

На правах рукописи



Человечкова Анна Владимировна

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЛЯ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЧВ КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

03.02.13 – Почвоведение

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Курган – 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева» на кафедре землеустройства, земледелия, агрохимии и почвоведения

Научный руководитель: **Комиссарова Ирина Валерьевна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры землеустройства, земледелия, агрохимии и почвоведения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева»

Официальные оппоненты: **Шенин Евгений Викторович**, доктор биологических наук, профессор кафедры физики и мелиорации почв факультета почвоведения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Чумбаев Александр Сергеевич, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией почвенно-физических процессов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный аграрный университет»

Защита состоится 14 апреля 2022 года в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 003.013.01 при ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН по адресу: 630090, г. Новосибирск, про-т ак. Лаврентьева, 8/2, ИПА СО РАН; тел./факс (383)363-90-25; e-mail: soil@issa-siberia.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ИПА СО РАН <https://www.issa-siberia.ru> и на официальном сайте ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Автореферат разослан «___» _____ 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук

— Татьяна Ивановна Сиромля

Общая характеристика работы

Актуальность. Основная гидрофизическая характеристика (ОГХ) почв является одним из наиболее важных показателей, который несет информацию о взаимодействии жидкой и твердой фазы почв, широко используемой как в научных почвенно-физических исследованиях, так и в практических задачах. Ее теоретическому значению, методикам получения и использованию посвящены работы А.Д. Воронина, А.М. Глобуса, А.А. Роде, И.И. Судницина, L.A. Richardsa, W.R. Gardnera и многих других. ОГХ повсеместно используется в прогножном моделировании экосистем, оптимизации управления устойчивым сельскохозяйственным производством, представляя основную часть почвенной гидрофизической информации. Именно поэтому в последнее время все чаще осуществляются попытки найти связи ОГХ с почвенными гидрологическими, физико-механическими константами, а также с традиционными, широко используемыми свойствами (гранулометрический, агрегатный составы, содержание органического вещества, плотность и другие). Такая задача нередко возникает, когда нам необходимо знать ОГХ для больших территорий с разными типами почв. Подобная возможность имеет как теоретические, так и практические обоснования. Несмотря на то, что в настоящее время созданы большие базы данных различных характеристик почв, многие территории в отношении построения основных гидрофизических характеристик остаются не изученными, так как изучение и построение данных функций может занимать много времени.

Цель исследований: Изучение гидрофизической характеристики и проведение оценки почв Курганской области на основе почвенно-гидрологических констант.

Задачи исследований:

1. Построить и сравнить основную гидрофизическую характеристику различных типов почв Курганской области на основе физических свойств.
2. Проанализировать динамику гранулометрического состава в слое при помощи основной гидрофизической характеристики.
3. Обосновать поливные нормы с использованием основной гидрофизической характеристики.
4. Рассмотреть применение основной гидрофизической характеристики при землевании.
5. Провести расчеты активного слоя почвы на основе почвенно-гидрологических констант.

Научная новизна. Впервые в Курганской области проведены исследования и построение кривой водоудержания. В работе проведен анализ построения основной гидрофизической характеристики по лабораторным и расчетным методам. Представленная программно-аппаратная методика позволяет снизить трудоемкость, время построения основной гидрофизической характеристики и увеличить наглядность проводимых расчётов. При этом аппаратный метод позволяет проводить анализ архивных данных физических свойств почв.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Полученные почвенно-гидрологические константы разных типов почв Курганской области с использованием графика основной гидрофизической характеристики могут применяться в моделировании режима влажности почв.
2. Установлены изменения кривых ОГХ разных типов почв Курганской области.
3. На основе гранулометрического состава и кривой водоудержания определены диапазоны по запасам малопродуктивной и подвижной влаги, обоснована поливная норма и рассчитан активный слой почвы.

Практическая значимость работы. Предлагаемый программно-аппаратный метод расчетов имеет хорошую сходимость результатов при построении основной гидрофизической характеристики. Это в свою очередь, позволяет экономить время, просто и быстро прогнозировать изменения водных свойств почвенного покрова и дает возможность корректировать сроки обработки и полива почвы, проводить расчеты активного слоя, необходимого для рекультивации.

Публикации результатов исследований.

Основное содержание диссертационной работы отражено в 26 печатных работах, в том числе: 8 публикации в Scopus и WoS, 5 статей в рецензируемых научных журналах ВАК РФ.

Объем и структура работы Диссертационная работа изложена на 137 страницах печатного текста. Состоит из введения, пяти глав, включающих описание объекта и методики исследования, изложение полученных результатов, их обсуждение, заключения, списка литературы, включающего 182 источника, в том числе 19 на иностранном языке. Содержит 13 таблиц, 40 рисунков, 4 приложения, включающих 13 таблиц.

Личный вклад. Автором проведен анализ публикаций по теме исследования, сформулированы цель, задачи, защищаемые положения, научная новизна и выводы. Также были получены, обработаны и проанализированные данные в период с 2011 по 2020 г. Составлена программная методика обработки почвенных исследований, что позволило провести анализ архивных данных.

Благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю к.б.н., доценту И.В. Комиссаровой за консультирование при написании диссертационной работы. Сотрудникам Тюменского государственного аграрного университета Северного Зауралья Агротехнологического института д.б.н., профессору Д.И. Еремину, д.б.н. И.В. Греховой за оказанную помощь и консультации на различных этапах выполнения работы.

Краткое содержание работы

Глава 1. Почвенная влага, ее характеристики и методы их измерения

Приводится обзор литературы по вопросам исследования и оценки водного режима почв, рассматривается развитие учения о давлении почвенной влаги и история развития гидрофизических исследований.

Глава 2. Природно-климатические условия и объект исследования

2.1 Природно-климатические условия территории Курганской области

В данном разделе представлены природно-климатические условия территории Курганской области.

2.2 Характеристика Курганского овощного сортоиспытательного участка

Структура почвенного покрова Курганского овощного сортоиспытательного участка представлена двумя элементарными почвенными структурами (ЭПС) с различным характером элементарных почвенных ареалов (ЭПА). Основным объектом исследований стал чернозем выщелоченный слабогумусированный среднетощный легкосуглинистый. Отбор почвенных образцов проводился в летний период 2012 г. и 2020 г. на Курганском овощном сортоиспытательном участке КГСХА. Так же для сравнения результатов исследования были взяты данные 1986 и 1995 года. Гранулометрический состав почв исследуемого участка приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Гранулометрический состав (%) чернозема выщелоченного легкосуглинистого Курганского овощного сортоиспытательного участка, 2012 г.

| Горизонт | Глубина, см | 1-0,25, % | 0,25-0,05, % | 0,05-0,01, % | 0,01-0,005, % | 0,005-0,001, % | <0,001, % | <0,01, % |
|----------|-------------|-----------|--------------|--------------|---------------|----------------|-----------|----------|
| А | 0-10 | 8,32 | 64,12 | 4,92 | 3,44 | 5,78 | 13,42 | 22,64 |
| | 10-20 | 6,40 | 64,96 | 5,33 | 5,31 | 5,52 | 12,48 | 23,31 |
| | 20-30 | 5,58 | 68,79 | 5,72 | 4,34 | 4,38 | 11,19 | 19,91 |
| | 30-40 | 2,29 | 64,75 | 5,98 | 3,04 | 6,14 | 17,80 | 26,98 |
| АВ | 40-50 | 2,11 | 55,30 | 8,34 | 3,52 | 9,02 | 21,71 | 34,25 |
| | 50-60 | 1,07 | 70,88 | 1,88 | 0,88 | 5,15 | 20,14 | 26,17 |
| В | 60-70 | 0,81 | 65,51 | 3,63 | 3,63 | 13,81 | 12,61 | 30,05 |
| | 70-80 | 3,81 | 60,66 | 3,83 | 0,48 | 8,37 | 22,85 | 31,70 |
| ВС | 80-90 | 2,00 | 78,48 | 5,85 | 0,94 | 1,41 | 11,32 | 13,67 |
| | 90-100 | 1,04 | 69,91 | 5,47 | 3,33 | 8,51 | 11,74 | 23,58 |

Содержание мелкого песка (фракции 0,25-0,05 мм) практически не изменяется в пределах почвенного профиля. Содержание физической глины (фракции <0,01) на исследуемом участке колеблется от 19,91 до 34,25%. Верхний гумусовый горизонт (слой 0-40 см) содержит в среднем 23,21% физической глины. Вниз по профилю содержание фракции физической глины слегка увеличивается до 31,70%. По результатам проведенного гранулометрического анализа, описываемые чернозёмы можно отнести к легкосуглинистым песчано-иловатым. В таблице 2 приведены основные физические свойства изучаемого чернозема.

Таблица 2 – Физические свойства чернозема выщелоченного легкосуглинистого Курганского овощного сортоиспытательного участка, 2012 г.

| Горизонт | Глубина, см | Плотность твердой фазы, г/см ³ | Плотность почвы, г/см ³ | Общая пористость, % |
|----------|-------------|---|------------------------------------|---------------------|
| А | 0-10 | 2,63 | 1,11 | 57,8 |
| | 10-20 | 2,59 | 1,33 | 48,7 |
| | 20-30 | 2,63 | 1,39 | 47,1 |
| | 30-40 | 2,63 | 1,13 | 57,0 |
| АВ | 40-50 | 2,66 | 1,39 | 47,7 |
| | 50-60 | 2,70 | 1,21 | 55,2 |
| В | 60-70 | 2,70 | 1,26 | 53,3 |
| | 70-80 | 2,70 | 1,62 | 40,0 |
| ВС | 80-90 | 2,70 | 1,42 | 47,4 |
| | 90-100 | 2,90 | 1,50 | 48,3 |

В пахотном слое чернозема плотность твердой фазы составляет 2,62 г/см³, с незначительным увеличением в подпахотном горизонте – до 2,67 г/см³. Такая плотность твердой фазы характерна для малогумусных почв. Плотность почвы в верхней части профиля имеет наименьшее значение – 1,11 г/см³, вследствие более высокого содержания органического вещества. Данная величина соответствует культурной свежевспаханной пашне. Средняя плотность почвы пахотного слоя 0-30 см составила 1,28 г/см³, что позволяет оценить пашню как уплотненную. При оценке плотности почвы использовалась шкала Н.А. Качинского. Общая пористость изменяется от 40,0 % в слое 70-80 см, до 57,8 % в слое 0-10см. Среднее значение пористости в пахотном слое 0-30 см составило 51,2 %. По шкале Н.А. Качинского, такая пористость для пахотного слоя является удовлетворительной.

