлый материал ложа (вымывание частиц грунта с откосов и дна). Дополнительными факторами могут служить разруше-

ние откосов во время ледохода и антропогенной деятельности, под влиянием фильтрационных и термоэрозионных процессов и др.

Ветровую эрозию почвы часто называют дефляцией. Слово «де-фляция» также иностранного происхождения (от франц. «de» – прочь и лат. «flare» – дуть). Необходимым условием дефляции почв является ветер, скорость которого достаточна для перемещения частиц почвы. По таким внешним признакам как интенсивность, продолжительность и масштабы явления, а также размер ущерба, различают повседневную ветровую эрозию и пыльные бури. Различие это также условно. Отличительными признаками повседневной ветровой эрозии можно считать относительно низкую скорость ветра, лишь незначительно превышающую скорость отрыва частиц почвы (критическую), и связанную с этим пространственную ограниченность явления. Повседневная эрозия чаще всего ограничена масштабами одного или нескольких соседних полей, на территории которых развиваются все стадии процесса – от выдувания почвы до отложения наносов. Практически все пахотные земли в той или иной степени подвержены повседневной ветровой эрозии, в особенности при сельскохозяйственной обработке.

При больших скоростях ветра, значительно превышающих критическую, увеличивается высота подъема почвенных частиц в воздух, которая достигает сотен метров, и дальность их переноса, достигающая сотен и тысяч километров. В метеорологии перенос сильным ветром большого количества пыли, сопровождающийся ухудшением видимости, называется пыльной бурей [90].

Следует отметить, однако, что некоторые авторы [28; 102] и др. справедливо считают, что ветровая эрозия почвы не исчерпывается дефляцией, а включает перенос, измельчение и отложение почвенных частиц ветром с образованием эоловых наносов и погребенных почв. Другие [29; 69; 73] исследовавшие, в основном, взаимодействие почвы с водными потоками, предлагают под эрозией почвы понимать лишь водную эрозию, термин «ветровая эрозия» полностью заменить термином «дефляция», а от термина «плоскостная эрозия» или просто «эрозия», объединяющего эти два процесса, отказаться вовсе. Последнее предложение, как нам

кажется, несет в себе больше недостатков, чем преимуществ при оценке эрозионно-аккумулятивных процессов на мелиоративных системах. Это обусловлено тем, что процессы водной и ветровой эрозии почвы наряду с различиями имеют много общего как в механизме явлений, так и во внешних формах их проявления, а также в методах защиты почв в особенности на мелиоративных системах. Подобная точка зрения была высказана ранее многими авторами [30; 67; 85; 114], исследовавшими весь комплекс проблем охраны почв от разрушения потоками воды и ветра.

Подверженность почвы эрозии на мелиоративных системах определяется четырьмя группами факторов (рис. 1.1) – энергией водных структур (капли дождя, струйки, ручейки, скорость ветра и др.), характером проводимых агротехнических мероприятий, основными свойствами почвы и защитной функцией растений.

В результате плоскостной эрозии с полей мелиоративных систем значительное количество наносов попадает в открытую сеть и далее сосредоточенными потоками воды перемещается вниз по течению или отлагается на дне и откосах. Плоскостная эрозия формирует только часть наносов, поступающих в мелиоративные водотоки с полей. Вторая часть наносов образуется в результате русловой (линейной) эрозии – размыва берегов и дна русла.

