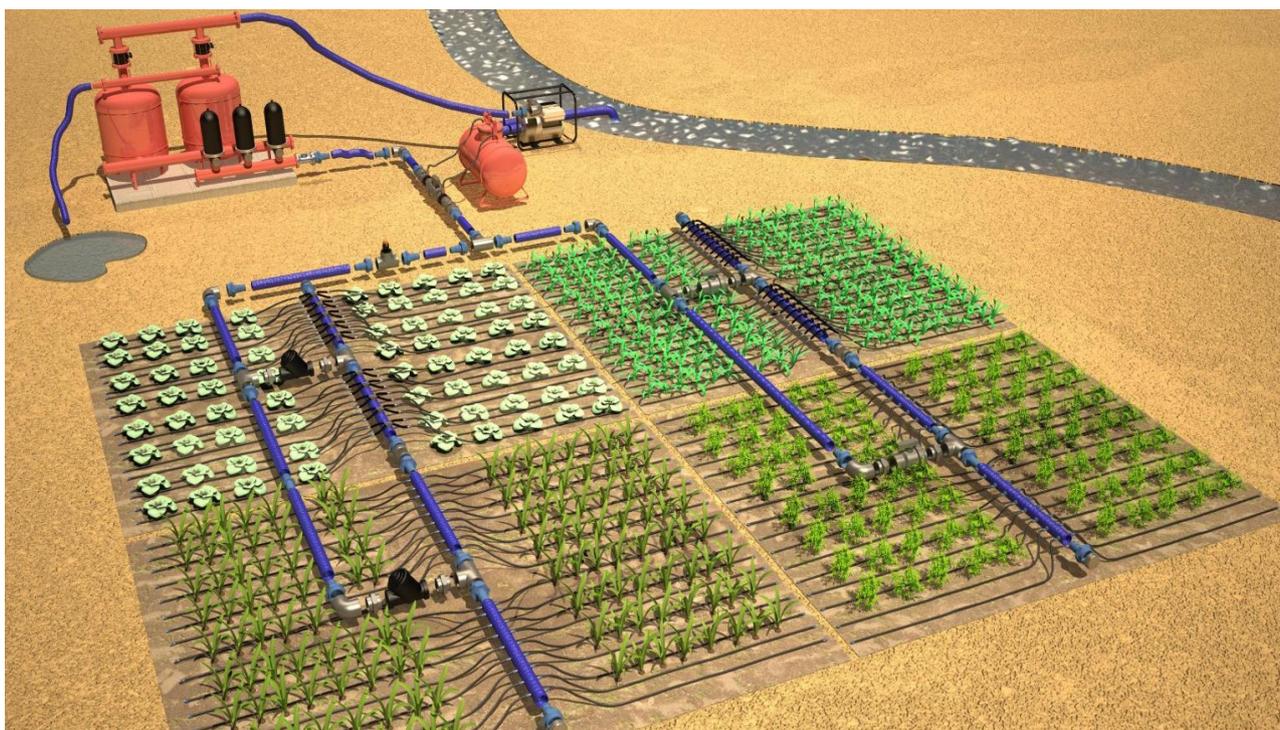


МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Сборник материалов
Национальной научно-производственной конференции



БРЯНСКАЯ ОБЛАСТЬ
2019

УДК 631.6:338.43 (06)

ББК 40.6:65.45

П 42

Повышение эффективности использования мелиорируемых земель: сборник материалов национальной научно-производственной конференции (19 декабря 2018 г.). – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. – 106 с.

В сборнике отражены исследования, проводимые учеными Брянского ГАУ, руководителями производств Брянской области, Белоруссии и Республики Молдова. Материалы рассчитаны на студентов, научных и инженерно-технических работников, занимающихся проблемами эффективного использования мелиорируемых земель.

Редакционный совет:

Байдакова Е.В. – доцент кафедры природообустройства и водопользования;

Ториков В.Е. - Проректор по научной работе и инновациям д.с.-х. н., профессор;

Василенков В.Ф. - профессор кафедры природообустройства и водопользования.

Рекомендовано к изданию решением методической комиссии института Энергетики и природопользования Брянского ГАУ, протокол № 6 от 04 февраля 2019 года.

© Брянский ГАУ, 2019

© Коллектив авторов, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

1. Байдакова Е.В. Мероприятия по охране и рациональному использованию земельных ресурсов и почвенного покрова, в том числе мероприятия по рекультивации нарушенных земельных ресурсов и почвенного покрова.....	4
2. Василенков С.В., Василенков В.Ф., Байдакова Е.В., Аксёнов Я.А. Определение поливных норм и продолжительности межполивных периодов на основе метода неопределённых множителей Лагранжа.....	8
3. Василенков С.В., Василенков В.Ф., Кровопускова В.Н. Пруды для целей орошения и других хозяйственных нужд.....	18
4. Василенков В.Ф., Ушаткина Д.А. Определение оптимальных поливных норм и продолжительности межполивного периода...	36
5. Василенков С.В., Комяжко А.Н. Расчет объема снегового стока, поступающего в текущем году в пруд.....	43
6. Воронин А.А. Автоматизация процесса капельного орошения селекционного питомника ягодных культур на базе Брянского ГАУ.....	51
7. Волков А.В. Об субсидировании и реализации программы «Мелиорация» на территории Брянской области.....	54
8. Гайдаржи Л.С., Попова В.А. Самоочищение воды от радионуклидов в водоемах зоны слабого загрязнения (1- 5 Ки/км ²).....	59
9. Дунаев А.И. Оценка и учет трансформации торфяной залежи при проектировании гидромелиоративных мероприятий на торфяниках с/х назначения.....	65
10. Ивченко Л.В. Факторы воздействия сооружений на окружающую среду.....	71
11. Махновский С.Н. Повышение эффективности проведения культуртехнических и мелиоративных работ и вовлечение в сельскохозяйственный оборот неиспользованных земель.....	75
12. Прудников П.В. Внесение агромелиорантов с целью повышения плодородия земельных угодий при проведении культуртехнических работ.....	82
13. Франжева В. Самоочищение воды от радионуклидов в водоемах зоны среднего загрязнения (5 - 15 Ки/км ²).....	89
14. Чолак Е. Самоочищение воды от радионуклидов в водоемах зоны сильного загрязнения (15 - 40 Ки/км ²).....	97

УДК 332.3:504.06

**МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ И РАЦИОНАЛЬНОМУ
ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ И ПОЧВЕННОГО
ПОКРОВА, В ТОМ ЧИСЛЕ МЕРОПРИЯТИЯ
ПО РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ И
ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА**

*Measures for the protection and rational use of land resources and soil cover,
including measures for the reclamation of disturbed and soil cover*

Байдакова Е.В., к.т.н., доцент,
Baydakova E. V.

ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»
Брянск, Россия 243345 Брянская область
Bryansk State Agrarian University

Реферат: Воздействие объекта на территорию и условия землепользования требуют проведения охранных и защитных мероприятий. В настоящее время территория строительства представляет собой пахотные земли сельскохозяйственного назначения и земли, занятые объектами промышленности.

Summary: *The impact of the object on the territory and land use conditions require protective and protective measures. Currently, the construction area is agricultural arable land and land occupied by industrial facilities.*

Охрана земель от воздействия объекта

Воздействие строительно-монтажных работ на почвы вблизи территории расположения строящегося объекта возможно в следующих случаях:

Загрязнение грунтов маслами топливом автомобилей и строительных машин на строительных площадках.

Для снижения уровня такого загрязнения заправка автомобилей и других самоходных строительных машин и механизмов топливом, маслами должна производиться на стационарных и передвижных заправочных пунктах в специально отведенных местах. Заправка стационарных машин и механизмов с ограниченной подвижностью производится автозаправщиками. Заправка во всех случаях должна производиться только с помощью шлангов, имеющих затвор у выпускного отверстия. Применение ведер и других видов открытой посуды для заправки не допустимо. На стройплощадке должен быть организован сбор отработанных масел с последующей отправкой их на регенерацию в специализированную организацию. Слив масел на растительный и почвенный покров запрещается.

Загрязнение территории проведения работ строительным мусором и бытовыми отходами

В целях снижения загрязнения окружающей среды временные производственные и бытовые сооружения расположены за пределами строительной площадки.

Технология производства строительных работ не предполагает использования каких-либо химических соединений, которые могли бы в случае аварии оказать непоправимые последствия на прилегающую территорию.

В процессе работ следует выполнять следующие мероприятия по охране окружающей среды:

- доставку бетона на объект следует осуществлять автобетоносмесителями, что исключает запыленность воздуха и загрязнение грунта, сопровождающих процесс приготовления бетона;

- перевозка и хранение сыпучих, пылящих материалов осуществляется в контейнерах и специальных транспортных средствах;

- строительный мусор вывозится на специализированную свалку, при этом необходимо принять меры против возможного запыления воздуха (пологи, специальные емкости и т.п.);

- промасленная ветошь собирается в контейнеры и периодически вывозится на полигон ТБО;

Рекультивация нарушенных земель. Охрана и рациональное использование почвенного слоя

При строительстве предполагается выполнение земляных работ. С целью сохранения плодородного слоя почвы разработка грунта ведется согласно разделу проекта «Организация строительства» только после снятия (срезки) плодородного слоя почвы (ПСП) в соответствии с ГОСТ 17.4.3.02-85 (2003) «Охрана природы. Почвы. Требования к охране плодородного слоя почвы при производстве земляных работ». Мощность снимаемого плодородного и потенциально-плодородного слоев почвы установлена на основе Приложения 1 ГОСТ 17.5.3.06-85 «Охрана природы. Требования к определению норм снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ» и составляет 20 см. При определении мощности снятия ПСП учитывалась мощность гумусового горизонта, морфологическое строение почвенного профиля и содержание гумуса у нижней границы снятия. Рельеф участка снятия ПСП позволяет провести работы механизированным способом.

Мощность снятия ПСП составляет 0,2 м с учетом механизированного способа снятия и в целях не смешивания плодородных горизонтов с переходным горизонтом. Ширина снятия ПСП составляет 20 м.

Плодородный слой почвы по трассе коллекторов К3,1; К3.1.1, К.3.2; К.3.3; К.3.3.1 и К.3.4 перемещается во временные отвалы и кавальеры, соответствующие требованиям ГОСТ 17.5.3.04-83, размещенные в полосе отвода земель. При устройстве пруда накопителя плодородный слой почвы располагается по обоим берегам во временные кавальеры. В дальнейшем ПСП подсыпается на трассы коллекторов и разравнивается по дамбе, устраиваемой по периметру пруда, а также в местах, где осуществлялась планировка прилегающей территории.

В соответствии с СН 456-73 «Нормы отвода земель для магистральных водоводов и канализационных коллекторов» устанавливаются ширина полос земель для магистральных канализационных коллекторов, а также размеры земельных участков для размещения колодцев канализационных коллекторов.

Полосы земель для магистральных подземных канализационных коллекторов необходимы для временного краткосрочного пользования на период их строительства.

Отвод временно занимаемых земельных участков не требует согласования, т.к. земельные участки с кадастровыми № 32:03:0970101:156 и № 32:03:0970101:157 принадлежит агрохолдингу «Мираторг» на праве долгосрочной аренды.

Ширина полос земель на период строительства подземных канализационных коллекторов устанавливается на землях сельскохозяйственного назначения и других землях, где должно производиться снятие и восстановление плодородного слоя – для трубопроводов диаметром от 600-800, а также от 800-100 мм включительно составляет 37,0 м.

Размеры земельных участков для размещения колодцев канализационных коллекторов должны быть не более 3х3 м, что не превышает размер полосы снятия ПСП.

Плодородный слой почвы снимается по всей длине трассы расположения канализационного коллектора и сооружений на нем, а также под прудом накопителем и укладывается во временные отвалы на полосе отвода.

После завершения работ растительный грунт возвращается на трассу и разравнивается на месте укладки коллектора и на дамбе, сооружаемой вокруг пруда накопителя на которой заем осуществляется посев травы.

Основными показателями для расчета объема снятия ПСП являются:

*Длина трубопроводов всего 2046 м, в том числе длина трассы трубопроводов на которой снимается ПСП - 1716,5 м

*Площадь, занимаемая прудом – 15777 м² (в данную площадь входят трассы коллекторов КЗ.3 и КЗ.3.1 длиной 329,5 м)

*ширина полосы снятия растительного грунта по трассе трубопровода – 20 м;

*Толщина плодородного слоя почвы – 0,2 м.

Общая площадь рекультивируемых земель составит $34330+15777=50107$ м², объем рекультивации 10021,4 м³.

Устройство временных дорог расчетом не предусматривается, т.к. движение техники будет осуществляться в пределах полосы отвода трассы трубопроводов (расчетом уже учтено).

Временная строительная база размещается вне объекта строительства, таким образом, снятие растительного слоя под устройство временных зданий и сооружений не осуществляется и расчетом не учитывается.

Основной целью снятия плодородного слоя почвы (ПСП) состоит в том, чтобы сохранить его как природное тело и среду для обитания растительного мира Земли. При снятии и складировании растительного слоя принимаются меры, исключающие ухудшение его качества (перемешивание с подстилающими породами, загрязнение маслами и топливом, размыв, выдувание и т.д.)

Снятие и складирование во временные отвалы хранения ПСП осуществляется в соответствии с требованиями ГОСТов 17.5.3.06-85 и 17.4.3.02-85.

Временные отвалы ПСП размещаются, в основном, поперек склона, что препятствует выносу ПСП ливневыми водами за пределы участка, смыву и

размыву поверхности. Снятие, транспортировка и складирование ПСП выполняются в период естественного увлажнения почвы, что исключает пыление.

При строительстве канализационного коллектора с прудом накопителем отсутствует необходимость длительного хранения временных отвалов, в связи с короткими сроками выполнения строительных работ, поэтому залужение отвалов не требуется.

С целью сохранения плодородного слоя почвы его разработка ведется согласно разделу проекта «Организация строительства» только после снятия (срезки) почвы в соответствии с ГОСТ 17.4.3.02-85 (2003) «Охрана природы. Почвы. Требования к охране плодородного слоя почвы при производстве земляных работ».

При рекультивации производится разравнивание грунта, подсыпка ям и понижений, общая планировка участка. Рекультивация нарушенных земель производится надвижкой растительного грунта на нарушенные участки слоем не менее 20 см с последующим его разравниванием на территории.

Приемку рекультивированных участков с выездом на место осуществляет рабочая комиссия, состоящая из представителей заинтересованных организаций (Заказчик, эксплуатирующая организация). В работе комиссии принимают участие представители юридических лиц или граждане, сдающие и принимающие рекультивированные земли, а также при необходимости специалисты подрядных и проектных организаций.

При приемке рекультивированных земельных участков, затронутых строительством, рабочая комиссия проверяет: качество планировочных работ; полноту выполнения требований экологических, санитарно-гигиенических, строительных и других нормативов, стандартов и правил в зависимости от вида нарушения почвенного покрова и дальнейшего целевого использования.

Восстановление и благоустройство территории после завершения строительства объекта

По окончании строительных работ на строительной площадке производится:

- удаление всех временных устройств и сооружений;
- при необходимости засыпка, послойное трамбование и выравнивание рытвин и ям, возникших в процессе строительных работ.

В целях создания благоприятной экологической обстановки и контроля за образующимися отходами производства и потребления, вокруг строительной площадки проектом предусматриваются следующие мероприятия:

- складирование отходов, строительных материалов и конструкций на специально отведенных участках в специальных контейнерах;
- удаление строительного мусора только в таре;
- запрещение сжигания отходов, остатков материалов;
- соблюдение технических требований при транспортировке, хранении и применении строительных материалов (органические растворители, лаки, синтетические краски и др.);

- организация безопасной заправки и сбора отработанных масел строительной техники на специальной площадке;
- организация места на строительной площадке для установки контейнеров для сбора и временного хранения отходов строительного производства;
- запрещение организации свалок под отходы строительного производства и слив загрязнений на строительной площадке;
- уменьшение скорости движения транспорта.

Литература

1. Дунаев А.И. Влияние верхних пластов территории водосбора грунтовых вод на величину их стока // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 4. С. 24-26.
2. Ториков В.Е., Иванюга Т.В. Состояние и перспективы развития отрасли растениеводства в Брянской области // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 3-1. С. 21-26.
3. Система капельного орошения на землях Брянского ГАУ / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Е.В. Байдакова, Я.А. Аксёнов // Вестник Брянской ГСХА. 2017. № 4. С. 16-24.
4. Повышение эффективности оросительных систем Брянской области с использованием современных технических средств орошения / Е.В. Байдакова, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Л.А. Зверева, О.Н. Демина, Н.В. Каничева, В.Н. Кровопускова // Отчет по хоздоговорной НИР кафедры № 44а ГЗ от 25.06.2017 г.
5. Мелиоративная история Брянщины. Люди и дела / В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Е.В. Байдакова, Б.Д. Муравьев, М.Ф. Ковалев, П.И. Евсеев. Брянск, 2018.

УДК 631.6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛИВНЫХ НОРМ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ МЕЖПОЛИВНЫХ ПЕРИОДОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА НЕОПРЕДЕЛЁННЫХ МНОЖИТЕЛЕЙ ЛАГРАНЖА

*Determination of irrigation norms and duration of inter-irrigation periods based
on the method of uncertain Lagrange multipliers*

Василенков С.В., Василенков В.Ф., Байдакова Е.В., Аксёнов Я.А.

Vasilenkov S. V., Vasilenko V. F., Baydakova E. V., Aksenov, Y. A.

ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»
Брянск, Россия 243345 Брянская область
Bryansk State Agrarian University

Реферат: Цель исследований – определение допустимого предела испарения почвы на основе экспериментов и расчетов с использованием математиче-

ской модели. Предложена математическая модель, где нижний допустимый порог влажности почвы характеризуется параметром Z_{∞} , что соответствует стабилизации процесса испарения, которая может наступать в разные моменты времени суток. Почвенные колонки с разной толщиной слоя легкого суглинки (5, 10, 15 и 20 см) насыщались водой до состояния предельной полевой влагоёмкости (ППВ). Процесс испарения влаги в течение суток фиксировался при помощи измерения веса почвенных колонок. Колонки устанавливались в поле таким образом, чтобы уровень почвы в колонке соответствовал уровню земли. Фиксировалась температура воздуха в течение суток. Эксперименты показали, что при низкой температуре воздуха иссушение почвы происходит сильнее, чем при высокой температуре, то есть процесс снижения тургора растягивается во времени. Произведены расчеты по определению оптимальных поливных норм и продолжительности межполивных периодов по слоям почвы.

Summary: The aim of the research is to determine the permissible limit of soil evaporation on the basis of experiments and calculations using a mathematical model. A mathematical model is proposed where the lower permissible threshold of soil moisture is characterized by the parameter Z_{∞} , which corresponds to the stabilization of the evaporation process, which can occur at different times of the day. Soil columns with different thickness of the light loam layer (5, 10, 15 and 20 cm) were saturated with water to the state of maximum field moisture capacity (MPV). The process of evaporation of moisture during the day was recorded by measuring the weight of soil columns. The columns were placed in the field so that the soil level in the column corresponded to the ground level. The air temperature was recorded during the day. Experiments have shown that at low air temperature, soil drying occurs more strongly than at high temperature, that is, the process of turgor reduction is stretched over time. Calculations are made to determine the optimal

Интенсивный рост растений происходит в периоды максимальной транспирации, когда обилие поступающей в растение воды обеспечивает и максимальный приток элементов питания, растворенных в воде [4]. Так как испаряющаяся влага должна быть высоко подвижной, то влажность почвы, обеспечивающая, неограниченную скорость поступления воды, по мнению большинства учёных, находится вблизи уровня наименьшей влагоёмкости почвы (НВ), минимально допустимый порог оптимальной влажности равен 70 % НВ. Не смотря на распространённость мнения, что этот диапазон влажности обеспечивает растения водой, считаем необходимым привести слова А.А. Раде: «Прямых опытных данных для этого интервала влажности не имеется» [4]. Однако поддержание влажности на таком высоком уровне создаёт опасность выноса питательных элементов из почвы (Костяков А.Н.) и способствует бесполезной затрате воды.

Перенос питательных веществ, по законам диффузии происходит из центра почвенных частиц к их поверхности. Выделившиеся минеральные элементы создают на стенках капилляров пристеночный диффузный слой с высокой плотностью и вязкостью. Но с течением времени по законам молекулярной

диффузии, этот слой медленно уменьшается по толщине и для того, чтобы быстрее снять его с поверхности почвенных капилляров, необходимо увеличить скорость фильтрационного потока и тем самым сменить диффузионный режим на кинетический. Но и подъем влаги с испаряющей поверхности необходимо осуществлять с максимальной скоростью, чтобы обеспечить высокую эффективность транспирации растений. Утром испарение усиливается, достигает максимума и к вечеру постепенно снижается, приближаясь к 0, поэтому кривые испарения S – образны по форме, [8] что вызывает необходимость поддерживать уровень влажности почвы в диапазоне, когда имеет место максимальная интенсивность транспирации, так как в этот период происходит активное движение почвенной влаги с питательными элементами вверх.

Давно известно, что для хорошей урожайности в будущем необходимо обеспечение растений влагой в нужный момент в нужном количестве. Недостаточное количество влаги в почве или наоборот, избыточное, отрицательно сказываются на самочувствии растений и на будущей урожайности. При недостаточном увлажнении снижается тургор, замедляются процессы развития растений, замедляется рост. При избыточном увлажнении влажность почвы превышает уровень предельной полевой влагоёмкости (ППВ), что способствует усилению фильтрации и, соответственно, вымыванию компонентов из поглощающего комплекса. Согласно Роде, при наполнении почвы до ППВ, в ней всегда имеется какое-то количество заземлённого воздуха, что значительно снижает начальную скорость испарения. Поэтому оптимальное увлажнение почвы, влекущее за собой высокую транспирацию, служит основой для получения высокой урожайности в будущем.

Исходя из того, что кривые испарения s -образны по форме, необходимо поддерживать уровень влажности почвы в диапазоне, когда имеет место максимальная интенсивность транспирации, так как в этот период происходит активное движение почвенной влаги с питательными элементами наверх.

А.Р. Константинов [3] указывает на то, что «снижение урожайности в процентах равно процентному отношению фактического среднего водопотребления за расчетный период к максимальному водопотреблению за тот же период», то есть, орошение необходимо производить в соответствии с максимальным водопотреблением, чтобы получить высокую урожайность, так как в период максимального водопотребления происходит активная транспирация, перенос питательных элементов вверх и низкая скорость фильтрации воды вглубь почвы. Также автор говорит о том, что «если бы влагозапасы почвы были постоянно оптимальными, а водопотребление максимальным, то и урожайность была бы максимальной».

Автор приводит зависимость относительного испарения с почвы от влагозапасов в почве. [3] По данному графику видно, что в диапазоне от НВ до ВРК интенсивность испарения остаётся стабильной, из-за чего можно сделать вывод, что необязательно доводить уровень влажности почвы до ППВ, если испарение остаётся постоянным, лишь незначительно изменяясь, вплоть до влажности разрыва капилляров. К тому же, по опытам А.А. Черкасова, А.М. Алпатьева, при насыщении почвы водой свыше 80% скважности, аэрация почвы серьёзно

затрудняется, что сказывается на скорости микробиологических процессов в растениях, и, следовательно, на урожайности.

Также, по данным наших лабораторных опытов, при насыщении почвы влагой в количестве, меньшем, чем свободная ёмкость почвы, наблюдалось отсутствие фильтрата. В почвенную колонку с толщиной слоя почвы 20 см было внесено 70 мл (6,73 мм) воды. При этом, что до веса ППВ не хватало 100 гр., то есть свободная ёмкость почвы составляла 100 мл. После внесения воды способом капельного орошения вес почвенной колонки увеличился на 70 гр., а фильтрат полностью отсутствовал. На основе этого можно сделать вывод о том, что при недостатке уровня влажности почвы до ППВ поливная вода меньше фильтруется в нижележащие слои, а это значит, что и питательные элементы не будут вымываться из почвы.

А.Н. Костяков говорит о том, что орошение нужно производить в строго определённый период и в нормированных количествах во избежание сброса поливной воды и просачивания её вглубь почвенного профиля. Также просачивание поливной воды вредно потерей полезных веществ и может повлечь засоление почвы и подъём уровня грунтовых вод. Согласно экспериментам Кононовой М.М. наилучший уровень влажности для растений (процессов нитрификации) составляет примерно 60% от полной влагоёмкости почвы. Это отлично увязывается с кривой водопотребления, когда максимальная его величина приходится на участок, характеризующий испарение не от ППВ.

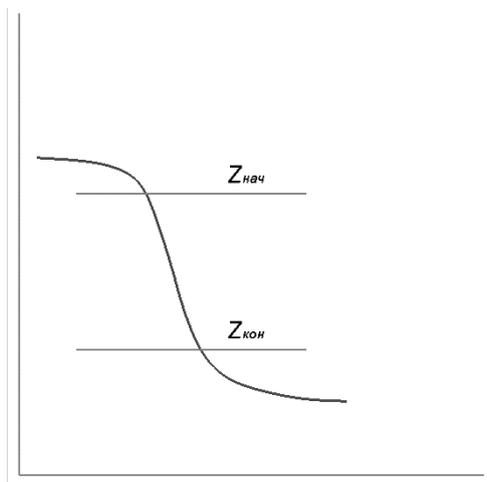


Рис. 1 Кривая испарения с течением времени

Согласно рисунку 1 наиболее оптимальным будет поддержание уровня влажности почвы в промежутке $Z_{нач} - Z_{кон}$.

Оценивая роль параметров H_B и Z_{∞} в кинетике испарения [8], нужно иметь в виду, что они определяют только величину предельного испарения воды из данного объёма почвы. Время, в течение которого достигается равновесная величина испарения, согласно уравнению:

$$Z = \frac{Z_{\infty}}{1 + \frac{Z_{\infty} - Z_0}{Z_0} \cdot e^{-\mu_1 H_B \cdot t}} \quad (1)$$

зависит только от величины параметра $\mu_1 H_B$, которая по смыслу характеризует максимальную удельную скорость испарения.

Таким образом, статические свойства системы почвы – испарившаяся влага характеризуется параметрами H_B , Z_{∞} , а динамические свойства с помощью параметра $\mu_1 H_B$.

Уравнение (1) описывает изменение величины испарения во времени и поэтому позволяет определить производительность выделенного объема почвы по величине испарившейся влаги в зависимости от параметров кинетики испарения.

Орошение полей представляет собой циклический процесс внесения поливной воды и последующее её испарение из почвы. Когда часть воды через некоторый интервал времени испарится из почвы, производят полив и добавляют эквивалентное количество поливной воды.

Под производительностью процесса испарения будем понимать количество воды, испарившейся с единицы рабочего объема ёмкости с почвой « V_p » в единицу времени:

$$q = \frac{Z_{\text{кон}} \cdot V}{t \cdot V_p} \quad (2)$$

где t – длительность цикла испарения (межполивного периода),

$Z_{\text{кон}}$ – содержание испарившейся воды в единице объема ёмкости с почвой,

V – объем почвы, освободившийся от воды в процессе испарения к концу цикла.

Считаем, что изъятие влаги на испарение на начальном $Z_{\text{нач}}$ и конечном $Z_{\text{кон}}$ участках S-образной кинетической кривой нецелесообразно.

$$\frac{V}{V_p} = \frac{Z_{\text{кон}} - Z_{\text{нач}}}{Z_{\text{кон}}}$$

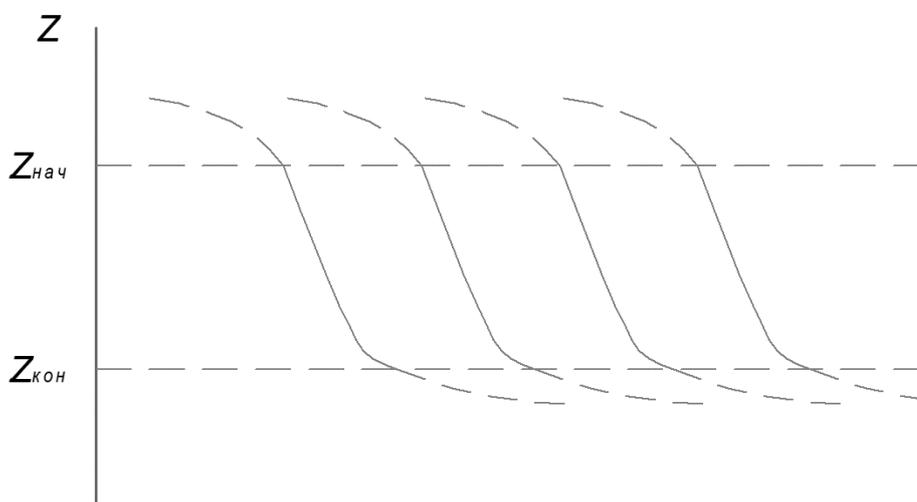


Рис. 2. Ход испарения воды из почвы при циклических поливах

Найдём оптимальную величину испарившейся влаги с помощью уравнения (1). Согласно уравнению:

$$t = \frac{1}{\mu_1 H_B} \ln \frac{Z_{\infty} - Z}{Z} \cdot \frac{Z_0}{Z_{\infty} - Z_0} \quad (3)$$

$$t_{\text{нач}} = \frac{1}{\mu_1 H_B} \ln \frac{Z_{\infty} - Z_{\text{нач}}}{Z_{\text{нач}}} \cdot \frac{Z_0}{Z_{\infty} - Z_0} \quad (4)$$

$$t_{\text{кон}} = \frac{1}{\mu_1 H_B} \ln \frac{Z_{\infty} - Z_{\text{кон}}}{Z_{\text{кон}}} \cdot \frac{Z_0}{Z_{\infty} - Z_0} \quad (5)$$

$$t = t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}} = \frac{1}{\mu_1 H_B} \ln \frac{\frac{Z_{\infty} - Z_{\text{нач}}}{Z_{\text{нач}}} \cdot \frac{Z_0}{Z_{\infty} - Z_0}}{\frac{Z_{\infty} - Z_{\text{кон}}}{Z_{\text{кон}}} \cdot \frac{Z_0}{Z_{\infty} - Z_0}} \quad (6)$$

$$t = \frac{1}{\mu_1 H_B} \ln \frac{Z_{\text{кон}} (Z_{\text{нач}} - Z_{\infty})}{Z_{\text{нач}} (Z_{\text{кон}} - Z_{\infty})} \quad (7)$$

следовательно,

$$q = \frac{\mu_1 H_B (Z_{\text{кон}} - Z_{\text{нач}})}{\ln \frac{Z_{\text{кон}} (Z_{\text{нач}} - Z_{\infty})}{Z_{\text{нач}} (Z_{\text{кон}} - Z_{\infty})}} \quad (8)$$

Обозначим $m = \frac{Z_{\text{кон}}}{Z_{\infty}}$; $n = \frac{Z_{\text{нач}}}{Z_{\infty}}$;

$$y = \frac{m-n}{\ln \frac{m(n-1)}{n(m-1)}}.$$

Тогда, $q = y \cdot Z_{\infty} \cdot \mu_1 H_B$ (9)

Из уравнения (9) следует, что производительность процесса испарения при циклических поливах тем больше, чем выше равновесная величина испарения Z_{∞} и максимальная удельная скорость испарения $\mu_1 H_B$. При фиксированных значениях параметров Z_{∞} , $\mu_1 H_B$ производительность ёмкости с почвой по испарению зависит от выбранного режима поливов, то есть, от длительности межполивного периода t и объёма воды, испарившейся в течение этого периода.

Максимально возможной является величина « y », равная 0,25, которая может быть достигнута при очень частых поливах и коротких межполивных периодах (рис. 3).

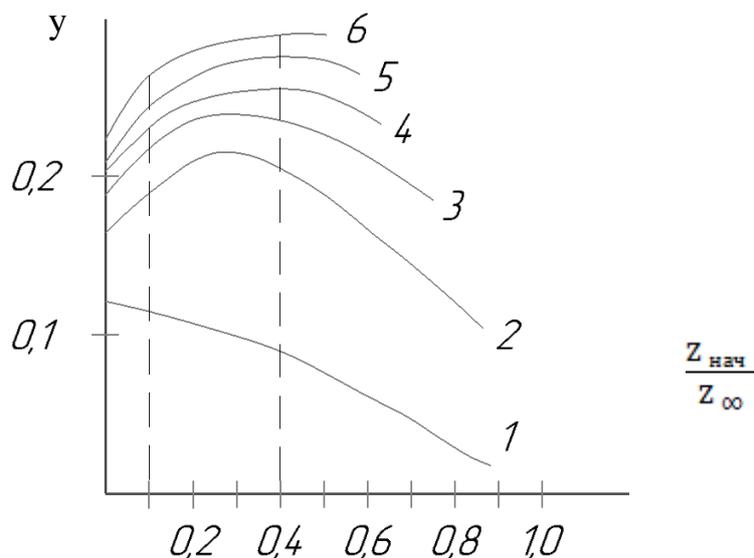


Рис. 3. Зависимость «у» от величины $\frac{Z_{нач}}{Z_{\infty}}$:

$$1. \frac{Z_{кон}}{Z_{\infty}} = 0,99$$

$$2. \frac{Z_{кон}}{Z_{\infty}} = 0,9$$

$$3. \frac{Z_{кон}}{Z_{\infty}} = 0,8$$

$$4) \frac{Z_{кон}}{Z_{\infty}} = 0,7$$

$$5) \frac{Z_{кон}}{Z_{\infty}} = 0,6$$

$$6) \frac{Z_{кон}}{Z_{\infty}} = 0,5$$

В практическом отношении, как видно из графика, наиболее рациональным является такой режим циклических поливов, при которых каждый цикл начинается при $Z_{нач} = 0,4 Z_{\infty}$, а заканчивается при $Z_{кон} = 0,7 Z_{\infty}$. Для обеспечения этих условий длительность межполивного периода должна быть равна $t = \frac{1,25}{\mu_1 H_B}$, а объём испарения $0,43V_p$. В этом случае величина фактора «у» составляет 0,24, то есть, 96% от максимально возможного значения 0,25 и интенсивность испарения практически целиком зависит от произведения кинетических параметров $u, Z_{\infty}, \mu_1 H_B$.

