

На правах рукописи

Гончаров Никита Александрович

**ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
ОРОСИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ В ПЛОДОВЫХ САДАХ
АЛТАЙСКОГО ПРИОБЬЯ**

Специальность 06.01.02 – мелиорация, рекультивация и охрана земель

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Барнаул 2015

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы: Алтайский край, занимающий площадь более 16,8 млн. га, является важным аграрным регионом, в котором к 1989 году мелиоративный фонд составлял 195 тыс. га орошаемых площадей (Орлова, 2011). Подъем и интенсификация сельского хозяйства в этом регионе требуют применения мелиораций, что вызвано особенностями умеренного резко континентального климата, в котором возможны как влажные, так и засушливые годы. Учитывая, что в последние годы частота возникновения неблагоприятных явлений (засуха, ливни, заморозки в течение вегетационного периода) увеличивается, важность мелиоративных мероприятий только усиливается.

Основными факторами жизни растений являются питательный, водный и тепловой режимы, формирование которых способствует воздействию на растения, что определяет скорость их роста и развития. Причем эти три режима должны быть оптимальными одновременно, т.к. это определяется «Законом Либиха», согласно которому - продуктивность растений определяется лимитирующим фактором среды.

Практически все сады в Алтайском крае эксплуатируются в богарных условиях, однако характер естественной водообеспеченности данной территории не позволяет выращивать плодовые культуры без орошения. Сады на богарных землях дают невысокие, нестабильные урожаи, при этом плоды имеют низкие товарные качества. Поэтому обоснование необходимости проведения оросительных мелиораций в условиях Алтайского Приобья является актуальным.

Цель исследований: Обосновать необходимость и эффективность проведения оросительных мелиораций в плодовых садах в условиях Алтайского Приобья.

Задачи исследований:

- 1) Исследование водно-физических свойств почв.
- 2) Изучение особенностей и закономерностей передвижения почвенной влаги в садах Алтайского Приобья в зависимости от культуры.
- 3) Оценка вероятности необходимости водных мелиораций в условиях плодового сада.
- 4) Расчет водного режима и режима орошения для оценки продуктивности плодовых культур.
- 5) Определение биоклиматических коэффициентов яблоневого культур в условиях Алтайского Приобья.
- 6) Оценка продуктивности плодовых культур при изменении абиотических факторов.

Объекты и методы исследований: Объектом исследований является плодовый сад, рассматриваемый как компонент агро-мелиоративного комплекса с целью изучения особенностей формирования необходимого водного режима в почвах под плодовыми насаждениями в условиях Алтайского Приобья. Исследования проводились в 2012-2014 гг. в НИИСС

им. М.А. Лисавенко на сортоиспытательных участках, расположенных в пригороде г. Барнаула, на левом берегу реки Оби Высокого Приобского плато. Образцы почвы анализировались стандартными в почвоведении и агрофизике методами. При обработке данных полевых и лабораторных исследований использовалась статистическая обработка.

Предмет исследований: Процесс влагопереноса для формирования необходимого водного режима в почвах плодового сада.

Научная новизна: Впервые изучено влияние плодовых культур на водный режим почв в условиях сада Алтайского Приобья с обоснованием режима орошения и оценкой продуктивности плодовых культур при изменении внешних факторов среды. В работе предлагается методика определения необходимости оросительной мелиорации в условиях плодового сада.

Практическая значимость: Результаты исследований позволили показать эффективность орошения и обосновать диапазон регулирования водного и теплового режима почв под плодовыми культурами, а также обосновать распределение воды для орошения плодовых культур в течение вегетационного периода. Результаты данной работы предполагается использовать для планирования дальнейшего развития мелиорации земель Алтайского края в условиях импортозамещения.

Достоверность полученных результатов: Исследования проводились в соответствии с методикой полевого опыта, варианты опытов закладывались в 3-кратной повторности. Химические и физические анализы почвенных образцов выполнены согласно ГОСТов на современном поверенном оборудовании и приборах.

Основные положения, представляемые к защите:

- возможность решения проблемы устойчивости и увеличения урожайности плодовых культур с помощью оросительных мелиораций в условиях изменяющегося климата Алтайского края;
- результаты математического моделирования процессов влагопереноса в условиях плодового сада и расчета продуктивности яблони при орошении и без него;
- биологические коэффициенты для яблони в условиях Алтайского Приобья;
- почвенно-климатическое обоснование необходимости проведения оросительных мелиораций в различные фазы вегетационного периода плодового сада.

Апробация работы и публикации: Основные положения диссертации доложены на VII Международной научно-практической конференции «Современные научные исследования: инновации и опыт» (г. Екатеринбург, 2014); X Международной научно-практической конференции «Аграрная наука – сельскому хозяйству Алтая» (г. Барнаул, 2015 г.). Материалы диссертации опубликованы в 6 статьях, в том числе 3 в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК. Объем публикаций составляет 1,31 п.л., в том числе доля автора 0,34 п.л.

Личный вклад: Полевые и лабораторные измерения гидротермических свойств почв и режимов проведены автором лично. Также автором проведена обработка исходной информации, подготовка исходных данных для моделирования продуктивности плодовых культур. Проведены необходимые расчеты, обобщены итоговые результаты с оценкой достоверности полученных данных.

Структура и объем работы: Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы и приложений. Содержание работы изложено на 122 страницах печатного текста, включая 8 таблиц, 45 рисунков, 2 приложений. Библиографический список включает 212 источников литературы, из них 181 отечественных и 31 зарубежных источников.

1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

В главе рассматривается моделирование, как метод познания окружающего мира, в решении прикладных проблем в области мелиорации почв. Приводится опыт орошения плодовых культур в различных природно-климатических условиях.

2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследований является плодовый сад, рассматриваемый как компонент агромелиоративного комплекса с целью изучения особенностей формирования необходимого водного режима в почвах под плодовыми насаждениями в условиях Алтайского Приобья. Исследования проводились в 2012-2014 гг. в НИИСС им. М.А. Лисавенко на сортоиспытательных участках, расположенных в пригороде г. Барнаула, на левом берегу реки Оби Высокого Приобского плато в подзоне черноземов обыкновенных умеренно-засушливой колочной степи.