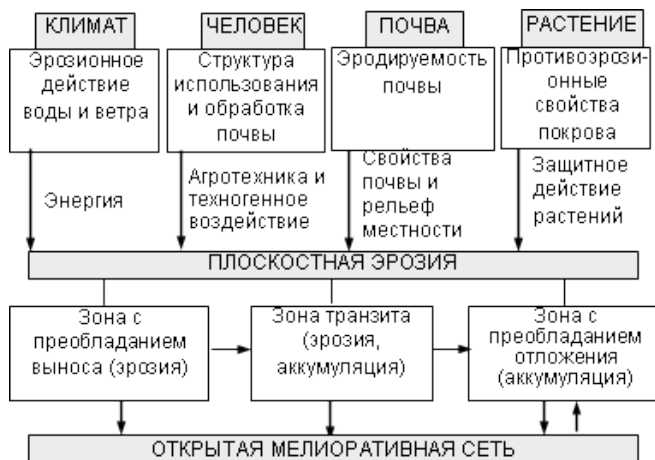


Рисунок 1.1. Схема формирования наносов на полях мелиоративных систем

С количественной стороны процесс плоскостной эрозии характеризуется интенсивностью потерь почвы за счет смыва и (или) сдувания, выражаемой в т/га в год, либо мощностью утраченного слоя почвы в единицу времени (мм/год). В этих же единицах измеряют и скорость почвообразовательных процессов. О степени опасности плоскостной эрозии можно судить, сопоставив интенсивность потерь почвы на эрозию с темпами почвообразовательного процесса. Если интенсивность эрозии меньше темпов почвообразования, то можно предположить, что она не представляет особой опасности для данной почвы. Такую эрозию принято считать нормальной или отсутствующей. Если интенсивность потерь почвы больше темпов почвообразования, ее считают ускоренной. Следует отметить, что задача определения допустимого уровня потерь почвы имеет и экономический характер, поскольку верхний предел определяется в значительной мере наличием средств для защиты почв от эрозии.

Для оценки интенсивности потерь почвы при ускоренной эрозии разработаны различные классификации. В качестве примера в таблице 1.1 приведена шкала, разработанная Н. К. Шиколой [132].

Таблица 1.1. Шкала для оценки интенсивности эрозии почв

Потеря почвы за год, мм	Оценка эрозии
меньше скорости почвообразования	эрозия отсутствует
<0,5	слабая
0,5–1	средняя
1–2	сильная
2–5	очень сильная
>5	катастрофическая

Для прогноза эрозии на практике используют различные способы количественного определения ее характеристик. Это стало возможным благодаря исследованиям широкого круга авторов в различных почвенных и климатических условиях [20; 79; 85; 124; 126; 127; 141 и др.]. Из анализа данных исследований сделан вывод, что в основе всех известных методов количественного определения плоскостной эрозии лежит следующее универсальное уравнение потерь почвы (USLE), статистически выведенное

работниками службы охраны почв в США в 50-х гг. прошлого столетия [141]:

$$A = RKLSCP, \quad (1.1)$$

где A – средние годовые потери почвы на единицу площади в год; R , K , L и S – индексы, учитывающие влияние энергии и интенсивности ливней (R), типа и состояния почвы (K), длины (L) и уклона склона (S) на величину смыва почв; C – индекс, отражающий влияние землепользования, который зависит от растительного покрова; P – индекс влияния противоэрозионных мероприятий.

Белорусскими учеными [95; 127 и др.] были разработаны закономерности, в которых использовано адаптированное к условиям Беларуси универсальное эмпирико-статистическое уравнение вида:

$$A = RKLS, \quad (1.2)$$

где A – потери почвы от эрозии, т/га в год; R – фактор осадков (эрозионный потенциал осадков, выраженный через показатель «эрозионный индекс осадков»); K – фактор противоэрозионной стойкости почв, обусловленный содержанием гумуса, структурностью почвы, водопроницаемостью и соотношением фракций гранулометрического состава; L – фактор длины склона; S – фактор уклона.

По обобщенным данным различных авторов, на территории Беларуси эродированные и эрозионно-опасные земли занимают более 2 млн га., к ним относятся осушенные торфяные, песчаные и супесчаные почвы. В региональном отношении отчетливо выделяются три почвенно-эрозионные зоны. В Поозерье (северная зона) наиболее активно протекают процессы плоскостной водной эрозии, а в центральной – плоскостная водная эрозия и дефляция. В зоне Полесья (южная зона), где была проведена крупномасштабная осушительная мелиорация и преобладают осушенные торфяные почвы, в наибольшей степени распространена ветровая эрозия (дефляция). В среднем интенсивность потерь почвы за счет смыва оценивается по территории республики в пределах от 0,016 до 4,16 мм/год [95], а величина дефляционной опасности изменяется в пределах от 1 до 15 т/га в год и более [127] в зави-

симости от агротехнологической группы земель и структуры их сельскохозяйственного использования.

Следует отметить, что приводимые разными авторами количественные значения плоскостной эрозии отличаются друг от друга главным образом из-за несовершенства способов ее учета, а также сложности самого процесса. Например, нельзя признать надежным определение сноса почвы только по мутности воды, поскольку такой способ не учитывает сложного процесса перераспределения наносов до попадания его в водотоки от водной эрозии и дефляции, а также возможности их изъятия из водотока на формирование отложений на пойме при ее затоплении.