Для нахождения значений $Z_{нач}$, $Z_{кон}$ и определения объёма испарившейся влаги, воспользуемся методом неопределённых множителей Лагранжа.

$$\text{Целевой функцией является } F(m, n) = \frac{m-n}{\ln \frac{m(n-1)}{n(m-1)}}. \quad (13)$$

$$\text{Функция условия (ограничения): } m - n = 0,3. \quad (14)$$

Функция Лагранжа:

$$F_{опт} = \frac{m-n}{\ln \frac{m(n-1)}{n(m-1)}} + \lambda_1 (m - n - 0,3) \quad (15)$$

Производим дифференцирование и приравняем к нулю частные производные:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dF}{dm} &= \frac{\ln \frac{m(n-1)}{n(m-1)} + \frac{m-n}{m(m-1)}}{\left[\ln \frac{m(n-1)}{n(m-1)} \right]^2} + \lambda_1 = 0 \\ \frac{dF}{dn} &= \frac{-\ln \frac{m(n-1)}{n(m-1)} - \frac{m-n}{n(n-1)}}{\left[\ln \frac{m(n-1)}{n(m-1)} \right]^2} - \lambda_1 = 0 \\ \frac{dF}{d\lambda_1} &= m - n - 0,3 = 0 \end{aligned} \right. \quad (16)$$

Делим первое уравнение на второе, в полученное выражение подставляем третье: $m = 0,3 + n$.

В итоге получаем:

$$\frac{1}{(n+0,3)(n-0,7)} = \frac{1}{n(n-1)} \quad (17)$$

Подстановкой находим « n », а затем « m ». Далее определяем $Z_{\text{нач}} = n Z_{\infty}$;

$Z_{\text{кон}} = m Z_{\infty}$ и находим фактор « y », который сравниваем с $y_{\text{max}} = 0,25$ и подсчитываем объём испарившейся влаги. Ограничение $m - n = 0,3$ может быть скорректировано в процессе эксплуатации.

Результаты расчётов приведены на рис. 4.

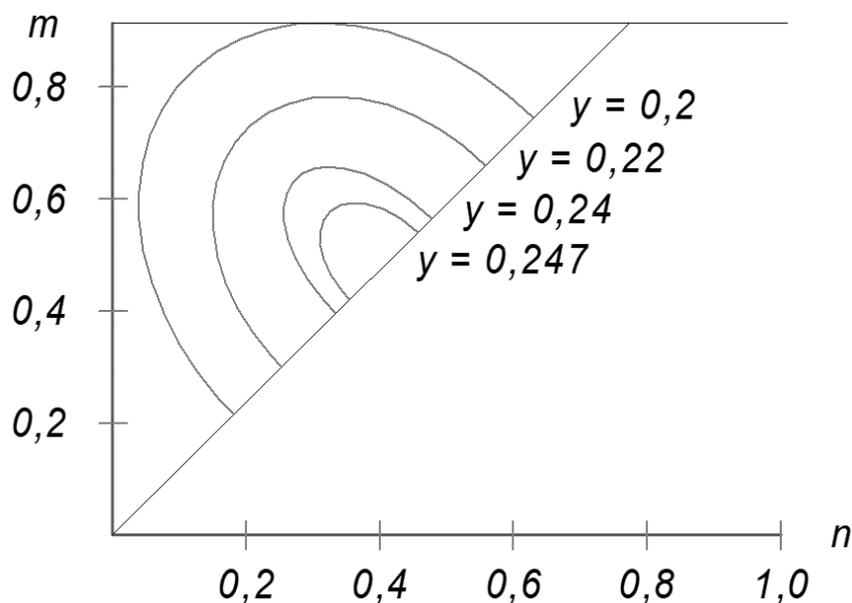


Рис. 4. Графическое изображение результатов расчёта по методу Лагранжа

Некоторые другие режимы циклических поливов приведены в таблицах №1, 2, 3, 4, 5.

Таблица 1. Характеристика режимов циклических поливов

m-n	n	m	y	$t^* \mu_1 H_B$	%
0,05	0,475	0,525	0,249	0,2	99,91
0,1	0,45	0,55	0,249	0,4	99,66
0,2	0,4	0,6	0,246	0,81	98,65
0,3	0,35	0,65	0,242	1,238	96,92
0,4	0,3	0,7	0,236	1,694	94,41
0,5	0,25	0,75	0,227	2,197	91,02
0,6	0,2	0,8	0,216	2,772	86,56
0,7	0,15	0,85	0,201	3,469	80,71
0,8	0,1	0,9	0,182	4,394	72,81
0,9	0,05	0,95	0,152	5,888	61,13

Таблица 2. Примеры определения поливных норм и продолжительности межполивных периодов

5 см		$Z_{\text{беск}} = 2,95 \text{ мм}, \mu_1 H_B = 0,51 \text{ 1/час}$				
m-n	Знач, мм		Zкон, мм		Полив, мм	t, час
0,05	1,4		1,55		0,15	0,39
0,1	1,32		1,62		0,3	0,78
0,2	1,18		1,77		0,59	1,6
0,3	1,03		1,91		0,88	2,43
0,4	0,88		2,06		1,18	3,32
0,5	0,73		2,21		1,48	4,3
0,6	0,59		2,36		1,77	5,43

Таблица 3. Примеры определения поливных норм и продолжительности межполивных периодов

10 см		$Z_{\text{беск}} = 5,64 \text{ мм}, \mu_1 H_B = 0,0554 \text{ 1/час}$				
m-n	Знач, мм		Zкон, мм		Полив, мм	t, час
0,05	2,68		2,96		0,28	0,36
0,1	2,53		3,1		0,57	0,72
0,2	2,25		3,38		1,13	1,46
0,3	1,97		3,66		1,69	2,23
0,4	1,69		3,95		2,26	3,05
0,5	1,41		4,23		2,82	3,96
0,6	1,13		4,51		3,38	5

Таблица 4. Примеры определения поливных норм и продолжительности межполивных периодов

15 см		$Z_{\text{беск}} = 5,23 \text{ мм}, \mu_1 H_B = 0,78 \text{ 1/час}$				
m-n	Знач, мм		Zкон, мм		Полив, мм	t, час
0,05	2,48		2,74		0,26	0,25
0,1	2,35		2,87		0,52	0,51
0,2	2,09		3,13		1,04	1,04
0,3	1,83		3,4		1,57	1,58
0,4	1,57		3,66		2,09	2,17
0,5	1,3		3,92		2,62	2,81
0,6	1,04		4,18		3,14	3,55

Таблица 5. Примеры определения поливных норм и продолжительности межполивных периодов

20 см		$Z_{\text{беск}} = 7,05 \text{ мм}, \mu_1 H_B = 0,561 \text{ 1/час}$				
m-n	Знач, мм		Zкон, мм		Полив, мм	t, час
0,05	3,34		3,7		0,36	0,35
0,1	3,17		3,87		0,7	0,71
0,2	2,82		4,23		1,41	1,44
0,3	2,46		4,58		2,12	2,2
0,4	2,11		4,93		2,82	3,01
0,5	1,76		5,28		3,52	3,91
0,6	1,41		5,64		4,23	4,94

Таким образом, поливы осуществляются в диапазоне влажности почвы от Z_k , близкой к $Z_{\text{беск}}$, когда идёт интенсивное впитывание воды и, значит, интенсивный вымыв питательных элементов из поглощающего комплекса, до влажности Z_n близкой 0,8 НВ. В то же время в диапазоне влажности от Z_n до Z_k , интенсивность транспирации наивысшая, а значит поступление питательных элементов из почвенного раствора в растение максимальное.

Как видно из таблиц 1-5, при разной толщине слоя почвы требуется разные поливные нормы. Например, при $m-n=0,2$ в пятисантиметровом слое поливная норма должна быть равна 0,59 мм за 1,6 часа, когда как в двадцатисантиметровом слое 1,41 мм за 1,44 часа. То есть, в начале периода вегетации, когда корневая система находится ещё в верхнем слое почвы, требуется одна поливная норма, а в конце вегетации с большой глубиной залегания корневой системы – другая. Дождевальная машина Valley с установленным скоростным редуктором способна выдать 1,73 мм за 8 часов. Если по выдаваемой норме машина подходит, то по времени полива – нет. К тому же, для начала вегетации эта норма будет слишком высокой.

Дождевальная машина Bauer на максимальной скорости движения выдаёт 4,89 мм за 15,5 часов, что не совпадает с режимом оптимального орошения.

Машина T-L выдаёт 6,39 мм за 19 часов, что тоже не соответствует требуемым показателям.

Как видим, не каждая машина способна обеспечить требуемый влажностный режим почвы для получения максимальной эффективности орошения, что заставляет особенно тщательно относиться к выбору дождевального оборудования.

Литература

1. Демина О.Н., Василенков В.Ф., Мельникова Е.А. Разработка модели влагопереноса с целью планирования водопользования при орошении дождевальными установками // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2016. № 1. С. 3-9.
2. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв. М.: МГУ, 2003. 448 с.
3. Константинов А.Р. Испарение в природе. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1968. 529 с.
4. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2008. 664 с.
5. Судницын И.И. Закономерности передвижения почвенной влаги. М.: Наука, 1964. 138 с.
6. Судницын И.И. Движение почвенной влаги и водопотребление растений. М.: Издательство Московского университета, 1979. 255 с.
7. Василенков С.В. Технология выщелачивания радионуклида цезия из почвы // Природообустройство. 2015. № 5. С. 59-63.
8. Экологическая и экономическая оптимизация эксплуатационного режима орошения современными дождевальными машинами / С.В. Василенков, Ю.А. Мажайский, О.Н. Демина и др. // Вестник Рязанского ГАТУ. 2015. № 4. С. 85-92
9. Система капельного орошения на землях Брянского ГАУ / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Е.В. Байдакова, Я.А. Аксёнов // Вестник Брянской ГСХА. 2017. № 4. С. 16-24

УДК 631.67

ПРУДЫ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОРОШЕНИЯ И ДРУГИХ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ НУЖД

Ponds for irrigation and other economic needs

Василенков С.В., Василенков В.Ф., Кровопускова В.Н.

Vasilenkov S. V., Vasilenko V. F., N. V. Krovopuskova

ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»

Брянск, Россия 243345 Брянская область

Bryansk State Agrarian University

Реферат: Цель исследований - провести анализ современного состояния прудового хозяйства Брянской области и опыта проектирования плотин и водо-

сбросных сооружений проектным институтом Брянскгипрводхоз. Не смотря на распространенность конструкций шахтного водосброса, не всегда обеспечивается минимум строительной стоимости и экологической безопасности прилегающих к прудам территорий и рек, куда производятся сброс паводковых вод. Последняя проблема обострилась после аварии на Чернобыльской АЭС. Определение оптимального, экономически соотношения между размерами водопропускных отверстий и высотой плотины является основной задачей рационального проектирования водосбросных сооружений Брянской области. Решение этой задачи сводится к определению регулирующего влияния призмы трансформации во время прохождения паводка.

Summary: The purpose of the research is to analyze the current state of the pond economy of the Bryansk region and the experience of designing dams and spillway structures by the design Institute of Bryanskhiprovodkhoz. Despite the prevalence of mine spillway structures, it is not always ensured a minimum of construction cost and environmental safety adjacent to the ponds and rivers, where the discharge of flood waters. The latter problem worsened after the Chernobyl accident. Determining the optimal, economic ratio between the size of the culverts and the height of the dam is the main task of rational design of spillway structures of the Bryansk region. The solution of this problem is to determine the regulatory influence of the prism of transformation during the passage of the flood.

Введение

Сток талых и ливневых вод временных водотоков или овражно-балочной сети – это огромный резерв пресной воды, который можно использовать для орошения. Пока что этот резерв в Брянской области используется слабо. Использование талых вод на месте дает большой экономический эффект, так как орошение в этом случае дешевле, чем при использовании воды крупных рек.

По данным инвентаризации на территории Брянской области имеется 795 гидротехнических сооружений (гидроузлы с водохранилищами и прудами). Из них к опасным объектам отнесено только 67 гидротехнических сооружений, несмотря на то, что срок службы их значителен. Принимаются меры по безопасности этих сооружений.

Строительство прудов решает вопрос о снабжении водой пастбищ. Повышается внутренний влагооборот местности и грунтовое питание рек, улучшается микроклимат.

Необходимость развития прудостроения обуславливается и другой важной народнохозяйственной задачей-борьбой с эрозией почв. Овраги ежегодно увеличиваются в длину и ширину в основном за счет пашни. Создавая каскады прудов полного регулирования, начиная с верховьев гидрографической сети, и покрывая подпором воды все размываемые участки балки, можно полностью ликвидировать эрозию на зарегулированном русле. Вместе с тем уменьшится паводок и снизится эрозионная способность потока для ниже расположенных участков, сократится интенсивность заиления речных водохранилищ

Территория Брянской области имеет холмистый рельеф, расчленена густой сетью балок, оврагов, малых рек. Густота овражно-балочной сети достигает 2,5

км/км². Практически трудно найти населенный пункт, в котором нельзя было бы создать пруд для удовлетворения различных хозяйственно-бытовых нужд.

Расчет необходимого объема пруда

Намечаем сезонное регулирование стока. Маловодные годы здесь обычно не совпадают с засушливыми и не повторяются подряд несколько раз. Площадь водосбора достаточно велика для намечаемой на первое время площади орошения, а поэтому и в маловодные годы водоем почти всегда будет наполняться до расчетного объема. В задании на проектирование поставлена задача использования пруда для рыборазведения, поэтому водоем нужно ежегодно или довольно часто опоражнивать для проведения в его ложе санитарных мероприятий осенью и зимой. Таким образом, намечаем сезонное регулирование стока.

Процент обеспеченности стока определяют технико-экономическим сравнением вариантов, однако в практике проектирования часто обеспеченность принимается равной 75%.

В связи с тем, что наблюдений за стоком реки обычно не проводили, и нет аналогов для расчета, водохозяйственные расчеты ведут на основе имеющихся карт и рекомендаций по стоку для данного географического района.

При расчетах водоемов для орошения на местном стоке встречаются три основных случая:

- 1) объем пруда определяется площадью орошения, установленной заданием на проектирование, или пригодными для орошения землями;
- 2) объем пруда ограничен размерами стока, следовательно, по объему стока определяется площадь возможного орошения;
- 3) топографические условия реки (балки) ограничивают возможный объем зарегулирования стока.

Объем весеннего стока и план регулирования его. Водохозяйственные расчеты ведем на зарегулирование весеннего стока. Средний объем весеннего стока ($S_{\text{в}}$) определяют по формуле:

$$S_{\text{в}} = \alpha * F * h_{\text{в}} * 1000, \text{ м}^3 \quad (1)$$

где F - площадь водосбора, км² ;

$h_{\text{в}}$ - слой весеннего стока, мм;

α - коэффициент уменьшения стока с водосбора за счёт повышения агротехники за последние годы и в перспективе; его можно принимать около 0,8 – 0,9.

Объём весеннего стока расчётной обеспеченности $S_{\text{р}}$ определяется по формуле:

$$S_{\text{р}} = K_{\text{р}} * S_{\text{в}}, \text{ м}^3 \quad (2)$$

где $K_{\text{р}}$ - модульный коэффициент стока для установленной обеспеченности.

В водохозяйственных расчетах при орошении на местном стоке, прежде

всего, определяют потребление воды для регулярного орошения. Для этого находят среднюю оросительную норму Нетто:

$$M_{\text{нт}}^{\text{ср.в}} = \frac{\alpha_1}{100} * M_1 + \frac{\alpha_2}{100} * M_2 + \dots + \frac{\alpha_n}{100} * M_n, \text{ м}^3/\text{га} \quad (3)$$

где M_1, M_2, M_3 – суммарные оросительные нормы различных культур в севообороте ;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – процентный состав площади, занятой соответствующей культурой.

Средневзвешенную оросительную норму Брутто определяют по формуле:

$$M_{\text{бр}}^{\text{ср.в}} = \frac{M_{\text{нт}}^{\text{ср.в}}}{\eta_c}, \text{ м}^3/\text{га} \quad (4)$$

где η_c – проектируемый коэффициент полезного действия оросительной системы.

При поливах дождеванием из открытых каналов потерь воды из них составляют от 10 до 20%, в зависимости от длины оросительной сети, водопроницаемости грунтов и принятых противофильтрационных мер; для лотков и закрытой сети они составляют не более 3-5%

Объем воды для поливов ($V_{\text{ор}}$) с учетом потерь в оросительной сети составляют:

$$V_{\text{ор}} = F_{\text{нт}} * M_{\text{бр}}^{\text{ср.в}}, \text{ м}^3 \quad (5)$$

где $F_{\text{нт}}$ - орошаемая площадь участка Нетто, га.

Для определения объема воды на водоснабжение и хозяйственные цели следует найти суточный и годовой объем воды по нормам водопотребления. Для прибрежных расчетов обычно принимают, что на хозяйственные нужды требуется воды 5÷ 10% от объема на орошение.

$$V_x = \beta_1 * V_{\text{ор}}, \text{ м}^3 \quad (6)$$

где $\beta_1 = (0,05 \div 0,10)$.

Суммарный объем воды, идущий на орошение и хозяйственные нужды, составляет полезный объем пруда.

$$V_{\text{п}} = V_{\text{ор}} + V_x, \text{ м}^3 \quad (7)$$

По опыту работы прудов в Среднем Поволжье для предварительных расчетов можно принять, что потери воды из них на испарение и фильтрацию составляют около 20 ÷ 30% от полезного объема. Для мелких водоемов, а так же при потерях на фильтрацию слоем свыше 0,5 м за год общие потери составляют от 25 до 30% во всех других случаях около 20 ÷ 25% от полезного объема. Следовательно, предварительный (приближенный) рабочий объем водоема (V'_p) равен:

$$V'_p = \frac{V_{\text{п}}}{\eta_{\text{в}}}, \text{ м}^3 \quad (8)$$

где $\eta_{\text{в}}$ - коэффициент полезного действия пруда, ($\eta_{\text{в}} = 0,7-0,8$).

Сопоставляя приближенный рабочий объем водоема со стоком воды при установленном проценте обеспеченности, намечают порядок дальнейших водохозяйственных расчетов. Здесь возможны два случая:

- 1) $S_p < V'_p$
- 2) $S_p > V'_p$

В дальнейшем показан порядок расчета обоих случаев. Для периодического опорожнения водоема в расчетах предусмотрен мертвый объем.

В нашем примере слой весеннего стока по картам изолиний равен 52 мм.

Весенний сток в водосбора 108 км² при $\alpha = 0,85$ подсчитывают по формуле (1):

$$S_{\text{в}} = 0,85 * 108 * 52 * 1000 = 4,77, \text{ млн. м}^3$$

Расчетная обеспеченность стока (р) принята равной 75%. Для определения модульного коэффициента находим по картам изолиний коэффициент вариаций весеннего стока (C_v), в нашем случае он равен 0,65. Коэффициент асимметрии (С) для засушливых районов рассматриваемой зоны рекомендуют принимать равным C_v или 1,5 C_v .

Пользуясь таблицей отклонений ординат биноминальных асимметричных кривых обеспеченности от середины* при $C_v=1$, находим значение модульного коэффициента стока (k_p) при 75% обеспеченности и $C_s = C_v = 0,65$

$$k_p = 1 - \Phi C_v = 1 + (-0,72 * 0,65) = 0,532$$

Весенний сток воды в пруд при 75% обеспеченности составляет по формуле (2):

$$S_p = 0,532 * 4,77 = 2,54, \text{ млн. м}^3$$

Средневзвешенную оросительную норму Нетто устанавливают по формуле (1) и (3):

$$M_{нт}^{ср.в} = \frac{12,5}{100} * (3100 + 3000 + 3300 + 4100 + 2 * 5500 + 4000 + 2700) = 3900, м^3/га$$

Принимаем КПД открытой оросительной системы равным 0,9, так как водопроницаемость грунта средняя, водоем находится близко от орошаемого участка и длина каналов небольшая. Тогда средневзвешенную оросительную норму Брутто по формуле (4):

$$M_{бр}^{ср.в} = \frac{3900}{0,9} = 4330, м^3/га$$

Объем воды на орошение по формуле (5) равен:

$$V_{ор} = 320 * 4330 = 1,39 \text{ млн. м}^3$$

Запас воды на хозяйственные нужды равен 5% от объема на орошение:

$$V_x = 0,05 * 1,39 = 0,07 \text{ ,млн. м}^3$$

Полезный объем по формуле (7) составляет:

$$V_{п} = 1,39 + 0,07 = 1,46 \text{ ,млн. м}^3$$

Потери из водоема на испарение и фильтрацию принимаем равными 20% от полезного объема. Предварительный рабочий объем пруда (без мертвого) по формуле (8) равен:

$$V'_p = \frac{1,46}{0,8} = 1,83 \text{ ,млн. м}^3$$

Сопоставляя приближенный рабочий объем пруда со стоком 75% обеспеченности, находим, что первый меньше второго ($1,83 < 2,54$). Следовательно, дальнейшие водохозяйственные расчеты нужно вести в порядке, пригодном для первого случая, когда сток воды при заданном проценте обеспеченности превышает рабочий объем пруда.

Характеристика водоема. Створ земляной плотины намечен в самом узком месте речной долины. Лишние воды из пруда будут сбрасываться с помощью автоматического сброса, состоящего из подводящего канала в обход плотины, сопрягающего сооружения в виде быстротока и выходного участка водосброса.

Заданием на проектирование намечено использовать водохранилище не только как источник орошения, но и в качестве нагульного пруда для разведения рыбы. Поэтому при проектировании необходимо предусмотреть устройство донного водоспуска для периодического опорожнения водоема и санитарной

обработки его ложа. Плотину, водосброс и донный водоспуск не проектируем, потому что такая работа выполняется в курсе гидросооружений.

Выбор водозаборных сооружений для подачи воды на орошаемый участок зависит от схемы и типа оросительной сети и высотного положения орошаемого участка по отношению к водоему. Водозабор может быть в виде трубчатого водовыпуска сифонного типа или насосной станции. В нашем случае вода подается на участок самотеком, поэтому намечаем трубчатый водовыпуск, который достаточно надежен в работе.

Планиметрированием определены площади по четным горизонталям, подсчитаны объемы воды между горизонталями и суммарные объемы воды в пруде в зависимости от глубины его наполнения.

Площади зеркала и объема воды в зависимости от уровня в водоеме представлены на рисунке 1.

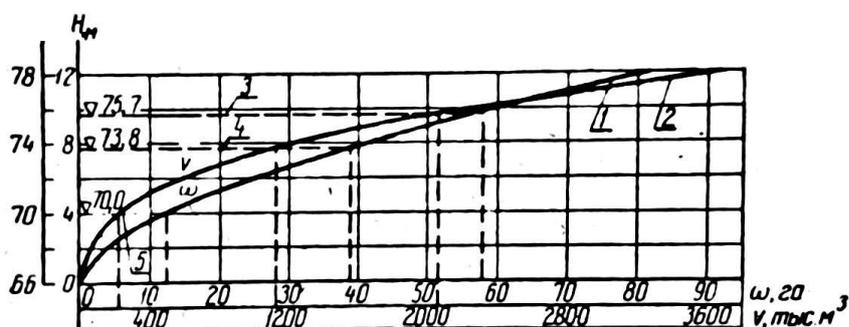


Рис. 1 – Топографические характеристики водоема:

1 - площадь зеркала, га; 2 – объем, тыс. м³; 3- нормально подпертый уровень (НПУ); 4- уровень среднего объема; 5 – уровень мертвого объема (УМО)

При наличии избыточного стока воды в пруд расчеты ведут в следующем порядке: устанавливают мертвый объем, потери воды, рабочий и полный объемы, намечают комплексное использование пруда в хозяйстве.

К определению высоты призмы аккумуляции

Трансформация паводочного стока начинается с момента заполнения пруда до НПУ. Весь расчет ведется по участку кривой объемов от МПУ до НПУ (Рис.1).

Выполненный анализ большого количества топографических характеристик существующих прудов Брянской области показал, что в этом диапазоне кривая объемов может быть представлена прямо пропорциональной зависимостью от глубины воды. Этот факт существенно облегчает расчет трансформации паводка по методу Кочерина Д.И.

Наши замеры глубины воды на водосливе шахтного водосброса во время весеннего снеготаяния выявили S – образный характер зависимости расхода воды от времени в периоды подъема и спада паводка.

S - образные кривые точнее аппроксимируются прямой линией, чем показательные кривые. Замена треугольного притока по Кочерину Д.И. на показательные кривые, рекомендованные рядом исследователей (Г.А. Алексеевым,

Д.Л. Соколовским и др.) практически не сказывается на результат расчетов трансформации при пропуске паводков через водослив [3].

В практике проектирования прудов слой, регулирующий ёмкости обычного принимается 0,5-1,5.

Основным критерием назначения толщины этого слоя является предельно допустимая площадь затопления сельхозугодий и жилой территории. Если ограничивать высоту регулирующей призмы величиной 0,5, то можно сэкономить на насыпи плотины.

Однако, стоимость водосброса является наиболее дорогой частью гидроузла. Экономя на плотине, мы уменьшаем объемом призмы аккумуляции и увеличиваем сбросной расход. Соответственно увеличивается стоимость сбросного сооружения. По расчетам проектных организаций экономия на плотине в 1,5-2 раза перекрывается удорожанием сбросных сооружений [8]. При уменьшении регулирующей емкости прудов резко повысится стоимость водопропускных сооружений. Особенно это проявляется на прудах с малой площадью зеркала воды (до 5 га) [8]. А таких прудов в Брянской области насчитывается 509 штук.

На таких прудах, при высоте призмы аккумуляции 0,5 м регулирующая емкость практически не влияет на величину сбросного расхода и стоимости водосброса в 2,5 раза превышает стоимость плотины. На малых прудах высота плотины должна быть большой, а призма аккумуляции достигать 2,5 м. Тогда ширина водослива, сбросной расход, стоимость водосбросного сооружения уменьшатся. Строительство прудов в значительной степени лимитируется сложностью строительства водосбросов и их дороговизной, а не объемом насыпи земляных плотин. Для строительства водосбросов нужны квалифицированные рабочие и дефицитные завозные строительные материалы. Материалы для строительства плотины всегда имеются на месте, землеройные машины – бульдозеры, скреперы, экскаваторы – также не являются дефицитом.

Мертвый объем пруда. В водоемах, предназначенных для комплексного использования, величину мертвого объема и его уровень назначают, исходя из срока заиления, обеспечения командования при самотечной подаче воды на орошаемый участок, наименьших затрат энергии при механическом водоподъеме, санитарно-гигиенических условий и рыбоводства.

По санитарно-гигиеническим условиям необходимо, чтобы осенью и зимой вода не портилась, а поэтому глубина мертвого объема должна быть не менее 2 м. В случае рыборазведения глубина мертвого объема пруда должна быть 1,5-2,0 м.

Уровень мертвого объема должен обеспечить самотечную подачу воды на орошаемый участок.

Если известна верхняя граница орошаемого участка (по хозяйственным, почвенным или другим условиям), тогда от водозабора к намечаемой границе проектируют канал. В зависимости от положения орошаемой площади уклон его может быть от 0,0003 до предельного по условиям размыва грунта. Уровень мертвого объема водоема выше уровня воды в канале у плотины на 10-20 см для трубчатого водозабора и на 30-40 см для сифонного водозабора. Если же граница орошаемого участка не намечена заранее, то устанавливают возмож-

ные площади орошения для ряда уровней мертвого объема (например, 2, 3, 4 м) и находят приемлемый вариант.

При большой глубине пруда и механическом подъеме воды на поливы целесообразно провести технико-экономическое сравнение эксплуатационных затрат при разных глубинах мертвого объема и найти наивыгоднейший уровень последнего.

Поступление наносов в водоем зависит от многих природных и хозяйственных условий. Этот вопрос изучен еще слабо, поэтому можно дать лишь приближенные расчеты заиления прудов.

Для определения поступающих в водоем наносов воспользуемся картой средней мутности рек европейской территории СССР, составленной Г.И. Шамовым. Исследования К. П. Воскресенского показывают, что на малых водосборах мутность потока в несколько раз выше показанной на карте Г. И. Шамова. Без введения поправок картой можно пользоваться для водосборов площадью свыше 200 км². Величина поправочного коэффициента (k_1) зависит от площади водосбора.

Площадь водосбора, км ²	2-5	5-10	10-50	50-100	100-200	Свыше 200
Коэффициент k_1	30-15	15-10	10-5	7-3	5-1	1

Для разных почв и уклонов местности эти коэффициенты могут сильно меняться.

При наличии наблюдений, аналогов, региональных формул или местных карт для определения мутности потока ими следует воспользоваться.

Годовой объем наносов с водосбора (R_B), поступающий в водоем, равен:

$$R_B = \frac{k_1 * \rho * S_B * (1+r)}{10^6 * \gamma}, \text{ м}^3 / \text{ГОД} \quad (9)$$

где ρ – мутность воды по [4], [8] или другим источникам;

γ – объемный вес отложившихся наносов, величина которых колеблется для рек на равнинах от 0,5 до 1,1, в зависимости от вида поступающих наносов и срока их нахождения в пруде; в среднем $\gamma = 0,8$;

r – доля влекомых наносов от объема взвешенных; для равнинных рек $r = 0,01 \div 0,10$, а в среднем -0,04.

Однако некоторая часть наносов выносится из пруда со сбросной и оросительной водой. Величина их зависит от типа водосброса, доли сбрасываемой воды от объема полного стока воды, от механического состава наносов и характера работы водоема. Ориентировочно можно принять, что из пруда с автоматическим водосбросом (без шлюзов) выносится от 20 до 40% поступающих в него наносов.

В зависимости от местных условий и хозяйственных требований срок заиления мертвого объема (T) обычно принимают от 20 до 50 лет.

Объем наносов за это время (V_H) составляет:

$$V_{\text{н}} = \beta_2 * R_{\text{э}} * T, \text{м}^3 \quad (10)$$

где β_2 – коэффициент, учитывающий задержанные в водоеме наносы $\beta_2 = 0,6-0,8$.

В некоторых случаях необходимо учитывать обрушения (переработку) берегов пруда. Возможный объем обрушения устанавливают при геологических изысканиях.

По топографической характеристике определяют уровень, соответствующий объему наносов, которые отложатся за расчетный период службы пруда. Для прудов толщина слоя наносов за намеченный срок службы не должна превышать 4-5 м у створа плотины. Если по объему наносов глубина получилась больше указанной, нужно предусмотреть мероприятия по уменьшению поступления наносов в водоем.

Для борьбы с заилением прудов в степной и лесостепной зонах применяют:

- залужение и облесение прибалочных склонов и полосы вокруг водоема шириной 40-50 м;
- удаление границ пахоты от уреза воды в водоеме на 50-70 м на размываемых склонах вводят почвозащитные севообороты и проводят борьбу с оврагами;
- посадку кустарника в тальвеге речки и оврагов и т. д.

После рассмотрения всех требований окончательно устанавливают величину мертвого объема V_0 для самого невыгодного случая. Однако в нормальных условиях его глубина не должна превышать 4-5 м. По топографической характеристике находят объем, уровень и площадь зеркала мертвого объема пруда.

Для рассматриваемого примера принимаем мутность воды по карте $\rho = 400$ г/м³.

Годовой объем наносов, поступающий в водоем (9) при $k_1 = 5$, $r = 0,04$, составляет:

$$R_{\text{э}} = \frac{5 * 400 * 4,77 * (1 + 0,04) * 10^6}{10^6 * 0,8} = 12400, \text{м}^3 / \text{год}$$

Принимаем срок службы водохранилища 25 лет. Обрушения берегов не предвидится. Тогда объем наносов по формуле (10) при $\beta_2 = 0,7$ равен:

$$V_{\text{н}} = 0,7 * 12411 * 25 = 217, \text{тыс. м}^3$$

По топографической характеристике этому объему соответствует глубина воды у плотины 4 м. Эта глубина является наибольшей для мертвого объема, а потому принимаем ее за расчетную. При такой глубине уровень мертвого объема (УМО) находится на отметке 70, что вполне обеспечивает самотечную подачу воды на орошаемый участок. Итак, мертвый объем составляет, $V_0 = 217$ тыс. м³, глубина воды у плотины равна 4 м, отметка УМО - 70 и площадь зеркала водоема при УМО - 12,3 га.

Потери воды, рабочий и полный объем пруда. Значительные потери воды из прудов составляют испарение и фильтрация. Потери на льдообразование не учитываем, так как лед остается в водоеме. Потери определяют в зависимости от площади зеркала при среднем объеме пруда (V_{cp}).

$$V_{cp} = V_0 + \frac{V'_p}{2}, \text{ м}^3 \quad (11)$$

По топографической характеристике находят площадь зеркала (ω_{cp}), соответствующую среднему объему пруда.