В полевой период проведено изучение почв методом заложения почвенно-геоморфологического профиля с отбором образцов для лабораторных анализов. Определение физических свойств почв проведено с помощью общепринятых методов (Вадюнина, Корчагина, 1986; Шеин, 2005, Теории и методы, 2007). Основная гидрофизическая характеристика (ОГХ) и функция влагопроводности (ФВ) определена методом равновесного центрифугирования (Смагин и др., 1998), при использовании лабораторной центрифуги *TGI6WS* с максимальной частотой вращения 12000 об/мин путем регистрации остаточной влажности в образце взвешиванием на электронных аналитических весах *Pioneer PA64*.

Среднедекадная температура почвы измерялась на глубинах 20 и 50 см от поверхности почвы с интервалами времени согласно Руководству по градиентным наблюдениям. Влажность почвы определена термостатно-весовым способом подекадно на глубине 1,0 м через 10 см в трехкратной повторности.

При расчете зависимости продуктивности растения от факторов внешней среды использована модель В.В. Шабанова (2003). Для моделирования отдельных составляющих водного режима почвы

использована прогнозная модель *Hydrus-1D* (Simunek and van Genuchten, 1991). Сравнение расчетных и экспериментальных данных значений объемной влажности почвы с оценкой значений относительной среднеквадратичной ошибки показал, что наиболее точно *Hydrus* воспроизводит динамику влажности при входных параметрах, полученных из экспериментальных значений влажности почвы, гидрофизических параметрах ван-Генухтена для данного поля. При этом ошибка расчета не превышала 8-10%, поэтому применение расчетных данных по влажности почвы в данной работе можно считать обоснованным. Статистическая обработка полученных данных проведена по Б.А. Доспехову (1985) и Е.А. Дмитриеву (2009) с помощью вероятностно-статистического подхода в программной среде *Excel*.

3. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

В главе рассмотрены климатические особенности района исследований, внесшие определенные различия в рост и развитие плодовых культур. Также проанализированы климатические изменения в Алтайском крае за последнее столетие в связи, с чем отмечено, что в современных условиях особо актуальным становится вопрос об адаптации аграрного производства в связи с изменением климата. Одним из мощных факторов управления средой обитания растений являются оросительные мелиорации, поэтому рассмотренные особенности изменения климата необходимо учитывать при разработке режимов орошения сельскохозяйственных культур, в том числе и плодовых. Исследуемая почва: чернозем выщелоченный среднесуглинистый малогумусный. Характеристика гранулометрического состава исследуемой почвы показана на рис.1.

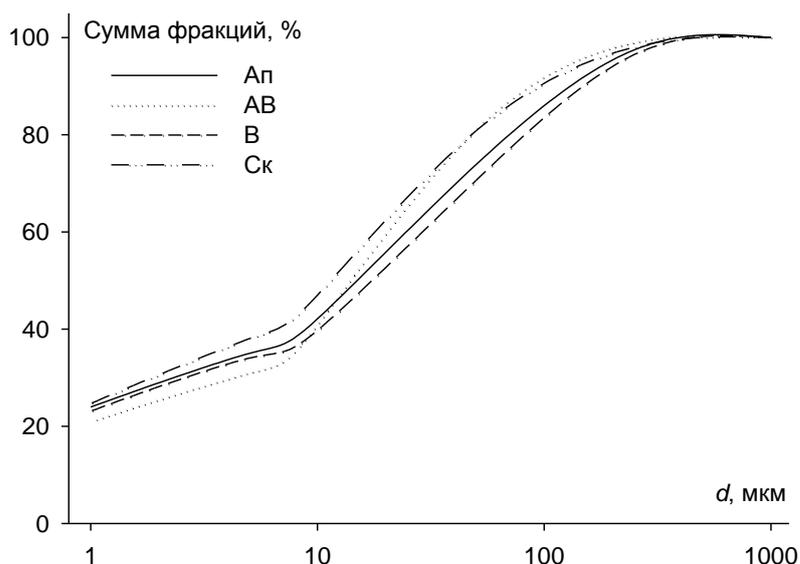


Рисунок 1 - Интегральное распределение гранулометрических фракций по размерам чернозема выщелоченного среднесуглинистого под яблоневыми культурами.

На рисунке видно, что чернозем выщелоченный имеет среднесуглинистый, близкий к тяжелосуглинистому иловато-крупнопылеватый гранулометрический состав. Плавное нарастание интегральной кривой показывает однородность гранулометрического состава почвенных горизонтов по фракциям. Содержание глинистых частиц (10 мкм) в горизонте A_n составляет 42 %, песчаной фракции 26 %. Доля крупной пыли составляет 32 %. Почвообразующая порода по гранулометрическому составу относится к тяжелосуглинистой, в основном за счет меньшего содержания фракции мелкого песка и повышенного – мелкой пыли, тем самым отличает её от других почвенных горизонтов. Результаты микроагрегатного анализа свидетельствуют о высокой степени агрегирования изучаемого чернозема выщелоченного.

Плотность сложения чернозема с глубиной постепенно возрастает с $1,05 \text{ г/см}^3$ в пахотном горизонте до $1,41 \text{ г/см}^3$ в почвообразующей породе. По содержанию гумуса в верхнем гумусово-аккумулятивном горизонте исследуемый чернозем относится к малогумусным (5,3 %), при этом по мере углубления содержание гумуса убывает до 1,0 % в иллювиальном горизонте, с дальнейшим уменьшением его до 0,6 %. Во всем почвенном профиле, в составе поглощенных катионов, преобладает кальций. Реакция почвенного раствора для верхних горизонтов нейтральна и составляет 6,3-6,7, в то время как с увеличением глубины реакция становится слабощелочной: $\text{pH} = 7,6-8,0$.

Водно-физические свойства исследуемого чернозема определены с помощью термодинамического подхода, что позволило помимо получения характеристики почвы использовать полученные гидрофизические функции в динамическом моделировании водного режима. Для этого экспериментально была получена ОГХ чернозема под яблоневыми культурами (рис.2).