В отличие от слабоизмененных естественных речных бассейнов, для которых характерно увеличение модуля стока наносов по мере роста площади водосбора, для бассейнов с сильной степенью хозяйственного освоения такая закономерность нарушается. В качестве примера изменения твердого стока водоприемников Беларуси от площади водосбора, на рисунке 1.2 приведена линейная схема его формирования при обеспеченности 50 % для реки Припять и ее притоков, расположенных в южной почвенно-эрозионной зоне, где расположено около половины всех осушенных земель.

При переходе от полей к каналам открытой мелиоративной сети, а затем к рекам-водоприемникам отмечается затухание удельного транспорта продуктов эрозии. Избыточное поступление продуктов плоскостной эрозии с полей мелиоративных систем в верхние звенья открытой сети превышает энергетические возможности водотоков по переносу наносов, и большая часть эродируемого материала накапливается в их руслах, которые являются действующими отстойниками наносов. Заиление и обмеление русел каналов приводит к их зарастанию и уменьшению пропускной способности и как следствие к затоплению и подтоплению сельхозугодий. Последствия заиления отрицательно сказываются на работе мелиоративных систем при возникновении экстремальных ситуаций.

Направленность эрозионно-аккумулятивных процессов характеризуется коэффициентом трансформации наносов по В. Н. Голосову [17] или коэффициентом редукации стока наносов по Н. И. Алексеевскому [3]. Они определяются как отношение объема выноса

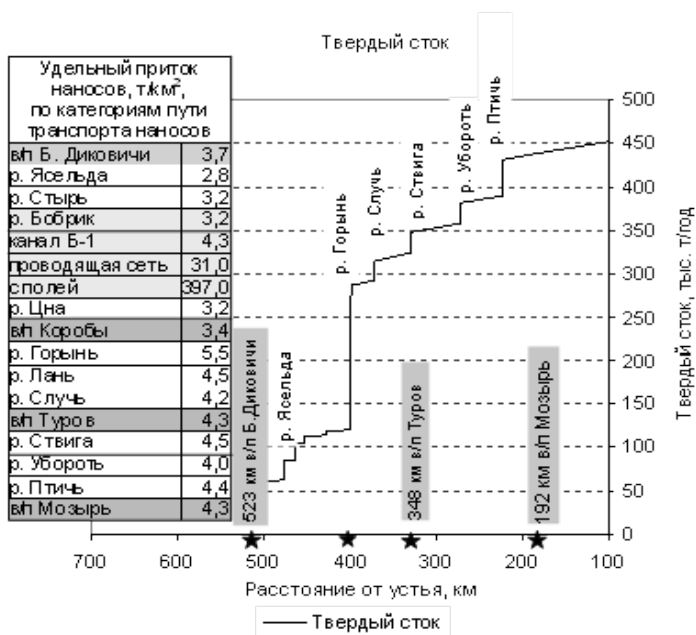


Рисунок 1.2. Линейная схема формирования твердого стока 50 % обеспеченности для водосбора р. Припять

материала с водосбора через рассматриваемый створ к объему плоскостной эрозии на водосборе за одно и то же время.

По нашим расчетам (рис. 1.2) модуль твердого стока рек-водоприемников Полесья изменяется в пределах от 2,8 т/км² (для устья р. Ясельда) до 5,5 т/км² (устье р. Горынь), что не превышает 5 % от показателя модуля стока наносов поступающих с полей пойменных осушительных систем за счет эрозионных процессов (например 397 т/км² для осушенного пойменного массива в пойме р. Бобрик). Большая часть продуктов эрозии, поступивших с мелиорированных площадей, перераспределяется по открытой регулирующей и проводящей сети в виде донных отложений и твердого стока. Следует отметить, что низкий коэффициент трансформации наносов для рек-водоприемников мелиоративных систем не означает количественное уменьшение их поступления в водоприемники. С увеличением интенсивности эрозионных процессов на поймах после их осушения количество наносов, по-

ступающих в русла рек, резко возросло. Поймы, служившие ранее зонами накопления наносов, после их сельскохозяйственного освоения стали источниками повышенного поступления наносов в открытую мелиоративную сеть и далее в водоприемники, за исключением их прирусловых участков, где интенсивность осадконакопления и его дифференциация определяются гидродинамическими характеристиками взаимодействующих руслового и пойменных фрагментов потока.