Потери на фильтрацию (z_{ϕ}) устанавливают при изысканиях. Если эти потери превышают 1 м в год, проводят противофильтрационные мероприятия.

Слой потерь на испарение с небольших водоемов определяют по упрощенной формуле:

$$z_u = E_s - P - E_c, \text{ мм} \quad (12)$$

где E_s - потери на испарение с водной поверхности, мм;

P - осадки теплого периода года, выпадающие на поверхность пруда, мм;

E_c - потери воды на испарение с площади водоема до его устройства.

Потери на испарение с водной поверхности (E_s) определяют по картам изолиний или по наблюдениям ближайшей метеостанции для сухого года. В последнем случае учитывают испарение с водной поверхности с апреля по октябрь.

Осадки на расчетную поверхность водоема (P) определяют также для условий сухого года в период с апреля по октябрь. Зимние осадки учитывают в весеннем стоке и отражают в картах изолиний весеннего стока.

Потери на испарение с суши вычитают из общих потерь с водоема, так как после устройства пруда происходит испарение с водной поверхности и исчезают потери воды на испарение с суши на площади водоема. Для прудов ими можно пренебречь ввиду малой величины; для водохранилищ, расположенных на заболоченных поймах или при близких грунтовых водах, испарение с суши нужно учитывать.

Если нет непосредственных наблюдений за испарением с проектируемого участка, то иногда их можно получить на ближайшей агрометеостанции. Для приближенных расчетов пользуются картой испарения с поверхности суши, составленной П. С. Кузиным.

Для уменьшения испарения с поверхности водоема вокруг него создают лесную полосу шириной 10-20 м и более. Лесная полоса должна отстоять от максимально подпертого уровня на 30-50 м в плане и на 2-3 м по высоте, чтобы во время весеннего паводка она не затапливалась водой.

Суммарные потери из водоема, выраженные слоем воды, составляют:

$$z = z_{\phi} + z_u, \text{ мм} \quad (13)$$

Объем потерь воды их пруда равен:

$$V_z = 10 * z * \omega_{cp}, \text{ м}^3 \quad (14)$$

где ω_{cp} – площадь зеркала пруда в га при V_{cp} ; z в мм.

Если водоем используют для рыборазведения, то в объем нужно включить и мертвый объем, так как пруд ежегодно опоражнивают, а весной наполняют. В этом случае рабочий объем (V_p) равен полному объему (V).

$$V_p = V = V_{п} + V_z + V_0, \text{ м}^3 \quad (15)$$

Рабочая емкость пруда без рыборазведения равно полезному объему плюс потери воды.

$$V_p = V_{п} + V_z, \text{ м}^3 \quad (16)$$

Тогда полный объем пруда равен сумме рабочего и мертвого объемов.

$$V = V_p + V_0 \quad (17)$$

По топографической характеристике (рис.1) находят глубину воды у плотины, нормально подпертый уровень (НПУ) и площадь затопления при полном объеме пруда ($\omega_{нпу}$).

На продольном разрезе по оси плотины (рис. 2) показывают НПУ и УМО. На плане оконтуривают полный и мертвый объемы пруда, показывают лесную полосу.

В рассматриваемом примере потери на фильтрацию составляют 400 мм/год. При такой величине потерь противофильтрационные мероприятия не

Предусмотрены. Потери на испарение с водой поверхности составляют 970 мм. Осадки за апрель – октябрь среднесухого года равны 75 мм (см. табл. 3), испарение с суши по карте П. С. Кузина – 27 мм. Следовательно, потери на испарение с зеркала водоема по формуле (12) составляют:

$$z_{и} = 970 - 75 - 27 = 868 \text{ мм}$$

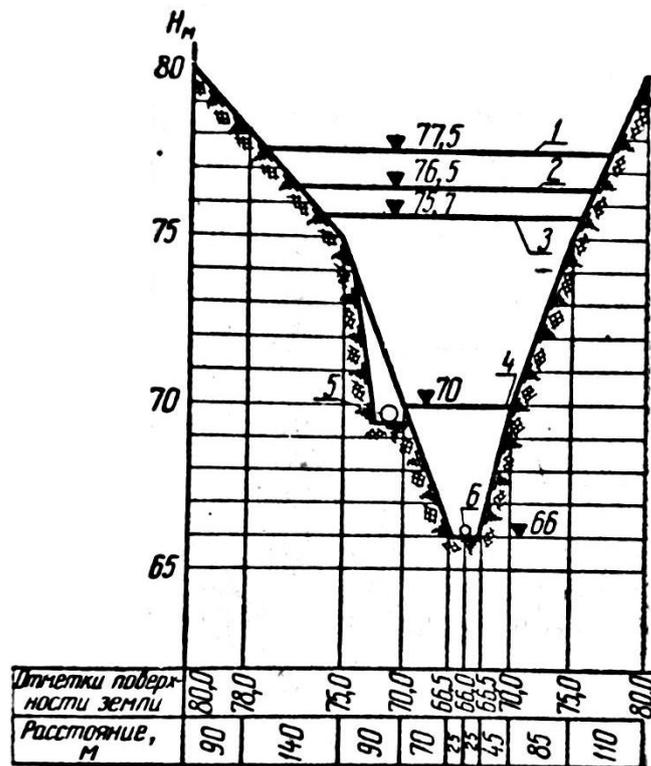


Рис. 2 – Профиль по створу плотины:

1-гребень плотины; 2 – максимальный подпорный уровень; 4 – уровень мертвого объема; 5 – трубчатый водозабор; 6 – донный водоспуск

Суммарные потери, выраженные слоем воды по формуле (13):

$$z = 400 + 868 = 1268 \text{ ,мм}$$

Средний объем пруда (11):

$$V_{\text{ср}} = 217 + \frac{1830}{2} = 1130 \text{ тыс.м}^3 = 1,13, \text{млн. м}^3$$

По топографической характеристике данному объекту соответствует площадь зеркала 39 га. Суммарный объем потерь воды за год по формуле (14) равен:

$$V_z = 10 * 39,0 * 1268 = 494,5 \text{ ,тыс.м}^3$$

Уточненная рабочая емкость пруда с использованием его для рыборазведения составляет (15):

$$V_p = 1,46 + ,49 + 0,22 = 2,17 \text{ ,млн. м}^3$$

Сравниваем уточненную рабочую емкость водоема со стоком при 75% обеспеченности и находим, что первая меньше второго ($2,17 < 2,54$).

Следовательно, водоем свыше 75% лет будет ежегодно заполняться до расчетного значения.

Полная емкость пруда равна рабочему объему (с учетом опоражнивания его для рыбоводства)

$$V = V_p = 2,17, \text{ тыс. м}^3$$

Полному объему соответствует глубину воды в водоеме 9,7 м, нормально подпертый уровень (НПУ) – 75,7 (рис. 2) и площадь затопления $\omega = 58$ га.

Для запроектированного водоема определяют некоторые показатели.

Коэффициент использования стока ($\beta_{ст}$) показывает, какая доля среднемноголетнего весеннего стока ежегодно задерживается в водоеме.

$$\beta_{ст} = \frac{V_p}{S_{в}} = \frac{2,17^*}{4,77} = 0,45$$

Следовательно, только 45% среднемноголетнего весеннего стока задержится в водоеме.

Отношение полезного объема к рабочему ($\beta_{п}$) в хороших водоемах обычно выше 0,7. В нашем примере коэффициент использования воды пруда равен:

$$\beta_{п} = \frac{V_{п}}{V_p} = \frac{1,46}{2,17} = 0,67$$

что можно считать удовлетворительным.

Коэффициент полезной емкости пруда ($\beta_{п}$) составляет:

$$\beta_{п} = \frac{V_p}{S_{в}} = \frac{1,46}{4,77} = 0,31$$

Только 31% среднего весеннего стока будет использован полезно (на орошение и хозяйственные нужды).

Отношение мертвого объема к полному объему водоема:

$$\beta_0 = \frac{V_0}{V} = \frac{0,22}{2,17} = 0,10$$

Мертвый объем составляет только 10% объема пруда, что является хорошим показателем.

Отношение проектируемой площади орошения Нетто к площади затопления при НПУ должно быть > 5 . В нашем случае:

$$\frac{\Omega_{нт}^y}{\omega_{нпу}} = \frac{320}{58} = 5,5$$

Таким объемом, расчеты показывают, что проектируемый водоем находится в удовлетворительных условиях. При отметке НПУ – 75,7 не происходит затопления и подтопления ценных земель и сооружений **.

Комплексное использование водоема в хозяйстве. В степных и лесостепных районах сток воды очень изменчив по годам. В отдельные годы он сильно отличается от средне многолетнего. При зарегулировании стока 75% обеспеченности значительная часть его во многие годы не используется для регулярного орошения (таблица 1).

Таблица 1

Процент обеспеченности	10	30	50	70	75
Модульные коэффициенты стока	1,865	1,286	0,922	0,610	0,532
Объем весеннего стока, млн. м ³	8,90	6,13	4,40	2,91	2,54
Объем сброса свыше рабочей емкости, млн. м ³	6,83	3,96	2,23	0,74	0,37
Возможные площади лиманного орошения в разные по стоку годы, га	-	1130	640	210	106

Сбрасываемую из пруда воду можно использовать для лиманного орошения, если для этого есть благоприятные условия. В нашем примере в течение 50% лет на лиманное орошение можно использовать 2,23 млн.м³, что при норме лиманного орошения брутто $M_{бр}^t = 3500$ м³/га дает возможность орошать лиманами 640 га, а при 30% обеспеченности – 1130 га. Земли, пригодные для лиманного орошения, расположены в южной части землепользования колхоза «Рассвет» и не входят в план участка.

Если площадь водосбора большая и по расчетам получается избыточный сток воды с этой площади, то можно применить следующие мероприятия для более полного использования весеннего стока: увеличить объем пруда и расширить регулярно орошаемые площади; устроить второй водоем выше проектируемого; сбросить избыток воды из пруда и задержать его ниже для регулярного орошения, если для этого есть благоприятные условия.

Водоемы, устраиваемые для орошения, целесообразно использовать в качестве нагульных прудов для выращивания карповых пород рыбы [20], а также для выгула водоплавающей птицы. Комплексное использование прудов приносит дополнительные доходы хозяйствам, а затраченные средства на постройку плотины и сооружений при ней окупаются значительно быстрее, чем при использовании водоема только для орошения.

Если пруд предусмотрено использовать для рыборазведения, то при его проектировании и строительстве необходим ряд мероприятий.

В ложе водоема не следует снимать растительный грунт. Водоем очищают от пней, деревьев и кустарника. Поверхность водоема планируют: срезают кочки и бугры, засыпают ямы. Пруду придают уклоны от берегов ко дну и вдоль тальвега речки или балки к донному водоспуску. По дну водоема устраивают главную (сборную) канаву по направлению к донному водоспуску (шириной по дну 0,5-1,0 м, глубиной 0,4-0,5 м). По мере надобности к ней проводят боковые сборные канавы меньших размеров для ускорения сброса воды из пруда. У водовыпуска сборная канава расширяется, образуя рыбосборную яму (лежбище), где собирается невыловленная рыба. Площадь лежбища от 15 до 25 м² и более; дно лежбища – на уровне дна водоспуска.

Для предупреждения выхода рыбы из водоема при сбросах воды или заборе ее на поливы устраивают заградительные сетки на водосбросе, у донного водоспуска и перед водозабором. Донный водоспуск можно устраивать по типу монаха, состоящего из лежбища и стока со щитками. На небольших прудах водоспуск иногда можно устраивать сифонного типа из металлических труб диаметром 200-300 мм.

В водоемах для рыборазведения следует предусматривать мертвый объем воды глубиной не менее 1,5-2,0 м. Сюда собирается рыба после использования пруда для орошения, примерно с конца августа до конца октября.

На 1 га площади при НПУ необходимо выпускать карпов – годовиков (N, шт.).

$$N = \beta_0 \frac{A}{a}, \text{ шт} \quad (18)$$

где, A – рыбопродуктивность на 1 га нагульного пруда (прирост рыбьего мяса) при НПУ; A = 200 ÷ 400 кг/га;

a – вес одного карпа осенью, кг;

β_0 - коэффициент, учитывающий отход (потери) рыбы за период ее роста; $\beta_0 = 1,15 \div 1,25$.

Если принять, что карп к осени весит в среднем 0,4 кг и считать 20% на отход, то получится, что весной нужно выпускать годовиков около 600 - 1200 штук на 1 га. При таких нормах посадки рыбам в первый период будет достаточно естественных кормов в пруде. По мере использования пруда для орошения и уменьшения площади питания рыбу необходимо подкармливать, а часть рыбы в конце лета можно вылавливать. Рыбопродуктивность всего пруда (P) равна:

$$P = A * \omega, \text{ кг} \quad (19)$$

где ω – площадь поверхности воды в пруде, среднее за период роста рыбы.

Пруд нужно очищать от водной растительности, быстрое заиление ухудшает условия разведения рыбы.

В колхозе «Рассвет» с площади водоема, равной 58 га и рыбопродуктивности - 300 кг/га, можно получать ежегодно около $58 \cdot 300 = 17400$ кг рыбы. Весной нужно высаживать карпов-годовиков (N).

$$N = \beta_0 \frac{A}{a} * \omega = 1,2 * \frac{300}{0,4} * 58 = 52200, \text{ шт}$$

Широкие производственные опыты показали, что правильное комбинированное использование водоемов для карпоутиного хозяйства очень выгодно. При разведении уток продуктивность прудов увеличивается на 30-40%, и более, так как утки поедают водную растительность и очищают от нее пруд, что благоприятствует рыбозаведению.

Плотность посадки уток на водоемах рекомендуется от 150 до 200 штук на 1 га. Уток забивают на мясо в возрасте 60-65 дней. К этому времени они весят 2-2,5 кг, а интенсивность увеличения их веса сокращается. За лето можно вырастить две партии уток.

Определение числа выпускаемых уток на пруд по периодам (с коэффициентом отхода 0,8) приведено в таблице 2.

Таблица 2

Период	Начало и конец периода	Объём пруда по периодам		Средний объём за период, млн.м ³	Площадь пруда при среднем объёме, га	Количество уток		Мяса, ц при весе одной утки 2 кг
		в долях от V _p	в млн.м ³			на 1 га	на ω	
	Вторая половина мая	V _o +0,9* V _p	2,17					
I				1,63	48,0	200	9600	154
	Конец июля	V _o +0,4* V _p	1,09					
II				0,66	26,5	200	5300	85
	Начало октября	V _o	0,22					
	Итого						14900	239

Комплексное использование пруда принесет хозяйству дополнительный доход в виде 17,4 т рыбы и 23,9 т утиного мяса ежегодно, что значительно сократит срок окупаемости вложенных средств на устройство водоема.

Выводы

1. Опыт орошения современными дождевальными машинами в Брянской области на базе использования местного стока, задержанного прудами, доказывает возможность получения высоких гарантированных урожаев (на картофеле до 700 ц/га) практически в любом населенном пункте.

2. Правильное назначение расчетных сбросных расходов имеет большое значение для рационального устройства прудов. Для Брянской области этот вопрос является одним из центральных.

3. Максимальные расходы сброса, посчитанные по методу Д.И. Кочерина при допущении линейного возрастания сброса незначительно превышают расходы, определенные детально с учетом криволинейного возрастания сброса по S – образной кривой.

4. Наибольшего уменьшения сбросного расхода можно добиться пропуском паводочного стока через шахтный водосброс с изменяющимся с помощью затворов периметром оголовка шахты.

Литература

1. Аверьянова С.Ф. Практикум по сельскохозяйственным мелиорациям. М.: Колос, 1970. 344 с.

2. Василенков В.Ф., Петров К.П., Родионов Ю.И. Рекомендации по строительству малых прудов в колхозах и совхозах Чувашский АССР. Чебоксары: Чувашкнигоиздат, 1973. 36 с.

3. Железняк И.А. Регулирование паводочного стока: монография. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 327с.

4. Кровопускова В.Н., Василенков В.Ф. Методика расчета оптимальных конструкций параметров шахтного водосброса // Сборник научных трудов института энергетики и природопользования. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. С. 85-93.

5. Водоприемный оголовок шахтного водосброса / В.Н. Кровопускова, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, О.Н. Демина // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-технической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2012. С. 36-38.

6. Водоприемный оголовок шахтного водосброса: пат. 11935 Рос. Федерация / В.Н. Кровопускова, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, О.Н. Демина; заявл. 20.08.2012. Бюл. № 23.

7. Кровопускова В.Н., Василенков В.Ф., Демина О.Н. Моделирование процесса образования и сработки призмы трансформации паводка // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-технической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2011. С. 41-46

8. Перехрест С.М. Об основных вопросах проектирования колхозных прудов // Гидротехника и мелиорация. 1950. N 3. С. 29-35.

9. Мелиоративная история Брянщины. Люди и дела / В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Е.В. Байдакова, Б.Д. Муравьев, М.Ф. Ковалев, П.И. Евсеев. Брянск, 2018.

10. Кровопускова В.Н., Байдакова Е.В. Правовой режим водоохраных зон // Актуальные проблемы экологии: материалы Международной научно-практической конференции. Брянск, 2017. С. 42-46.

УДК 631.675

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПОЛИВНЫХ НОРМ
И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ МЕЖПОЛИВНОГО ПЕРИОДА**

*Determination of the optimal irrigation norms and duration of irrigation
interval period*

Василенков Валерий Фёдорович

научный руководитель, доктор технических наук, профессор БГАУ, г. Брянск
scientific Director, doctor of technical Sciences, Professor, Bryansk

Ушаткина Дарья Андреевна

Ushatkina D.A

E-mail:dasha.us@yandex.ru

студентка 2 курса магистратуры, кафедра природообустройства
и водопользования, г. Брянск

*2nd year master's student, Department of environmental engineering and water use,
Bryansk*

ФГБОУ ВО "Брянский государственный аграрный университет"

Брянск, Россия 243345 Брянская область

Bryansk State Agrarian University

Реферат: В статье рассматривается процесс создания модели испарения на основе опытных данных. Показано определение оптимальных поливных норм и продолжительности межполивного периода, на основании которых рассматриваются 2 варианта работы дождевальных машин - при непрерывной работе ДУ (99,9%) и при периодических интервалах (94%). На основании полученных данных сравнивается эффективность отечественных и импортных дождевальных устройств.

Summary: The article discusses the process of creating a model of evaporation based on experimental data. The definition of the optimal irrigation rates and the duration of the inter-irrigation period is shown, on the basis of which 2 variants of the operation of the sprinkling machines are considered - with continuous operation of the devices (99.9%) and with periodic intervals (94%). Based on the data obtained, the effectiveness of domestic and imported sprinklers is compared.

Основная задача процесса орошения заключается в поддержании в почве уровня влажности в диапазоне, регулируемом математической моделью. Очевидно, для получения хорошего урожая необходимо обеспечить растение влагой в определенный момент и в нужном объеме. Переувлажнение и недостаток влаги негативно сказываются на растениях и непосредственно влияют на урожай. При нехватке влаги снижается тургор, процессы развития растений замедляются. При переувлажнении почвы превышает уровень предельной полевой влагоёмкости (ППВ), что ведет к усилению фильтрации и, собственно, вымыванию компонентов из поглощающего комплекса.

Строение пахотного слоя неоднородно. Наиболее подвержен изменениям верхний слой, непосредственно задействованный в с/х. В проведенных опытах выяснялась количественная и качественная сторона испарения из данного (0-5 см) слоя почвы. Для этого создавались монолиты почвы высотой 30 см, диаметром 14,5 см, объемом $4\ 950\ \text{см}^3$, площадью испарения $165\ \text{см}^2$, плотность нижнего слоя почвы мощностью 24 см во всех сосудах была одинаковой $1,2\ \text{г/см}^3$, плотность верхнего слоя 0 - 5 см измерялась по вариантам от 0,9 до 1,6 с интервалом $1\ \text{г/см}^3$. Почва - чернозем оподзоленный тяжело суглинистый. Образец просеивали через сито с отверстиями 5 мм, увлажняли до 20% от массы и засыпали в сосуды, послойно уплотняли, в нижней части, через каждые 5 см, в верхней - через 1 см. Поверхность каждого слоя слегка рыхлили. Но в набитых сосудах увлажняли до капиллярной влагоемкости. Вода поступала снизу, высушивали в естественных и частично лабораторных условиях, взвешивали через каждые сутки. При высыхании почва уменьшалась в объеме и отставала от стенок сосуда. Чтобы снизить влияние этих пустот на ход испарения, верхний слой почвы толщиной 1 см рыхлили и им засыпали образующиеся пустоты. Сравнительно большое испарение наблюдалось первые 3 дня, а затем его величина резко снижалась из-за подсыхания верхнего слоя почвы. При более рыхлой и более плотной почве испарение было выше. В первом случае это, очевидно, зависело от более интенсивных диффузных процессах в более рыхлой почве, а во втором в большей подвижности воды в капиллярах. Если почва очень уплотнена $1,5 - 1,6\ \text{г/см}^3$, то испарение ниже, т.к. здесь мало свободных пор и диффузия водных потоков затруднена снижением и подвижностью воды в капиллярах, т.к. при большей плотности резко снижается объем капиллярных пор и снижается их величина.

На основании данных, полученных опытным путем, построим модель испарения. Для этого нанесем данные на график "Изменения интенсивности испарения во времени" (рис. 1). Разбиваем получившуюся кривую на 5 равных промежутков $\Delta t = 3,2$ часа, затем графически определяем значения испарения в конце промежутков.

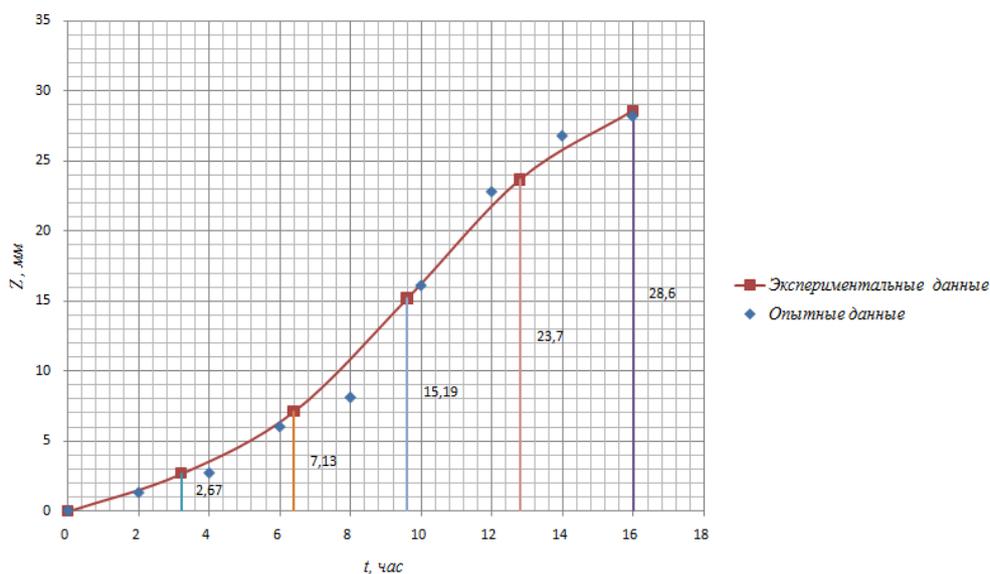


Рис. 1. Изменения интенсивности испарения во времени

Методом подбора, задаем значение $Z_0 = 0,9$ мм и используя нижеприведенную формулу определяем координаты точек экспериментальной кривой, затем по полученным данным строим теоретическую кривую испарения (рис. 2).

$$\varphi = \frac{Z_{\Delta t} - Z_t}{Z_{0+\Delta t}}$$

$$\begin{aligned} \varphi_{2,2} &= \frac{2,9 - 0,9}{2,9} = 0,68 & \varphi_{28,2} &= \frac{29,1 - 25,15}{29,1} = 0,14 \\ \varphi_{5,9} &= \frac{6,8 - 2,9}{6,8} = 0,62 & \varphi_{24,25} &= \frac{25,15 - 15,1}{25,15} = 0,38 \\ \varphi_{14,2} &= \frac{15,1 - 6,8}{15,1} = 0,55 \end{aligned}$$

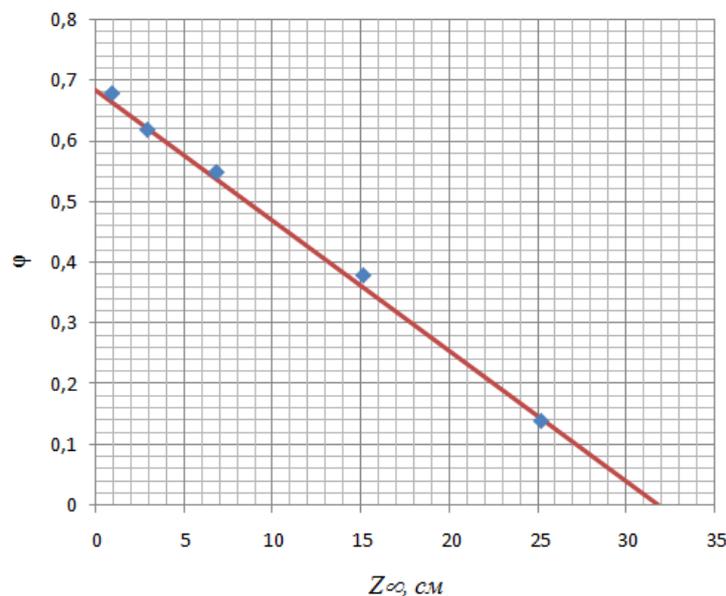


Рис. 2. Зависимость $\varphi = (Z_{\Delta t} - Z_t) / Z_{0+\Delta t}$ от Z_t

На получившемся графике, определяем значения φ и Z_∞ : $\varphi = 0,685$, $Z_\infty = 31,75$ мм.

Затем найдем значение $\mu_1 H_B$:

$$\mu_1 H_B = - \frac{\ln(1 - \psi)}{\Delta t} = - \frac{\ln(1 - 0,685)}{3} = 0,361$$

Далее определяем значение Z для каждого временного промежутки и, предварительно отняв Z_0 , наносим на первую (исходную) кривую.

$$\begin{aligned} Z &= Z_0 \left(1 + \frac{(Z_1 - Z_0) / Z_0}{\mu_1 H_B} e^{-\mu_1 H_B \cdot t} \right) \\ Z_{3,2} &= \frac{31,75}{1 + \frac{31,75 - 0,9}{0,9} \cdot e^{-0,361 \cdot 3,2}} = 2,67 \end{aligned}$$

$$Z_{6,4} = \frac{31,75}{1 + \frac{31,75 - 0,9}{0,9} \cdot e^{-0,361 \cdot 6,4}} = 7,13$$

$$Z_{9,6} = \frac{31,75}{1 + \frac{31,75 - 0,9}{0,9} \cdot e^{-0,361 \cdot 9,6}} = 15,19$$

$$Z_{12,8} = \frac{31,75}{1 + \frac{31,75 - 0,9}{0,9} \cdot e^{-0,361 \cdot 12,8}} = 23,7$$

$$Z_{16} = \frac{31,75}{1 + \frac{31,75 - 0,9}{0,9} \cdot e^{-0,361 \cdot 16}} = 28,6$$

$$Z_0 = 0,9 \text{ мм}$$

$$Z_\infty = 31,75 \text{ мм}$$

$$\varphi = 0,685$$

$$\mu_1 H_e = 0,36$$

Определим поливные нормы и межполивные периоды в табличной форме.

Таблица 1. Определение поливных норм и межполивных периодов при различных режимах испарения

№	$m - n$	$Z_{np}, \text{мм}$	$Z_{кв}, \text{мм}$	$m_{\text{полив}}$	$t, \text{час}$
1	0,1	14,29	17,46	3,17	1,12
2	0,2	12,7	19,05	6,35	2,24
3	0,3	11,11	20,64	9,53	3,43
4	0,4	9,53	22,23	12,7	4,69
5	0,5	7,94	23,81	15,87	6,09
6	0,6	6,35	25,4	19,05	7,68
7	0,7	4,76	26,99	22,23	9,61
8	0,8	3,18	28,58	25,4	12,17
9	0,9	1,59	30,16	28,57	16,31
10	0,05	15,08	16,67	1,59	0,55

Таблица 2. Чистое время полива

t час	ДДА-100МА		ДДН-70	"Волжан-ка"	ДДН-100		"Фрегат"		«Днепр»	"Ока"
	0,19 мм/мин	0,3 мм/мин	0,41 мм/мин	0,27 мм/мин	0,31 мм/мин	0,18 мм/мин	0,18 мм/мин	0,3 мм/мин	0,28 мм/мин	0,3 мм/мин
2	6,8	4,3	3,17	4,81	4,19	7,22	7,22	4,3	4,64	4,3
4	14,2	9	6,59	10	8,71	15	15	9	9,64	9
6	31,58	20	14,63	22,22	19,35	33,33	33,33	20	21,43	20
8	42,6	27	19,76	30	26,3	45	45	27	28,93	27
10	84,7	53,7	39,27	59,63	51,94	89,44	89,44	53,7	57,5	53,7
12	120	76	55,61	84,44	73,55	126,67	126,67	76	81,43	76
14	141,05	89,33	65,37	99,26	86,45	148,89	148,89	89,33	95,71	89,33
16	148,42	94	68,78	104,44	90,97	156,67	156,67	94	100,71	94

Площадь орошаемой территории равна 50 га, определим количество позиций для каждой машина П, коэффициент сменного использования $K_{см}$, время с учетом остановок $t_{бр}$:

ДДА-100МА

$$F = 50 \text{ га}$$

а) $t = 6,8 \text{ мин}$
 $6,8 \times 50 = 340 \text{ мин} = 5,67 \text{ ч}$
 $K_{см} = 0,8$
 $t_{бр} = 7,08 \text{ ч}$

б) $t = 4,3 \text{ мин}$
 $4,3 \times 50 = 215 \text{ мин} = 3,58 \text{ ч}$
 $K_{см} = 0,8$
 $t_{бр} = 4,475 \text{ ч}$

ДДН-70

$$t = 3,17 \text{ мин}$$

$$F = 1,5393 \text{ га}$$

$$П = 50 / 1,5393 = 32,48 \text{ позиции}$$

$$32,48 \times 3,17 = 102,96 \text{ мин} = 1,716 \text{ ч}$$

$$K_{см} = 0,5$$

$$t_{бр} = 3,432 \text{ ч}$$

«Волжанка»

$$t = 4,81 \text{ мин}$$

$$F = 1,44 \text{ га}$$

$$П = 50 / 1,44 = 34,7 \text{ позиции}$$

$$34,7 \times 4,81 = 167 \text{ мин} = 2,78 \text{ ч}$$

$$K_{см} = 0,76$$

$$t_{бр} = 3,658 \text{ ч}$$

ДДН-100

$$F = 3,1415 \text{ га}$$

$$П = 50 / 3,1415 = 15,9155 \text{ позиции}$$

а) $t = 4,19 \text{ мин}$
 $15,91 \times 4,19 = 66,69 \text{ мин} = 1,11 \text{ часа}$
 $K_{см} = 0,5$
 $t_{бр} = 2,22 \text{ ч}$

б) $t = 7,22 \text{ мин}$
 $15,91 \times 7,22 = 114,9 \text{ мин} = 1,915 \text{ часа}$
 $K_{см} = 0,5$
 $t_{бр} = 7,82 \text{ ч}$

"Фрегат"

$$F = 63,61 \text{ га}$$

$$П = 50 / 54,6 = 0,92 \text{ позиции}$$

а) $t = 7,22 \text{ мин}$
 $0,92 \times 7,22 = 6,64 \text{ мин}$
 $K_{см} = 0,92$
 $t_{бр} = 1,4 \text{ ч}$

б) $t = 4,3 \text{ мин}$
 $0,92 \times 4,3 = 3,96 \text{ мин}$
 $K_{см} = 0,92$
 $t_{бр} = 1,44 \text{ ч}$

«Днепр»

$$t = 4,64 \text{ мин}$$

$$F = 50 \text{ га}$$

$$4,64 \times 50 = 232 \text{ мин} = 3,87 \text{ ч}$$

$$K_{\text{см}} = 0,85$$

$$t_{\text{бр}} = 4,55 \text{ ч}$$

«Ока»

$$t = 4,3 \text{ мин}$$

$$F = 50 \text{ га}$$

$$4,3 \times 50 = 215 \text{ мин} = 3,58 \text{ ч}$$

$$K_{\text{см}} = 0,76$$

$$t_{\text{бр}} = 4,41 \text{ часа}$$

Определим поливную норму и межполивной период при минимальном значении $m-n$.

Определение поливной нормы и межполивного периода.