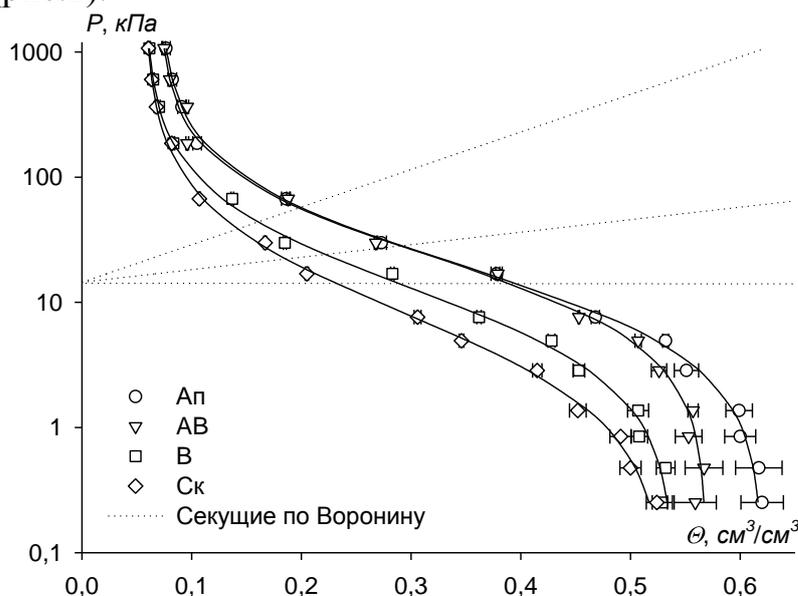


Рисунок 2 - Основная гидрофизическая характеристика чернозема выщелоченного под яблоневыми культурами. Сплошная линия – аппроксимация ван Генухтена.

На рисунке видно, что максимальная водоудерживающая способность характерна для верхнего пахотного горизонта, а его кривая водоудерживания в области гравитационной влаги расположена на некотором расстоянии от переходного к иллювиальному горизонту. Однако в капиллярной и пленочно-капиллярной области кривые водоудерживания горизонтов A_n и AB пересекаются и имеют одинаковые значения давления почвенной влаги, что негативно сказывается на накоплении влаги в пахотном горизонте. Вниз по профилю почвы кривые ОГХ смещаются в сторону меньших влажностей, не пересекаясь друг с другом вплоть до перехода пленочно-капиллярной малоподвижной влаги в пленочную.

Для исследуемого чернозема из полученной ОГХ рассчитаны давления, соответствующие критическим состояниям влаги: капиллярной влагоемкости (KB , верхний предел пластичности) $P_{кв}$; максимальной капиллярно-сорбционной влагоемкости ($MKCB$) P_{mkcb} , соответствующей почвенно-гидрологической константе – наименьшая влагоемкость; максимальной молекулярной влагоемкости ($ММВ$, нижний предел пластичности) $P_{ммв}$, соответствующей влажности разрыва капиллярной связи значения которых представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Критические состояния влаги чернозема выщелоченного под плодовыми культурами

Гор	KB		$MKCB$		$ММВ$	
	$P_{кв}, кПа$	$\theta_{кв}, см^3/см^3$	$P_{mkcb}, кПа$	$\theta_{mkcb}, см^3/см^3$	$P_{ммв}, кПа$	$\theta_{ммв}, см^3/см^3$
Ап	14,7	0,395	28,6	0,292	57,7	0,200
АВ	14,7	0,387	28,3	0,290	57,4	0,198
В	14,7	0,290	24,2	0,223	44,1	0,161
Ск	14,7	0,232	22,3	0,186	38,6	0,142

Максимальные значения критических состояний влаги чернозема выщелоченного присуще гор. A_n и AB , при этом они практически не отличаются между собой, т.к. гранулометрический состав данных горизонтов однороден по всем фракциям и имеет их одинаковые значения. Далее по профилю значения критических состояний влаги уменьшаются.

Полученные экспериментальные ОГХ для основных диагностических горизонтов исследуемого чернозема аппроксимированы функцией ван Генухтена в программном пакете *RETC* (van Genuchten et al., 1991). Значения параметров, полученных при аппроксимации (θ_r – остаточная влажность, θ_s – влажность насыщения, α – величина, обратная давлению входа воздуха, n – индекс распределения пор по размерам, K_s – коэффициент фильтрации) чернозема выщелоченного под яблоневыми насаждениями приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Гидрофизические параметры ван Генухтена чернозема выщелоченного под яблоневыми насаждениями.

Горизонт	$\theta_r,$ $см^3/см^3$	$\sigma_{\theta_r},$ $см^3/см^3$	$\theta_s,$ $см^3/см^3$	$\sigma_{\theta_s},$ $см^3/см^3$	$\alpha,$ $1/см$	$\sigma_{\alpha},$ $1/см^3$	$n, (-)$	σ_n	$K_r,$ $см/сут$	$\sigma_{K_r},$ $см/сут$

Ап	0,070	0,011	0,610	0,035	0,013	0,004	1,61	0,12	34,7	0,9
АВ	0,069	0,011	0,562	0,028	0,010	0,003	1,66	0,09	33,1	0,8
В	0,058	0,010	0,528	0,021	0,023	0,008	1,61	0,05	27,3	0,6
Ск	0,057	0,009	0,512	0,022	0,033	0,011	1,57	0,04	14,9	0,7

Полученные гидрофизические функции и параметры ван Генухтена использованы в динамическом моделировании водного режима почв под яблоневыми культурами, а также в аналитических расчетах при обосновании необходимости проведения оросительных мелиораций.

4. ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ ПОД ПЛОДОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ

Для характеристики влагообеспеченности почвы в условиях плодового сада нами были определены величины продуктивного влагозапаса в метровом слое чернозема выщелоченного под яблоневыми и грушевыми насаждениями по вегетационным периодам 2012-2014 гг. в НИИСС им. М. А. Лисавенко. Оптимальная величина продуктивных запасов влаги в метровом слое почвы для этих культур в условиях Алтайского Приобья равняется 148 мм.