Анализ условий поступления, транзита наносов и аккумуляции имеет определяющее значение при исследовании трансформации преобразованных и искусственных водотоков [6]. Эрозионно-аккумулятивные процессы, протекающие на мелиоративных системах, оказывают всестороннее влияние на все ее элементы: так, помимо непосредственного разрушения почвенного покрова в процессе плоскостной эрозии, происходит заиление открытой мелиоративной сети и, как следствие, рек-водоприемников. Оценить их комплексное воздействие на конкретную мелиоративную систему при помощи существующих методик, даже адаптированных к условиям Беларуси, представляется затруднительным.

1.2. Полевые исследования динамики эрозионно-аккумулятивных процессов на опытных участках открытой сети

Для исследования эрозионно-аккумулятивных процессов в полевых условиях при выборе объекта аналога предпочтение было отдано мелиоративной системе «ПОМС», расположенной на землях РУП «ПОСМЗиЛ» Лунинецкого района Брестской области. На полях данного хозяйства уровень ведения агротехники относится к среднему по Полесскому региону, имеются долговременные метеорологические, гидрометрические и геологические наблюдения, они наиболее близко отражают типичную почвенную комбинацию региона Полесья. Опытные поля на мелиоративной системе имеют постоянные границы на протяжении всего длительного срока наблюдений.

Мелиоративная система площадью около 3,2 тыс. га расположена на левобережной пойме устьевом участка реки Бобрик

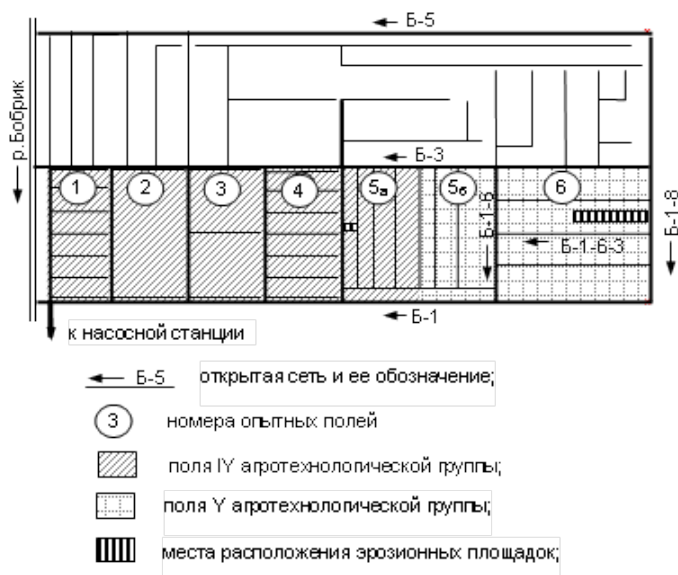


Рисунок 1.3. Схема мелиоративной системы «ПОМС»

(ПК110–ПК150), который является одновременно и границей системы, и рекой-водоприемником. Открытая проводящая сеть каналов первого порядка (магистральных) Б-1, Б-3 и Б-5, протяженностью в пределах системы каждого около 8 км, в зависимости от гидрологических условий выполняет функции самотечных каналов, проводящих к насосной станции и подводящих на период увлажнения (рис. 1.3).

В качестве объекта детальных исследований принят опытный участок, включающий опытные поля 1–6 между каналами первого порядка Б-1 и Б-3, расположенными перпендикулярно реке Бобрик и впадающих в нее. Опытные поля имеют различную удельную протяженность открытой сети и структуру использования осушенных торфяников. В направлении от р. Бобрик торфяные почвы (поля 1–5_а) постепенно переходят в торфяно-минеральные и органоминеральные (поля 5_б–6). Для проведения детальных исследований эрозионно-аккумулятивных процессов были оборудованы опытные эрозионные площадки на полях с характерными группами почв, где сотрудниками РУП «ПОСМЗиЛ» проводят-

ся наблюдения с 1961 г. (сразу после осушения) за изменением свойств почвы при различном характере сельскохозяйственного использования.