$m-n$	n	m	Y	$t\mu_1 H_B$	%	$Z_H, \text{мм}$	$Z_k, \text{мм}$	$W_{\text{полиэ}}$	$T, \text{ч}$
0,02	0,49	0,51	0,249	0,08	99,9	15,56	16,19	0,63	0,22

$$m = n + 0,02$$

$$\frac{m-n}{m(m-1)} - \frac{m-n}{n(n-1)} = 0$$

$$\frac{n+0,02-n}{(n+0,02)(n+0,02-1)} = \frac{n+0,02-n}{n(n-1)}$$

$$0,02(n^2 - n) = 0,02n^2 - 0,96n - 0,0196$$

$$0,04n = 0,0196$$

$$n = 0,49$$

$$Y = \frac{m-n}{\ln \frac{m(n-1)}{n(m-1)}}$$

$$Y = \frac{0,02}{\ln \frac{0,51(0,49-1)}{0,49(0,51-1)}} = \frac{0,02}{\ln 1,0833} = 0,24996$$

$$t\mu_1 H_B = \frac{0,51 - 0,49}{0,25} = 0,08$$

$$\% = \frac{0,24996}{0,25} = 99,98\%$$

$$Z_H = n \cdot Z_n = 0,49 \cdot 31,75 = 15,56 \text{ мм}$$

$$Z_K = m \cdot Z_\infty = 0,51 \cdot 31,75 = 16,19 \text{ мм}$$

$$t = \frac{t\mu_1 H_B}{\mu_1 H_B} = \frac{0,08}{0,361} = 0,2216$$

В приведенной ниже таблице, мы рассмотрим 2 случая - при непрерывной работе дождевальной машины (99,9%) и при периодических интервалах (94%), проанализируем характеристики дождевальных машин отечественного и импортного производства и подберем подходящие для наших случаев.

Таблица 3. Сводная расчетная таблица подбора оптимальных дождевальных машин

Z_0	Z_∞	$\mu_1 H_B$	$m-n$	m	n	$W_{\text{полив}}$ мм	$t, \text{ ч}$	%	ДДА - 100 МА		ДДН-70		ДДН-100		Волжанка	
									w	t	w	t	w	t	w	t
0,9	31,75	0,631	0,02	0,51	0,49	0,63	0,22	99,9	0,63	3,45	0,63	1,66	0,63	1,86	0,63	1,77
			0,4	0,7	0,3	12,7	4,69	94,41	12,7	69,6	12,7	33,54	12,7	37,42	12,7	35,79

Продолжение таблицы 3

Фрегат		Днепр		Ока		Бауэр		Т-Л		Valley									
										36,28 мм/ч		42,34 мм/ч		51,53 мм/ч		54,42 мм/ч		55,62 мм/ч	
w	t	w	t	w	t	w	t	w	t	w	t	w	t	w	t	w	t	w	t
5,6	65	0,63	2,2	0,63	2,3	4,89	15,43	6,35	19,08	1,73	8	2,02	8	4,75	16,28	3,10	10,62	5,17	17,73
12,6	39,73	12,7	44,46	12,7	46,42	15	47,35	12,7	38,17	17,29	80,05	10,09	40,02	11,87	40,70	10,32	35,39	12,92	44,31

Вывод: Из данных таблицы видно, что наиболее эффективно применение ДДН-70 в обоих случаях, т.к. данная дождевалка за наиболее короткий срок обеспечивает подачу нужного количества воды.

В целом, если рассматривать импортные машины, в первом случае они показывают среднее время на уровне с отечественными дождевальными машинами. Для того чтобы достичь необходимую поливную норму $W_{\text{полив}} = 0,63$ мм, на порядок больше времени требует только "Фрегат" - 7,15 часа. Во втором случае импортные машины так же показывают средний результат, для поливной нормы $W_{\text{полив}} = 12,7$ мм максимум времени требует Valley с интенсивностью расхода воды 36,28 мм/ч $t = 58,4$ ч, из отечественных ДДА-100МА $t = 69,6$ ч. В данном случае возможно использование зарубежных машин, но в экономическом плане они уступают.

Литература

1. Гордиенко В.П. О закономерностях испарения почвенной влаги // Вестник с.-х. наук. 1982. № 8. С. 42-49.
2. Аксенов Я.А. Определение минимально допустимого предела влажности почвы при расчетах режима орошения // Природообустройство. 2018. № 5. С. 68-74.

3. Экологическая и экономическая оптимизация эксплуатационного режима орошения современными дождевальными машинами / В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Ю.А. Мажайский, О.Н. Демина, Е.А. Мельникова // Вестник Рязанского ГАТУ. 2015. № 4 (28). С. 85-92.

4. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге: монография. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 663 с.

5. Особенности системы капельного орошения при возделывании ягодных культур / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Е.В. Байдакова, Я.А. Аксёнов // Агроконсультант. 2017. № 4. С. 15-22.

6. Система капельного орошения на землях Брянского ГАУ / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Е.В. Байдакова, Я.А. Аксёнов // Вестник Брянской ГСХА. 2017. № 4. С. 16-24.

7. Байдакова Е.В., Кожедуб Г.С. Эксплуатационный режим орошения кукурузы дождевальной машиной КУБАНЬ-ЛК1М в засушливый год в Брянской области // Сборник научных трудов института энергетики и природопользования. Брянск, 2017. С. 19-24.

8. Байдакова Е.В., Ляхова Л.А. Выбор оптимальных трудоохранных мероприятий в мелиорации // Проблемы природообустройства и экологической безопасности: материалы XVI Межвузовской научно-практической конференции. Брянск, 2003. С. 47-49.

9. Байдакова Е.В. Рекомендации по размещению мелкотрубчатых колодцев по территории // Проблемы энергообеспечения, информатизации, безопасности и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-практической конференции / под ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2011. С. 12-14.

УДК 556.16

РАСЧЕТ ОБЪЕМА СНЕГОВОГО СТОКА, ПОСТУПАЮЩЕГО В ТЕКУЩЕМ ГОДУ В ПРУД

Calculation of volume of snow runoff coming this year in the pond

Василенков Сергей Валерьевич

Vasilenkov S. V.

ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»

Брянск, Россия 243345 Брянская область

Bryansk State Agrarian University

Комяжко Аделина Николаевна E-mail:adelinakomyazhko@yandex.ru

Komaiko A. N.

магистр 2 курса, кафедра природообустройства и водопользования, г. Брянск
master of 1 course, Department of environmental engineering and water use, Bryansk
E-mail:adel.gutnikova@bk.ru

Проблема расчета гидрографа весеннего стока актуальна как раньше, так и сейчас. Используется расчет, как в прогнозах, так и в изучении водного баланса территорий, а так же популярен в мониторинге состояния водосбора.

Поскольку гидрограф весеннего стока в Нечерноземной зоне для малых водосборов прудов имеет пилообразную форму, то можно рассчитать расход его суточного объема.

В статье рассматривается пример расчета скважины с характеристиками, занесенными в таблицу 1.

Таблица 1. Исходные данные

$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	Время, ч	Глубина воды, см
+8°	11,2	11/22,5
+11°	12,32	13,2/22,5
+13,5°	13,35	16,2/22,5
+15°	14,45	18,5/19,0
+16°	15,55	16,2/19,0
+15,5°	16,45	15/19,0
+12,5°	17,45	11,3/19,0
+10,5°	18,4	6,5/19,0
+6,5°	19,35	2,5/19,0
+4,5°	20,3	1,8/19,0

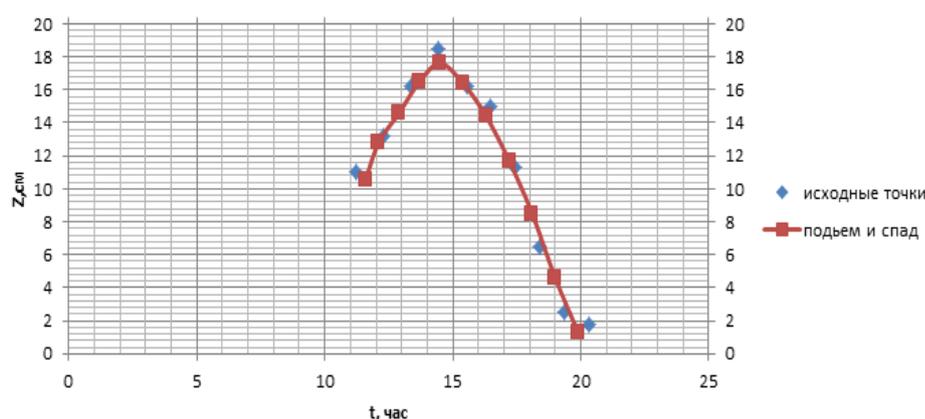


Рис. 1. Изменение объема снегового стока во времени

Объем воды поступающей в пруд складывается из объема накапливающейся на поверхности водосбора воды за время суточного подъема уровней плюс объема воды, который поступит на уровень внутриснежных вод в вечерние и ночные часы объем, который накопился на поверхности водосбора к моменту суточного пика паводка. Подъем уровней воды во время паводка описывается уравнением:

$$\frac{dZ}{dt} = \frac{\mu_1 H_B}{Z_*} \cdot (Z_* - Z)Z - DZ + \kappa Z \quad (1)$$

Первый член правой части уравнения характеризует стекание по поверхности земли, второй инфильтрацию талой воды в слое снега, третий испарение воды с поверхности капиллярных менисков. Если допустить, что вся инфиль-

тующая вода стекая поступает в пруд, можно определить объем этого поступления используя уравнение (1).

Решение уравнения (1):

$$t = \frac{1}{\mu_1 H_B - Д + И} \ln \left[\frac{Z_{\infty} \left(1 - \frac{Д - И}{\mu_1 H_B} \right) - Z_0}{Z_0} \cdot \frac{n}{1 - n} \right]$$

для периодов подъема или спада уровней с положительной температурой воздуха, тогда

δ - водоотдача из снега

l - длина водосбора

B - средняя ширина водосбора по топоплану

Аналогично определяем объем воды, поступающей на уровень внутриснежных вод в вечерние и ночные часы с отрицательной температурой воздуха.

Используя уравнение (1) получим:

$$Z = \frac{Z_{\infty}}{1 + \frac{Z_{\infty} - Z_0}{Z_0} \cdot e^{-(\mu_1 H_B - Д + И) \cdot t}}$$

Z_{∞} - стационарный уровень воды в скважине для периодов спада с отрицательной температурой воздуха.

Параметры Z_0 ; Z_{∞} ; $Z_{ст}$; $\mu_1 H_B + И - Д$ получают по данным наблюдений в снежной скважине.

Для определения нужного нам объема необходимо построить еще кривые подъема уровней воды на счет стекания и инфильтрации.

W_2 - объем воды, который стечет со склона к ложбине за период подъема уровней.

Средний расход воды поступающей в ложбину со склонов:

Необходимо учесть и то, что после выхода из снежного покрова вода поступает в пруд с эродированной ложбины по ручейкам, потом по тальвегу балки.

Время добегания такой воды рассчитывается:

Тогда расчетный расход поступающей воды в пруд снеготаяния в текущем году будет:

При представлении экспериментальных данных в виде зависимости φ от Z на оси абсцисс, будет отсекается отрезок Z_{∞} , $Z_{ст}$, а на оси ординат - отрезок

$$\varphi_m = 1 - e^{\mu_1 H_B \Delta t}$$

$$\varphi_m = 1 - e^{[-(\mu_1 H_B - Д + И) \Delta t]}$$

Соответственно на оси ординат откладывает

$$\varphi = \frac{Z_{t+\Delta t} - Z_t}{Z_{t+\Delta t}}$$

а на оси абсцисс Z_t .

Расчет уровней спада

$$Z_0 = 5,1 \text{ см}$$

$$\varphi = \frac{6,8 - 5,1}{6,8} = 0,25$$

$$\varphi = \frac{9 - 6,8}{9} = 0,244$$

$$\varphi = \frac{11,6 - 9}{11,6} = 0,244$$

$$\varphi = \frac{15 - 11,6}{15} = 0,21$$

$$\varphi = \frac{18,7 - 15}{18,7} = 0,197$$

$$\varphi = \frac{21,2 - 18,7}{21,2} = 0,1179$$

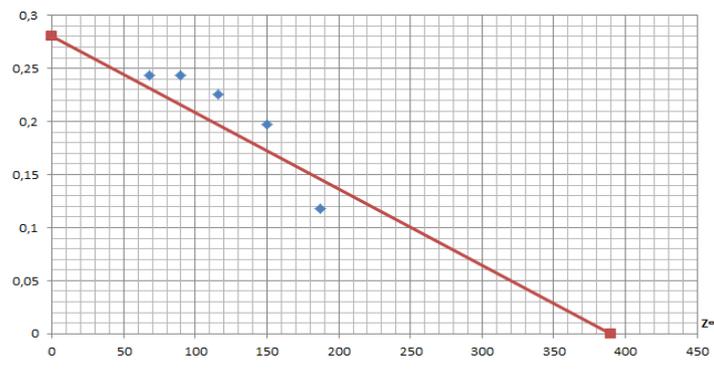


Рис. 4.1.2. Зависимость $\varphi = (Z_{\Delta t} - Z_t) / Z_{0+\Delta t}$ от Z_t (спад)

$$Z_0 = 5,1 \text{ см}$$

$$Z_{\infty} = 39 \text{ см}$$

$$\varphi = 0,28$$

$$\Delta t = 0,9 \text{ час}$$

$$\mu_1 H_B = -\frac{\ln(1 - \varphi)}{\Delta t}$$

$$\mu_1 H_B = -\frac{\ln(1 - 0,28)}{0,9} = 0,365$$

$$Z = \frac{Z_{\infty}}{1 + \frac{Z_{\infty} - Z_0}{Z_0} \cdot e^{-\mu_1 H_B \cdot t}}$$

$$Z_1 = \frac{39}{1 + \frac{39 - 5,1}{5,1} \cdot e^{-0,365 \cdot 1}} = 6,94 \text{ см}$$

$$Z_2 = \frac{39}{1 + \frac{39 - 5,1}{5,1} \cdot e^{-0,365 \cdot 2}} = 9,27 \text{ см}$$

$$Z_3 = \frac{39}{1 + \frac{39 - 5,1}{5,1} \cdot e^{-0,365 \cdot 3}} = 12,09 \text{ см}$$

$$Z_4 = \frac{39}{1 + \frac{39 - 5,1}{5,1} \cdot e^{-0,365 \cdot 4}} = 15,3 \text{ см}$$

$$Z_5 = \frac{39}{1 + \frac{39 - 5,1}{5,1} \cdot e^{-0,365 \cdot 5}} = 18,8 \text{ см}$$

$$Z_6 = \frac{39}{1 + \frac{39 - 5,1}{5,1} \cdot e^{-0,365 \cdot 6}} = 17,2 \text{ см}$$

Расчет уровней подъема

$$Z_0 = 30 \text{ см (+22)}$$

$$\varphi = \frac{27,4 - 30}{27,4} = -0,0948$$

$$\varphi = \frac{25,1 - 27,4}{25,1} = -0,0916$$

$$\varphi = \frac{23,5 - 25,1}{23,5} = -0,068$$

$$\varphi = \frac{22 - 23,5}{22} = -0,068$$

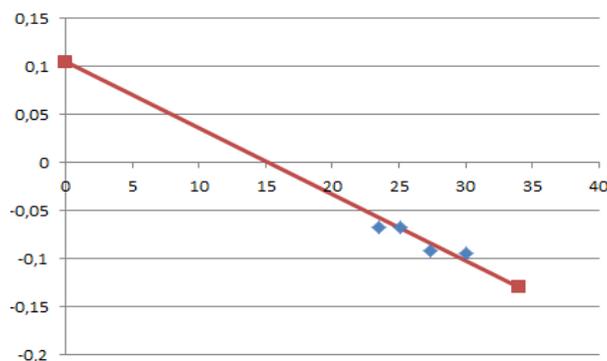


Рис. 4.1.3. Зависимость $\varphi = (Z_{\Delta t} - Z_t) / Z_{0+\Delta t}$ от Z_t (подъем)

$$Z_0 = 30 \text{ см}$$

$$Z_\infty = 16 \text{ см}$$

$$\varphi = 0,105$$

$$\Delta t = 0,8 \text{ час}$$

$$\mu_1 H_B - D + И = -\frac{\ln(1 - 0,105)}{0,8} = 0,1386$$

$$Z = \frac{Z_\infty}{1 + \frac{Z_\infty - Z_0}{Z_0} \cdot e^{[-(\mu_1 H_B - D + И) \cdot t]}}$$

$$Z_{0,8} = \frac{16}{1 + \frac{16 - 30}{30} \cdot e^{-0,1386 \cdot 0,8}} = 27,47 \text{ см}$$

$$Z_{1,6} = \frac{16}{1 + \frac{16 - 30}{30} \cdot e^{-0,1386 \cdot 1,6}} = 25,55 \text{ см}$$

$$Z_{2,4} = \frac{16}{1 + \frac{16 - 30}{30} \cdot e^{-0,1386 \cdot 2,4}} = 24,04 \text{ см}$$

$$Z_{3,2} = \frac{16}{1 + \frac{16 - 30}{30} \cdot e^{-0,1386 \cdot 3,2}} = 22,8 \text{ см}$$

Зная величину Δt , находим параметр $\mu_1 H_B$ или $\mu_1 H_B - D + И$

Измерение уравнений внутриснежных вод в полевых условиях осуществляется от поверхности земли, а в уравнениях уровни отсчитываются от некоторой оси 0-0, изменяющейся и по суткам и по годам. Положение оси отсчета 0-0 будет известно, если знать параметр Z_0 . Только при истинном значении Z_0 зависимость φ от Z , является линейной во всем диапазоне значений Z . При слишком больших значениях Z_0 , экспериментальные точки отклоняются на начальном участке вверх от прямой, при малых значениях Z_0 точки отклоняются вниз от прямой.

Задаваясь сначала значением Z_0 близким к нулю, а затем постепенно увеличивая его и производя каждый раз расчет прямой, можно добиться линейной зависимости φ от Z . Величины отрезков отсекаемых при этом на осях, используются для нахождения остальных параметров, необходимых в расчетах по уравнению (1). По моим наблюдениям в снежной скважине для спада получаем $Z_0 = 5,1 \text{ см}$, $Z_\infty = 39 \text{ см}$, $\mu_1 H_B = 0,365 \text{ 0,9/час}$.

Спад уровней начался в 17 часов при глубине воды в скважине 17 см и постоянным темпом продолжался:

$$t = \frac{1}{0,365} \left(\frac{39 - 5,1}{5,1} \cdot \frac{0,95}{1 - 0,95} \right) = 5,4 \text{ ч}$$

Объем воды, который нужно сбросить с 1 п.м. ширины водосбора за 5,4 часов составит:

$$W = \frac{Z_\infty - Z_0}{2} \cdot \delta \cdot l = \frac{0,39 - 0,051}{2} \cdot 0,45 \cdot 160 = 12,204 \text{ м}^3$$

$\delta = 0,45$ - водоотдача из снега

$l = 160 \text{ м}$ - длина склона.

Общий объем воды, подлежащий сбросу с водосбора ложбины при ее длине 0,5 км и поступлении воды со склонов по 160 метров длиной с двух сторон составит:

Средний приток внутриснежных вод за расчетный период 5,4 часов составит:

$$Q_1 = \frac{16109,28}{5,4} = 2983,2 \text{ м}^3$$

Рассчитаем величину стока за время подъема уровней с 12.30 до 17 часов.

При отрицательных температурах воздуха инфильтрация и испарение практически прекращается и для этих периодов можно определить $\mu_1 H_B$, если нет впитывания в почву. Задача облегчается тем, что параметр $\mu_1 H_B$ не меняется, для одной и той же скважины для разных дней снеготаяния.

По наблюдениям в вечерние часы $\mu_1 H_B = 0,365$ 0,9/час, а днем в период подъема уровней: $\mu_1 H_B - Д + И = 0,1386$ 0,8/час, $Z_0 = 30$ см, $Z_\infty = 16$ см.

Следовательно, $Д - И = 0,2264$ 1/час.

Интенсивность поступления внутриснежных инфильтрационных вод с вычетом испарения в данной точке водосбора определяется уравнением

$$q = 0,2264 \cdot \left(\frac{0,3 - 0,16}{2} \right) \cdot 0,45 = 0,00713 \frac{\text{м}}{\text{час}}$$

Подъем уровней в скважине начался в 12.30 и закончился в 17 часов.

Объем воды, который поступает со склонов внутриснежным путем за время подъема уровней с 1 п.м. ширины водосбора в единицу t времени:

Расчет подъёма уровней

W_n - поступило

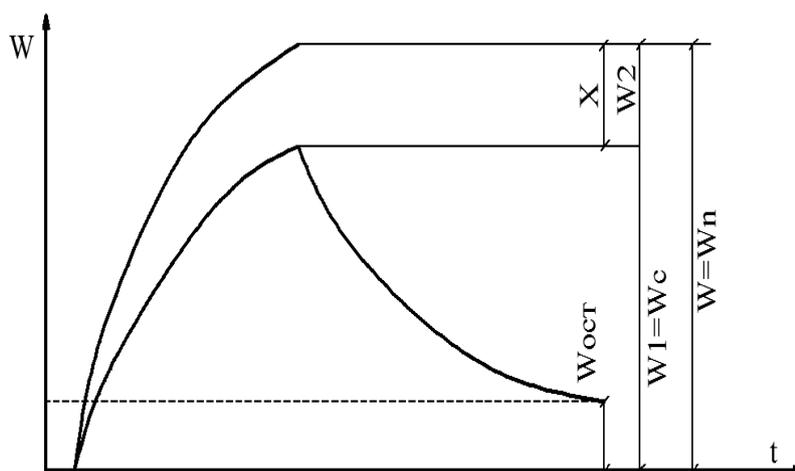
X - стекло

Спад

$$W_c = W_n - X$$

Поступило на подъеме:

$$W_n = X + W_c$$



$$W_2 = W - W_1$$

Можно пренебречь величиной $W_{\text{ост}}$, т.к. почти такая же величина после замерзания остается до утра и с нее начинается подъем уровней.

$$q_2 = 0,5 \cdot q \cdot l \cdot 1 = 0,5 \cdot 0,00713 \cdot 160 = 0,57 \frac{\text{м}^3}{\text{час}}$$

За весь период подъема уровней поступит со склонов инфильтрационной воды:

Объем воды, который стечет со склонов к ложбине за период подъема уровней:

$$W_2 = W - W_1 = 2983,2 - 2409,9 = 573,3 \text{ м}^3$$

Средний расход притока внутриснежных вод к ложбине за период подъема 4,5 часа составит:

$$Q_2 = \frac{573,3}{3,2} = 179,15 \frac{\text{м}^3}{\text{час}}$$

Пусть пруд-накопитель построен на балке длина которой по тальвегу 300 м, длина распаханной ложбины 500м, скорость движения воды по балке 0,5 м/с, по ложбине 0,3 м/с, тогда время добегания воды по ложбине будет

$$\frac{500}{0,3} = 0,46 \text{ час}$$

по балке $\frac{300}{0,5} = 0,16 \text{ час.}$

Средний расход талых вод к створу плотины будет равен:

Литература

1. Алексанкин А.В., Дружинин Н.И. Мелиорация земель в Нечерноземной зоне РСФСР. М.: Колос, 1980.
2. Зайдельман Ф.Р. Генезис и экологические основы мелиорации почв и ландшафтов. М.: Мир, 2009.
3. Почвоведение, земледелие и мелиорация: учебное пособие. М.: Феникс, 2015.
4. СНиП 2.06.03-85 Мелиоративные системы и сооружения.
5. Василенков С.В. Внутриснежный сток талых вод и его регулирование для нужд мелиоративного строительства: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2000. 31 с.
6. Кровопускова В.Н., Василенков В.Ф. Методика расчета оптимальных конструкций параметров шахтного водосброса // Сборник научных трудов института энергетики и природопользования. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. С 85-93.
7. Водоприемный оголовок шахтного водосброса / В.Н. Кровопускова, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, О.Н. Демина // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-технической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2012. С. 36-38.
8. Водоприемный оголовок шахтного водосброса: пат. 119356 Рос. Фе-

дерация / Кровопускова В.Н., Василенков В.Ф., Василенков С.В., Демина О.Н.; опубл. 20.08.2012, Бюл. № 23.

9. Кровопускова В.Н., Василенков В.Ф., Демина О.Н. Моделирование процесса образования и сработки призмы трансформации паводка // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-технической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2011. С. 41-46.

10. Перехрест С.М. Об основных вопросах проектирования колхозных прудов // Гидротехника и мелиорация. 1950. № 3. С. 29-35.

11. Мелиоративная история Брянщины. Люди и дела / В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Е.В. Байдакова, Б.Д. Муравьев, М.Ф. Ковалев, П.И. Евсеев. Брянск, 2018.

12. Кровопускова В.Н., Байдакова Е.В. Правовой режим водоохранных зон // Актуальные проблемы экологии: материалы Международной научно-практической конференции. Брянск, 2017. С. 42-46.

УДК 631.674.6:634.7 (470.333)

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ
СЕЛЕКЦИОННОГО ПИТОМНИКА ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР НА БАЗЕ
БРЯНСКОГО ГАУ**

*Automation of drip irrigation of breeding nursery of berry crops on the basis
of Bryansk GAU*

Воронин А.А.,
Voronin A. A.

ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»
Брянск, Россия 243345 Брянская область
Bryansk State Agrarian University

Реферат: Целью исследований является совершенствование технологии поливов ягодных культур при капельном орошении, с помощью автоматизации этого процесса в селекционном питомнике ягодных культур на базе Брянского ГАУ.

Summary: *The aim of the research is to improve the technology of irrigation of berry crops with drip irrigation, by automating this process in the breeding nursery of berry crops on the basis of Bryansk GAU.*

Автоматизация технологических процессов – это этап комплексных мероприятий, характеризуемый освобождением человека от непосредственного выполнения функций управления технологическими процессами и передачей этих функций автоматическим устройствам. Автоматизация производства повышает надежность и продлевает срок работы оборудования, облегчает и оздоравливает условия труда, повышает безопасность труда, сокращает текучесть рабочей силы и экономит затраты труда, увеличивает количество и повышает качество продукции.

В 2016 году сотрудники университета, разработана и внедрена система капельного орошения селекционного питомника ягодных культур. На участке орошения выращивается три ягодных культуры: смородина, малина, клубника и огородные культуры – картофеля. С учетом схемы посадки и возделываемой площади для каждой культуры назначены 5 поливочных блоков: 1- смородина; 2- земляника; 3- малина; 4- клубника; 5- огородные культуры.

Вся система включается и выключается человеком. Предлагается автоматизированная система, контроля орошения по времени и погодным условиям.

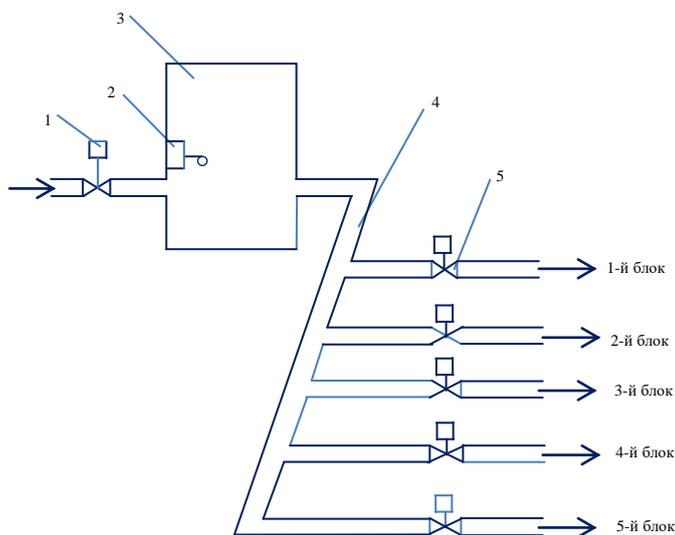


Рисунок 1 - Технологическая схема капельного орошения (1 – электромагнитный клапан магистральный; 2 – поплавковый клапан; 3 – наливной бак; 4 – трубопровод; 5 – электромагнитные клапана блочные).

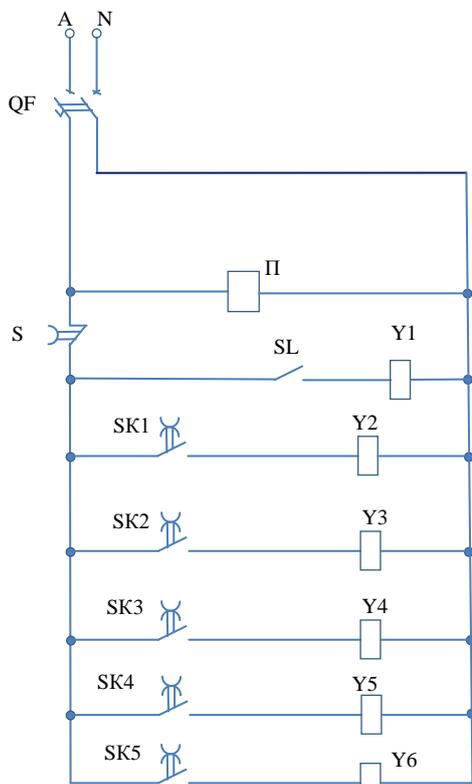


Рисунок 2 - Электрическая схема управления капельного орошения

При помощи автоматического выключателя (QF) подается питание 220 В на схему управления. На пульту управления (ПУ, марка E-PL800) выбираются режимы и время орошения по блочно. Проводная метеостанция для полива (SM, марка ET) на основе величины суммарного испарения, тоже контролирует управление. Если влажность большая контакт SM разомкнут, полив прекращен, если влажность маленькая контакт замкнут полив осуществляется. Уровень воды в баке контролируется поплавковым клапаном (SL) и магистральным электромагнитным клапаном (Y1). Согласно программе и нужному времени замыкаются контакты (SK 1-5) и подается напряжение на электромагнитные клапаны (Y 1-5). Клапаны открываются и подают воду в оросительные каналы блоков 1-5. Когда время вышло, электромагнитные клапаны закрываются и орошение прекращается. Процесс повторяется согласно программе установленной пультом управления.

Автоматизация системы капельного орошения позволит уменьшить расход воды, в связи с тем, что полив будет, осуществляется согласно влажности воздуха и земли, а так же исключит человеческий фактор управления.

Литература

1. Система капельного орошения на землях Брянского аграрного университета / Н.М. Белоус, В.Е. Торилов, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Е.В. Байдакова // Вестник Брянской ГСХА. 2017. № 4 (62).
2. Особенности системы капельного орошения при возделывании ягодных культур / Н.М. Белоус, В.Е. Торилов, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Е.В. Байдакова, Я.А. Аксёнов // Агроконсультант. 2017. № 4. С. 15-22.
3. Бородин И.Ф., Недилько Н.М. Автоматизация технологических процессов. М.: Агропромиздат, 1986. 368 с.
4. Бычкова Т.В., Гурьянов Г.В., Безик Д.А. К вопросу расчета удаленной электропроводности почвы в модели сплошной однородной слабопроводящей среды // Вестник Брянской ГСХА 2017. № 4 (62).
5. Мелиоративная история Брянщины. Люди и дела / В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Е.В. Байдакова, Б.Д. Муравьев, М.Ф. Ковалев, П.И. Евсеев. Брянск, 2018.
6. Повышение эффективности оросительных систем Брянской области с использованием современных технических средств орошения / Е.В. Байдакова, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Л.А. Зверева, О.Н. Демина, Н.В. Каничева, В.Н. Кровопускова // Отчет по хоздоговорной НИР кафедры № 44а ГЗ от 25.06.2017.

УДК 631.6 (470.333)

ОБ СУБСИДИРОВАНИИ И РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ «МЕЛИОРАЦИЯ» НА ТЕРРИТОРИИ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

*About the subsidies and the implementation of the programme
"Improvement" on the territory of Bryansk region*

**А.В. Волков, к. с.-х. н., заместитель начальника отдела
растениеводства департамента сельского хозяйства Брянской области**
*A.V. Volkov, Deputy head of the Department of crop production of the Department of
agriculture of the Bryansk region*

Реферат: В настоящее время в Брянской области из 1840 тыс. га сельскохозяйственных угодий около 530 тыс. га требуют проведения мелиоративных мероприятий для вовлечения их в интенсивный сельскохозяйственный оборот посредством строительства новых и реконструкции действующих оросительных и осушительных систем, проведению культуртехнических работ по удалению древесно-кустарниковой растительности, камней, планировке микрорельефа поверхности почвы, а также проведению химических мелиораций (известкованию, внесению минеральных удобрений).

Summary: Currently, in the Bryansk region from 1840 thousand hectares of agricultural land about 530 thousand hectares require reclamation activities to involve them in intensive agricultural turnover through the construction of new and reconstruction of existing irrigation and drainage systems, carrying out cultural works to remove trees and shrubs, stones, planning of the microrelief of the soil surface, as well as chemical reclamation (liming, application of mineral fertilizers).

Поддержка сельхозтоваропроизводителей

Как отмечает заместитель начальника отдела растениеводства департамента сельского хозяйства Брянской области Андрей Волков, мелиорация земель одно из важнейших средств повышения культуры земледелия и увеличения объёмов производства и рентабельности сельского хозяйства в России.

Мощная государственная поддержка сельхозтоваропроизводителей при этом осуществляется с помощью государственной программы «Развитие сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия.

Брянской области» (2017 - 2020 годы), утверждённой постановлением Правительства Брянской области от 26.12.2016 № 729-п.

В рамках этой госпрограммы в Брянской области успешно реализуется подпрограмма «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения Брянской области» (2017 - 2020 годы).