Исследования показали, что в 2012 году максимальные величины продуктивных почвенных влагозапасов под яблоней и грушей были отмечены в апреле после схода снега, которые все же были намного ниже оптимальных. Дальнейшее иссушение почвы привело к дефициту продуктивных влагозапасов под яблоней в июне 0,5 мм, в июле 6,2 мм, под грушей 4,5 мм в июле. Т.е. в течение этих месяцев влага в слое 0-100 см была недоступна для растений, и они испытывали водный стресс, негативно отразившийся на формировании плодов. В течение всего вегетационного периода 2012 г. в пару значения влагозапасов были больше чем под плодовыми насаждениями.

В 2013 г. на момент начала продолжения вегетации максимальные влагозапасы были накоплены под грушей, чем под яблоней, сказалось неравномерное накопление снега в кварталах сада. Несмотря на то, что максимум под грушей составлял 118 мм в апреле этого все равно недостаточно для максимального формирования урожая. В результате того, что за предыдущий осенне-зимний период было накоплено значительное количество осадков культуры не испытывали дефицита влаги, но при этом значения влагозапасов были в 2-3 раза ниже оптимальных.

В 2014 г., несмотря на высокие весенние влагозапасы, летом сформировался их дефицит под яблоней в июле 8,7 мм, под грушей 4,4 мм. Пар также как и в предыдущие годы выполнял влагоаккумулирующую функцию, достигая максимальных значений продуктивных влагозапасов 130 мм в апреле.

Независимо от обеспеченности влагой по годам величины влагозапасов под яблоней в весенне-летний период имеют меньшие значения, чем под грушей, в то время как осенью эти значения под яблоней превышают аналогичные параметры под грушей. Поэтому грушевые насаждения в

условиях Алтайского Приобья на формирование вегетативных и генеративных побегов потребляют больше влаги в течение вегетационного периода, чем яблоневого.

Для обоснования необходимости водных мелиораций в условиях плодового сада из-за сильной изменчивости погодных условий для получения статистически значимых результатов ряды наблюдений должны быть не менее 10...15 лет. Такие длительные наблюдения организовать трудно, поэтому нами были получены значения продуктивных влагозапасов в результате численного эксперимента в среде *Hydrus* за 2004-2011 вегетационные периоды. Таким образом, был сформирован массив подекадных значений влагозапасов за 2004-2014 г., который позволил оценить вероятность необходимости водных мелиораций в условиях плодового сада Алтайского Приобья с помощью вероятностно-статистического подхода. Результаты представлены на рис. 3-4 в виде гистограмм распределения вероятностей продуктивных запасов влаги (0-100 см).

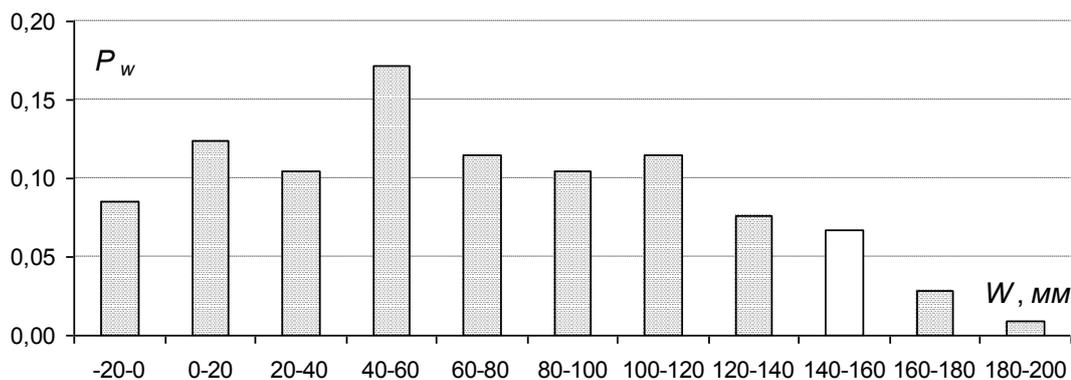


Рисунок 3 - Распределение вероятностей (P_w) продуктивных запасов влаги (W) в слое (0-100 см) в черноземе под яблоневыми насаждениями за 2004-2014 гг ($n = 450$).

На гистограмме видно, что значения оптимальных значений продуктивных влагозапасов (диапазон 140-160 мм, столбец без штриховки; $W_{opt} = 148 мм$) в слое 0-100 см составляет незначительную долю, а именно 6,7% от общего числа лет, что наглядно показывает необходимость проведения оросительных мелиораций.

Для груши значения оптимальных значений продуктивных влагозапасов (диапазон 140-160 мм, столбец без штриховки) в слое 0-100 см составляет также незначительную долю, а именно 2,8 % от общего числа лет. Наиболее вероятные значения продуктивных влагозапасов под яблоней и грушей располагаются в интервале 40-60 мм, что явно недостаточно для получения высоких и устойчивых урожаев.

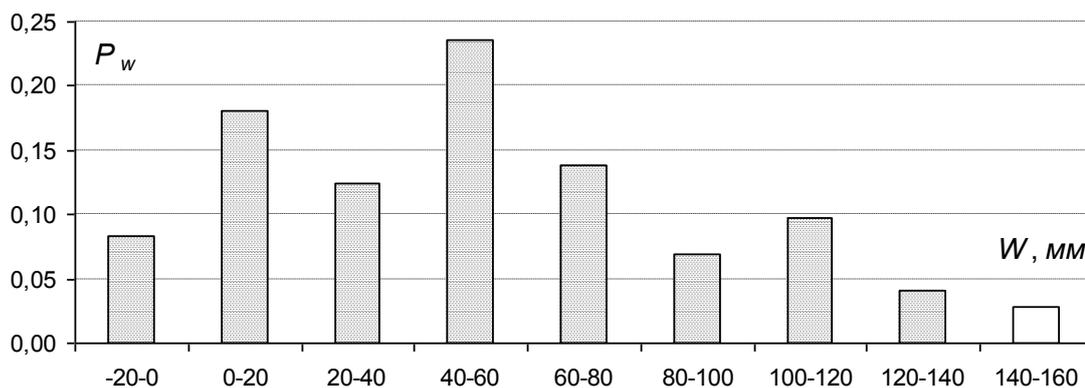


Рисунок 4 - Распределение вероятностей (P_w) продуктивных запасов влаги (W) в слое (0-100 см) в черноземе под грушевыми насаждениями за 2004-2014гг ($n = 450$).