По данным почвенно-мелиоративного обследования осушенных торфяных почв, проведенного на данном опытном участке сотрудниками станции [112], установлено, что по состоянию на 2010 г. торфяные почвы в своем доминирующем положении сохранились в нижней половине мелиоративной системы, где оставшаяся мощность торфа изменяется в пределах от 0,6 до 1 м. Средняя часть системы в основном представлена торфяно- и торфянисто-глеевыми почвами с чередованием участков торфяно-минеральных и органоминеральных почв. Верхнюю часть представляет комплекс органоминеральных и минеральных почв. В целом к торфяным почвам можно отнести примерно 45 % площади системы, к торфяно-минеральным и органоминеральным – 28 %, минеральным – 27 %.

В зависимости от морфометрии рельефа и стадии трансформации торфяной залежи на опытных полях (рис. 1.3) выявлены разновидности агротехнологических групп почв по степени эрозийной опасности со следующими характеристиками [127]:

четвертая группа (IV) – преобладают осушенные торфяные маломощные почвы (50–80 %) с присутствием дерновых заболоченных (10–40 %) по периферии или в виде небольших островов в центре. Характеризуются несложным и малоконтрастным почвенным покровом с возможным переносом почвы ветром от 10 до 12 т/га в год;

пятая группа (V) – представлена осушенными торфяно-минеральными почвами, образовавшимися на месте сработанных маломощных торфяников. Основной фон почв этой группы (70 %) составляют торфяно-минеральные, минеральные остаточноторфянистые и минеральные постторфяные. К небольшим пологим буграм приурочены дерновые почвы (около 20 %), которые являются одним из компонентов этой группы земель и усиливают степень их неоднородности. Сохранившиеся в небольшом количестве (до 10 %) маломощные торфяно-болотные низинные почвы ожидает в недалеком будущем трансформация в общий фон

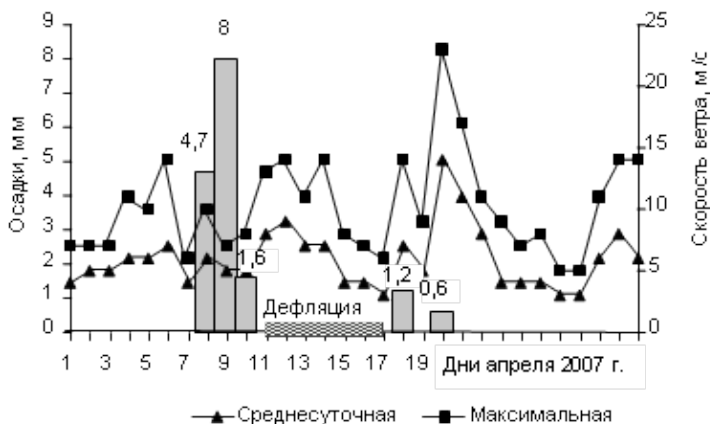


Рисунок 1.4. Диаграммы изменения скорости ветра и выпадения осадков в апреле 2007 г. на опытном участке мелиоративной системы «ПОМС»

торфяно-минеральных почв. На небольших открытых пространствах, занятых данной группой земель, значительно возрастает дефляционная опасность. Потенциально возможный перенос почвы ветром может достигать максимальной величины 15 т/га и более.

Ветровая эрозия на полях чаще всего наблюдается в весенний (апрель–май) и летний (первая декада июня) периоды, реже – в осенний (во время обработки почвы и сева озимых). Развитие ветровой эрозии в эти периоды объясняется сильными ветрами (от 8–9 м/с, порывами до 20 м/с и более) и малым количеством атмосферных осадков, обуславливающих высыхание поверхности почвы. Так в середине апреля 2007 г. в засушливый период с 11 по 17 число на территории мелиоративной системы «ПОМС» (рис. 1.4) наблюдалась интенсивная дефляция, в результате которой были частично занесены каналы мелиоративной системы. По результатам инструментальных измерений определен средний объем отложившихся наносов на откосе канала Б-3, который за одни сутки (14.04.07) составил в среднем по длине участка 0,14 м³ на погонный метр.

Характеристика влажности поверхностного слоя почвы на опытных площадках представлена в таблице 1.2.