Субсидии из средств областного бюджета, включая целевые межбюджетные трансферты из федерального бюджета, предоставляются на возмещение части фактически осуществлённых затрат по двум направлениям:

1. Гидромелиоративные мероприятия (строительство, реконструкция и техническое перевооружение оросительных и осушительных систем общего и индивидуального пользования и отдельно расположенных гидротехнических сооружений, принадлежащих на праве собственности (аренды) сельскохозяйственным товаропроизводителям, приобретение машин, установок, дождеваль-ных и поливальных аппаратов, насосных станций, включенных в сводный сметный расчет стоимости строительства, реконструкции, технического перевооружения, за исключением затрат, связанных с проведением проектных и изыскательских работ и (или) подготовкой проектной документации в отношении указанных объектов);

2. Культуртехнические мероприятия на мелиорированных землях (расчистка мелиорируемых земель от древесной и травянистой растительности, кочек, пней и мха, а также от камней и иных предметов, рыхление, пескование, глинование, землевание, плантаж и первичная обработка почвы, внесение мелиорантов, понижающих кислотность почв).

Компенсация части затрат при выполнении вышеуказанных мероприятий может достигать 70%.

В первый этап государственной программы (2014-2017 гг.) за счет проведения гидромелиоративных и культуртехнических мероприятий было просубсидировано 114 сельхозтоваропроизводителей разных форм собственности (за исключением личных подсобных хозяйств), из них около 40% – крестьянские (фермерские) хозяйства.

В 2018 году, в рамках реализации программы, освоено 114,5 миллионов рублей, просубсидировано строительство и реконструкция оросительных систем в двух сельхозпредприятиях на общей площади 1332,5 га. Просубсидированы культуртехнические мероприятия выполненные в 35-ти сельхозпредприятиях области, где вовлечено в сельскохозяйственный оборот 7756 га мелиорированных земель.

В 2019 году на проведение гидромелиоративных и культуртехнических мероприятий в Брянской области выделено более 147 млн. рублей. Для освоения выделенных средств

необходимо провести культуртехнические мероприятия на площади не менее 12000 га сельскохозяйственных угодий, а так же провести строительство оросительной системы и (или) реконструкцию дренажной системы на площади не менее 800 га.

Одним из главных факторов в осуществлении данных мероприятий является подготовка проектно-сметной документации отражающей основные статьи затрат.

За консультацией по субсидированию данных направлений, обсуждению вариантов проведения работ, организационных вопросов и прочее, можно обращаться в «Управление «Брянскмелиоводхоз» и, конечно, в Департамент сельского хозяйства Брянской области.

Обслуживание мелиоративных систем

Директор ФГБУ «Управление «Брянскмелиоводхоз» - Махновский Сергей

Николаевич рассказал, чего удалось добиться в регионе за последние несколько лет, каковы особенности климата Брянской области и какие первоочередные мероприятия, которые необходимо проводить на полях, чтобы добиваться высоких и устойчивых урожаев для сельхозтоваропроизводителей области.

Брянская область находится в зоне достаточного увлажнения со средним количеством осадков, выпадающих за год около 670 мм, но в отдельные годы с повторяемостью один раз в 4-5 лет наблюдаются засухи и требуется проведение орошения, в избыточные по влажности годы требуется водоотведение, чтобы не допустить повторного заболачивания сельскохозяйственных угодий.

- Каковы масштабы работ по улучшению сельскохозяйственных земель?

- По состоянию на 01.01.2018 года в Брянской области 8,54 тыс. гектаров орошаемых земель и 233 мелиоративных внутрихозяйственных осушительных систем (построены с 1950 по 1992 годы) с обслуживаемой площадью 108,2 тыс. гектаров. Из них, по результатам ежегодного мелиоративного обследования ФГБУ «Управление «Брянскмелиоводхоз», находятся в неудовлетворительном состоянии 28,6 тыс. га (26,4%), в удовлетворительном 47,4 тыс. га (43,8%). На этих мелиорированных сельскохозяйственных угодьях необходимо проведение комплекса работ по реконструкции, мелиоративному улучшению, известкованию, комплексному окультуриванию и проведению культуртехнических работ.

В 2018 году полив сельскохозяйственных культур производился на площади более 3 тысяч гектаров.

ФГБУ «Управление «Брянскмелиоводхоз» выполняет множество задач по проведению мелиоративных работ на своей территории, справиться с которыми помогает тесное сотрудничество с правительством Брянской области и агропромышленными предприятиями региона.

- Много ли удалось сделать за последние годы.

- Благодаря мероприятиям целевой подпрограммы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014 - 2020 годы» в Брянской области за период 2014 - 2018 гг. были вновь вовлечены в сельскохозяйственный оборот более 85 тыс. га мелиорированных земель, из них 73,6 тыс. га за счёт проведения культуртехнических работ и 3,736 тыс. га за счёт строительства оросительных систем.

В рамках гидромелиоративных мероприятий наиболее крупные инвестиционные проекты были осуществлены в 2018 году. Так, в ООО «Фермерское хозяйство Пуцко» строительство оросительной системы с применением широкозахватных дождевальных машин импортного производства Valley, Reinke на площади 630 га со строительством пруда потребовало более 65 млн. рублей, при этом урожайность картофеля в зависимости от сорта составила 50-70 т/га. В ООО «Дружба» стоимость строительства оросительных систем на площади 696,6 га составила около 30 млн. рублей, урожайность картофеля – 50 т/га, моркови – 80 т/га.

Наряду с импортными дождевальными машинами для отдельных сельхозпредприятий с небольшими площадями орошения применяются отечественные дождевальные установки ДДН 70ВН, КИ-5, КИ-10.

Культуртехнические мероприятия в период 2014 - 2018 годов в Брянской

области осуществили более 100 крестьянско-фермерских хозяйств и сельскохозяйственных предприятий. Наиболее крупные инвестиционные проекты были осуществлены в ООО «Брянская мясная компания» общей площадью более 27 тыс. га, ООО «Агропромышленный холдинг «Добронравов-Агро» общей площадью более 3,6 тыс. га и ООО «Дружба» на общей площади около 2,4 тыс. га. В рамках противопаводковых мероприятий выполнена расчистка от наносов и зарастания древесно-кустарниковой растительностью и мелколесьем каналов федеральной собственности протяженностью 29,9 километров, что позволило защитить от подтопления земли сельскохозяйственного назначения на площади более 2000 тысяч гектаров.

Также завершена реконструкция мелиоративной системы в пойме реки Маковье в Климовском районе площадью 2215 гектаров.

- Планируется ли продолжать работу по мелиорации земель в следующем году.

- За последние пять лет мы наблюдаем в регионе положительную динамику, в том числе за счет расширения внутривладельческих мелиоративных систем и возврата в севооборот ранее мелиорированных земель и, как следствие, высоких устойчивых урожаев возделываемых культур.

Поэтому работу продолжим и в 2019 году. Совместно с департаментом сельского хозяйства Брянской области мы планируем строить новые оросительные системы и реконструировать осушительные системы, проводить культуртехнические мелиоративные мероприятия.

Кроме того будут увеличены объемы очистки магистральных каналов, чтобы не допустить повторного заболачивания внутривладельческих мелиоративных систем.

Научный подход в повышении эффективности мелиоративных работ

По вопросам развития мелиорации земель в Брянской области регулярно проходят семинары, рабочие совещания и научно-практические конференции на которых освещают насущные проблемы отрасли, результаты работы развития мелиорации в регионе и пути дальнейшего развития.

19 декабря в Брянском государственном аграрном университете (с. Кокино, Выгоничский район) состоялась научно-практическая конференция на тему «Повышение эффективности проведения культуртехнических и мелиоративных работ и вовлечение в сельскохозяйственный оборот неиспользованных земель». Особый интерес вызвали выступления ведущих специалистов. Директор ФГБУ «Управление «Брянскмелиоводхоз» Сергей Махновский рассказал о внедрении актуальных вариантов проведения культуртехнических и мелиоративных мероприятий. В выступлении директора ФГБУ «Брянскагрохимрадиология» Петра Прудникова акцентировалось внимание на важности внесения агроメリорантов для повышения плодородия земельных угодий и соответственно урожайности сельскохозяйственных культур. Доктор технических наук, профессор Брянского государственного аграрного университета Валерий Василенков выступил с докладом об организации системы регулирования почвенной влаги и подбору

поливных машин. Повышенное внимание привлекла выставочная экспозиция ЗАО «Новый век агротехнологий», посвященная опыту применения систем капельного орошения в открытом грунте. По итогам конференции подготовлены рекомендации по различным вариантам проведения культуртехнических и мелиоративных работ, актуальных для текущих условий в нашем регионе.

Правительство Брянской области уделяет особое внимание развитию мелиорации в регионе. За счет государственной поддержки в рамках федеральной программы «Развитие сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия Брянской области» многие сельхозтоваропроизводители получают помощь для ведения сельскохозяйственного производства.

Литература

1. Система капельного орошения на землях Брянского ГАУ / Н.М. Белоус, В.Е. Торилов, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Е.В. Байдакова, Я.А. Аксёнов // Вестник Брянской ГСХА. 2017. № 4. С. 16-24.

2. Байдакова Е.В. Методика экспериментальных исследований распределение радионуклидов по территории // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: материалы Международной научно-технической конференции. Брянск, 2008. С. 3-6.

3. Байдакова Е.В., Ляхова Л.А. Выбор оптимальных трудоохранных мероприятий в мелиорации // Проблемы природообустройства и экологической безопасности: материалы XVI Межвузовской научно-практической конференции. Брянск, 2003. С. 47-49.

4. Байдакова Е.В. Мероприятия, ускоряющие поверхностный, внутрипочвенный и грунтовый сток // Проблемы энергетики и природопользования. Вопросы безопасности жизнедеятельности и экологии: сборник материалов Международной научно-практической конференции / под ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2010. С. 25-28.

5. Байдакова Е.В. Рекомендации по размещению мелкотрубчатых колодцев по территории // Проблемы энергообеспечения, информатизации, безопасности и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-практической конференции / под ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2011. С. 12-14.

6. Мелиоративная история Брянщины. Люди и дела / В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Е.В. Байдакова, Б.Д. Муравьев, М.Ф. Ковалев, П.И. Евсеев. Брянск, 2018.

**САМООЧИЩЕНИЕ ВОДЫ ОТ РАДИОНУКЛИДОВ В ВОДОЕМАХ
ЗОНЫ СЛАБОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ (1- 5 КИ/КМ²)**

*Self-purification of water from radionuclides in water bodies areas of low pollution
(1 - 5 CI/km²)*

Гайдаржи Л.С., Попова В.А.

Студентки группы Е-561 ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»

Gaydarzhi L. S., Popova V. A.

Students of the group E-561 Bryansk State Agrarian University

Реферат: Целью работы являются расчеты по оценке интенсивности самоочищения воды C_S^{137} , S_r^{90} в водоемах зоны радиоактивного загрязнения с плотностью 1- 5 Ки/км². На основе этой оценки сформулированы правила принятия решений о необходимости применения реабилитационных мероприятий на водоемах Брянской области. Глубокое знание процесса самоочищения и методов управления им позволит существенно снизить материальные затраты на очистку сбросных вод, которые до настоящего времени являются дорогостоящими. Процесс освобождения воды от C_S^{137} , S_r^{90} осуществляется в результате поглощения гидробионтами, которые затем переносят радионуклид в донные отложения, сорбирования на взвешях и выпадения на дно водоемов, процесса замедления миграции их в плотной среде (органической и неорганической). Радиоактивность воды измерялась на радиометре РУБ-01П6.

Summary: *The aim of the work is to estimate the intensity of self-purification of water $CS137$, $Sr90$ in the waters of the radioactive contamination zone with a density of 1 - 5 Ki/km². . On the basis of this assessment, the rules of decision-making on the need for rehabilitation measures in the waters of the Bryansk region are formulated. In-depth knowledge of the self-purification process and its management will significantly reduce the material costs of wastewater treatment, which are still expensive. The process of water release from $CS137$, $Sr90$ is carried out as a result of absorption by hydrobionts, which then transfer the radionuclide to the bottom sediments, sorption on suspensions and deposition on the bottom of reservoirs, the process of slowing their migration in a dense environment (organic and inorganic). The radioactivity of water was measured at the radiometer RUB-01П6.*

Введение. В целом загрязнение, обусловленное аварией на ЧАЭС, с плотностью 1 Ки/км² и выше охватывает более 57 тыс. км², что составляет 1,6% площади ЕТР. На территории России наиболее интенсивному радиоактивному загрязнению подвергалась Брянская область, в которой оказалось загрязненными 22 административных района с численностью населения 484,5 тыс. человек [8,9].

Из всех пострадавших объектов природной среды водоемы и по сей день продолжают накапливать радиоактивные загрязнения, поступающие с водосборной площади во время половодий и паводков и с впадающими в эти водоемы ручьями и реками в меженный период [6,7]. В связи с этим оценка поведения радионуклидов, попавших в водоем, механизма их миграции, накопления в различных компонентах экосистем водоема является острой проблемой.

Рассматриваются открытые водоемы со слабым радиоактивным загрязнением, соответствующим зоне проживания льготным социально-экономическим статусом (1-5 Ки/км²).

Изменение концентрации радионуклида на начальном этапе сопровождается процессом интенсивных ядерных превращений и поглощением сильного радиоактивного излучения. Постепенно снижаясь, оно замедляется – наступает равновесная фаза. Далее концентрация радионуклида подвержена лишь медленным стадиям и зависит от наноудерживающей способности водоема, состава воды, температуры, рН, содержания растворенного кислорода, гидродинамических условий и др.

В качестве примера рассмотрим поток питательных веществ и растворенного C_S^{137} , S_r^{90} , поступающего в микробную клетку, который пропорционален величине клеточной поверхности.

При росте микробной клетки объем обычно, увеличивается быстрее, чем поверхность, поэтому с некоторого момента, процессы распада и рост прекращаются. Дальнейшее увеличение массы ограничивается с потоком питательных веществ через поверхность и чтобы увеличить поверхность клетка должна делиться. Деление клетки обеспечивает воспроизводство. Изменение концентрации любого растворенного компонента питательной среды и радионуклида, в конечном счете, являются результатом роста, размножения и отмирания особей растущей популяции.

Уравнение, описывающие изменение скорости роста популяции за счет растворенных в воде водоема органических веществ, выглядит следующим образом [2]:

$$\frac{dz}{dt} = \mu_1 (M_0 - Z) * Z - \mu_2 Z^2$$

где Z -концентрация микроорганизмов в момент времени t ;

μ_1 и μ_2 -константы скорости образования и отмирания микроорганизмов;

M_0 - начальная концентрацию C_S^{137} , S_r^{90} , которая потребляется или выделяется при образовании и гибели одной единицы концентрации популяции через a .

Тогда общая концентрация данного радионуклида будет равна: $C = aZ$; $C_H = aM_0$

Математическое описание процесса самоочищения воды водоемов от радиоактивного загрязнения в результате поглощения популяциями микроорганизмов и выпадения на дно водоема преобразуется следующим образом [11]:

$$\frac{dC}{dt} = \mu_1(C_H - C)C - \mu_2C^2 \quad (1)$$

где C - концентрация радионуклида в момент времени t , выделенная из воды;

μ_1 и μ_2 - константы скорости снижения концентрации радиоактивного загрязнения в воде и обратного процесса его возвращения в раствор;

C_H - начальная концентрация растворенного радионуклида в воде.

После преобразования от уравнения (1) можно перейти к уравнению [8,9]

$$\frac{dC}{dt} = \frac{\mu_1 C_H}{C_\infty} (C_\infty - C)C \quad (2)$$

где C_∞ – равновесная концентрация выведенного из воды радионуклида в стационарной фазе.

Интегрирование (2) при начальных значениях $t=0$ и $C=C_0$ получим аналитическое выражение S-образных кинетических кривых снижения концентрации радионуклида в воде водоема в результате самоочищения:

$$C = \frac{C_\infty}{1 + \frac{C_\infty - C_0}{C_0} e^{-\mu_1 C_H t}} \quad (3)$$

Для определения самоочищения по длине рек, ручьев, каналов перейдем от временных зависимостей концентраций радионуклида к пространственным заменой переменной t (время) на длину водотока L :

$$\frac{dC}{dL} = \frac{\mu_1 C_H}{C_\infty} (C_\infty - C)C$$

Измерения проводились на малых водотоках, осушительных каналах Брянской области с небольшими глубинами, шириной и скоростью, поэтому изменения концентрации цезия по глубине и ширине не учитывались.

Параметры модели определяют на основе экспериментальных данных по загрязнению водоемов [8,9]:

1. Для кривой снижения концентрации растворенного C_s^{137} ;

а) во времени: $C_0 = 21$ Бк/л;

$C_\infty = 33$ Бк/л;

$\mu_1 C_H = 0,5$ 1/год

t, ГОДЫ	0	5	10	15	20	25
C, Бк/л	21,02	31,52	32,87	32,98	32,99	33,0

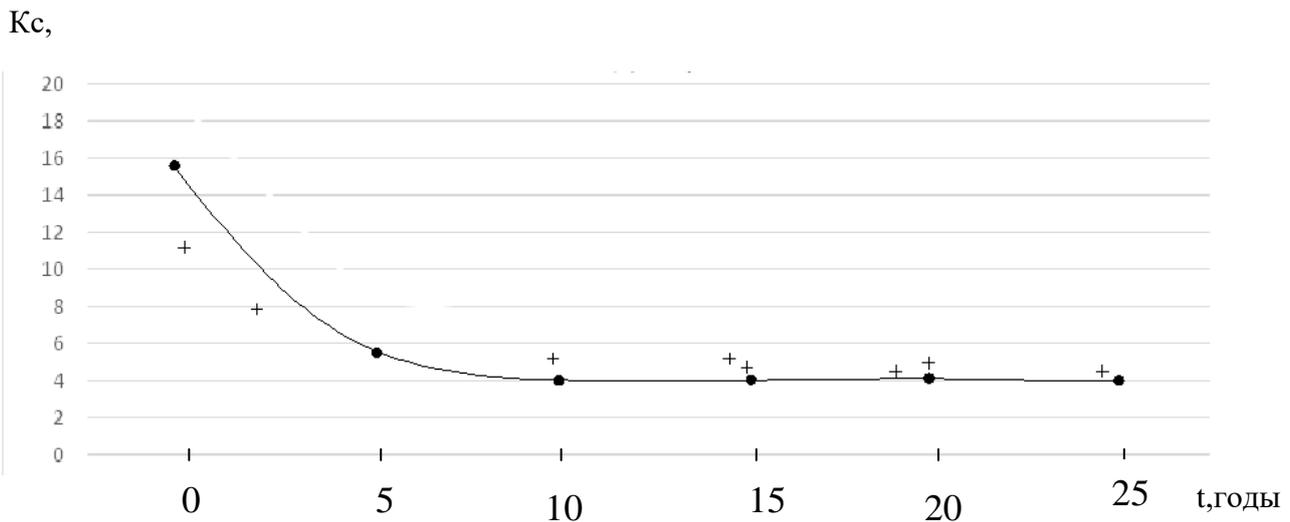


Рис. 1. Самоочищение воды от радионуклидов ^{137}Cs в открытом водоеме
 K_c – фактическая концентрация радионуклидов в воде

Ниже приведены значения фактической концентрации цезия в водоеме в начальный момент времени K_{c0} , в стационарной фазе $K_{c\infty}$ и другие показатели, характеризующие процесс самоочищения воды:

Слабое загрязнение территории цезием с плотностью 1- 5 Ки/км ² .						
K_{c0} Бк/л	$K_{c\infty}$ Бк/л	норматив загрязне- ния воды в Бк/л по НРБ-99	время достиже- ния норматива загрязнения, годы	снижение загрязнения за 22 года, Бк/л	снижение загрязнения за 5 лет	средние темпы са- моочище- ния, Бк/л*год
26	4	11	6	22	14	1

В ходе самоочищения водоема после однократного загрязнения можно выделить три стадии по темпам переноса радионуклидов из воды в донные отложения: 1я стадия – 5 лет, 2я стадия – 5-10 лет, 3я стадия – свыше 10 лет.

На первой стадии, соответствующей моменту времени после поступления радионуклидов, происходит интенсивный переход радионуклидов из воды в донные отложения вследствие процессов сорбции. В третьей стадии процесс самоочищения стабилизируется.

При слабом загрязнении воды уже в первые пять лет концентрация цезия достигает 12 Бк/л, т.е. почти достигается норматив очищения воды.

б) в пространстве: $C_0 = 30 \text{ Бк/л};$
 $C_{\infty} = 36 \text{ Бк/л};$
 $\mu_1 C_H = 0,005 \text{ 1/м}$

L, м	0	200	400	600	800	1000
C, Бк/л	30,0	33,53	35,05	35,64	35,86	35,95

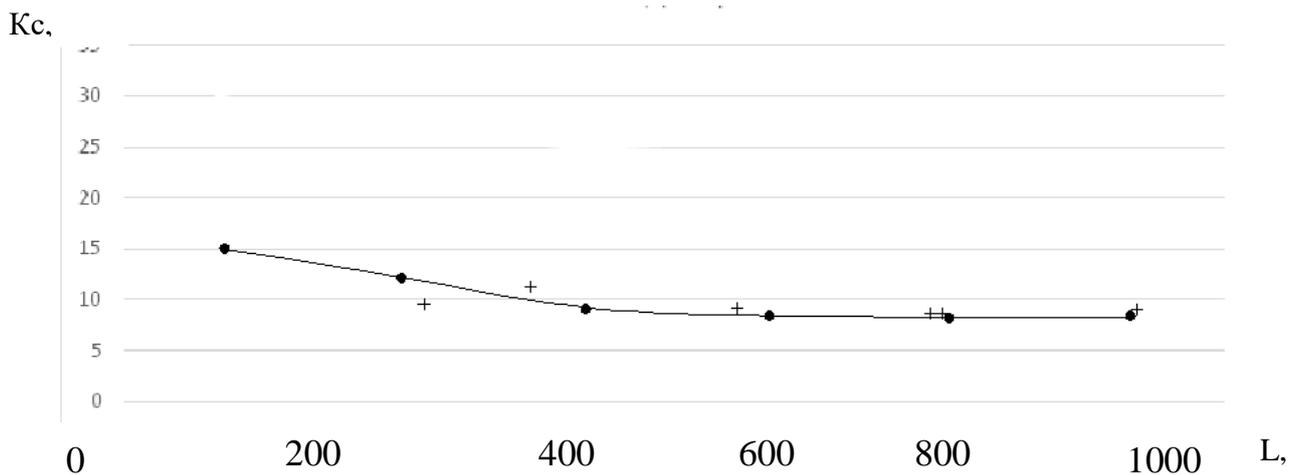


Рис. 2. Очищение воды от радионуклидов по длине ручья
 K_c – фактическая концентрация радионуклидов в воде

Ниже приведены значения фактической концентрации цезия в створе поступления загрязненной воды в водоток K_{c0} в стационарной фазе – в 1000 м ниже по течению $K_{c\infty}$ и другие показатели, характеризующие процесс самоочищения воды по длине водотоков:

Слабое загрязнение территории цезием с плотностью 1- 5Ки/км ²					
K_{c0} Бк/л	$K_{c\infty}$ Бк/л	норматив загрязнения воды в Бк/л по НРБ-99	снижение на длине 1 км в Бк/л	длина водотока, на которой достигается норматив, (м)	длина, на которой концентрация снижается на 90% (м)
15	10	11	5	400	300

При слабом загрязнении воды уже по длине водотока 400 м от створа поступления загрязненной воды достигается норматив очищения воды.

Используя мелиоративные осушительные каналы, малые и большие реки как источники орошения, рекомендуется место для установки насосной станции назначать ниже створа выпуска загрязненных цезием вод на 400 – 600 м.

Заключение

1. Большое значение в поведении радионуклидов в воде и их биологической доступности имеют химические свойства, определяющие их способность к адсорбции и образованию комплексных соединений. Так, чем выше заряд иона, тем крепче он поглощается микроорганизмами и образует более устойчивые соединения с ними. Чем больше масса и ионный радиус, тем эта способность выражена слабее.

2. Опыты показывают, что степень извлечения цезия из слабо загрязненной воды при самоочищении водоемов характеризуется низкими показателями - 1Бк/л. год.

3. Процесс протекает медленно и можно ожидать, что и мероприятия по снижению радиоактивного загрязнения водоемов будут малорентабельными [5,10,12,13,14].

4. Однако, ввиду низких показателей исходного уровня загрязнения воды, самоочищения до предусмотренных законом нормативов достигается за 6 лет. Даже окупаемость мероприятий инженерно-технического характера длительностью до 10 лет считается приемлемой.

Литература

1. Загрязнение цезием-137 и стронцием-90 водных объектов на территории, подвергшейся воздействию выбросов аварийного блока ЧАЭС / С.М. Вакуловский и др. // Метеорология и гидрология. 1991. № 7. С. 64-73.

2. Василенков В.Ф. Моделирование процессов стекания грунтовых вод с водосбора и методы расчетов сельскохозяйственного дренажа. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 1995. 250 с.

3. Василенков С.В. Вынос ^{137}Cs эвапотранспирационным потоком влаги // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. Саратов: Изд-во Саратовский ГАУ, 2009. № 2. С. 47-50.

4. Василенков С.В. Предотвращение вторичного загрязнения воды радионуклидом цезия в водоемах // Природообустройство. 2011. №1. С. 68-72.

5. Василенков С.В. Моделирование процесса выноса цезия -137 с продуктами водной эрозии почв // Мелиорация и водное хозяйство. 2011. № 5. С. 15-17.

6. Василенков С.В. Миграция цезия в непроточных водоемах // Вестник РУДН, серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». 2012. №3. С. 99-104.

7. Василенков С.В. Водохозяйственные реабилитационные мероприятия на радиоактивно загрязненных территориях: монография. М.: Изд-во МГУП, 2010. 289 с.

8. Василенков В.Ф., Василенков С.В., Козлов Д.В. Водохозяйственная радиология: учебное пособие. М.: Изд-во МГУП, 2009. 413 с.

9. Василенков В.Ф., Василенков С.В., Севрюк Е.В. Способ реабилитации радиоактивно-загрязненных водосборов прудов // Проблемы природообустройства и экологической безопасности: сб. матер. XVI межвуз. науч.- практ. конф. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2003. С. 13-14.

10. Василенков С.В. Самоочищение воды от радионуклидов в водоемах // Проблемы экологической безопасности и природопользования: сб. матер. Международ. научно-практич. конференции. М.: Изд-во МАЭБП, 2006. Вып. 7. С. 137-140.

11. Василенков С.В. Роль биоканалов в очистке от радиоактивного загрязнения водоемов // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сб. материалов научно-практической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2007. С. 143-156.

12. Василенков С.В. Цеолиты как средство очистки воды от радионуклидов // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: сборник научных трудов. – Рязань: Изд-во Мещерский филиал ГНУ, 2008. С. 515-518.

13. Василенков С.В. Особенности осаждения радионуклидов в отстойниках // Природообустройство. 2008. № 5. С. 25-33.

14. Василенков С.В. Выделение ¹³⁷Cs в атмосферу с транспирацией растений // Актуальные проблемы развития АПК: землеустройство, кадастры, геодезия, мониторинг и экономика: сборник статей V Международной конференции молодых ученых и специалистов, 13 декабря 2007 г. М.: Изд-во гос. университет по землеустройству, 2008. С. 25-29.

15. Проведение научных исследований по реабилитации водных объектов в сельской местности инженерными средствами в зоне радиоактивного загрязнения / В.Ф. Василенков, Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, А.А. Романенко, С.В. Василенков, Л.В. Ивченко, Е.В. Байдакова // Социальное развитие села до 2010 года: отчет по Федеральной целевой программе. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2005. 161 с.

УДК 631.615:631.6

**ОЦЕНКА И УЧЁТ ТРАНСФОРМАЦИИ ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ ПРИ
ПРОЕКТИРОВАНИИ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА
ТОРФЯНИКАХ С/Х НАЗНАЧЕНИЯ**

Assessment and consideration of transformation of the peat deposits in the design of irrigation and drainage activities on peat land with/x Destination

**А.И. Дунаев, доцент кафедры природообустройства и водопользования
Брянского ГАУ
Dunaev A.I.**

ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»
Брянск, Россия 243345 Брянская область
Bryansk State Agrarian University

Реферат: Излагается актуальность проблемы и суть разработанной новой методики по прогнозной оценке изменения торфяной залежи вследствие ее осушения и утраты торфа при длительном с/х использовании торфяников. Рассмотрены вопросы предотвращения чрезмерной сработки торфа - с целью продления периода существования мелиорируемых торфяников при их эксплуатации. Приводится главная суть, математическая основа и графическая иллюстрация разработанной методики, а также пример исполнения практических расчетов.

Summary: *The article describes the relevance of the problem and the essence of the developed new methodology for predictive assessment of changes in peat deposits due to its drainage and loss of peat during prolonged agricultural use of peatlands. The issues of prevention of excessive peat mining - in order to extend the period of existence of reclaimed peatlands during their operation. The main essence, mathematical basis and graphic illustration of the developed technique, as well as an example of practical calculations are given.*

При осушении и интенсивном с/х использовании торфяников происходит снижение поверхности болота как по причине его осушения [1], так и сработки торфа вследствие его использования в процессе эксплуатации.

Основная трансформация, т.е. деформация торфяной залежи обусловлена:

- осадкой поверхности торфяника - из-за его уплотнения вследствие осушения;

- сработкой торфа, т.е. его утратой - вследствие интенсивного и длительного и с/х использования торфяных почв.

Прогнозная оценка и учёт этих изменений являются важным проблемным и актуальным вопросом как при проектировании гидромелиоративных систем, так и при обосновании природоохранных мероприятий на мелиорируемых торфяниках.

Существующие подходы и методы оценки снижения поверхности болота имеют довольно приближенный характер и охватывают в основном начальный период осадки торфа при его осушении.

Предлагаемая новая методика оценки трансформации торфа охватывает весь период срока службы объекта мелиорации и учитывает возможность проведения мероприятий по текущей компенсации утраты торфа. Компенсация утраты торфа является особо важным с природоохранной точки зрения, т.е. продлевания периода существования мелиорируемого торфяника.

В основе данного расчётного метода предлагается разделять период эксплуатации торфяника на два характерных этапа, т.е. для оценки снижения мощности торфа продолжительность трансформации торфяника разделяется на два расчетных периода, а именно (см. рис. 1):

- начальный период осушения – это период основной осадки торфа (учитывается т.ч. сработка его в этот период, величина этого периода на практике обычно составляет: $T_1 = 3-5 \text{ лет}$);

- последующий период - это период затухающей осадки и длительной сработки торфа в процессе его эксплуатации (величина этого периода в пределах нормативного срока службы объекта " T_H " будет составлять: $T_2 = T_H - T_1, \text{ лет}$).

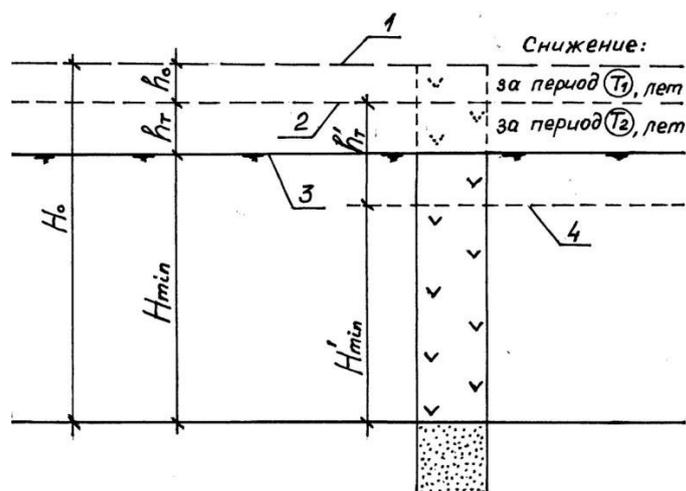


Рис. 1. Графическая иллюстрация процесса трансформации торфяной залежи

1...4 - поверхности торфяника:

1 – в начале эксплуатации (на момент изысканий); 2 – на конец периода основ-

ной осадки торфа; **3** – на конец расчетного периода (проектный допустимый уровень); **4** – фактическое расчетное положение (в случае чрезмерной сработки торфа)

Общая продолжительность расчетного периода может рассматриваться как в рамках нормативного срока службы объекта (например, для закрытых дренажных систем $T_H = 50 \text{ лет}$), так и на основе конкретных требований и условий по проектированию объекта - при регламентировании допустимой величины снижения мощности торфяной залежи: H_{min} (см. рис.1).

Интенсивность сработки торфа в данном случае оценивается по формуле:

$$\Delta h_T = \frac{h_T \cdot \gamma \cdot 10^4}{T_1 + T_2}, \text{ м/га} \cdot \text{год} \quad (1)$$

где γ - объемная плотность торфа при естественной влажности, $\frac{\text{м}}{\text{м}^3}$;

h_T - величина сработки торфяной залежи, м.

При известной (проектной) величине остаточного слоя торфа (H_{min}) допустимая величина его сработки за период (T_2) будет равна (см. рис. 1):

$$h_T = H_0 - h_0 - H_{min}, \text{ м} \quad (2)$$

где полная величина снижения поверхности торфяника за период (T_1):

$$h_0 = \Delta h_0 \cdot T_1, \text{ м} \quad (3)$$

Аналогично определяется расчетная (фактическая) величина сработки торфа:

$$h'_T = H_0 - h_0 - H'_{min}, \text{ м} \quad (4)$$

где расчетная величина остаточного слоя торфяной залежи (H'_{min}) определяется в обратном порядке из формул по оценке периода сработки торфяной залежи при: $T_C = T_2$, $H_{min} = H'_{min}$. Например, из формулы А.И. Мурашко и А.С. Бут-Гусаима [2]:

$$T_C = \frac{\ln\left(1 + \frac{H_0 - H_{min}}{A \cdot H_0}\right) + a \cdot (z + c)}{b \cdot (z + c)}, \text{ лет} \quad (5)$$

где A , a (м^{-1}), b ($\text{м}^{-1}/\text{год}$) – соотв. скоростные коэффициенты осадки торфа; H_{min} – допустимая величина остаточного слоя торфа, м; c - среднее превышение депрессионной кривой над уровнем дна осушительной сети, м; z – норма осушения (в зависимости от с/х использования земель, м).