По определению содержания общего гумуса установили, что исследуемый участок относится к слабогумусированному виду почв с содержанием гумуса в верхнем 30-сантиметровом слое 3,6 %. С увеличением глубины, содержание органического вещества уменьшается до 2% в слое 30-40см.

Глава 3. Методика проведения исследования

3.1 Методы определения основной гидрофизической характеристики

Целью исследования стало изучение гидрофизических характеристик и построение основной гидрофизической характеристики почв Курганской области на примере чернозема выщелоченного. Для сокращения затрат времени на построение ОГХ была разработана программно-аппаратная методика построения изучаемых графиков ОГХ. С учетом того, что ОГХ индивидуальна для каждой конкретной почвы и представляется обычно в виде графиков, охватывающих широкий интервал значений влажности и потенциалов влаги, особое значение приобретает вопрос о методах и приборах, позволяющих быстро и надежно измерять эти величины.

3.2 Методика построения ОГХ и использование ее для определения основных физических показателей и характеристик почв

3.2.1 Лабораторный метод

В качестве инструментального метода определения основной гидрофизической характеристики в работе в области рF от 4,4 до 6,5 (область адсорбированной прочносвязанной и пленочной влаги) мы использовали метод десорбции паров воды над насыщенными растворами солей.

Для определения основной гидрофизической характеристики в области высоких давлений, рF до 3 (область пленочно-капиллярной и капиллярной влаги) в нашей работе использовался метод, приближенный к методу тензиостатов. По результатам, которые были получены при определении влажности инструментальными методами, построили график (рисунок 1).

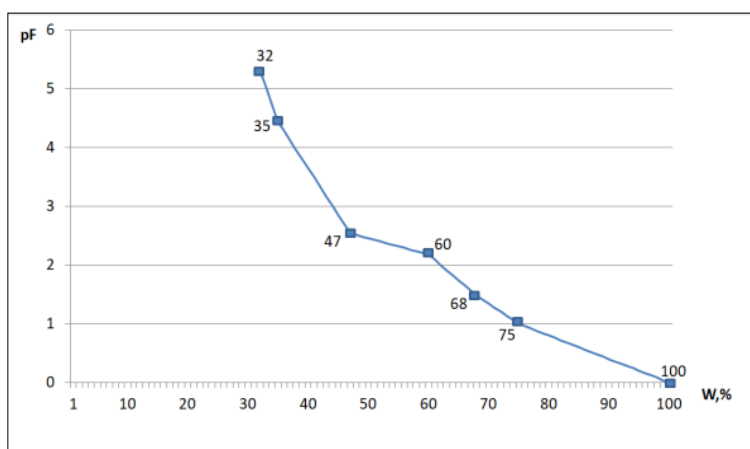


Рисунок 1. Кривая водоудерживающей способности (ОГХ) чернозема выщелоченного легкосуглинистого Курганского овощного сортоиспытательного участка, полученная инструментальным методом, 2012 г.

3.2.2 Расчетный метод

Основные физические свойства почвы (гранулометрический состав, плотность, пористость), которые были определены в работе, использовались для расчетного метода определения кривой водоудержания. Достоинством этого метода является использование традиционной для отечественных почвоведов информации. В его основу положена концепция развитая Ворониным, согласно которой каждой почвенно-гидрологической константе на кривой водоудерживания соответствует давление влаги, определяемое одним из уравнений:

пористость $\varepsilon \Rightarrow P=0$;

предел текучести $W_{пт} \Rightarrow pF=2,17$;

наименьшая влагоемкость $W_{нв} \Rightarrow pF=2,17+ W_{нв}$;

максимальная молекулярная влагоемкость $W_{мmb} \Rightarrow pF=2,17+3 \cdot W_{мmb}$;

максимальная гигроскопичность почвы $W_{мг} \Rightarrow pF=4,45$.

Следовательно, задача восстановления ОГХ свелась к расчету почвенно-гидрологических констант (ПГК) из данных гранулометрического состава почвы. На обширном экспериментальном материале установлено, что значения ПГК связаны с плотностью (ρ), пористостью (ε) почвы и содержанием фракций гранулометрического состава (ω), регрессионными уравнениями:

$$\varepsilon=0,805-0,183\omega_1+0,285\omega_2+0,057\omega_5-0,266\rho$$

$$W_{\text{пт}}=0,082+1,163\omega_2-0,287\omega_3-0,107\omega_6+0,312\varepsilon$$

$$W_{\text{нв}}=0,15+0,085\omega_1+0,514\omega_2+0,142\omega_4-0,145\omega_6$$

$$W_{\text{ммб}}=0,053+0,941\omega_2-0,139\omega_3-0,031\omega_6+0,165\varepsilon$$

$$W_{\text{мг}}=-0,009+0,198\omega_1-0,059\omega_2+0,04\omega_4+0,078\omega_5$$

где $\omega_1, \omega_2 \dots \omega_6$ – фракции гранулометрического состава почвы от ила до крупного песка по классификации Н.А. Качинского.