Также нами была проанализирована теплообеспеченность почвы на глубинах 20 и 50 см по годам исследования в совокупности с модельными значениями температур за 2004-2011 вегетационные периоды. Так максимальная вероятность температур на глубине 20 см расположена в диапазоне 15-20 °С и равняется 0,44. Данный диапазон температур является оптимальным для роста и развития яблоневых и грушевых культур. На глубине 50 см наиболее вероятные температуры почвы (12-14 °С) несколько ниже оптимальных значений, а так как основная доля корней плодовых культур расположена в слое 20-60 см, то для обеспечения высоких урожаев фруктов необходимо предусмотреть подогрев поливной воды, например в прудах-накопителях.

Учитывая, что природные факторы являются вероятностными величинами и в связи с невозможностью точно спрогнозировать изменения матожидания, нами был использован сценарный подход с формированием матрицы сценариев изменения климатических факторов. Выявлено, что при отсутствии мелиоративного воздействия продуктивность плодовых культур невысока, о чем свидетельствуют низкие значения вероятностей превышения в области высоких уровней продуктивности при совместном учете водного и теплового режима.

Рассмотренные особенности влагообеспеченности в почвах плодового сада позволяют сделать вывод о необходимости регулирования водного режима. Возможность регулирования водного режима почв под плодовыми культурами рассмотрим на примере яблони. Момент начала расчета водного режима соответствовал окончанию весеннего снеготаяния. При моделировании поливов начало расчета планировалось на первую декаду мая, конец расчета на третью декаду августа.

Величина водопотребления рассчитана методом водного баланса (Костяков, 1960):

$$E_i = M_i + P_i + (W_{ni} - W_{ki}) \pm q_i \quad (1)$$

где M_i – оросительная норма за расчетный период, $m^3/га$; P_i – осадки за расчетный период, $m^3/га$; W_{ni} – запас почвенной влаги на момент начала вегетации, $m^3/га$; W_{ki} – запас почвенной влаги на момент конца вегетации,

$m^3/га$; q_i – влагообмен на нижней границе расчетного слоя почвы, $m^3/га$.
 Результаты расчета водного режима почвы приведены на рис. 5.

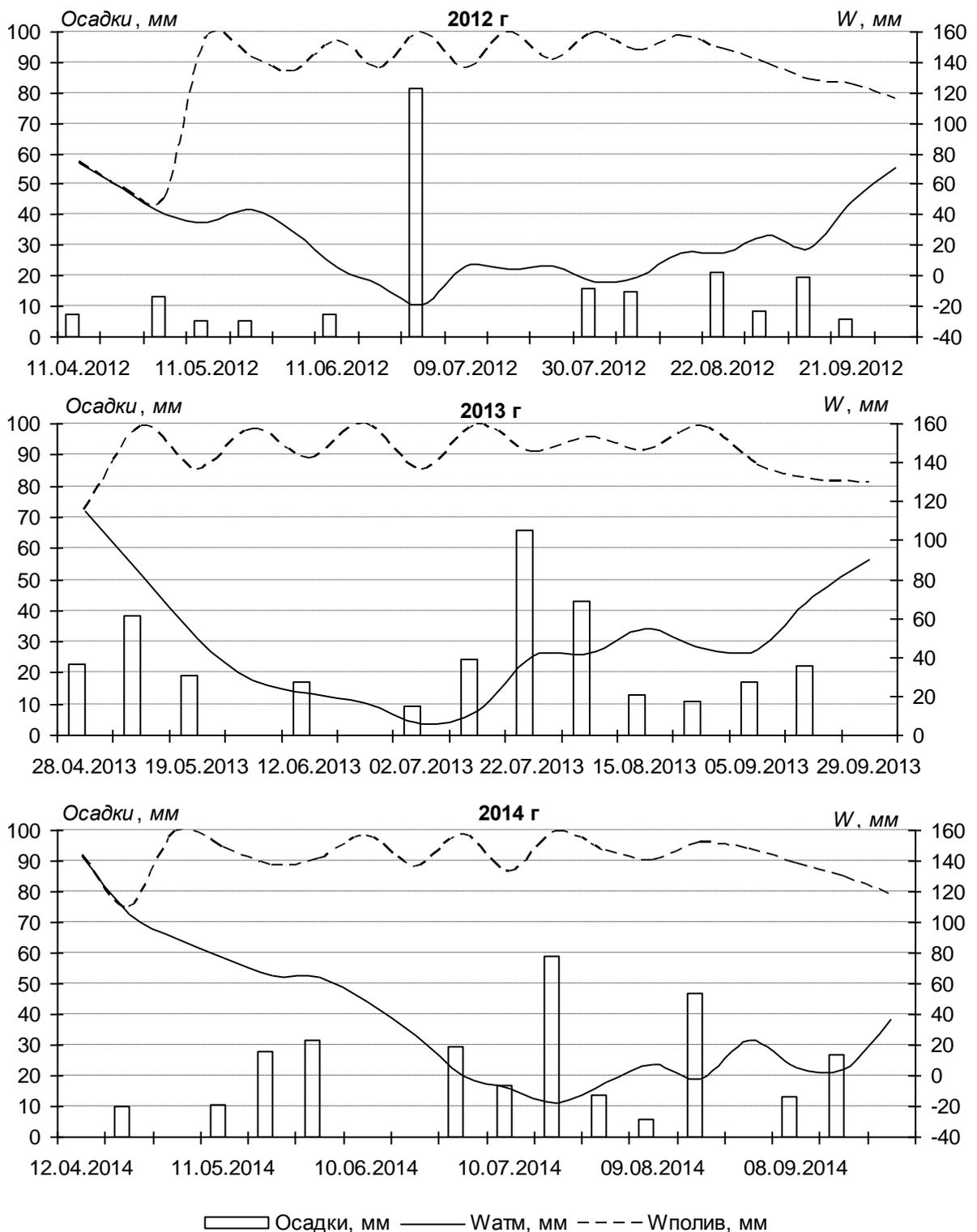


Рисунок 5 - Водный режим почвы под яблоневыми насаждениями за вегетационные периоды 2012-14 г. Осадки – сумма эффективных осадков за декаду; $W_{атм}$ – подекадный продуктивный запас влаги при атмосферном увлажнении; $W_{полив}$ – подекадный продуктивный запас влаги при поливе (модельный эксперимент).