Вопросы оценки величины осадки поверхности торфяника вследствие осушения (Δh_0) являются достаточно изученными в настоящее время. Предло-

женные многими авторами (У.Х. Томберг, В.Ф. Митин, А.И. Мурашко, А.Д. Панадиади, Б.С. Маслов и др.) расчётные формулы охватывают довольно широкий диапазон природных условий, подтвердили свою состоятельность на практике, что указывает на достаточную приемлемость использования их в данной методике. Например, для оценки ежегодной осадки и сработки торфа в условиях Нечерноземной зоны РФ широко используется известная формула Б.С. Маслова [2]:

$$\Delta h_0 = 0,08 \cdot Z \cdot \alpha^{1,4} \cdot \frac{\sqrt{H_0}}{e^{\beta \cdot T}}, \text{ м/год} \quad (6)$$

где Z – средняя глубина залегания грунтовых вод, м; H_0 – исходная мощность торфяной залежи, м; β – коэффициент, учитывающий термогумидность (α) географической зоны и продолжительность расчетного периода (T , лет).

Допустимость трансформации торфяной залежи предлагается оценивать по выполнению условия: $\Delta h_T < [\Delta h_T]$. В противном случае рекомендуется проработка мероприятий по компенсации утраты торфа на величину:

$$\Delta h_{T.K} = \Delta h_T - [\Delta h_T], \text{ м/га} \cdot \text{год} \quad (7)$$

где $\Delta h_T, [\Delta h_T]$ – соответственно расчетная и допустимая интенсивности сработки торфа, оцениваемые по формуле (1) по соотв. показателям h_T' и $h_T, \text{ м/га} \cdot \text{год}$.

Пример расчета по оценке трансформации торфяной залежи

Исходные данные:

1. Местоположение осушаемого низинного торфяника – Суземский район Брянской области, с/х использование – сенокосы, период эксплуатации объекта $T_H=40$ лет.

2. Показатели торфа: исходная мощность торфяной залежи - $H_0=3,5\text{ м}$; остаточный слой торфа на конец срока службы объекта – $H_{min}=2,9\text{ м}$.

Расчет

Расчетный период эксплуатации объекта ($T_H=40$ лет) разделяем на два характерных периода (см. рис.1):

- период основной осадки (в т.ч. сработка торфа): $T_1 = T = 5\text{ лет}$;
- период затухающей осадки и длительной сработки торфа:

$$T_2 = 40 - 5 = 35\text{ лет}$$

Величина ежегодной осадки и сработки торфа для периода его основной осадки - по формуле (6) - Б.С. Маслова будет равна:

$$\Delta h_0 = 0,08 \cdot 0,8 \cdot 0,836^{1,4} \cdot \frac{\sqrt{3,5}}{e^{0,0104 \cdot 5}} = 0,0554 \text{ м/год}$$

где соотв. коэффициенты определены по формулам [2]:

$$\beta = 0,1 + 0,02 \cdot \alpha - 0,0025 \cdot T \qquad \alpha = \frac{100 \cdot t}{P}$$

$$\beta = 0,1 + 0,02 \cdot 0,836 - 0,0025 \cdot 5 = 0,104 \qquad \alpha = \frac{100 \cdot 5,6}{670} = 0,836$$

где расчетные метеопоказатели: $t=5,6$ °С - среднегодовая температура воздуха, $P=670$ мм - среднемноголетняя годовая норма атмосферных осадков.

Полная величина снижения поверхности торфяника за период $T_1 = 5$ лет по формуле (3) составит:

$$h_0 = 0,0554 \cdot 5 = 0,277 \text{ (0,28 м)}$$

Расчетная величина сработки торфа для периода затухающей осадки будет равна - см. рис.1 и ф-лу (4):

$$h'_T = H_0 - h_0 - H'_{\min} = 3,50 - 0,28 - 2,70 = 0,52 \text{ м}$$

где величина (H'_{\min}) определена из формулы (5) - А.И. Мурашко и А.С. Бут-Гусаима - при $T_C = T_2 = 35$ лет:

$$35 = \frac{\ln\left(1 + \frac{3,5 - H'_{\min}}{0,75 \cdot 3,5}\right) + 0,07 \cdot (0,8 + 1,1)}{0,006 \cdot (0,8 + 1,1)}$$

(откуда решение этого уравнения дает результат $H'_{\min} = 2,70$ м), где расчетные проектные показатели: $H_0 = 3,5$ м, $z = 0,8$ м, $c = 0,7 + 0,4 = 1,1$ м, а параметры A , b , a - см. в описании формулы (5).

Допустимая величина сработки торфа по формуле (2) будет равна:

$$h_T = H_0 - h_0 - H_{\min} = 3,5 - 0,28 - 2,90 = 0,32 \text{ м}$$

Интенсивность сработки торфа определяем на основе формулы (1):

а) расчетная величина

$$\Delta h_T = \frac{0,52 \cdot 1,02 \cdot 10^4}{5 + 35} = 132,6 \text{ м/га} \cdot \text{год}$$

б) допустимая величина

$$[\Delta h_T] = \frac{0,32 \cdot 1,02 \cdot 10^4}{5 + 35} = 81,6 \text{ м/га} \cdot \text{год}$$

где $\gamma = 1,02 \text{ т/м}^3$ - плотность торфа при естественной влажности.

Выводы по примеру расчета:

1. Требуемое условие (7): $\Delta h_T \leq [\Delta h_T]$ - не выполняется, что указывает на чрезмерную сработку торфа и на необходимость компенсации утраты торфа.
2. Величина ежегодной компенсации торфа в процессе эксплуатации мелиоративной системы должна составлять не менее:
- 3.

$$\Delta h_{T.K} = 132,6 - 81,6 = 51 \text{ м/га} \cdot \text{год}$$

Для исследования данной проблемы и апробации расчётной методики были использованы проектно-изыскательские материалы проектного института ОАО «Брянскгипроводхоз» [3] по гидромелиоративным системам, построенным в условиях Брянской области за период, начиная с 1980 г. Мощность осушаемых торфяников выбиралась в пределах 1,5-3,0 м.

В результате выполненных исследовательских расчетов было установлено следующее:

1. Снижение поверхности болот (в т.ч. и утраты торфа) на величину 15-25% - в зависимости от исходной мощности торфа.
2. Проектировщики при проектировании соответствующих объектов оценивали эти же результаты в пределах 10-15%.

Заключение и выводы:

Анализ и сравнение полученных результатов с проектно-практическими данными показывает, что расчётные значения снижения поверхности торфяников не имеют значительного расхождения (в пределах 5-10%) с исследованными проектными материалами ОАО «Брянскгипроводхоз» [3], а также не противоречат в целом подобным материалам для условий других регионов, которые публиковались в последние годы в различных литературных источниках.

Результаты исследований позволили сделать следующие выводы:

1. Существующие в настоящее время подходы по оценке трансформации торфяников могут приводить к результату чрезмерной сработки торфа, если рассматривать данную проблему с природоохранно-экологической точки зрения (т.е. продлевания периода существования мелиорируемого торфяника).
2. При проектировании подобных объектов рекомендуется прорабатывать соотв. мероприятия по компенсации утраты торфа на период эксплуатации торфяника - в целях предотвращения чрезмерной сработки торфа.
3. Предлагаемая методика оценки трансформации торфяника может быть полезна для использования на практике – как при проектировании мелиоративных систем, так и при ландшафтно-экологическом обосновании проектов мелиорации и землеустройства на торфяниках.

Литература

1. Лундин К.П. Водные свойства торфяной залежи. Минск: Урожай, 1964. 240 с.
2. Мелиорация и водное хозяйство. Осушение: справочник / под ред. Б.С. Маслова. М: Агропромиздат, 1985. 447 с.
3. Материалы РП ОАО «Брянскгипроводхоз» по гидромелиоративным системам Брянской области.
4. Байдакова Е.В. Методика экспериментальных исследований распределение радионуклидов по территории // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: материалы Международной научно-технической конференции. Брянск, 2008. С. 3-6.
5. Байдакова Е.В., Байдаков Е.М. Использование цеолитов для очистки воды от радионуклидов // Агроконсультант. 2011. № 1. С. 29-35.
6. Байдакова Е.В., Ляхова Л.А. Выбор оптимальных трудоохранных мероприятий в мелиорации // Проблемы природообустройства и экологической безопасности: материалы XVI Межвузовской научно-практической конференции. Брянск, 2003. С. 47-49.
7. Байдакова Е.В. Мероприятия, ускоряющие поверхностный, внутрипочвенный и грунтовый сток // Проблемы энергетики и природопользования. вопросы безопасности жизнедеятельности и экологии: сборник материалов Международной научно-практической конференции / под ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2010. С. 25-28.
8. Байдакова Е.В. Рекомендации по размещению мелкотрубчатых колодцев по территории // Проблемы энергообеспечения, информатизации, безопасности и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-практической конференции / под ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2011. С. 12-14.

УДК 504.06

ФАКТОРЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ СООРУЖЕНИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Impacts of construction on the environment

Л.В. Ивченко, директор ООО «Брянскцентровод»

L.V. Ivchenko, Director of "Bryanskenergo"

Реферат: Объекты строительства всегда воздействуют на окружающую среду. Их воздействие (первичное) выражается в отчуждении земель для размещения объекта, изменении рельефа при выполнении строительных и планировочных работ, увеличении нагрузки на грунты оснований от веса различных сооружений, изменений условий поверхностного стока, воздействие на среду обитания флоры и фауны. Вторичное воздействия выражается в загрязнении атмосферного воздуха, образовании отходов при строительстве и т.д.

Summary: Construction projects always impact on the environment. Their impact (the primary) is expressed in the alienation of land for the placement of an object, the change in topography during construction and grading, increasing the load on the Foundation soils from the weight of various structures, changes in runoff conditions, the impact on the habitat of flora and fauna. Secondary effects are expressed in air pollution, waste generation during construction, etc.

Факторы воздействия на почвы.

Основная нагрузка на почвы будет оказана непосредственно в период подготовительных и строительно-монтажных работ. Воздействие строительства на почвы и земельные ресурсы связано со следующими возможными негативными факторами:

1. Механические нарушения поверхности почв под влиянием передвижных транспортных средств и земляных работ, связанных с выемкой и отсыпкой грунта, когда происходит снятие почвенного покрова и ухудшение физико-механических и биологических свойств почв. При этом выделяются следующие степени нарушенности почв:

- **средняя** – частичная срезка или перемешивание верхнего органогенного с менее плодородными нижележащими горизонтами, а также разрушение почвенных агрегатов и снижение пористости почвы;

- **сильная** – полная срезка ПСП или засыпка его неплодородным грунтом, сопровождающаяся деградацией почв.

2. Ухудшение химико-биологических свойств почвенного слоя в результате проливов и разливов горюче-смазочных материалов с используемой строительной техники, а также загрязнение различными смазочными материалами, присутствующими на механизмах;

Объект не относится к производственным предприятиям. На стадии его эксплуатации воздействие на почвообразовательные процессы оказаны не будут.

Факторы воздействия на расчленение ландшафта.

При расчете схемы вертикальной планировки территории проектные отметки назначены исходя из условий:

- максимального сохранения рельефа;

- сохранения почвенного покрова;

-отвода поверхностных вод со скоростями, исключающими возможность эрозии почв;

-минимального объема земляных работ;

-краткосрочности проведения строительных работ.

Факторы воздействия на эрозию земель.

Эрозия земель происходит вследствие концентрации водных потоков искусственными сооружениями. Проведение работ по строительству закрытого самотечного канализационного коллектора предусматривает устройство водовыпуска в берег р. Рожок, что исключает расчленение ландшафта.

Основными потенциальными факторами воздействия на эрозию земель являются:

- высокая скорость водного потока;

- наличие в месте сброса размываемых грунтов;
- большой уклон поверхности земли.

Проектные решения по устройству проектируемых сооружений позволят исключить воздействие на эрозию земель и не нарушат сложившиеся условия стока прилегающей территории в районе строительства.

Факторы воздействия на водный объект

Факторы воздействия на водный объект незначительные в связи с тем, что работы непосредственно в водном объекте не проводятся. Воздействие на водоохранную зону р. Рожок проявляется при прокладке коллектора КЗ.1 и устройстве выходного оголовка. С учетом проведения работ в сжатые сроки воздействие будет минимальным и оценивается как допустимое.

Факторы воздействия на места обитания рыб.

Непосредственное воздействие на места обитания рыб при строительстве объекта отсутствует, т.к. строительные работы непосредственно в месте обитания водных биологических ресурсов не проводятся.

Незначительное воздействие, проявляемое при прокладке коллектора в водоохранной зоне р. Рожок, в связи с кратковременностью проведения работ оценивается как допустимое.

Факторы воздействия на условия обитания диких животных и птиц.

К основным потенциальным факторам воздействия на растительный и животный мир относятся:

- отчуждение территорий, трансформация наземных и водных ландшафтов при строительстве объектов и, как следствие, изменение местообитаний животных;
- фактор беспокойства (шум и вибрация от техники) приводит к спугиванию птиц и животных с мест выведения потомства, смене традиционных мест обитания;
- гибель животных (в первую очередь мелких) при столкновениях с движущейся техникой и прочих технических процессах.

Учитывая, что район производства работ представляет собой сельскохозяйственные угодья, где нет путей миграции животных, специальных мер по защите животного мира в проекте не предусмотрено.

Следов гнездования птиц в пределах участка работ не наблюдается. Учитывая непродолжительность проведения строительного-монтажных работ по (1 месяца), фактор воздействия на животных и птиц будет минимальным.

Факторы воздействия на условия роста древесно-кустарниковой растительности.

Район производства работ представляет собой сельскохозяйственные угодья (пашня), древесно-кустарниковая растительность на объекте строительства отсутствует. Факторы воздействия на условия роста древесно-кустарниковой растительности на прилегающей территории отсутствуют.

Таким образом, при проведении строительных работ по укладке канализационного коллектора дополнительно к существующему (первичному), - воздействие на окружающую среду практически отсутствует.

Дополнительное (вторичное) воздействие на окружающую среду возникает только при производстве строительного-монтажных работ и заключается в следующем:

- в возможном загрязнении атмосферного воздуха при производстве работ, связанных с работой строительной техники, с транспортировкой строительных конструкций автотранспортом (ДВС строительной техники и автотранспорта), производстве сварочных, изоляционных работ;

- в возможном загрязнении почвы при работе строительной техники, отходами строительных и вспомогательных материалов;

- в возможном пылении грунта (растительный и минеральный грунт) при перемещении во временные кавальеры, засыпке и разравнивании.

Виды, характер и объемы воздействий на компоненты окружающей среды представлены в таблице 1.

Таблица 1

Объекты, источники и характер воздействия	Виды воздействия и их объекты		
	в период строительства	в процессе эксплуатации	в аварийных ситуациях
1	2	3	4
Приземный слой атмосферы			
Строительные работы при прокладке коллектора и строительстве пруда	Выбросы загрязняющих веществ от техники при производстве строительномонтажных, сварочных работ, от пыления грунта	Воздействия не оказываются	Воздействия не оказываются
Почвенно-растительный покров			
Строительные работы при прокладке коллектора и строительстве пруда	Нарушение почвенно-растительного покрова	Воздействия не оказываются	Воздействия не оказываются

Литература

1. Водоприемные оголовки шахтного водосброса / В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, В.Н. Кровопусков, О.Н. Демина // Проблемы энергообеспечения информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: материалы Международной научно-технической конференции. Брянск, 2012. С. 40-42.

2. Кровопускова В.Н. Анализ дефектов гидросооружений с большим сроком эксплуатации // Проблемы энергетики и природопользования: материалы научно-практической конференции. Брянск, 2007. С. 115-119.

3. Повышение эффективности оросительных систем Брянской области с использованием современных технических средств орошения / Е.В. Байдакова, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Л.А. Зверева, О.Н. Демина, Н.В. Каничева, В.Н. Кровопускова // Отчет по хоздоговорной НИР кафедры № 44а ГЗ от 25.06.2017 г.

4. Байдакова Е.В., Ляхова Л.А. Выбор оптимальных трудовых мероприятий в мелиорации // Проблемы природообустройства и экологической без-

опасности: материалы XVI Межвузовской научно-практической конференции. Брянск, 2003. С. 47-49.

5. Дунаев А.И. Влияние верхних пластов территории водосброса грунтовых вод на величину их стока // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 4 С. 24-26.

6. Кровопускова В.Н., Байдакова Е.В. Правовой режим водоохраных зон // Актуальные проблемы экологии: материалы Международной научно-практической конференции. Брянск, 2017. С. 42-46.

7. Мелиоративная история Брянщины. Люди и дела / В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Е.В. Байдакова, Б.Д. Муравьев, М.Ф. Ковалев, П.И. Евсеев. Брянск, 2018.

8. Байдакова Е.В. Рекомендации по размещению мелкотрубчатых колодцев по территории // Проблемы энергообеспечения, информатизации, безопасности и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-практической конференции / под ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2011. С. 12-14.

УДК 332:631.6

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ
КУЛЬТУРТЕХНИЧЕСКИХ И МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ
И ВОВЛЕЧЕНИЕ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ОБОРОТ
НЕИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

*Improving the efficiency of cultural and reclamation works and involvement
in agricultural turnover of unused land*

С.Н. Махновский, директор ФГБУ «Управление «Брянскмелиоводхоз»
S.N. Makhno, Director fgbu "Management "Bryanskoblغاز»

Реферат: В статье рассматриваются вопросы повышения эффективности проведения культуртехнических и мелиоративных работ и вовлечение в сельскохозяйственный оборот неиспользованных земель.

Summary: *The article deals with the issues of improving the efficiency of cultural and reclamation works and the involvement of unused land in the agricultural turnover.*

Одним из важнейших средств повышения культуры земледелия и резкого увеличения урожайности сельскохозяйственных культур является мелиорация земель.

Объемы мелиоративных работ в Брянской области резко возрастают только после майского (1966 г.) Пленума ЦК КПСС, наметившего комплексную программу мелиорации земель.

В результате, только за пятилетие (1966-1970г.г.) в области проведено осушение земель на площади 25,5 тыс. гектаров, культуртехнические работы на площади 78,5 тыс. га., простейшее улучшение малопродуктивных естественных кормовых угодий на площади 92,5 тыс. га.

Особенно быстрыми темпами стала развиваться мелиорация земель после выхода Постановления ЦК КПСС и Совмина СССР от 20.03.1974 N206 "О мерах по дальнейшему развитию сельского хозяйства Нечерноземной зоны РСФСР".

С января 1975 года существующий трест «Брянскводстрой» реорганизуется в мощное областное объединение «Брянскмелиорация», машинно-мелиоративные станции преобразуются в механизированные колонны.

Мелиоративное строительство началось вестись комплексно. Наряду с мелиорацией земель проводилось их освоение, окультуривание, внесение органических и минеральных удобрений.

В настоящее время в Брянской области из 1840 тыс. га сельскохозяйственных угодий около 530 тыс. га требуют проведения мелиоративных мероприятий.

По состоянию на 01 января 2018 года в Брянской области 8,54 тыс. гектаров орошаемых земель и 233 мелиоративных внутрихозяйственных осушительные системы (построены с 1950 по 1992 годы) с обслуживаемой площадью 108,2 тыс. гектаров. Из них, по результатам ежегодного мелиоративного обследования специалистами СФГБУ «Управление «Брянскмелиоводхоз», в неудовлетворительном состоянии находятся 28,6 тыс. га (26,4%), в удовлетворительном 47,4 тыс. га (43,8%). На этих мелиорированных сельскохозяйственных угодьях необходимо проведение комплекса работ по реконструкции, мелиоративному улучшению, известкованию, комплексному окультуриванию и проведению культуртехнических работ.

Построенные в 1974-1990 годах оросительные системы на площади 4,8 тыс. га полностью вышли из строя, дождевальное оборудование и водоподающие насосные станции утрачены.

Благодаря мероприятиям целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014 - 2020 годы» в Брянской области за период с 2014 по 2018 год были вновь вовлечены в сельскохозяйственный оборот более 85 тыс. га сельскохозяйственных земель, из них 81,2 тыс. га за счёт проведения культуртехнических работ и 4,39 тыс. га за счёт строительства оросительных систем.

В рамках гидромелиоративных мероприятий наиболее крупные инвестиционные проекты были осуществлены в 2018 году. Так, в ООО «Фермерское хозяйство Пуцко» выполнено строительство оросительных систем на площади 630 га с реконструкцией пруда в Почепском районе, а также на площади 398 га со строительством подпорного сооружения на реке Рассуха в Стародубском районе, что позволило за счет создания оптимальных водно-воздушного и питательного режимов почвы получить урожайность картофеля 50-70 т/га.

Общая стоимость строительства более 120 млн. рублей.

В ООО «Дружба» стоимость строительства оросительных систем на площади 150 га составила около 30 млн. рублей, урожайность картофеля – 50 т/га, моркови – 80 т/га.

Культуртехнические мероприятия за период 2014 - 2018 годы в Брянской области осуществили более 130 крестьянско-фермерских хозяйств и сельскохозяйственных предприятий.

Наиболее крупные объемы культуртехнических работ на площади более 30 тыс. га были проведены в ООО «Брянская мясная компания» Агрохолдинг Мироторг, в ООО «Агропромышленный холдинг «Добронравов-Агро» культуртехнические работы проведены на площади более 3,6 тыс. га, в ООО «Дружба» на общей площади 2,5 тыс. га., К(Ф)Х Глава Стародубец В.В. на площади более 2,5 тыс.га.

При интенсивном сельскохозяйственном использовании окупаемость инвестиций в мелиоративные мероприятия характеризуется следующими показателями:

- культуртехнические работы окупаемость 1-2 года (проектная стоимость в расчете на 1 гектар от 7 до 50 тыс., в зависимости от закустаренности (залесенности) участка);

- оросительная мелиорация с преимущественными культурами в севообороте картофель и овощные окупаемость 3- 4 года (проектная стоимость в расчете на 1 гектар 180-250 тыс. руб.);

- осушительная мелиорации окупаемость 2-3 год (проектная стоимость в расчете на 1 гектар 40-120 тыс. руб.).

Культуртехническая мелиорация земель

По данным мелиоративного кадастра, только на землях, обслуживаемых государственными мелиоративными системами, в России требуется проведение культуртехнических работ на площади более 700 тыс. га., в Брянской области на землях, обслуживаемых государственными мелиоративными системами, находящимися в оперативном управлении ФГБУ «Управление «Брянскмелиоводхоз» проведение культуртехнических работ требуется на площади более 35 тыс.га.

Всего потребность в проведении культуртехнических работ на землях сельскохозяйственных товаропроизводителей Брянской области различных форм собственности оценивается на уровне 450 тыс.га.

Культуртехническая мелиорация состоит в проведении комплекса мелиоративных мероприятий по коренному улучшению земель.

Этот тип мелиорации земель подразделяется на следующие виды:

- расчистка мелиорируемых земель от древесной и травянистой растительности, кочек, пней и мха;

- расчистка мелиорируемых земель от камней и иных предметов;

- рыхление, пескование, глинование, землевание, плантаж и первичная обработка почвы;

- проведение иных культуртехнических работ.

Согласно рекомендациям Всероссийско научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова предлагается следующий состав культуртехнических работ, выполняемых на осушаемых землях и землях, не нуждающихся в осушении в современных условиях:

- удаление древесно-кустарниковой растительности;

- уборка камней;

- ликвидация кочек;

- первичная обработка почвы;
- рыхление и кротование тяжелых и вторично уплотненных почв;
- внесение химмелиорантов на кислых и загипсованных почвах, а также органических и минеральных удобрений;
- планировка и выравнивание поверхности земель;
- создание культурных лугов и пастбищ.

Выделяют три основные группы земель, на которых проводятся культурно-технические работы:

- вновь осваиваемые земли, заросшие древесно-кустарниковой растительностью, засоренные крупными (в том числе валунными) средними и мелкими камнями, покрытые кочками, не используемые в сельскохозяйственном производстве;
- земли, выбывшие из сельскохозяйственного использования ввиду их зарастания кустарником и засоренности камнями и кочками (залежи, перелог);
- земли, находящиеся в сельскохозяйственной эксплуатации, но нуждающиеся в проведении определенных видов культурно-технических работ: удаление кустарника, уборка мелких камней, планировка и выравнивание поверхности (пашня, луга, пастбища, сенокосы).

Используемая техника

Корчеватель-собираатель на базе бульдозеров мощностью от 130 л.с. используется для сгребания и сплошной корчевки кустарника и мелкоколосья диаметром до 120 мм, штучной корчевки пней диаметром до 650 мм.

Борона дисковая мелиоративная БДН-2,5 - агрегируется с тракторами 5 тягового класса и выше. Предназначена для рыхления расчищенных от мелкоколосья и кустарника мелиоративных земель на глубину до 0,3 м с оборотом пласта на 110-130 градусов, засоренных древесными остатками толщиной до 10 см. Диаметр дисков 1000 мм, рабочая скорость 4,2-1,3 км/ч

Мульчер (самоходный или навесной) - предназначен для расчистки от мелкоколосья и кустарника толщиной до 40 см, Максимальная скорость вперед/назад -5км/ч, рабочая ширина до 2500 мм

Почвенная фреза - предназначена для фрезерования пней и корней толщиной до 50 см, дробления камней до 40 см. Максимальная скорость вперед/назад -2 км/ч, рабочая ширина 2500 мм, глубина обработки до 30 см

Также на практике широко используется строительная и дорожная техника: экскаваторы, фронтальные погрузчики, бульдозеры с модифицированными отвалами.

Технология проведения культурно-технических работ

Срезку древесно-кустарниковой растительности машинами с пассивными рабочими органами и сгребание срезанной древесной массы в валы и кучи следует производить, как правило, в зимний период.

В течение всего года следует производить срезку древесно-кустарниковой растительности машинами с активными рабочими органами, выборочную кор-

чевку древесной растительности и пней, погрузку и транспортировку выкорчеванных пней и древесной растительности, погрузку и транспортировку камней, уничтожение валов и куч из ранее выкорчеванной древесно-кустарниковой растительности.

Работы по корчевке кустарника, пней, погребенной древесины, первичной обработке почвы, планировке и выравниваю поверхности, удалению остатков сооружений, уборке мелких камней и древесных остатков следует выполнять в теплый период года.

- Культуртехнические работы на осушаемых землях следует проводить после предварительного их осушения.

Без предварительного осушения допускается срезка древесно-кустарниковой растительности, ее сгребание (или погрузка) в зимний период при промерзании на глубину более 15 см.

Устройство сети предварительного осушения должно быть завершено не менее чем за 30 сут. до начала культуртехнических работ.

- Перетряхивание и сгребание выкорчеванных пней и корней следует производить после их подсушки до степени, обеспечивающей отделение грунта от древесины.

- Отчистку от сучьев спиленных деревьев и подготовку их к вывозу надлежит производить на специальных разделочных площадках.

- При проведении камнеуборочных работ должны быть удалены поверхностные, полускрытые и скрытые в верхнем (30 см) слое почвы камни размером более 10 см.

- Камнеуборочные работы необходимо начинать с удаления камней, расположенных ближе к месту складирования.

- Крупные камни размером более 2 м перед уборкой следует раскалывать с помощью взрывчатых веществ, гидромолотов и электрогидравлических установок.

- Вывоз камней на самосвальных лыжах и пенах следует производить при дальности транспортировки не более 0,5 км.

- Складирование камней необходимо производить отдельно от древесины.

- При первичной обработке почвы должны быть выполнены следующие требования: сохранение плодородного слоя почвы, достаточный оборот и крошение пласта, глубокая и полная разделка древесины, травянистой растительности и мелких древесных остатков.

- Разделку пласта следует производить после первичной вспашки и поверхностного подсыхания почвы.

После разделки пласта необходимо производить прикатывание почвы катками.

- Пахотные земли должны быть продискованы и выровнены, при этом не допускается оставлять пропуски, невспаханые углы и поворотные полосы.

- Отклонение показателей культуртехнических работ от проектных не должны превышать величин, приведенных в табл. 1.

Таблица 1

Показатель	Допустимые отклонения
Глубина первичной вспашки	+ - 6 см
Полный оборот пласта при первичной вспашке	- 35
Наличие кусков дерна и грунта размером от 7 до 15 см на участке 5x5 м после дискования	Не более 5 шт.
Остатки древесины длиной от 20 до 30 см и диаметром от 4 до 7 см на участке 5x5 м	Не более 8 шт.
Остатки камней размером от 12 до 15 см на участке 10x10 м	Не более 5 шт.

- Первичную вспашку следует проверять в одной точке на 10 га пахоты. При определении древесных остатков и камней число участков необходимо принимать: 3 – на площади до 100 га; 5 – от 100 до 200 га; 6 – свыше 200 га.

- Высота среза кустарника и мелкокося не должна превышать 10 см.

Допускается большая высота среза мелкого кустарника, не препятствующего передвижению машин. Полнота срезки должна быть не менее 95%.

- Высота пня после спиливания дерева моторными пилами должна быть не более 1/3 диаметра среза. При срезании деревьев валочными машинами высота оставляемого пня должна быть не более 15 см.

- Наземная часть земляных и растительных кочек должна быть удалена полностью, а основание кочек должно быть уничтожено.

Размер фракций измельченных кочек не должен превышать 10 см. Запаханые кочки должны быть полностью закрыты слоем почвы не менее 20 см.

При ликвидации мохового очеса не допускается его разрыхление без последующего сгребания в штабели или глубокой заправки. При запахивании моховой очес должен находиться на дне борозды и быть полностью закрыт почвой.

- Не допускается складирование выкорчеванного кустарника, пней, древесных остатков и камней у открытых осушительных каналов и сооружений на осушительной сети, а также у защитных лесополос.

Основные задачи на 2019 год.

В целях эффективного использования мер государственной поддержки, предусмотренных подпрограммой Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России необходимо активизировать работу по следующим направлениям:

- включение в перечень объектов проведения культуртехнических работ сенокосов и пастбищ требующих перезалужения.

- внесение мелиорантов понижающих кислотность почв на участках проведения культуртехнических работ.

- строительство (реконструкция имеющихся) внутрихозяйственных осушительных систем.
- подготовка проектов на проведения гидромелиоративных и культуртехнических работ на будущий год в текущем году.

Литература

1. Водоприемные оголовки шахтного водосброса / В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, В.Н. Кровопусков, О.Н. Демина // Проблемы энергообеспечения информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: материалы Международной научно-технической конференции. Брянск, 2012. С. 40-42.
2. Повышение эффективности оросительных систем Брянской области с использованием современных технических средств орошения / Е.В. Байдакова, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Л.А. Зверева, О.Н. Демина, Н.В. Каничева, В.Н. Кровопускова // Отчет по хоздоговорной НИР кафедры № 44а ГЗ от 25.06.2017 г.
3. Байдакова Е.В. Методика экспериментальных исследований распределение радионуклидов по территории // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: материалы Международной научно-технической конференции. Брянск, 2008. С. 3-6.
4. Байдакова Е.В., Байдаков Е.М. Использование цеолитов для очистки воды от радионуклидов // Агроконсультант. 2011. № 1. С. 29-35.
5. Байдакова Е.В., Ляхова Л.А. Выбор оптимальных трудоохранных мероприятий в мелиорации // Проблемы природообустройства и экологической безопасности: материалы XVI Межвузовской научно-практической конференции. Брянск, 2003. С. 47-49.
6. Байдакова Е.В. Мероприятия, ускоряющие поверхностный, внутрипочвенный и грунтовый сток // Проблемы энергетики и природопользования. вопросы безопасности жизнедеятельности и экологии сборник материалов Международной научно-практической конференции / под ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2010. С. 25-28.
7. Байдакова Е.В. Рекомендации по размещению мелкотрубчатых колодцев по территории // Проблемы энергообеспечения, информатизации, безопасности и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-практической конференции / под ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2011. С. 12-14.
8. Мелиоративная история Брянщины. Люди и дела / В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Е.В. Байдакова, Б.Д. Муравьев, М.Ф. Ковалев, П.И. Евсеев. Брянск, 2018.

ВНЕСЕНИЕ АГРОМЕЛИОРАНТОВ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ УГОДИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КУЛЬТУРТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ

The introduction of agromeliorative with the purpose of increasing fertility land when conducting kulturtechnik works

Прудников П.В. доктор сельскохозяйственных наук,
директор ФГБУ «Брянскагрохимрадиология»
*Prudnikov P.V., doctor of agricultural Sciences, Director of
"Bryanskagrokhimradiologiya»*

Реферат: В статье рассматриваются вопросы внесения агромелиорантов с целью повышения плодородия земельных угодий при проведении культуртехнических работ.