Таблица 1.2. Характеристика влажности поверхностного слоя почвы на опытном участке мелиоративной системы «ПОМС»

Место наблюдений			Полная влагоемкость, % на сухую навеску	Влажность на 12.04.07 г., % на сухую навеску	Влажность в начале дефляции при скорости ветра в приземном слое 7 м/с на 14.04.07 г., %
Номер опытного поля (рис. 1.3)	Использование	Положение			
5 _а	травы	возвышенность	349	234	дефляция отсутствовала
		понижение	495	326	
6	пашня	возвышенность	34	27	22–37
		понижение	87	69	

Начало процесса ветровой эрозии (трогания) частиц происходит при достижении пороговых значений скорости ветра в приземном слое, зависящих от размера частиц, влажности и плотности почвы. При этом скорость воздушного потока, при которой начинается движение частиц почвы, в большей степени зависит от влажности, чем от плотности. Влажность поверхностного слоя органогенных почв является одним из основных факторов, определяющих интенсивность дефляционных процессов на мелиоративных системах, регулирование которой позволяет управлять интенсивностью дефляции.

Были проведены балансовые расчеты средних объемов заиления мелиоративных каналов по годам эксплуатации и дана количественная оценка интенсивности данного процесса (методика

Таблица 1.3. Характеристика опытного участка мелиоративной системы «ПОМС» и данные поступления наносов в открытую сеть

Номер поля (рис. 1.3)	Площадь сельхозугодий, га	Удельная протяженность открытой сети, м/га	Среднее за период наблюдений 2005–2010 гг.	
			Норматив противозерозионной способности севооборота K_b	Удельный объем заиления W , м ² /год
1	142,2	63	0,58	0,119
2	190,1	21	0,66	0,055
3	178,1	28	0,71	0,066
4	188,3	47	0,67	0,067
5 _а	167,9	50	0,63	0,132
5 _б	202,8	31	0,71	0,099
6	301,5	27	0,44	0,061

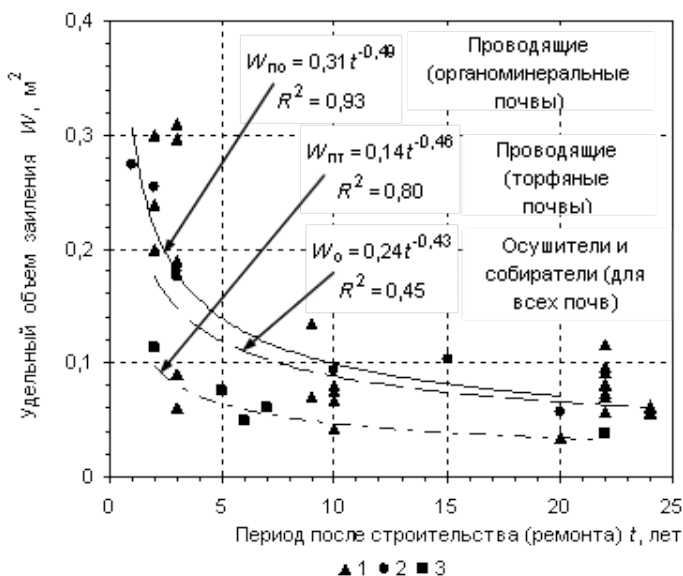


Рисунок 1.5. Зависимости удельных среднегодовых объемов отложения наносов от продолжительности периода после их строительства (ремонта) в каналах мелиоративной системы «ПОМС» различного порядка и вида почв: 1 – осушители и собиратели; 2 – проводящие (органоминеральные почвы); 3 – проводящие (торфяные почвы)

расчета приводится в параграфе 1.3.5). На начальном этапе эксплуатации мелиоративной системы среднегодовые объемы заиления изменяются в пределах: для каналов второго порядка (проводящая сеть) – от 75 до 300 м³/км (65–270 т/км); для каналов третьего порядка (осушительная сеть) – от 40 до 100 м³/км (35–90 т/км). Количественные характеристики поступления наносов в открытую сеть за период наблюдений на опытном участке, полученные на основании балансовых расчетов, представлены в таблице 1.3.

Обобщенные результаты анализа приведены на рисунке 1.5 в виде графиков и зависимостей, отражающих изменение среднегодовых объемов заиления элементов открытой сети от продолжительности периода после строительства (ремонта).

В отличие от проводящей сети, для которой получены достоверные степенные зависимости с коэффициентами детерминации R^2 в пределах от 0,8 до 0,93, для открытых осушителей достовер-

ная связь отсутствует ($R^2 < 0,5$). Объясняется это тем, что на заиление открытой осушительной сети непосредственно влияет случайное сочетание основных и второстепенных факторов, складывающихся на примыкающих осушенных площадях. Одним из основных внешних факторов можно отметить ветровую эрозию почвы (дефляцию). Многими авторами [24; 34; 95 и др.] отмечается, что весенние и летние кратковременные ветры ураганной силы вызывают суточное отложение наносов в каналах, превышающие объемы их заиления от водной эрозии в течение года.