Как видно на рисунке, величина дефицита влаги на начало вегетации яблони (первая декада мая) в 2012 г. составила около $1200 \text{ м}^3/\text{га}$. Для восполнения этого дефицита был произведен модельный полив нормой $1200 \text{ м}^3/\text{га}$, который можно рассматривать как влагозарядковый. Следует отметить, что при регулярном вегетационном орошении плодовых культур потребность во влагозарядковых поливах снижается. В острозасушливый вегетационный период 2012 г. с высокими температурами, сопровождающимися суховеями суммарное водопотребление составило $2300 \text{ м}^3/\text{га}$.

В 2013 году на момент начала возобновления вегетации плодовых культур величина продуктивных запасов влаги в почве составляла 70 мм , что больше, чем в прошлом году, но все же недостаточна для оптимального увлажнения плодовых культур. При этом дефицит почвенной влаги составил около $480 \text{ м}^3/\text{га}$, что в 2,5 раза меньше чем в 2012г.

За вегетационный период 2013 г. суммарное водопотребление и оросительная норма при модельном поливе составили $6047 \text{ м}^3/\text{га}$ и $2876 \text{ м}^3/\text{га}$ соответственно, что меньше этих величин в 2012г.

Предыдущий благоприятный 2013 год обусловил высокие значения весенних продуктивных почвенных влагозапасов в 2014 г. Но, в связи с высокими весенними температурами величина дефицита влаги на момент возобновления вегетации составила $740 \text{ м}^3/\text{га}$. Практически весь июль, несмотря на выпавшие осадки, средняя влажность в метровом слое почвы была ниже величины влаги завядания.

Модельные расчеты показали, что в среднем за вегетационный период в условиях Алтайского Приобья необходимо проводить 12-17 поливов яблоневого сада через 5-9 дней нормой $200 \text{ м}^3/\text{га}$.

Анализ результатов расчета элементов водного баланса яблоневого сада показал, что суммарное водопотребление яблоневого сада при проведении оросительных мелиораций возрастает в 3 раза, увеличиваясь с $2274 \text{ м}^3/\text{га}$ до $6563 \text{ м}^3/\text{га}$. При этом коэффициент вариации уменьшается в 2 раза, из чего можно сделать практический вывод о положительном влиянии орошения на вариабельность водного режима, что, в конечном счете, благотворно действует на развитие растения, снижая вероятность возникновения водного стресса у него.

Одной из проблем орошаемого земледелия является разработка оперативных способов и средств корректировки поливных режимов плодовых культур, в частности, яблони. Наибольшей простотой и точностью расчетов выделяется метод А.М. Алпатьева (1965, 1967), основанный на использовании дефицита упругости водяного пара и так называемых биологических коэффициентов, которые характерны для каждой территории, их необходимо уточнять для местных агроклиматических условий. Однако в условиях Алтайского Приобья эти коэффициенты для плодовых культур до настоящего времени не были получены. Нами рассчитаны биоклиматические коэффициенты плодовых культур по результатам модельного эксперимента и проведенных в течение трех лет полевого эксперимента в НИИСС им. М. А. Лисавенко (табл. 3).

Таблица 3 - Биоклиматические коэффициенты плодовых культур в условиях Алтайского Приобья

Месяц	Декада	K_6	σ
Май	I	1,12	0,87
	II	0,66	0,08
	III	0,74	0,50
Июнь	I	0,42	0,18
	II	0,29	0,10
	III	0,45	0,17
Июль	I	1,25	0,72
	II	0,30	0,06
	III	0,38	0,14
Август	I	1,16	0,43
	II	0,72	0,19
	III	0,51	0,28

Из таблицы видно, что значения коэффициентов максимальны в весенний период на момент возобновления вегетации и в первую декаду июля, когда водопотребление плодовыми культурами максимально. Суммарное испарение, рассчитанное по дефициту влажности воздуха, определяется по данным ближайшей метеостанции. Несмотря на то, что метеостанции, расположены, как правило, на богаре нами не была учтена так называемая микроклиматическая поправка, т.к. в качестве основного вида оросительной мелиорации плодового сада предполагается использовать капельное орошение, для которого характерно минимальное испарение с поверхности почвы. Данные биоклиматические коэффициенты можно применять при расчете поливных норм плодовых культур в условиях Алтайского Приобья при отсутствии инструментального контроля предполивного порога влажности почвы.

5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Окончательный вывод о необходимости проведения оросительных мелиораций можно делать после анализа одновременного воздействия температурных и водных условий почвы. Например, в условиях с достаточно низкими температурами, даже, если вероятность необходимости орошения будет велика, эффекта от орошения не будет, т.к. продуктивность растений определяется лимитирующим фактором среды.

Для описания зависимости продуктивности растения от факторов внешней среды нами использована модель В.В. Шабанова (2003). Рассмотрим зависимость средней продуктивности плодовых культур в условиях сада при изменении температуры и влажности чернозема выщелоченного (рис.6-7).