Summary: *The article considers the questions of introduction of agromeliorative with the aim of improving the fertility of land when conducting kulturtechnik works.*

Эффективность известкования и фосфоритования

Среди пахотных земель области 463 тыс. га или 41 % занимают кислые почвы (рН 4,1-5,5), из них 183 тыс. гектаров – 17 процентов средне- и сильнокислые почвы, которые необходимо известковать в первую очередь. Проведение такого почвоулучшающего приема в хозяйствах практически приостановлено. В 2005 году произвестковано всего 14,5 тыс. гектаров. Подкисление почв за последние годы произошло на площади 70 тыс. гектаров. «Страж» плодородия, кальций, находится в острейшем дефиците.

Известно, что минеральные удобрения, особенно азотные подкисляют почву. Только для нейтрализации которых надо было внести в почву 35 тыс. тонн известковых материалов. Потеря кальция в пахотном слое ухудшает структуру почвы, ее физические и физико-химические свойства, резко снижается биологическая активность; почва приобретает низкую поглотительную способность, т.е. идет процесс разрушения почвенного плодородия. Нейтрализация почвенной кислотности создает условия для перехода в доступное для растений соединения питательных веществ: соединений азота, фосфора, калия, магния, молибдена, в результате чего до 36-40% увеличивается и эффективность использования растениями элементов питания из минеральных удобрений. Прибавка урожая от известкования с одного гектара в год составляет в среднем: зерна – 2 ц, картофеля – 15, сахарной свеклы – 30, овощей – 25, сена – 12 ц, при одновременном улучшении качества продукции.

На протяжении последних 25 лет ФГБУ «Брянскагрохимрадиология» проводит оперативно-аналитический контроль проведенных работ по известкованию кислых почв. Результаты показывают высокую эффективность этого агроприема.

Эффективность известкования кислых почв
по данным оперативно-аналитического контроля

Годы	Сдвиг от 1 т CaCO ₃	
	единиц pH	% от норматива
1981-1985	0,16	76
1986-1990	0,14	67
1991-1995	0,11	52
1996-2000	0,19	90
2001-2005	0,20	95

Сдвиг от внесения 1 т CaCO₃ колеблется от 52 до 95 % от норматива. В связи с уменьшением объемов известкования в последние 10 лет заметно улучшилось качество работ, и эффективность близка к нормативу.

Вследствие естественных природных процессов, происходящих в дерново-подзолистых почвах области, приводящих к ее подкислению, известкование почв должно рассматриваться как обязательное агрохимическое мероприятие и ежегодный объем должен быть как минимум 80 тыс. гектаров.

Среди мероприятий по повышению плодородия почв известкованию отводится одно из приоритетных мест. Это объясняется тем, что интенсификация земледелия и, в первую очередь, применение физиологически кислых минеральных удобрений приводит к обеднению пахотного слоя кальцием. Недостаток кальция в пахотных почвах приводит к уменьшению их плодородия и связано это с избыточной для сельскохозяйственных культур кислой реакцией среды, снижением содержания доступных форм основных элементов питания, уменьшением содержания гумуса и ухудшением его качества, снижением биологической активности и ухудшением физико-химических свойств почвы.

Среди новых факторов, воздействующих на увеличение потерь кальция из почвы и подкисления ее, значительную роль приобрели кислотные осадки, образующиеся в результате выбросов в атмосферу оксидов серы и азота промышленными предприятиями.

Яковлева М.Е. (1987) указывает, что в почвах нет механизма для закрепления кальция, так как он не входит в кристаллическую решетку глинистых минералов подобно калию и магнию. Поэтому кальций, несмотря на его, относительно высокое содержание в почве и незначительный вынос растениями, теряется из почвы в больших количествах по сравнению с другими элементами. Запасы кальция быстро иссякают, особенно при внесении минеральных, прежде всего азотных, удобрений. Создание оптимальной реакции и обогащение почвы кальцием достигается известкованием.

Снижение объемов известкования влечет за собой увеличение кислых почв. А с увеличением кислотности резко снижается эффективность и тех мизерных объемов вносимых минеральных удобрений, активизируется процесс, вымывания из почвы гумусовых веществ, азота, останавливается процесс минерализации почвенного органического вещества.

В области для известкования кислых почв широко применяются местные известковые материалы (мел, мергель, сапропель, промышленная известняковая мука, изготавливаемая ЗАО «Клинцовский силикатный завод»).

В целях изучения различных видов и способов эффективного их применения в условиях Брянской области ФГУ «Брянскагрохимрадиология» проводит научно-исследовательские работы, направленные на изучение действия местных агроруд как минерального сырья для производства удобрений.

Результаты проводимые исследований (1999-2007 гг.) с местными агрорадами (мел, мергель, сапропель, промышленная известняковая мука, сапропель, торфотуф) позволили:

- установить целесообразность применения местных агроруд в качестве известковых материалов;
- определить их последствие и эффективность на снижение почвенной кислотности;
- установить эффективность различных видов местных удобрений на снижение поступления радионуклидов из почвы в продукцию растениеводства;
- определить действие удобрений на повышение почвенного плодородия и урожайности;
- разработать технологию заготовки и применения известковых удобрений по каждому добываемому карьере.

Таблица 2

Эффективность применения различных видов известковых материалов при известковании кислых почв в условиях Брянской области 1999-2005 гг.

Вариант	рН солевой вытяжки								1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.							
	до закладки	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	Урожайность с/х культур, ц/га													
									оз. рожь	прибавка	оз. пшеница	прибавка	овес	прибавка	ячмень	прибавка	однол. травы	прибавка	оз. рожь	прибавка	мн. травы на з/массу	прибавка
Агроколледж № 1 Трубчевского района																						
Контроль (без удобрений)	4,8	4,9	4,8	5,0	5,2	5,1	5,2	5,0	19,0	-	5,5	-	6,2	-	14,2	-	11,6	-	17,8	-	14,0	-
Мергель – 6,0 т/га СаСО ₃	5,0	5,3	5,5	5,5	5,5	5,7	5,6	6,1	22,3	3,3	10,8	5,3	16,5	10,3	23,0	8,8	14,3	27	22,7	4,9	18,0	4,0
Известняковая мука – 6,0 т/га СаСО ₃	5,1	5,5	5,9	5,7	5,7	5,6	5,8	5,9	23,1	4,1	15,8	10,3	12,2	6,0	29,5	15,3	13,1	15	23,3	5,5	21,0	7,0
Торфотуф – 6,0 т/га СаСО ₃	4,9	5,5	5,9	5,8	5,9	5,8	5,5	6,1	22,5	3,5	18,5	13	14,6	8,4	24,5	10,3	12,2	6	23,7	5,9	20,0	6,0
Колхоз «Ленинский путь» Стародубского района																						
Вариант	до закладки	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	оз. рожь	прибавка	горохоовсяная смесь	прибавка	картофель	прибавка	картофель	прибавка	картофель	прибавка	ячмень	прибавка	картофель	прибавка
Контроль (без удобрений)	5,5	5,4	5,4	5,3	5,2	5,3	5,1	5,1	15,5	-	98	-	146	-	164	-	177	-	23,8	-	21,0	-
Сапропель – 5,5 т/га СаСО ₃ (карьер «Ленинский путь»)	5,3	5,5	5,7	5,4	5,4	5,6	5,6	5,4	18,4	2,9	195	97	214	68	194	27	205	28	30,5	6,7	23,5	2,5
Известняковая мука – 5,5 т/га СаСО ₃ (Клинцовский силикатный завод)	5,0	5,6	5,6	5,4	5,4	6,0	5,6	5,4	17,8	2,3	191	93	213	67	190	26	196	19	33,3	9,5	25,0	4,0

СПК «Комаричский» Комаричского района

Содержание варианта	рН солевой вытяжки					2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	урожайность с/х культур, ц/га				
	до закладки	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	ячмень	прибавка	оз. пшеница	прибавка					
Контроль (без удобрений)	4,9	5,0	5,1	5,0	5,0	23,7	-	20,4	-	14,0	-	12,2	-	
Известь – 6 т/га CaCO ₃	4,9	5,4	5,8	5,8	5,8	27,5	3,8	25,0	4,6	14,3	0,3	12,8	0,6	
Мел – 6 т/га CaCO ₃	4,8	5,5	5,9	5,8	5,8	31,0	7,3	25,6	5,2	19,4	5,4	14,7	2,5	
Известняковая мука – 6 т/га CaCO ₃	4,7	5,6	5,9	5,9	5,9	30,2	6,5	27,3	6,9	16,5	2,5	14,6	2,4	

Из таблицы 2 следует, что при внесении в дозе 5,5-6 т/га CaCO₃ все известковые материалы обеспечивали снижение реакции почвенной среды (рН) до близкой к нейтральной или нейтральной. По эффективности местные известковые материалы (мел, мергель, торфотуф, сапропель) не уступают промышленной известняковой муке.

Результат исследований, приведенные в таблице 2, позволяют составить представление о том, в какой степени различные известковые материалы изменяют степень кислотности и обуславливают эффективность прямого действия и последствие известняковой муки, мела, мергеля, сапропеля, торфотуфа в условиях стационарных полевых опытах на различных типах почв под различными сельскохозяйственными культурами в условиях Брянской области.

Наибольший сдвиг рН произошел в вариантах с известняковой мукой Клиновского силикатного завода в опыте СПК «Комаричский» Комаричского района, где сдвиг от 1 тонны CaCO₃ составил 1,2 единицы, прямое действие известняковой муки на серых лесных почвах обеспечило прибавку ячменя 6,5 ц/га, последствие на 2-й год обеспечило прибавку озимой ржи 6,9 ц/га, на 3-й и 4-й год последствие яровой пшеницы и ячменя 2,5 и 2,4 ц/га соответственно.

Мел Степновского карьера и известь Лопандинского сахарного завода обеспечили сдвиг от 1 тонны CaCO₃ 1,0; 0,9 единицы, прибавка ячменя от прямого действия мела составила 7,3 ц/га, последствие мела обеспечило прибавку озимой пшеницы 5,2 ц/га, яровой пшеницы – 5,4 и ячменя – 2,5 ц/га.

На стационарном полевом опыте колхоза «Ленинский путь» Стародубского района известняковая мука Клиновского силикатного завода обеспечила сдвиг рН на серых лесных почвах от 1 тонны CaCO₃ – 0,6-1,0 единицы, действие сапропеля обеспечило сдвиг рН от 1 тонны CaCO₃ – 0,3-0,4 единицы, прямое действие известковых материалов обеспечило прибавку ячменя 2,9; 2,3 ц/га, последствие на картофеле по годам составило прибавку от 19 до 68 ц/га, горохоовсяной смеси 67; 68 ц/га и ячменя – 9,5; 6,7 ц/га.

Самая высокая прибавка урожайности от последствие известковых удобрений получена на стационарном опыте Аграрного колледжа Трубчевского района, где применяли местный торфотуф и известняковую муку Клиновского силикатного завода.

Последствие торфотуфа обеспечило прибавку озимой пшеницы 13,0 ц/га, ячменя – 10,3, овса – 8,4 ц/га, применение известняковой муки обеспечило прибавку ячменя 15,3 ц/га, озимой пшеницы – 10,3, озимой ржи 4,1 и 5,5 ц/га.

Высокую прибавку урожая получили от применения мергеля добываемого в СПК им. Ворошилова Трубчевского района, где последствие на серых лесных почвах обеспечило прибавку урожая на овсе 10,3 ц/га и ячмене – 8,8 ц/га.

Сдвиг рН от применение 1 тонны CaCO_3 на сильно кислых почвах от применения торфотуфа составил 0,6-1,2 единиц, от применения мергеля – 0,4-1,1 единиц и от применения известняковой муки – 0,4-0,8 единиц.

Расчеты экономической эффективности применения местных агроруд показывают, что условно чистый доход на 1 рубль затрат от прямого действия в первый год по различным опытам составил от 1,95 до 3,17 рубля, а последствие удобрений обеспечивает условно чистый доход на 1 рубль затрат от 9,75 до 15,85 рубля за пять лет.

Наряду с проведением известкования большое внимание в условиях области следует уделять фосфоритованию почв. Почв с низким содержанием фосфора в области насчитывается 156 тыс. гектаров (17 %), как правило, это еще и кислые почвы. Однако, такому агрохимическому приему, как фосфоритование в области в настоящее время не придается должного значения. В 2005 году фосфоритование проведено на 6,4 тыс. гектарах в 18 районах области.

Несмотря на высокий и устойчивый показатель средневзвешенного содержания подвижного фосфора в почве в последние годы из-за снижения объемов внесения фосфорных удобрений и фосфоритования, наметилась тенденция снижения этого показателя. Уже в 2005 году в почвах 275 хозяйств области установлено увеличение почв с пониженным содержанием фосфора на площади 44,5 тыс. га. Особенно высокий отрицательный баланс содержания фосфора произошел в Брасовском районе – 41 кг и Комаричском- 20 кг на гектаре.

Если в 1996 году было профосфоритовано 35 тыс. гектаров, то в 2005 году в 5,5 раза меньше, а других фосфорсодержащих удобрений внесено только 17 процентов от потребности. В то время как фосфоритная мука на наших кислых почвах является основным дополнительным источником пополнения фосфора в почве. Внесение ее в дозе 1-1,2 т/га обеспечивает фосфорное питание сельскохозяйственных культур в течение всей ротации севооборота и повышает содержание фосфора в почве на 2,5-3 мг/100 г почвы.

Для поддержания бездефицитного баланса в почве фосфора необходимо ежегодно фосфоритовать не менее 90 тыс. гектаров.

Почвы Брянской области имеют средневзвешенное содержание бора – 0,58 мг/кг почвы, дерново-подзолистые почвы – 0,38 мг/кг. В отдельные годы сельскохозяйственные культуры ощущают недостаток в борном питании, особенно, сахарная свекла, люпин, лен, конопля, семенники бобовых трав. Содержание фосфора и бора в почвах области колеблется даже в пределах одного и того же типа почвы. Поэтому высокую агрохимическую эффективность от удобрения получают на полях, в почве которых содержится небольшое количество подвижных форм фосфора и бора. Их действие особенно проявляется на фоне длительного применения высоких доз минеральных удобрений.

Внесение фосфоритной муки с добавлением борных микроудобрений оказало более эффективное действие, чем двойной суперфосфат, как на прямое действие, так и последствие в смеси с борными удобрениями (табл. верхняя). Лучший показатель урожайности озимой ржи был получен на варианте Рф(19%)₃₆₀+бор, где прибавка от контроля составила 9,1 ц/га. Люпин, выращенный в вариантах с фосфоритной мукой, также показал более высокую прибавку урожая, чем от внесения суперфосфата. Результаты полевых опытов подтверждают, что фосфоритная мука более эффективно действует на сильнокислых почвах, чем суперфосфат, а люпин способен переводить труднорастворимые трехзамещенные фосфаты в доступные растениям формы. Наибольшая прибавка зерна люпина получена в вариантах с фосфоритной мукой в смеси с борными удобрениями, где она оставила 7,8 и 8,3 центнеров с гектара. Последствие фосфоритной муки под многолетние травы сформировало наибольшую прибавку урожая в вариантах Рф(16%)₃₆₀+бор, где она составила 7 ц/га, а Рф(19%)₃₆₀+бор – 6,3 ц/га.

Применение фосфоритной муки и борофоса позволило увеличить продуктивность гектара на 6,8-8,4 центнеров зерновых единиц, что в 1,4-1,5 раза выше, чем на контроле (табл. 4).

Расчет экономической эффективности показал (табл. 5), что наиболее эффективным был борофос, приготовленный на основе Рф(16%)₃₆₀+бор 0,35% и Рф(19%)₃₆₀+бор 0,35%, где условно чистый доход составил более 3 рублей на 1 рубль затрат. Высокую окупаемость показала также фосфоритная мука.

Гораздо меньший условно чистый доход получен от применения суперфосфата и борофоса, приготовленного на его основе – 0,96 и 0,40 рубля на 1 рубль затрат.

Применение фосфоритной муки и борофоса, оказалось рентабельнее суперфосфата в 3,3-7,3 раза в звене зернового севооборота.

Таблица 3

Влияние различных форм борофоса на урожайность с.-х. культур, ц/га

Вариант	Озимая рожь, прямое действие		Люпин, 1-й год последствия		Многолетние травы (сено), 2-й год последствия		Средняя продуктивность севооборота	
	урожай жай-ность	прибавка	урожай жай-ность	прибавка	урожай жай-ность	прибавка	урожай жай-ность, з. е.	прибавка, з. е.
НК - фон	18,4	-	12,5	-	25,9	-	17,1	-
Фон+Рс ₃₆₀	23,3	4,9	17,5	5,0	27,5	1,6	21,6	4,5
Фон+Рс ₃₆₀ +бор	24,6	6,2	18,1	5,6	29,7	3,8	22,7	5,6
Фон+Рф(16%) ₃₆₀	26,1	7,7	19,2	6,7	30,2	4,3	23,9	6,8
Фон+Рф916%) ₃₆₀ +бор	27,2	8,8	20,8	8,3	32,9	7,0	25,5	7,4
Фон+Рф(19%) ₃₆₀	26,9	8,5	19,4	6,9	31,1	5,2	24,4	7,3
Фон+Рф(19%) ₃₆₀ +бор	27,5	9,1	20,3	7,8	32,2	6,3	25,3	8,2
НСР ₀₅ , ц/га	2,3		1,8		2,8			

Таблица 4

Эффективность применения фосфорсодержащих удобрений в звене севооборота в среднем за 2001-2003 годы

Варианты	Доза удобрений	Доля участия удобрений в урожае, %	Продуктивность, ц/га з.ед.		Оплата 1 кг NPK, з.е. фактически *	Оплата 1 кг NPK, з.е. норматив	Окупаемость урожая, %
			всего	в т.ч. за счет удобрений			
Фон N ₆₀ K ₆₀	120	23,2	17,1	3,9	3,2	5,3	60
Фон+Pc ₃₆₀	480	20,8	21,6	4,5	2,7	4,5	60
Фон+Pc ₃₆₀ +бор	486	24,7	22,7	5,6	3,3	4,5	73
Фон+Pф(16%) ₃₆₀	480	28,4	23,9	6,8	4,2	4,5	93
Фон+Pф(16%) ₃₆₀ +бор	486	32,9	25,5	8,4	5,1	4,5	113
Фон+Pф(19%) ₃₆₀	480	29,9	24,4	7,3	4,5	4,5	100
Фон+Pф(19%) ₃₆₀ +бор	486	32,4	25,3	8,2	5,1	4,5	113

*оплата 1 кг NPK з.е. фактическая рассчитана с учетом последствия фосфорсодержащих удобрений и борофоса

Таблица 5

Экономическая эффективность применения борофоса и фосфорсодержащих удобрений в севообороте

Варианты	Общая стоимость удобрений, руб.	Транспортировка, руб.	Заплаты на применение, руб.	Заплаты на уборку дополнительной продукции, руб.	Всего затрат, руб.	Урожайность, ц/га з. ед.	Прибавка урожая к фону, ц/га	Стоимость прибавки, руб.	Условно чистый доход	
									на 1 га	на 1 руб. затрат
Фон+Pc ₃₆₀	1352	140	1808	1077	2885	21,6	4,5	4050	1165	0,40
Фон+Pc ₃₆₀ +бор	1372	140	1828	750	2578	22,7	5,6	5040	2462	0,96
Фон+Pф(16%) ₃₆₀	240	85	641	912	1553	23,9	6,8	6120	4567	2,94
Фон+Pф(16%) ₃₆₀ +бор	260	85	661	1128	1789	25,5	8,4	7560	5771	3,22
Фон+Pф(19%) ₃₆₀	240	85	641	981	1622	24,4	7,3	6570	4948	3,05
Фон+Pф(19%) ₃₆₀ +бор	260	85	661	1101	1762	25,3	8,2	7380	5618	3,19

Примечание: Затраты на применение минеральных удобрений рассчитывались по ценам 2000 года.

Литература

1. Устройств определения тормозящего пути транспортного средства: пат. 2534689 Рос. Федерация / Белова Т.И., Гаврищук В.И., Сухов С.С., Филиппов А.А., Агашков Е.М., Кончиц С.В., Кровопускова В.Н. заявл. 05.12.2012.
2. Мелиоративная история Брянщины. Люди и дела / В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Е.В. Байдакова, Б.Д. Муравьев, М.Ф. Ковалев, П.И. Евсеев. Брянск, 2018.
3. Система капельного орошения на землях Брянского аграрного университета / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Е.В. Байдакова // Вестник Брянской ГСХА. 2017. № 4 (62).
4. Особенности системы капельного орошения при возделывании ягодных культур / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Е.В. Байдакова, Я.А. Аксёнов // Агроконсультант. 2017. № 4. С. 15-22.
5. Байдакова Е.В. Мероприятия, ускоряющие поверхностный, внутрипочвенный и грунтовый сток // Проблемы энергетики и природопользования. вопросы безопасности жизнедеятельности и экологии: сборник материалов Международной научно-практической конференции / под ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2010. С. 25-28.
6. Дунаев А.И. Влияние верхних пластов территории водосброса грунтовых вод на величину их стока // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 4 С. 24-26.

УДК 628.16:539.16

САМООЧИЩЕНИЕ ВОДЫ ОТ РАДИОНУКЛИДОВ В ВОДОЕМАХ ЗОНЫ СРЕДНЕГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ (5- 15 Ки/км²)

Self-purification of water from radionuclides in water bodies medium pollution zones (5 - 15 Ci/km²)

Франжева В. студентка 4-го курса гр. Е-561
Franjeva V. student of the 4th course gr. E-561

Реферат: Целью работы являются расчеты по оценке интенсивности самоочищения воды C_s^{137} , S_r^{90} в водоемах зоны радиоактивного загрязнения с плотностью 5- 15 Ки/км². На основе этой оценки сформулированы правила принятия решений о необходимости применения реабилитационных мероприятий на водоемах Брянской области. Глубокое знание процесса самоочищения и методов управления им позволит существенно снизить материальные затраты на очистку сбросных вод, которые до настоящего времени являются дорогостоящими. Процесс освобождения воды от C_s^{137} , S_r^{90} осуществляется в результате поглощения гидробионтами, которые затем переносят радионуклид в донные отложения, сортирования на взвесах и выпадения на дно водоемов, процесса замедления миграций в плотной среде (органической и неорганической).

Summary: The aim of the work is to estimate the intensity of self-purification of water ^{137}Cs , ^{90}Sr in the waters of the radioactive contamination zone with a density of 5 - 15 Ki/km^2 . . On the basis of this assessment, the rules of decision-making on the need for rehabilitation measures in the waters of the Bryansk region are formulated. In-depth knowledge of the self-purification process and its management will significantly reduce the material costs of wastewater treatment, which are still expensive. The process of water release from ^{137}Cs , ^{90}Sr is carried out as a result of absorption by hydrobionts, which then transfer the radionuclide to the bottom sediments, sorting on suspensions and deposition on the bottom of reservoirs, the process of slowing migration in a dense environment (organic and inorganic).

Введение. Наибольшему радиоактивному загрязнению подверглись водоемы. В до аварийный период концентрации стронция-90 и цезия-137 в воде составляли соответственно 0,0033-0,0185 и 0,0066 Бк/л. В первые дни после аварии (период первичного аэрозольного загрязнения) суммарная бета-активность воды превышала 3000 Бк/л и только к концу мая 1986 года снизилась до 150-200 Бк/л. Максимальные концентрации плутония-239 в воде составили 0,37 Бк/л. В настоящее время наиболее высокое содержание стронция-90 (от 1,59 до 2,70 Бк/л) наблюдается в водах рек, дренирующих территории с высокой плотностью радиоактивного загрязнения, а также в старицах на территории зоны отселения [1]. Анализ данных радиационного мониторинга водных объектов свидетельствует о значительном уменьшении среднегодовых концентраций ^{137}Cs в верхних слоях воды. В отличие от цезия-137 большая часть стронция-90 (50-99 %) мигрирует в растворенном состоянии.

В целом загрязнение, обусловленное аварией на ЧАЭС, с плотностью 1 $\text{Ки}/\text{км}^2$ и выше охватывает более 57 тыс. км^2 , что составляет 1,6% площади ЕТР. На территории России наиболее интенсивному радиоактивному загрязнению подвергалась Брянская область, в которой оказалось загрязненными 22 административных района с численностью населения 484,5 тыс. человек [8,9].

Из всех пострадавших объектов природной среды водоемы и по сей день продолжают накапливать радиоактивные загрязнения, поступающие с водосборной площади во время половодий и паводков и с впадающими в эти водоемы ручьями и реками в меженный период [6,7].

В связи с этим оценка поведения радионуклидов, попавших в водоем, механизма их миграции, накопления в различных компонентах экосистем водоема является острой проблемой.

Изменение концентрации радионуклида на начальном этапе сопровождается процессом интенсивного радиоактивного излучения.

Постепенно снижаясь, оно замедляется – наступает равновесная фаза. Далее концентрация радионуклида подвержена лишь медленным стадиям и зависит от наноудерживающей способности водоема, состава воды, температуры, рН, содержания растворенного кислорода, гидродинамических условий и др.

В качестве примера рассмотрим поток питательных веществ и растворенного ^{137}Cs , ^{90}Sr , поступающего в микробную клетку, который пропорционален величине клеточной поверхности. При росте микробной клетки объем обычно увеличивается быстрее, чем поверхность, поэтому с некоторого момента, про-

цессы распада и рост прекращаются. Дальнейшее увеличение массы ограничивается с потоком питательных веществ через поверхность и чтобы увеличить поверхность клетка должнаделиться. Деление клетки обеспечивает воспроизводство.

Изменение концентрации любого растворенного компонента питательной среды и радионуклида, в конечном счете, являются результатом роста, размножения и отмирания особей растущей популяции.

Способность речных вод к самоочищению объясняется постоянной сменой масс воды [15], выпадением взвешенных радиоактивных частиц на дно водоемов и, частично, процессами сорбции находящихся в растворенном состоянии радионуклидов мелкодисперсными взвешенными и донными минералами и органическими веществами. Во время половодий происходит обратный процесс - перевод высокоактивных донных осадков во взвешенное состояние, что приводит к многократному возрастанию радиоактивности речных вод [6,10,16].

По степени радиоактивного загрязнения компоненты водных экосистем располагаются в следующем порядке: донные отложения > гидробионты > вода.

Если для воды и, в меньшей степени, взвесей характерно со временем уменьшение содержания цезия-137 и стронция-90, то в донных отложениях и водной растительности имеет место повышение их концентрации. Так, уровни загрязнения донных отложений Cs-137 по руслу рек находятся в пределах от 370 Бк/кг до 37000 Бк/кг, а локальные уровни достигают более 70000 Бк/кг [8,9].

Процесс радионуклидного загрязнения непроточных водоемов происходил, как и для рек, за счет аэрозольного выпадения на водную поверхность и смыва с площадей водосбора [6,7]. Из-за ограниченного водообмена системы озерного типа к настоящему времени по уровню загрязнения пришли практически в равновесное состояние при выраженных сезонных колебаниях концентраций радионуклидов в воде и в растительных и животных организмах (биоте).

В озерах радионуклиды преимущественно сосредоточены в донных отложениях и биоте. Накопление радионуклидов в водной растительности с ежегодным ее отмиранием при отсутствии стока приводит к увеличению их аккумуляции в донных отложениях. Это обуславливает сохранение достаточно высокого уровня содержания радионуклидов в компонентах водных систем замкнутого типа [7]. Для озерных водных систем, расположенных в загрязненной зоне и выведенных из антропогенного процесса, проявляется тенденция к их зарастанию за счет неуправляемого роста биоты различных экологических групп. Это способствует в определенной мере процессу очищения воды от цезия-137 и стронция-90 при одновременном возрастании радиоактивности донных отложений.

Уравнение описывающее, изменение скорости роста популяции за счет растворенных в воде водоема органических веществ, выглядит следующим образом [2]:

$$\frac{dz}{dt} = \mu_1 (M_0 - Z) * Z - \mu_2 Z^2$$

где Z-концентрация микроорганизмов в момент времени t;

μ_1 и μ_2 -константы скорости образования и отмирания микроорганизмов;

M_0 - начальная концентрация растворенных органических веществ. Обозначим концентрацию C_S^{137} , S_r^{90} , которая потребляется или выделяется при образовании и гибели одной единицы концентрации популяции через a .

Тогда общая концентрация данного радионуклида будет равна: $C = aZ$; $C_H = aM_0$

Математическое описание процесса самоочищения воды водоемов от радиоактивного загрязнения в результате поглощения популяциями микроорганизмов и выпадения на дно водоема преобразуется следующим образом [11]:

$$\frac{dC}{dt} = \mu_1 (C_H - C) C - \mu_2 C^2 \quad (1)$$

где C - концентрация радионуклида в момент времени t , выделенная из воды;

μ_1 и μ_2 - константы скорости снижения концентрации радиоактивного загрязнения в воде и обратного процесса его возвращения в раствор;

C_H - начальная концентрация растворенного радионуклида в воде.

После преобразования от уравнения (1) можно перейти к уравнению [8,9]

$$\frac{dC}{dt} = \frac{\mu_1 C_H}{C_\infty} (C_\infty - C) C \quad (2)$$

где C_∞ – равновесная концентрация выведенного из воды радионуклида в стационарной фазе.

Интегрирование (2) при начальных значениях $t=0$ и $C=C_0$ получим аналитическое выражение S-образных кинетических кривых снижения концентрации радионуклида в воде водоема в результате самоочищения:

$$C = \frac{C_\infty}{1 + \frac{C_\infty - C_0}{C_0} e^{-\mu_1 C_H t}} \quad (3)$$

Для определения самоочищения по длине рек, ручьев, каналов перейдем от временных зависимостей концентраций радионуклида к пространственным заменой переменной t (время) на длину водотока L :

$$\frac{dC}{dL} = \frac{\mu_1 C_H}{C_\infty} (C_\infty - C) C$$

Измерения проводились на малых водотоках, осушительных каналах Брянской области с небольшими глубинами, шириной и скоростью, поэтому изменения концентрации цезия по глубине и ширине не учитывались.

Параметры модели определяют на основе экспериментальных данных по загрязнению водоемов [8,9]:

1. Для кривой снижения концентрации растворенного C_s^{137} ;

а) во времени $C_0 = 22$ Бк/л;

$C_\infty = 38$ Бк/л;

$\mu_1 C_H = 0,5$ 1/год

t, годы	0	5	10	15	20	25	30
C, Бк/л	21,96	35,82	37,81	37,98	37,99	37,999	37,9999

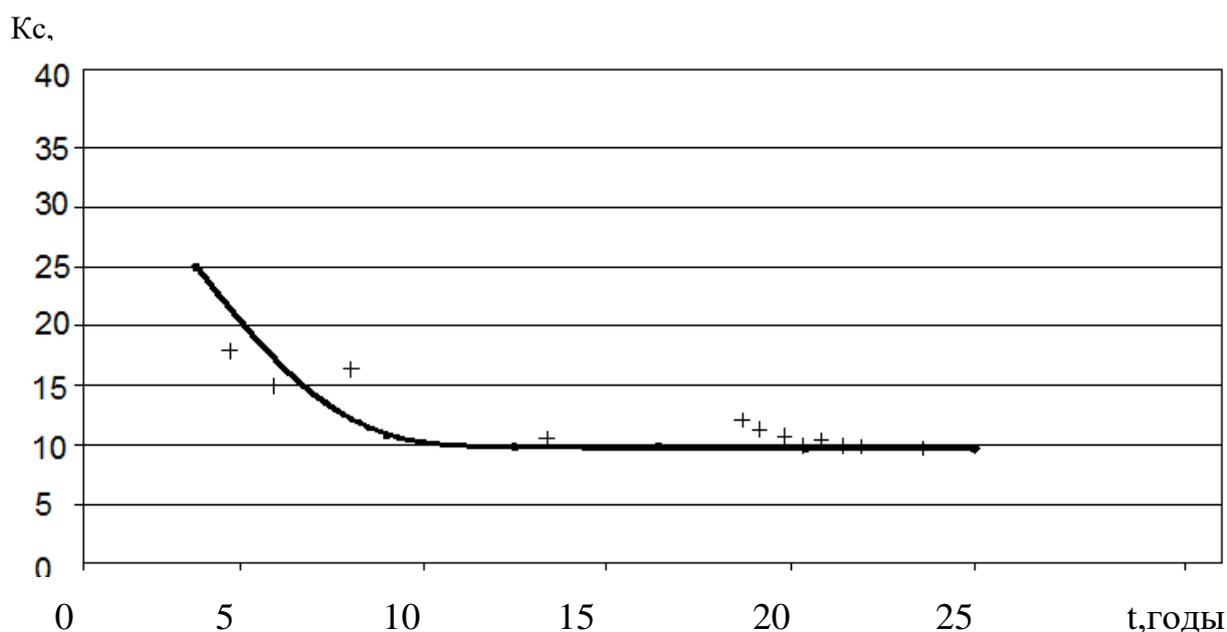


Рис. 1. Самоочищение воды от радионуклидов ^{137}Cs в открытом водоеме
 K_{c0} – фактическая концентрация радионуклидов в воде

Ниже приведены значения фактической концентрации цезия в водоеме в начальный момент времени K_{c0} , в стационарной фазе $K_{c\infty}$ и другие показатели, характеризующие процесс самоочищения воды;

Среднее загрязнение территории цезием с плотность 5- 15 Ки/км ² .						
K_{c0} Бк/л	$K_{c\infty}$ Бк/л	норматив загрязнения воды в Бк/л по НРБ-99	время достижения норматива загрязнения, годы	снижение загрязнения за 22 года, Бк/л	снижение загрязнения за 5 лет	средние темпы самоочищения, Бк/л*год
48	9	11	10	39	31	1,8

В ходе самоочищения водоема после однократного загрязнения можно выделить три стадии по темпам переноса радионуклидов из воды в донные отложения: 1я стадия – 5 лет, 2я стадия – 5-10 лет, 3я стадия – свыше 10 лет.