Тем не менее, наблюдается общая тенденция уменьшения интенсивности заиления открытой сети с увеличением межремонтных периодов. Аналогичные выводы, что в первые 1–2 года после прокопки русла в песчаных и торфяных грунтах наблюдается самая высокая интенсивность деформаций дна и откосов с последующим затуханием, сделаны Н. В. Кушниром [76] по исследованиям формирования русел каналов на данном объекте после его строительства в 70-х гг. Им отмечается, что в течение 3 лет после строительства отметки дна на проводящих каналах повысились в среднем на 7 см/год с удельным объемом заиления $0,29 \text{ м}^2/\text{год}$, при этом за краткосрочный период весеннего подпора (март–май) заиление дна составило в среднем 5 см/год или $0,13 \text{ м}^2/\text{год}$. Удельное заиление магистрального канала Б-1 за весенний период наблюдалось более значимым и изменялось в пределах от $0,2$ до $0,4 \text{ м}^2/\text{год}$.

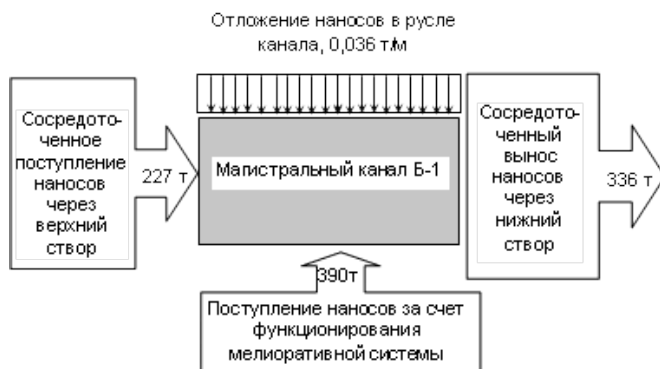


Рисунок 1.6. Схема эрозионно-аккумулятивных процессов на магистральном канале Б-1 мелиоративной системы «ПОМС» в год 50 % обеспеченности по водности

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Оценка эрозионно-аккумулятивных процессов на мелиоративных системах и их влияния на продуктивность осушенных земель	6
1.1. Эрозионные процессы на мелиоративных системах	6
1.2. Полевые исследования динамики эрозионно-аккумулятивных процессов на опытных участках открытой сети	13
1.3. Структура и методы оценки эрозионно-аккумулятивных процессов на мелиоративных системах	26
1.3.1. Структура оценки состояния мелиоративной системы и ее элементов	26
1.3.2. Деформации осушенной торфяной залежи	28
1.3.3. Количественная оценка плоскостной эрозии органогенных почв.....	32
1.3.4. Методика оценки плоскостной эрозии органогенных почв методом морфологического баланса органического вещества.....	34
1.3.5. Балансовый метод определения количества наносов, поступающих в открытую сеть с мелиоративной системы	40
1.3.6. Прогноз изменения пропускной способности открытой проводящей сети	45
1.3.7. Потери урожая на мелиоративных системах от неудовлетворительного состояния открытой сети.....	49
Глава 2. Мероприятия по снижению отрицательного влияния эрозионно-аккумулятивных процессов на открытой мелиоративной сети и оценка их эффективности	56
2.1. Требования к техническому состоянию открытой сети и состав работ по ее обслуживанию	56
2.2. Инженерные мероприятия по снижению отрицательного влияния эрозионно-аккумулятивных процессов на мелиоративных системах	62

2.3. Эффективность вариантов технического обслуживания открытой сети.....	78
2.4. Алгоритм оценки экономической эффективности мероприятий по уменьшению негативных последствий эрозии.....	83
2.5. Периодичность выполнения работ по техническому обслуживанию открытой сети	85