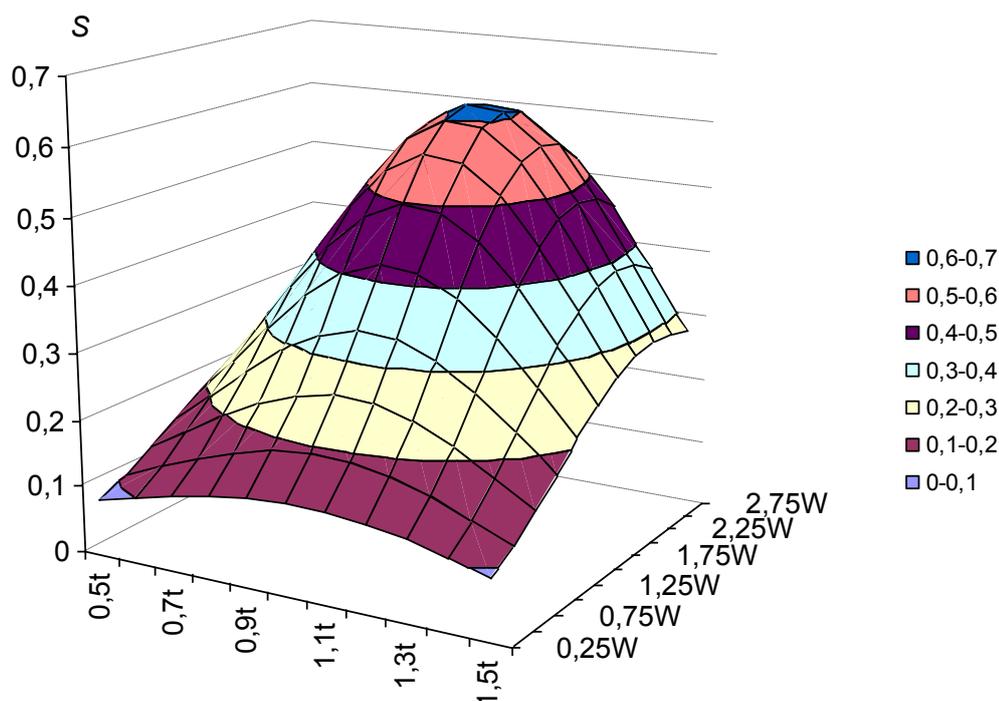


Рисунок 6 - Зависимость средней продуктивности яблони при изменении температуры и влажности почвы.

Анализ рисунка показывает, что средняя за десятилетие продуктивность яблони в естественных условиях Алтайского Приобья составляет всего 20-30% от максимально возможной, при этом абсолютное значение урожайности равняется 25-60 ц/га, что соответствует реальным значениям, полученным за многие годы исследований С.Н. Хабаровым (1991, 1999). Среднегодовое температуры почвы для яблони следует признать оптимальными. При увеличении продуктивных запасов в черноземе в 2,3 раза продуктивность яблони увеличится до 60% от максимальной, что не совсем достаточно для полного использования яблоневых культур в условиях Алтайского Приобья.

Для груши средняя продуктивность в естественных условиях составляет 25% от максимально возможной. При увеличении продуктивных запасов в почве в 2,8 раза и температуры почвы в 1,2 раза продуктивность груши увеличится до 65% от максимальной, при этом также использован не весь потенциал возможной продуктивности.

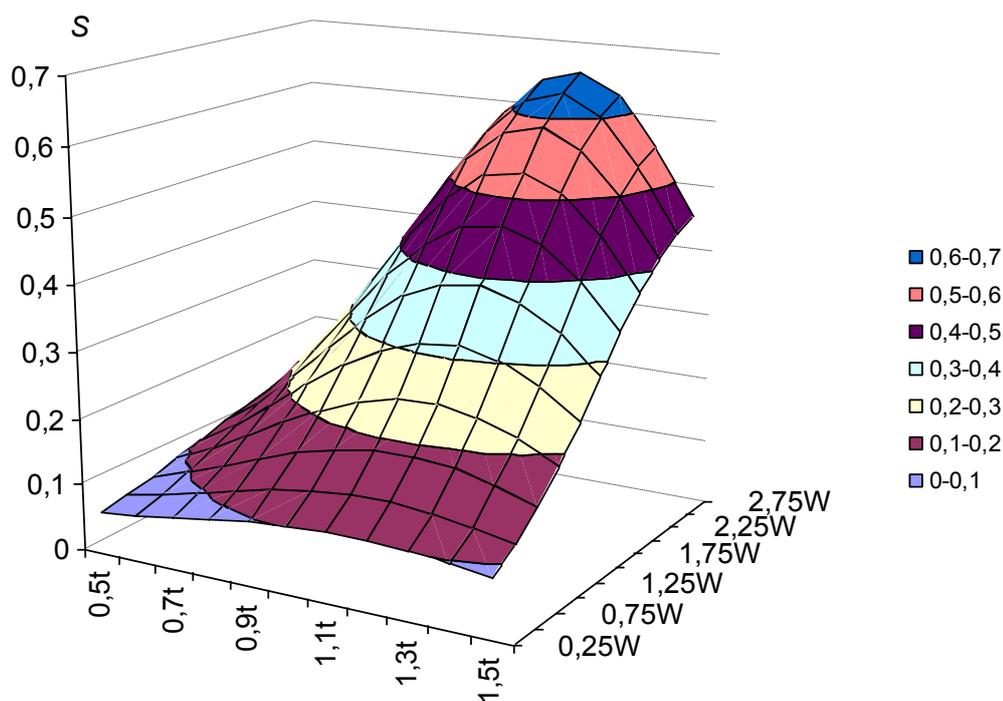


Рисунок 7 - Зависимость средней продуктивности груши при изменении температуры и влажности почвы.