В представленных расчетных уравнениях не учитывается содержание органического углерода и почвенный профиль не дифференцируется по глубине. Но этот недостаток компенсируется учетом значений плотности и пористости почвы, во многом зависящих от генетических особенностей почвенных горизонтов.

По данным формулам была рассчитана соответствующая влажность для каждого давления влаги. По результатам этих данных был построен график (рисунок 2).

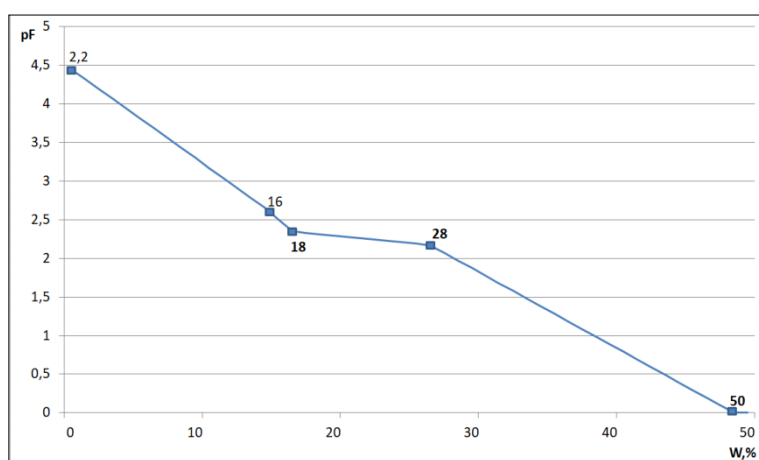


Рисунок 2. Кривая водоудерживающей способности (ОГХ) чернозема выщелоченного легкосуглинистого Курганского овощного сортоиспытательного участка, полученный расчетным методом, 2012 г.

По рисунку 2 мы видим, что в области $pF > 4$ влажность почвы будет составлять около 2%. Эта величина является недоступной для растений. В области $pF 2,8-4$ величина влажности будет изменяться от 2 до 16%, что соответствует области пленочной влаги. В интервале $pF 2,8-2,2$ влажность будет изменяться от 16 до 28%, что соответствует капиллярной области. Область насыщения почвы (28-50% влажности) соответствует интервалу $pF 0-2,2$.

Сравнивая форму графиков (рисунки 1 и 2), построенных по результатам проведенных исследований, можно отметить, что лабораторный и расчетный методы дают схожие результаты формы кривой ОГХ. Но лабораторный метод построения ОГХ очень трудоемкий, длительный по времени (шесть и более недель), требует поддержания постоянных внешних условий в ходе проведения эксперимента. Расчетный метод позволяет строить кривые ОГХ по общедоступным, хорошо изученным физическим свойствам. Поскольку определение физических свойств используемых в работе, процесс не продолжительный, и очень часто физические свойства изучены и определены, то построение графика осуществляется быстрее. Разница во влажности объясняется полным насыщением образцов в инструментальном методе.

3.2.3 Программно-аппаратный метод

Стоимость получения почвенно-гидрофизической информации, особенно с учетом пространственно-временной изменчивости, обычно велика, поэтому актуальной задачей является упрощение и удешевление получения почвенно-гидрофизической информации. Программно-аппаратные методы позволяют снизить трудоемкость и увеличить наглядность проводимых расчетов.

Назначение программного комплекса. Разработанная программа предназначена для расчета гранулометрического состава почвы из почвенно-гидрологических констант. Программа выполняет построение опытного и модельного графиков по входным точкам, проводит совмещение этих графиков в указываемой пользователем точке и находит ошибку по влажности W (%) и по давлению pF для данной точки. Разработанный комплекс – «Модель расчета грансостава из ПГК» выполняется под управлением операционной системы Windows XP и последующих ОС этого семейства. Для запуска программного комплекса необходим файл model.exe. Для функционирования программы требуется ЭВМ со следующими характеристиками:

1. Процессор с тактовой частотой не менее 300 МГц;
2. Наличие не менее 2 Мб оперативной памяти;
3. Свободное пространство на жестком диске 1 Мб для файлов приложения;
4. Операционная система, поддерживающая GUI (графический интерфейс пользователя).

Для реализации программного комплекса был выбран язык программирования C++ Builder XE7.

Для построения графиков опыта и модели необходимо ввести координаты точек и нажать кнопку «построить», при необходимости проводим совмещение графиков (рисунок 3) для нахождения ошибки по влажности W (%) (рисунок 4) и по давлению pF (рисунок 5).