Глава 3. Русловые процессы в реках-водоприемниках и проводящих каналах 93

3.1. Динамика руслового режима канализированных рек-водоприемников	93
3.2. Характеристика обвалованных рек-водоприемников с руслами, оставленными в естественном состоянии.....	108
3.3. Гидрологическая обстановка на опытных участках рек-водоприемников.....	114
3.4. Оценка современного состояния русловых процессов в реках-водоприемниках.....	122
3.5. Мелиоративно-экологическая классификация рек-водоприемников и проводящих каналов.....	139
3.5.1. Группировка рек-водоприемников и проводящих каналов по типам руслового процесса	139
3.5.2. Классификация морфологически однородных участков мелиоративных водотоков по русловому режиму.....	146
3.5.3. Экологическая классификация рек-водоприемников	150
3.6. Физическое моделирование русел сложного сечения.....	154
3.7. Устойчивость русел на поворотах.....	163
3.7.1. Общие закономерности формирования русел водотоков в местах поворотов	163
3.7.2. Распределение глубин и скоростей потока на закруглении русла	166
3.7.3. Анализ существующих формул для расчета допустимого радиуса закругления русел.....	169
3.7.4. Параметры отстойника, совмещенного с поворотом	177
3.7.5. Физическое моделирование устойчивости и пропускной способности русел на поворотах.....	181
3.7.6. Новые конструкции угла поворота в неустойчивых грунтах ...	192
3.7.7. Пример расчета руслового отстойника, совмещенного с поворотом, и особенности технологии производства строительных и эксплуатационных работ по его возведению	199

Глава 4. Режим твердого стока на осушенных поймах и трансформация прирусловых участков после регулирования рек-водоприемников.....	203
4.1. Определяющие факторы изменения режима твердого стока и характера эрозионно-аккумулятивных процессов в пределах пойм.....	203
4.2. Трансформация поймы реки Морочь в процессе ее сельскохозяйственного освоения	208
4.3. Трансформация прирусловых участков поймы реки Оресса	209
4.4. Результаты многолетних исследований трансформации осушенных торфяных почв на пойме реки Бобрик.....	210
4.5. Интенсивность формирования пойменного аллювия в зоне взаимодействия руслового и пойменных фрагментов потока на опытном участке русла сложного сечения реки Лань.....	213
Глава 5. Обоснование закономерностей взаимодействия руслового и пойменных фрагментов потока на основе принципа изменения количества движения	216
5.1. Применение принципа изменения количества движения к задачам движения потока воды по фрагментам русла, имеющим различные гидравлические и морфометрические параметры.....	216
5.2. Математическая модель движения жидкости в условиях взаимодействия смежных фрагментов потока.....	220
5.3. Закономерности обмена наносами между русловым и пойменным фрагментами потока при равномерном режиме движения воды.....	232
5.4. Закономерности обмена наносами между русловым и пойменным фрагментами потока при неравномерном режиме движения воды	238
5.5. Методика гидравлического расчета пойменных русел.....	243
5.6. Прогноз изменения скоростного режима пойменного потока на примере Хотомельского перепуска.....	249
Глава 6. Концепция регулирования руслового режима рек-водоприемников и способы ее реализации	259
6.1. Основные закономерности функционирования русловых процессов в реках-водоприемниках.....	259
6.2. Условия применения мероприятий по управлению гидравлическим и русловым режимами рек-водоприемников	263
6.3. Методы регулирования руслового режима в реках-водоприемниках и используемые при этом технологические приемы.....	268
6.4. Экологически безопасные приемы управления эрозионно-аккумулятивными процессами на мелиорированных поймах.....	271

6.5. Технологические схемы ремонта и реконструкции русел рек-водоприемников и магистральных каналов	276
6.6. Математическое и физическое моделирование энергосберегающего способа углубления рек-водоприемников	282
6.7. Примеры применения приемов ремонта и реконструкции заиленных участков русел канализированных рек-водоприемников при различных их формах и степени трансформации	296
6.7.1. Требования и виды работ по техническому обслуживанию русел рек-водоприемников.....	296
6.7.2. Комплекс технологических мероприятий по реконструкции русла реки-водоприемника Морочь	298
6.7.3. Комплекс технологических приемов по ремонту русла реки Лань на участке со сложным поперечным сечением.....	303
6.8. Способ ликвидации подпоров в открытой проводящей сети самотечных систем	309
6.8.1. Самотечно-насосные мелиоративные системы	309
6.8.2. Управление уровнем режимом на самотечно-насосных системах.....	320
6.8.3. Примеры реконструкции самотечных мелиоративных систем ..	327
Заключение	330
Литература.....	334