Регулирование влажности почвы искусственным способом подразумевает поддержание оптимальных влагозапасов воды (W_{opt}) в некотором диапазоне увлажнения. При использовании современных систем капельного полива или внутрипочвенного орошения в условиях плодового сада, на наш взгляд, технически достижимо поддерживать влагосодержание почвы в диапазоне легкодоступной влаги, что способствует максимальному развитию культуры при оптимальном тепловом и питательном режимах почвы. Для чернозема выщелоченного Алтайского Приобья вариабельность влагозапасов в диапазоне легкодоступной влаги относительно W_{opt} составляет $\pm 20\%$. Уменьшение среднеквадратичного отклонения колебания влажности почвы (σ_w) относительно W_{opt} при регулировании водного режима позволит повысить урожайность культуры, т.к. растение будет подвержено водному стрессу в меньшей мере, чем при значительных величинах σ_w . Исследование изменения относительной продуктивности яблони и груши в условиях Алтайского Приобья при $\sigma_w = \sigma_t = \pm 20\%$ от W_{opt} и t_{opt} показало, что при уменьшении σ_w и σ_t от величин, полученных для естественных условий до значений $\sigma_w = 0,2W_{opt}$, $\sigma_t = 0,2t_{opt}$ при условии применения средних факторов среды (почвы) найденных выше средняя продуктивность плодовых насаждений увеличивается до 80% от максимально возможной урожайности. При уменьшении σ_w и σ_t до значений $\sigma_w = 0,1W_{opt}$, $\sigma_t = 0,1t_{opt}$ при средняя продуктивность плодовых насаждений может достигать 90% от максимально возможной урожайности, что можно считать приемлемым при регулируемом практически реализуемом отклонении гидротермического режима почвы от оптимальных абиотических факторов среды.

ВЫВОДЫ

1. Исследуемый чернозем имеет среднесуглинистый, близкий к тяжелосуглинистому иловато-крупнопылеватый гранулометрический состав. Обладает высокой степенью агрегирования, легко впитывает и удерживает влагу, что способствует созданию благоприятных условий для обеспечения плодовых насаждений влагой и воздухом.

2. Независимо от обеспеченности влагой по годам величины влагозапасов под яблоней в весенне-летний период имеют меньшие значения, чем под грушой, в то время как осенью эти значения под яблоней превышают аналогичные параметры под грушей.

3. Влагообеспеченность чернозема выщелоченного плодового сада не позволяет получать полноценные урожаи фруктов в условиях Алтайского Приобья. Так, значения вероятностей оптимальных влагозапасов для яблони и груши в слое 0-100 см составляет 0,067 и 0,028 соответственно.

4. Наиболее вероятные значения температур почвы на глубине 20 см являются оптимальными для роста и развития яблоневых и грушевых культур. На глубине 50 см наиболее вероятные температуры почвы несколько ниже оптимальных значений, а так как основная доля корней плодовых культур расположена в слое 20-60 см, то для обеспечения высоких урожаев фруктов необходимо предусмотреть подогрев поливной воды, например в прудах-накопителях.

6. Модельные расчеты показали, что в среднем за вегетационный период в условиях Алтайского Приобья необходимо проводить 12-17 поливов яблоневых культур через 5-9 дней нормой $200 \text{ м}^3/\text{га}$.

7. Суммарное водопотребление яблоневых насаждений при проведении модельных оросительных мелиораций возрастает в 3 раза, увеличиваясь с $2274 \text{ м}^3/\text{га}$ до $6563 \text{ м}^3/\text{га}$, при этом коэффициент вариации уменьшается в 2 раза, что говорит о положительном влиянии орошения на вариабельность водного режима, и в конечном счете, благотворно действует на развитие растения, снижая вероятность возникновения водного стресса у него.

8. Полученные биоклиматические коэффициенты Алпатьева можно применять при расчете поливных норм плодовых культур в условиях Алтайского Приобья при отсутствии инструментального контроля предполивного порога влажности почвы.

9. Средняя за десятилетие продуктивность яблони и груши в естественных условиях Алтайского Приобья составляет 20-30% от максимально возможной.

10. Для достижения максимальной продуктивности плодовых культур в условиях Алтайского Приобья необходимо увеличить влагозапасы в 2,3 и 2,8 раза для яблони и груши соответственно, при этом отклонение от оптимального уровня не должно превышать $\pm 10\%$. В данном случае средняя продуктивность плодовых насаждений может достигать 90% от максимально возможной урожайности, что можно считать приемлемым при регулируемом

практически реализуемом отклонении гидротермического режима почвы от оптимальных факторов среды.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

Для достижения максимальной продуктивности плодовых культур в условиях Алтайского Приобья необходимо в среднем за вегетационный период проводить 12-17 поливов яблоневых культур через 5-9 дней нормой $200 \text{ м}^3/\text{га}$.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ:

1. Макарычев С.В., Болотов А.Г., Гефке И.В., Гончаров И.А., **Гончаров Н.А.** Основная гидрофизическая характеристика черноземов выщелоченных Алтайского Приобья в условиях сада // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 12. – С. 35-39.
2. Болотов А.Г., Дубский С.Н., Шаталов А.Н., Шаталов А.Н., Бутырин И.Н., Кузнецов Е.Н., Гончаров И.А., **Гончаров Н.А.** Моделирование основной гидрофизической характеристики черноземов Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 2. – С. 31-35.
3. Болотов А.Г., **Гончаров Н.А.**, Гончаров И.А. Функции влагопроводности черноземов выщелоченных Алтайского Приобья // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 4. – С. 30-34.

Публикации в других изданиях:

4. Болотов А.Г., Шаталов А.Н., Бутырин И.Н., Гончаров И.А., **Гончаров Н.А.** Моделирование режима влажности почв // Современные научные исследования: инновации и опыт: сб. статей VII Междунар. науч.-практ. конф. (27-30 декабря 2014 г.): – Екатеринбург: Изд-во «Наука и образование», 2014. – С. 20-22.
5. **Гончаров Н.А.** Гидрофизические функции черноземов низкогорий Алтая // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. статей X Междунар. науч.-практ. конф. (4-5 февраля 2015 г.): в 3 кн. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2015. – Кн. 2. – С. 359.
6. Болотов А.Г., **Гончаров Н.А.**, Гончаров И.А. Вододерживающая способность чернозема выщелоченного под ягодными насаждениями в условиях Алтайского Приобья // Инновационная наука. – Уфа: ООО «Аэтерна», 2015. – № 6. – С. 100-101.