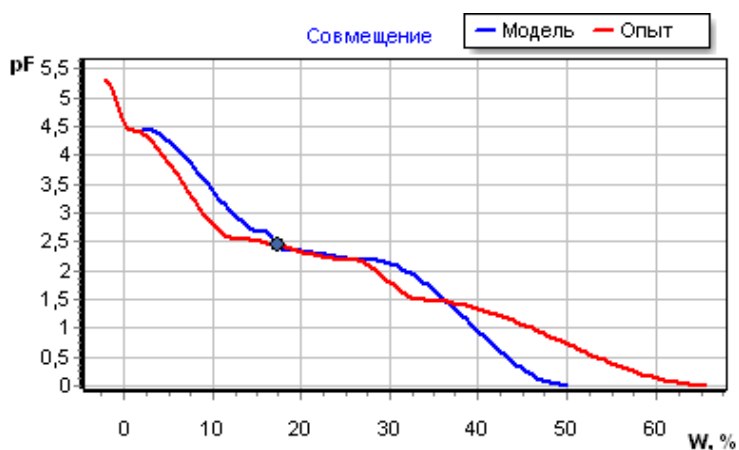


Рисунок 3. Совмещение графиков функции кривой водоудерживающей способности (ОГХ) чернозема выщелоченного легкосуглинистого Курганского овощного сортоиспытательного участка, полученных с помощью программного комплекса



Рисунок 4. Ошибка в расчетах влажности для графиков функции кривой водоудерживающей способности (ОГХ) чернозема выщелоченного легкосуглинистого Курганского овощного сортоиспытательного участка, полученные с помощью программного комплекса



Рисунок 5. Ошибка в расчетах давления для графиков функции кривой водоудерживающей способности (ОГХ) чернозема выщелоченного легкосуглинистого Курганского овощного сортоиспытательного участка, полученные с помощью программного комплекса

Далее создаем выборку ошибок для интересующих нас точек (рисунок 6). Работа с файлом «выборка ошибок» (рисунок 7) позволяет проанализировать допустимые погрешности расчета и, как следствие, отклонения от истинных значений влажности и давления.

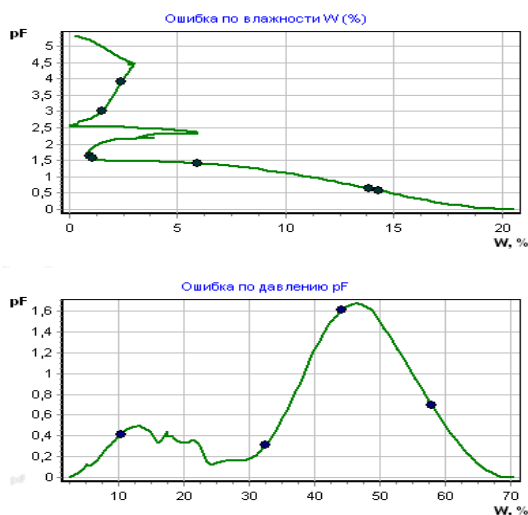


Рисунок 6. Точки расчета ошибок для графиков функции кривой водоудерживающей способности (ОГХ) чернозема выщелоченного легкосуглинистого Курганского овощного сортоиспытательного участка, полученные с помощью программного комплекса

| выборка ошибок.txt | | | |
|--------------------|-----------|--------|-----|
| Файл | Правка | Формат | Вид |
| pF | W-Error | | |
| 0.576651 | 14.303382 | | |
| 0.640723 | 13.843783 | | |
| 1.409590 | 5.932514 | | |
| 1.569771 | 1.107513 | | |
| 1.633843 | 0.956830 | | |
| 3.011398 | 1.507031 | | |
| 3.908410 | 2.440460 | | |
| W | pF-Error | | |
| 10.419810 | 0.417265 | | |
| 32.530239 | 0.307794 | | |
| 44.211221 | 1.607524 | | |
| 57.978092 | 0.696443 | | |

Рисунок 7. Выборка ошибок измерения при построении графиков функции кривой водоудерживающей способности (ОГХ) чернозема выщелоченного легкосуглинистого Курганского овощного сортоиспытательного участка, полученные с помощью программного комплекса

Также разработанная программа решает задачу нахождения значений влажностей по заданным фракциям гранулометрического состава почвы (от ила до крупного песка) (рисунок 8) и обратную ей задачу нахождения значений фракций по заданным влажностям. На каждом из окон программы имеется возможность сохранения текущих параметров.

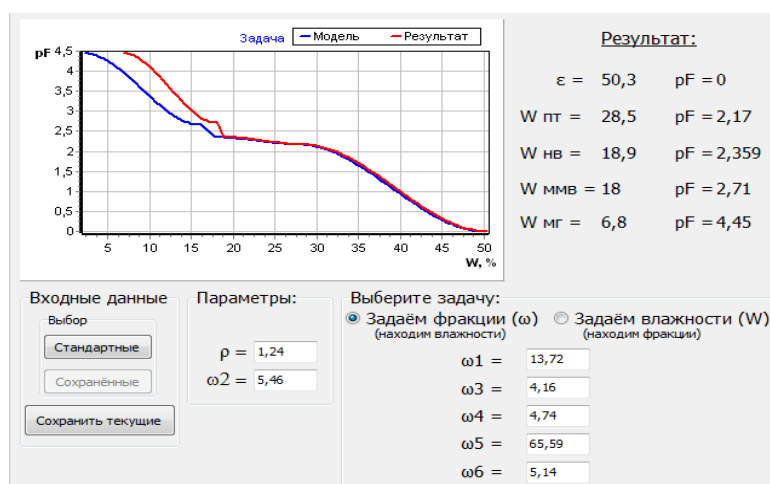


Рисунок 8. Нахождение значений влажностей по заданным фракциям гранулометрического состава почвы

Если на основе введенных данных программа вычисляет отрицательные значения фракции или влажности, то выдаётся сообщение об ошибке.