На первой стадии, соответствующей моменту времени после поступления радионуклидов, происходит интенсивный переход радионуклидов из воды в

донные отложения вследствие процессов сорбции. В третьей стадии процесс самоочищения стабилизируется.

При среднем загрязнении воды уже в первые пять лет концентрация цезия становится 17 Бк/л, т.е. существенно приближается к нормативу очищения воды, который достигается через 10 лет. В пределах 10 лет должны окупаться инженерно технические мероприятия при гидротехническом и мелиоративном строительстве. По экономическим соображениям на средне загрязненных территориях можно не проводить реабилитационные мероприятия, если не учитывать вопросы социального характера [10,12,13,14].

б) в пространстве $C_0 = 35$ Бк/л;
 $C_\infty = 42$ Бк/л;
 $\mu_1 C_H = 0,005$ 1/м

L, м	0	200	400	600	800	1000	1200
C, Бк/л	35	39,103	40,878	41,577	41,842	41,941	41,9783

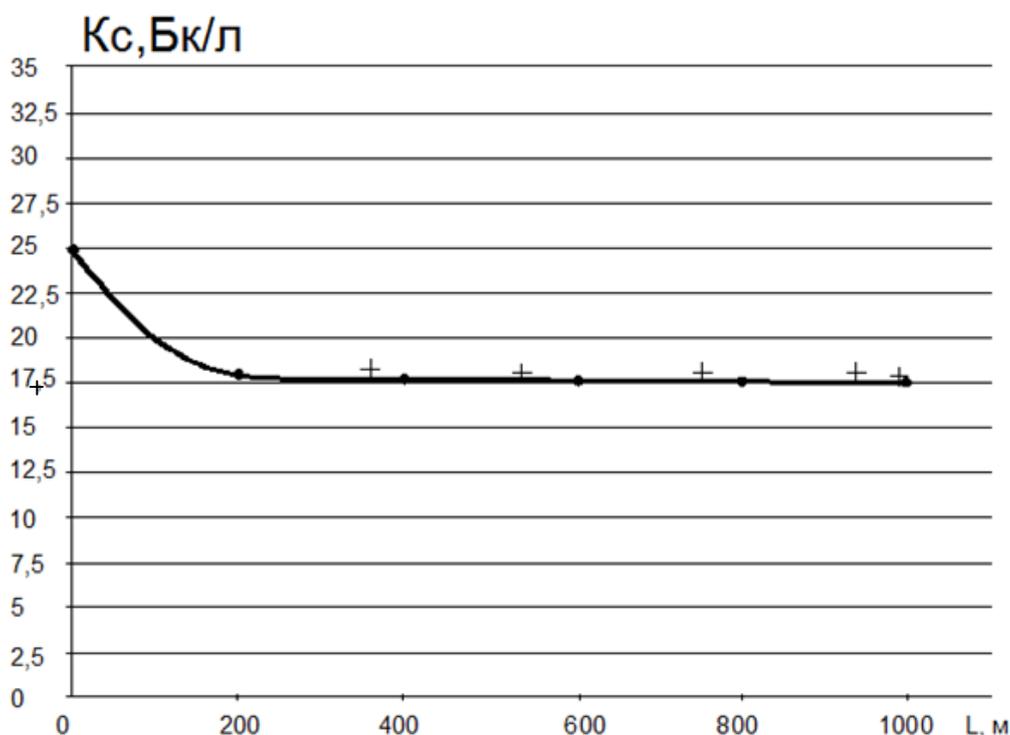


Рис. 2. Очищение воды от радионуклидов по длине ручья
 K_c – фактическая концентрация радионуклидов в воде

Ниже приведены значения фактической концентрации цезия в створе поступления загрязненной воды в водоток K_{c0} в стационарной фазе – в 1000 м ниже по течению $K_{c\infty}$ и другие показатели, характеризующие процесс самоочищения воды по длине водотоков:

Среднее загрязнение территории цезием с плотностью 5- 15 Ки/км ² .					
К _{с0} Бк/л	К _{с∞} Бк/л	норматив за- грязнения воды в Бк/л по НРБ-99	снижение на длине 1 км в Бк/л	длина водотока, на которой дости- гается норматив, (м)	длина, на которой концентрация снижается на 90%
25	18	11	7	Норма не достигнута	450

При среднем загрязнении воды на всем протяжении водотока 1000 м от створа поступления загрязненной воды, норматив очищения воды не достигается. Необходимы реабилитационные мероприятия.

Используя мелиоративные осушительные каналы, малые и большие реки как источники орошения, рекомендуется место для установки насосной станции назначать ниже створа выпуска загрязненных цезием вод на 400 – 600 м.

Заключение

1) Отмечается четкая линейная зависимость между плотностью загрязнения территорий и содержанием радионуклидов в водах первого от поверхности горизонта. На территориях с плотностью загрязнения цезием 555-1480 кБк/кв.м концентрация радионуклидов в грунтовых водах составляет 0,2-2,0 Бк/л по цезию-137 и 0,03-0,1 по стронцию. Для грунтовых вод, область питания которых загрязнена цезием-137 на уровне 185-555 кБк/кв.м, характерны следующие уровни концентрации: для цезия-137 - 0,01-1,0 Бк/л и для стронция-90 - 0,01-0,07 Бк/л.

2) Степень извлечения цезия за счет самоочищения из среднезагрязненной воды, типичной для территорий с плотностью загрязнения 5-15 Ки/км², характеризуется величиной 1,8 Бк/л.год.

3) Допустимый нормами предел загрязнения 11 Бк/л достигается за 10 лет.

4) Вопрос о необходимости применения мероприятий, ускоряющий процесс снижения радиоактивного загрязнения водоемов, должен решаться путем технико-экономического сравнения вариантов [5,10,12,13,14].

Литература

1. Загрязнение цезием-137 и стронцием-90 водных объектов на территории, подвергшейся воздействию выбросов аварийного блока ЧАЭС / С.М. Вакуловский и др. // Метеорология и гидрология. 1991. № 7. С. 64-73.

2. Василенков В.Ф. Моделирование процессов стекания грунтовых вод с водосбора и методы расчетов сельскохозяйственного дренажа. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 1995. 250 с.

3. Василенков С.В. Вынос ¹³⁷Cs эвапотранспирационным потоком влаги // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. Саратов: Изд-во Саратовский ГАУ, 2009. № 2. С. 47-50.

4. Василенков С.В. Предотвращение вторичного загрязнения воды радионуклидом цезия в водоемах // Природообустройство. 2011. № 1. С. 68-72.

5. Василенков С.В. Моделирование процесса выноса цезия -137 с продуктами водной эрозии почв // Мелиорация и водное хозяйство. 2011. № 5. С. 15-17.
6. Василенков С.В. Миграция цезия в непроточных водоемах // Вестник РУДН, серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». 2012. №3. С. 99-104.
7. Василенков С.В. Водохозяйственные реабилитационные мероприятия на радиоактивно загрязненных территориях: монография. М.: Изд-во МГУП, 2010. 289 с.
8. Василенков В.Ф., Василенков С.В., Козлов Д.В. Водохозяйственная радиология: учебное пособие. М.: Изд-во МГУП, 2009. 413 с.
9. Василенков В.Ф., Василенков С.В., Севрюк Е.В. Способ реабилитации радиоактивно-загрязненных водосборов прудов // Проблемы природообустройства и экологической безопасности: сб. матер. XVI межвуз. науч.- практ. конф. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2003. С. 13-14.
10. Василенков С.В. Самоочищение воды от радионуклидов в водоемах // Проблемы экологической безопасности и природопользования: сб. матер. Междунар. научно-практич. конференции. М.: Изд-во МАЭБП, 2006. Вып. 7. С. 137-140.
11. Василенков С.В. Роль биоканалов в очистке от радиоактивного загрязнения водоемов // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сб. материалов научно-практической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2007. С. 143-156.
12. Василенков С.В. Цеолиты как средство очистки воды от радионуклидов // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: сборник научных трудов. – Рязань: Изд-во Мещерский филиал ГНУ, 2008. С. 515-518.
13. Василенков С.В. Особенности осаждения радионуклидов в отстойниках // Природообустройство. 2008. № 5. С. 25-33.
14. Василенков С.В. Выделение ¹³⁷Cs в атмосферу с транспирацией растений // Актуальные проблемы развития АПК: землеустройство, кадастры, геодезия, мониторинг и экономика: сборник статей V Международной конференции молодых ученых и специалистов, 13 декабря 2007 г. М.: Изд-во гос. университет по землеустройству, 2008. С. 25-29.
15. Проведение научных исследований по реабилитации водных объектов в сельской местности инженерными средствами в зоне радиоактивного загрязнения / В.Ф. Василенков, Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, А.А. Романенко, С.В. Василенков, Л.В. Ивченко, Е.В. Байдакова // Социальное развитие села до 2010 года: отчет по Федеральной целевой программе. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2005. 161 с.

САМООЧИЩЕНИЕ ВОДЫ ОТ РАДИОНУКЛИДОВ В ВОДОЕМАХ ЗОНЫ СИЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ (15- 40 Ки/км²)

Self-purification of water from radionuclides in water pollution zones (5-15 Ki/km²)

Чолак Е. студентка 4-го курса гр. Е-561
Colak E. student of the 4th course gr. E-561

Реферат: Целью работы являются расчеты по оценке интенсивности самоочищения воды C_S^{137} , S_r^{90} в водоемах зоны радиоактивного загрязнения с плотностью 15- 40 Ки/км². На основе этой оценки сформулированы правила принятия решений о необходимости применения реабилитационных мероприятий на водоемах Брянской области. Глубокое знание процесса самоочищения и методов управления им позволит существенно снизить материальные затраты на очистку сбросных вод, которые до настоящего времени являются дорогостоящими. Процесс освобождения воды от C_S^{137} , S_r^{90} осуществляется в результате поглощения гидробионтами, которые затем переносят радионуклид в донные отложения, сорбирования на взвешах и выпадения на дно водоемов, процесса замедления миграции их в плотной среде (органической и неорганической). Радиоактивность воды измерялась на радиометре РУБ-01П6.

Summary: The aim of the work is to estimate the intensity of self-purification of water $CS137$, $Sr90$ in the waters of the radioactive contamination zone with a density of 15 - 40 Ki/km². On the basis of this assessment, the rules of decision-making on the need for rehabilitation measures in the waters of the Bryansk region are formulated. In-depth knowledge of the self-purification process and its management will significantly reduce the material costs of wastewater treatment, which are still expensive. The process of water release from $CS137$, $Sr90$ is carried out as a result of absorption by hydrobionts, which then transfer the radionuclide to the bottom sediments, sorption on suspensions and deposition on the bottom of reservoirs, the process of slowing their migration in a dense environment (organic and inorganic). The radioactivity of water was measured at the radiometer RUB-01П6.

Введение. Наибольшему радиоактивному загрязнению подверглись водоемы, являющиеся природными накопителями радионуклидов. В до аварийный период концентрации стронция-90 и цезия-137 в воде составляли соответственно 0,0033-0,0185 и 0,0066 Бк/л. В первые дни после аварии (период первичного аэрозольного загрязнения) суммарная бета-активность воды превышала 3000 Бк/л и только к концу мая 1986 года снизилась до 150-200 Бк/л [8,9]. Максимальные концентрации плутония-239 в воде составили 0,37 Бк/л. В настоящее время наиболее высокое содержание стронция-90 (от 1,59 до 2,70 Бк/л) наблюдается в водах рек, дренирующих территории с высокой плотностью радиоактивного загрязнения, а также в старицах на территории зоны отселения [1]. Анализ данных радиационного мониторинга водных объектов свидетельствует

о значительном уменьшении среднегодовых концентраций Cs-137 в поверхности. В отличие от цезия-137 большая часть стронция-90 (50-99 %) мигрирует в растворенном состоянии.

В целом загрязнение, обусловленное аварией на ЧАЭС, с плотностью 1 Ки/км² и выше охватывает более 57 тыс. км², что составляет 1,6% площади ЕТР. На территории России наиболее интенсивному радиоактивному загрязнению подвергалась Брянская область, в которой оказалось загрязненными 22 административных района с численностью населения 484,5 тыс. человек [8,9].

Из всех пострадавших объектов природной среды водоемы и по сей день продолжают накапливать радиоактивные загрязнения, поступающие с водосборной площади во время половодий и паводков и с впадающими в эти водоемы ручьями и реками в меженный период [6, 7].

В связи с этим оценка поведения радионуклидов, попавших в водоем, механизма их миграции, накопления в различных компонентах экосистем водоема является острой проблемой.

Рассматриваются открытые водоемы с сильным радиоактивным загрязнением, соответствующим зоне отселения с правом получения компенсации и льгот (15 - 40 Ки/км²).

Изменение концентрации радионуклида на начальном этапе сопровождается процессом интенсивных ядерных превращений и поглощением сильного радиоактивного излучения.

Постепенно снижаясь, оно замедляется – наступает равновесная фаза. Далее концентрация радионуклида подвержена лишь медленным стадиям и зависит от наносодерживающей способности водоема, состава воды, температуры, рН, содержания растворенного кислорода, гидродинамических условий и др.

В качестве примера рассмотрим поток питательных веществ и растворенного Cs^{137} , Sr^{90} , поступающего в микробную клетку, который пропорционален величине клеточной поверхности. При росте микробной клетки объем обычно увеличивается быстрее, чем поверхность, поэтому с некоторого момента, процессы распада и рост прекращаются. Дальнейшее увеличение массы ограничивается с потоком питательных веществ через поверхность и чтобы увеличить поверхность клетка должна разделить. Деление клетки обеспечивает воспроизводство.

Изменение концентрации любого растворенного компонента питательной среды и радионуклида, в конечном счете, являются результатом роста, размножения и отмирания особей растущей популяции.

Способность речных вод к самоочищению объясняется постоянной сменой масс воды [15], выпадением взвешенных радиоактивных частиц на дно водоемов и, частично, процессами сорбции находящихся в растворенном состоянии радионуклидов мелкодисперсными взвешенными и донными минералами и органическими веществами. Во время половодий происходит обратный процесс - перевод высокоактивных донных осадков во взвешенное состояние, что приводит к многократному возрастанию радиоактивности речных вод [6,10,16].

По степени радиоактивного загрязнения компоненты водных экосистем располагаются в следующем порядке: донные отложения > гидробионты > вода.

Если для воды и, в меньшей степени, взвесей характерно со временем уменьшение содержания цезия-137 и стронция-90, то в донных отложениях и водной растительности имеет место повышение их концентрации. Так, уровни загрязнения донных отложений Cs-137 по руслу рек находятся в пределах от 370 Бк/кг до 37000 Бк/кг, а локальные уровни достигают более 70000 Бк/кг [8,9].

Процесс радионуклидного загрязнения непроточных водоемов происходил, как и для рек, за счет аэрозольного выпадения на водную поверхность и смыва с площадей водосбора [6,7]. Из-за ограниченного водообмена системы озерного типа к настоящему времени по уровню загрязнения пришли практически в равновесное состояние при выраженных сезонных колебаниях концентраций радионуклидов в воде и в растительных и животных организмах (биоте).

В озерах радионуклиды преимущественно сосредоточены в донных отложениях и биоте. Накопление радионуклидов в водной растительности с ежегодным ее отмиранием при отсутствии стока приводит к увеличению их аккумуляции в донных отложениях. Это обуславливает сохранение достаточно высокого уровня содержания радионуклидов в компонентах водных систем замкнутого типа [7]. Для озерных водных систем, расположенных в загрязненной зоне и выведенных из антропогенного процесса, проявляется тенденция к их зарастанию за счет неуправляемого роста биоты различных экологических групп. Это способствует в определенной мере процессу очищения воды от цезия-137 и стронция-90 при одновременном возрастании радиоактивности донных отложений.

Уравнение описывающее, изменение скорости роста популяции за счет растворенных в воде водоема органических веществ, выглядит следующим образом [2]:

$$\frac{dZ}{dt} = \mu_1 (M_0 - Z) * Z - \mu_2 Z^2$$

где Z -концентрация микроорганизмов в момент времени t ;

μ_1 и μ_2 -константы скорости образования и отмирания микроорганизмов;

M_0 -начальная концентрация C_s^{137} , S_r^{90} . Обозначим концентрацию радионуклидов, которая потребляется или выделяется при образовании и гибели одной единицы концентрации популяции через a .

Тогда, общая концентрация данного радионуклида будет равна: $C = aZ$; $C_H = aM_0$

Математическое описание процесса самоочищения воды водоемов от радиоактивного загрязнения в результате поглощения популяциями микроорганизмов и выпадения на дно водоема преобразуется следующим образом [11]:

$$\frac{dC}{dt} = \mu_1 (C_H - C) C - \mu_2 C^2 \quad (1)$$

где C - концентрация радионуклида в момент времени t , выделенная из воды;

μ_1 и μ_2 - константы скорости снижения концентрации радиоактивного загрязнения в воде и обратного процесса его возвращения в раствор;

C_H - начальная концентрация растворенного радионуклида в воде.

После преобразования от уравнения (1) можно перейти к уравнению [8,9]

$$\frac{dC}{dt} = \frac{\mu_1 C_H}{C_\infty} (C_\infty - C) C \quad (2)$$

где C_∞ – равновесная концентрация выведенного из воды радионуклида в стационарной фазе.

Интегрируя (2) при начальных значениях $t=0$ и $C=C_0$, получим аналитическое выражение S-образных кинетических кривых снижения концентрации радионуклида в воде водоема в результате самоочищения:

$$C = \frac{C_\infty}{1 + \frac{C_\infty - C_0}{C_0} e^{-\mu_1 C_H t}} \quad (3)$$

Для определения самоочищения по длине рек, ручьев, каналов перейдем от временных зависимостей концентраций радионуклида к пространственным заменой переменной t (время) на длину водотока L :

$$\frac{dC}{dL} = \frac{\mu_1 C_H}{C_\infty} (C_\infty - C) C$$

Измерения проводились на малых водотоках, осушительных каналах Брянской области с небольшими глубинами, шириной и скоростью, поэтому изменения концентрации цезия по глубине и ширине не учитывались.

Параметры модели определяют на основе экспериментальных данных по загрязнению водоемов [8,9]:

1. Для кривой снижения концентрации растворенного C_s^{137} ;

а) во времени: $C_0 = 22$ Бк/л;

$C_\infty = 75$ Бк/л;

$\mu_1 C_H = 0,5$ 1/год

t, годы	0	5	10	15	20	25	30
C, Бк/л	22	62,44	73,74	74,9	79,991	79,9992	79,99993

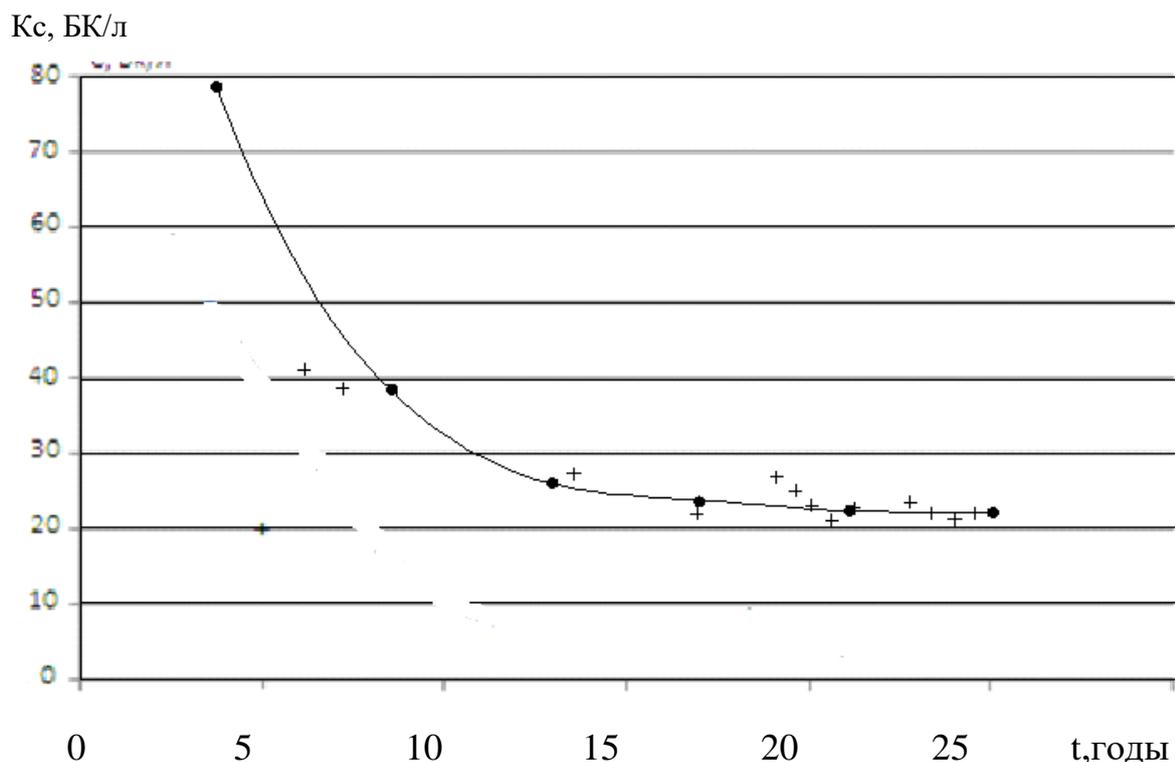


Рис. 1. Самоочищение воды от радионуклидов ^{137}Cs в открытом водоеме
 K_c – фактическая концентрация радионуклидов в воде

Ниже приведены значения фактической концентрации цезия в водоеме в начальный момент времени K_{c0} , в стационарной фазе $K_{c\infty}$ и другие показатели, характеризующие процесс самоочистки воды;

Слабое загрязнение территории цезием с плотность 1- 5Ки/км ² .						
K_{c0} Бк/л	$K_{c\infty}$ Бк/л	норматив загрязнения воды в Бк/л по НРБ-99	время достижения норматива загрязнения, годы	снижение загрязнения за 22 года, Бк/л	снижение загрязнения за 5 лет	средние темпы самоочи- щения, Бк/л*год
78	23	11	Не достигнут	55	40	2,5

В ходе самоочищения водоема после однократного загрязнения можно выделить три стадии по темпам переноса радионуклидов из воды в донные отложения: 1-я стадия – 5 лет, 2-я стадия – 5-10 лет, 3-я стадия – свыше 10 лет.

На первой стадии, соответствующей моменту времени после поступления радионуклидов, происходит интенсивный переход радионуклидов из воды в донные отложения вследствие процессов сорбции. В третьей стадии процесс самоочищения стабилизируется.

При сильном загрязнении воды уже в первые 5 лет концентрация цезия снижается на 40 Бк/л, однако за 22 года норматив загрязнения так и не достигается. На сильно загрязненных территориях обязательно проведении реабилитационных мероприятий по снижению загрязнения водоносного горизонта [10,12,13,14].

б) в пространстве: $C_0 = 33 \text{ Бк/л}$;
 $C_\infty = 65 \text{ Бк/л}$;
 $\mu_1 C_H = 0,005 \text{ 1/м}$

L, м	0	200	400	600	800	1000	1200
C, Бк/л	33	48,83	57,4	61,95	63,83	64,56	64,83

Кс Бк/л

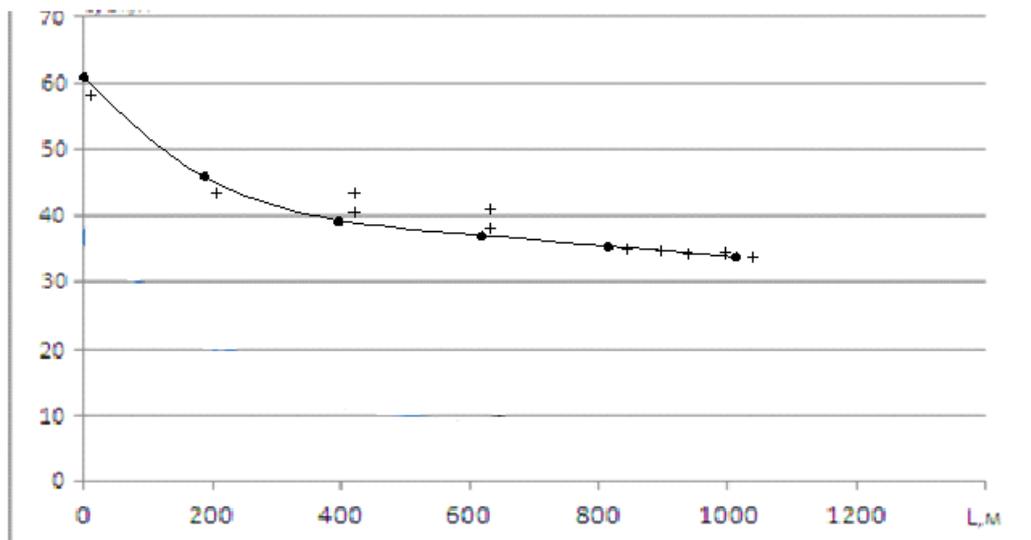


Рис. 2. Очищение воды от радионуклидов по длине ручья
 K_c – фактическая концентрация радионуклидов в воде

Ниже приведены значения фактической концентрации цезия в створе поступления загрязненной воды в водоток K_{c0} в стационарной фазе – в 1000 м ниже по течению $K_{c\infty}$ и другие показатели, характеризующие процесс самоочищения воды по длине водотоков:

Сильное загрязнение территории цезием с плотностью. 15- 40Ки/км ²					
K_{c0} Бк/л	$K_{c\infty}$ Бк/л	норматив загрязнения воды в Бк/л по НРБ-99	снижение на длине 1 км в Бк/л	длина водотока, на которой достигается норматив, (м)	длина, на которой концентрация снижается на 90% (м)
63	33	11	30	Норма не достигнута	600

При сильном загрязнении воды на всем протяжении водотока 1000 м от створа поступления загрязненной воды, норматив очищения воды не достигается. Необходимы реабилитационные мероприятия.

Используя мелиоративные осушительные каналы, малые и большие реки как источники орошения, рекомендуется место для установки насосной станции назначать ниже створа выпуска загрязненных цезием вод на 400 – 600 м.

Для перехвата и перевода поверхностного и внутрипочвенного стока в

грунтовый устраивают колодцы-поглотители, собиратели с фильтрующей загрузкой, поглотительные колонки. Конструкции этих сооружений не должны мешать обработке почвы и уборке урожая или же их следует устраивать по границам постоянных контуров-дорог, лесополос, опушек леса, границ севооборота, жилой зоны и др.

Прерывистые собиратели, поглотительные колонки и колодцы должны иметь элементы, задерживающие радионуклиды. На колодцах и колонках следует устраивать цеолитовые кассеты из природного или гранулированного цеолита с высокими фильтрационными свойствами относительно воды. Кассеты устанавливаются горизонтально и должны легко сниматься для замены новыми. Загрязненные радионуклидами кассеты вывозятся и захораниваются в специально отведенных местах. В собирателях кассеты устанавливаются вертикально, и также должны быть съемными. Собиратели отводят воду в поглотительные колодцы и колонки. Схемы размещения собирателей и колодцев-поглотителей зависят от рельефа водосборных площадей.

Если верхний водонепроницаемый слой небольшой мощности, то вместо поглощающего колодца-скважины устраивают колодцы-шурфы. Дно колодца должно касаться песчаного слоя.

Мелкие водоемы, замкнутые западины, «блюдца», в которых застаивается талая и дождевая вода обычно заиливаются при осаждении мелких частиц почвы из воды. Дно этих понижений становится практически водупором. Таких земель в Брянской области великое множество. Весной и во время летних ливней западины наполняются водой, озера стоят иногда до 2-3 недель, создавая значительные проблемы сельским труженикам.

Отвод воды в нижележащие водопроницаемые слои грунта можно осуществлять с помощью вертикальных поглощающих колодцев. Для этого в низком месте замкнутого понижения строят буровую скважину, которая проходит верхний слабопроницаемый слой и заканчивается в хорошо водопроницаемом грунте, обычно песчаном. В западных радиоактивно загрязненных районах области преобладающими грунтами являются песчаные, поэтому глубина таких скважин не будет превышать 2-3 м. Диаметр скважины 15-20 см, стенки крепятся асбестоцементными или гончарными трубами. Верхний оголовок трубы обсыпается фильтром: песком, мелким и крупным гравием. Поверх фильтра из гравия укладывается цеолитовая съемная кассета.

Заключение

1. Отмечается четкая линейная зависимость между плотностью загрязнения территории и содержанием радионуклидов в водах первого от поверхности горизонта. На территориях с плотностью загрязнения цезием 555-1480 кБк/кв.м концентрация радионуклидов в грунтовых водах составляет 0,2-2,0 Бк/л по цезию-137 и 0,03-0,1 по стронцию. Для грунтовых вод, область питания которых загрязнена цезием-137 на уровне 185-555 кБк/кв.м, характерны следующие уровни концентрации: для цезия-137 в воде - 0,01-1,0 Бк/л и для стронция-90 - 0,01-0,07 Бк/л.

2. Средние темпы снижения уровня загрязнения воды водоемов за счет самоочищения на территориях с плотностью загрязнения 15-40 Ки/км² достигают 2,5 Бк/л. год.

3. Процесс протекает медленно, хотя абсолютная величина очистки воды от радионуклидов существенно превышает очистку воды в слабо и средне загрязненных водоемах.

4. Срок полной очистки воды несколько растягивается. За 22 года радиоактивность снизилась с 78 Бк/л до 23 Бк/л., не достигнув норматива.

5. Однако окупаемость мероприятий на водоемах с высокой радиоактивностью будет выше, поэтому здесь рекомендуется широкое применение реабилитационных мероприятий [5,10,12,13,14].

Литература

1. Загрязнение цезием-137 и стронцием-90 водных объектов на территории, подвергшейся воздействию выбросов аварийного блока ЧАЭС / С.М. Вакуловский и др. // Метеорология и гидрология. 1991. № 7. С. 64-73.

2. Василенков В.Ф. Моделирование процессов стекания грунтовых вод с водосбора и методы расчетов сельскохозяйственного дренажа. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 1995. 250 с.

3. Василенков С.В. Вынос ¹³⁷Cs эвапотранспирационным потоком влаги // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. Саратов: Изд-во Саратовский ГАУ, 2009. № 2. С. 47-50.

4. Василенков С.В. Предотвращение вторичного загрязнения воды радионуклидом цезия в водоемах // Природообустройство. 2011. № 1. С. 68-72.

5. Василенков С.В. Моделирование процесса выноса цезия -137 с продуктами водной эрозии почв // Мелиорация и водное хозяйство. 2011. № 5. С. 15-17.

6. Василенков С.В. Миграция цезия в непроточных водоемах // Вестник РУДН, серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». 2012. №3. С. 99-104.

7. Василенков С.В. Водохозяйственные реабилитационные мероприятия на радиоактивно загрязненных территориях: монография. М.: Изд-во МГУП, 2010. 289 с.

8. Василенков В.Ф., Василенков С.В., Козлов Д.В. Водохозяйственная радиология: учебное пособие. М.: Изд-во МГУП, 2009. 413 с.

9. Василенков В.Ф., Василенков С.В., Севрюк Е.В. Способ реабилитации радиоактивно-загрязненных водосборов прудов // Проблемы природообустройства и экологической безопасности: сб. матер. XVI межвуз. науч.- практ. конф. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2003. С. 13-14.

10. Василенков С.В. Самоочищение воды от радионуклидов в водоемах // Проблемы экологической безопасности и природопользования: сб. матер. Международ. научно-практич. конференции. М.: Изд-во МАЭБП, 2006. Вып. 7. С. 137-140.

11. Василенков С.В. Роль биоканалов в очистке от радиоактивного загрязнения водоемов // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сб. материалов научно-практической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2007. С. 143-156.

12. Василенков С.В. Цеолиты как средство очистки воды от радионуклидов // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: сборник научных трудов. – Рязань: Изд-во Мещерский филиал ГНУ, 2008. С. 515-518.

13. Василенков С.В. Особенности осаждения радионуклидов в отстойниках // Природообустройство. 2008. № 5. С. 25-33.

14. Василенков С.В. Выделение ^{137}Cs в атмосферу с транспирацией растений // Актуальные проблемы развития АПК: землеустройство, кадастры, геодезия, мониторинг и экономика: сборник статей V Международной конференции молодых ученых и специалистов, 13 декабря 2007 г. М.: Изд-во гос. университет по землеустройству, 2008. С. 25-29.

15. Проведение научных исследований по реабилитации водных объектов в сельской местности инженерными средствами в зоне радиоактивного загрязнения / В.Ф. Василенков, Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, А.А. Романенко, С.В. Василенков, Л.В. Ивченко, Е.В. Байдакова // Социальное развитие села до 2010 года: отчет по Федеральной целевой программе. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2005. 161 с.

Научное издание

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ**

**Сборник материалов
Национальной научно-производственной конференции**

Научный редактор Е.В. Байдакова

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 23.05.2019 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага печатная. Усл. п. л. 6,16. Тираж 15 экз. Изд. № 6391.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