Глава 4. Основная гидрофизическая характеристика основных типов почв Курганской области

Были построены ОГХ черноземов различных участков, ОГХ солонцов и ОГХ солоды. Для построения были использованы данные исследований, которые отображены в учебном пособии «Почвы Курганской области» В.П. Егорова и Л.А. Кривонос, выпущенной в 1995 году издательством «Зауралье». По этим данным был проведен анализ работы математической модели в почвоведении.

4.1 Черноземы

Наиболее распространенные и плодородные почвы Курганской области – чернозёмы. Они занимают 30,3% общей площади области или 72,7% от общей площади пахотных земель. Общая картина при построении ОГХ черноземов различных участков и районов области дала положительный результат. Приведем примеры ОГХ черноземов различных территорий области (рисунки 9-12) различного гранулометрического состава.

При построении графиков функции кривой водоудерживающей способности (ОГХ) для черноземов разного гранулометрического состава можно отметить смещение формы кривых. Это говорит о том, что у разных разновидностей чернозема будут разные величины ПГК. Этот показатель будет оказывать влияние на сроки обработки почвы, сроки орошения, поливную норму и ряд других показателей, зависящих от гранулометрического состава.

При рассмотрении чернозема выщелоченного легкосуглинистого физическая спелость почвы лежит в интервале от 22% до 25%; среднесуглинистого – от 24% до 26%; тяжелосуглинистого – от 25% до 28%.

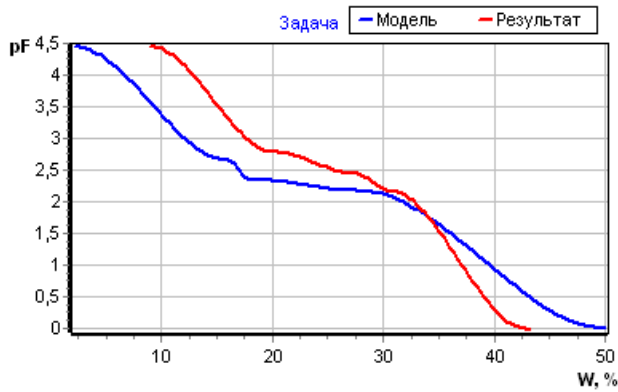


Рисунок 9. Совмещение графиков функции кривой водоудерживающей способности (ОГХ) для модели чернозема выщелоченного легкосуглинистого и чернозема обыкновенного обычного тяжелосуглинистого (Варгащинский район, 1995, горизонт В₁)

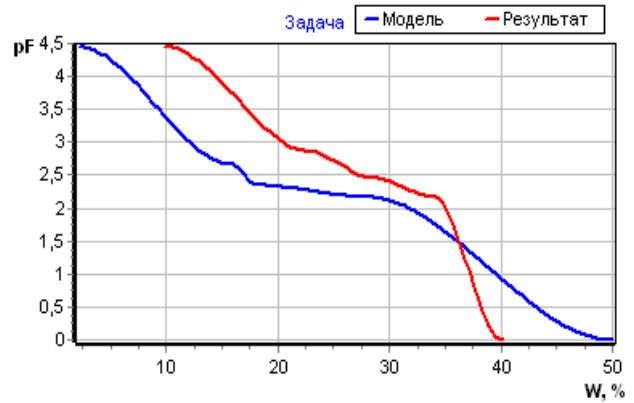


Рисунок 10. Совмещение графиков функции кривой водоудерживающей способности (ОГХ) для модели чернозема выщелоченного легкосуглинистого и чернозема обыкновенного солонцеватого глинистого (Половинский район, 1995, горизонт В₁)

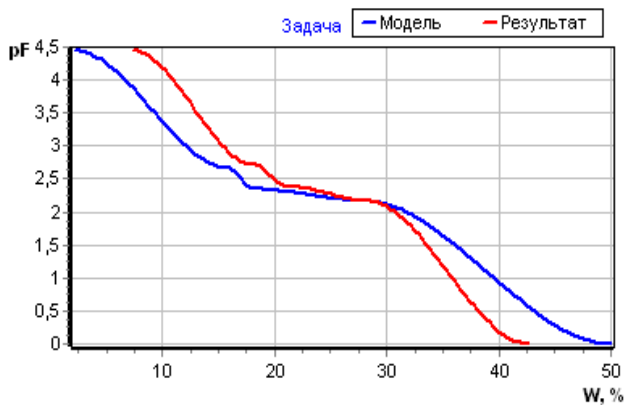


Рисунок 11. Совмещение графиков функции кривой водоудерживающей способности (ОГХ) для модели чернозема выщелоченного легкосуглинистого и чернозема обыкновенного осолоделого (Куртамышский район, 1995, горизонт В₁)

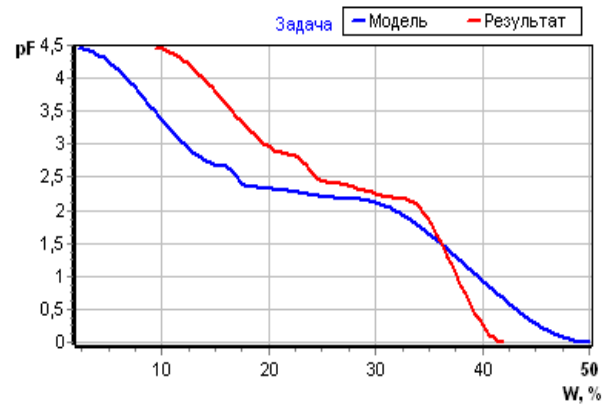


Рисунок 12. Совмещение графиков функции кривой водоудерживающей способности (ОГХ) для модели чернозема выщелоченного легкосуглинистого и чернозема обыкновенного солонцеватого тяжелосуглинистого (Кетовский район, 1989, горизонт В₁)

4.2 Солонцы

По распространению солонцы занимают второе место после чернозёмов. Они занимают 15,2% общей площади области. Отличительной особенностью солонцов является повышенное содержание натрия в солонцовом горизонте. Это обуславливает их неблагоприятные физические, водно-физические и физико-механические свойства. С помощью программного метода были построены ОГХ солонцов и чернозема выщелоченного легкосуглинистого.

Изменение ОГХ происходит при осолонцевании. Это свойство чаще всего связано с повышенным содержанием обменного натрия в почвенном поглощающем комплексе. Морфологически солонцеватость проявляется в уплотнении профиля, появлении грубой ореховатой структуры. Она отражается на физических и водных свойствах почвы. Смещение ОГХ должно отражать увеличение водоудерживающей способности почв при осолонцевании.

Можно отметить, что для чернозема характерна достаточно плавная форма кривой. У солонца черноземно-лугового типичного мелкого (рисунок 13) отмечаются довольно резкие перепады кривой. Благоприятный интервал для роста растений у солонца сокращается. Физическая спелость солонцов находится в интервале от 28% до 37%. У солонца черноземно-лугового типичного среднего (рисунок 14) можно отметить более плавную форму графика. Интервал роста и развития растений здесь увеличится. Но запасы влаги останутся меньше, по сравнению с черноземом выщелоченным.

Черноземы это почвы с достаточно благоприятными свойствами для роста и развития растений, а солонцы – почвы с неблагоприятными свойствами. Все эти различия хорошо прослеживаются на совмещенных графиках.

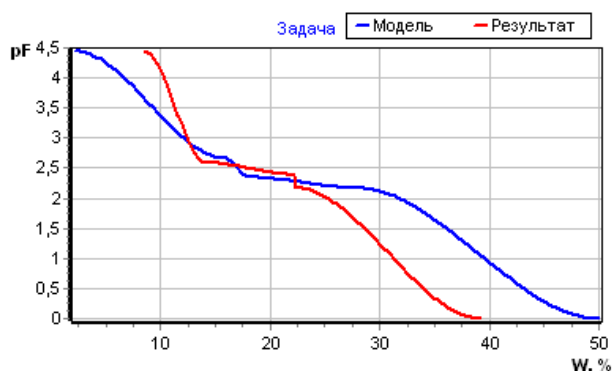


Рисунок 13. Совмещение графиков функции кривой водоудерживающей способности (ОГХ) для модели чернозема выщелоченного легкосуглинистого и солонца черноземно-лугового типичного мелкого (Кетовский район, 1995, горизонт В₁)

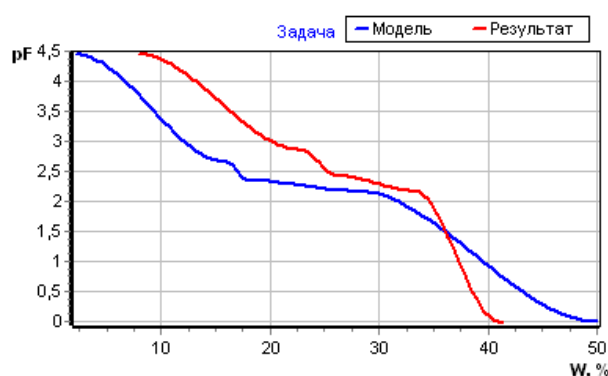


Рисунок 14. Совмещение графиков функции кривой водоудерживающей способности (ОГХ) для модели чернозема выщелоченного легкосуглинистого и солонца черноземно-лугового типичного среднего (Кетовский район, 1995, горизонт В)

4.3 Солоди

Солоди достаточно широко распространены на территории области (12,5%). Наибольшие площади солоди сосредоточены в северной и северо-западной частях области. По своим физико-химическим свойствам солоди являются малоплодородными почвами.

При сравнении графиков ОГХ для чернозема выщелоченного и солоди (рисунки 15, 16) следует отметить, что физическая спелость участка начинается с 24% включительно и до 28%, тогда как 28% - это состояние пластичности чернозема. Поэтому участки, содержащие два типа почв, будет трудно

обрабатывать, готовность к обработке определяется различными границами влажности.

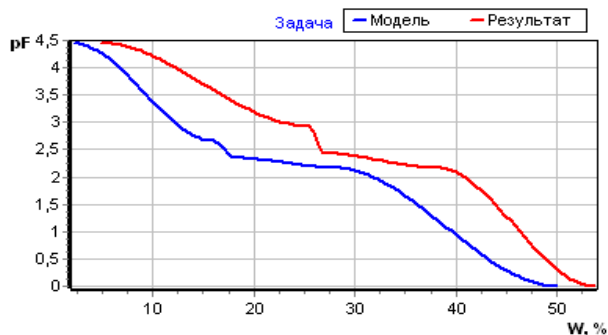


Рисунок 15. Совмещение графиков функции кривой водоудерживающей способности (ОГХ) для модели чернозема выщелоченного легкосуглинистого и солоды (Кетовский район, 1995, горизонт A_д)

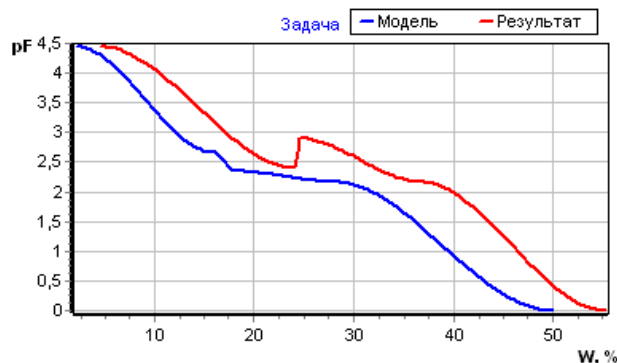


Рисунок 16. Совмещение графиков функции кривой водоудерживающей способности (ОГХ) для модели чернозема выщелоченного легкосуглинистого и солоды (Кетовский район, 1995, горизонт A₂)

4.4 Почвенно-гидрологические константы различных типа почв

Из построенных графиков были получены почвенно-гидрологические константы. Результаты определения почвенно-гидрологических констант различных типов почв представлены в таблице 3.

По данным таблицы 3 можно отметить, что величина ПГК у разных типов, видов и разновидностей почв зависит от гранулометрического состава и содержания органического вещества.

Таблица 3 – Почвенно-гидрологические константы типов почв Курганской области

| Типы почв | Почвенно-гидрологические константы, % | | | | | Пористость, % |
|--|---------------------------------------|------|-----------------|------|------|---------------|
| | МГ | ВЗ | ММВ (ВРК) | НВ | ПВ | |
| | связная влага | | свободная влага | | | |
| Чернозем выщелоченный | 2,2 | 3,3 | 16,0 | 18,0 | 28,0 | 50,0 |
| Чернозем обыкновенный обычный тяжелосуглинистый | 9,0 | 13,5 | 20,3 | 27,5 | 30,7 | 42,8 |
| Чернозем обыкновенный солонцеватый тяжелосуглинистый | 9,5 | 14,2 | 22,2 | 25,3 | 32,8 | 42,0 |
| Чернозем обыкновенный осолоделый легкосуглинистый | 7,4 | 11,1 | 18,2 | 21,4 | 28,3 | 42,7 |
| Чернозем обыкновенный среднесуглинистый | 6,8 | 10,2 | 21,7 | 21,8 | 33,1 | 50,0 |
| Солонец черноземно-луговой типичный средний | 8,0 | 12,0 | 22,9 | 26,2 | 33,3 | 41,0 |
| Солодь (горизонт В) | 10,6 | 15,9 | 19,3 | 25,0 | 29,6 | 44,7 |

Примечание: МГ - максимальная гигроскопическая, ВЗ - влажность завядания, ММВ - максимальная молекулярная влагоемкость НВ - наименьшая влагоемкость, ПВ - полная влагоемкость

По данным таблицы 3 величина связной влаги находится в интервале от 2,2% влажности почвы (у чернозема супесчаного) до 15,9 % у солоди. Величина свободной влаги находится в интервале от 16,0-22,9% в зависимости от типов и разновидностей почвы до 28,0-33,3%. Если рассмотреть ПГК по типам и разновидностям почв, то можно отметить, что у глинистых разновидностей эти показатели будут выше, чем у песчаных. На исследуемых образцах удовлетворительная величин НВ отмечен у чернозема обыкновенного обычного тяжелосуглинистого (27,5%), чернозема обыкновенного солонцеватого тяжелосуглинистого (25,3%), солонца черноземно-лугового типичного среднего (26,2%) и солоди (25%). Неудовлетворительная величина НВ встречается у чернозема выщелоченного (18%), чернозема обыкновенного осолоделого легкосуглинистого (21,4%), чернозема обыкновенного среднесуглинистого (21,8%).

Глава 5. Практическое применение основной гидрофизической характеристики

5.1 Анализ динамики гранулометрического состава чернозема выщелоченного легкосуглинистого

По результатам проведенного анализа (2012 и 2020 годов) и архивных данных гранулометрического состава почвы (1986 год) были построены гидрофизические характеристики пахотного слоя двух разрезов (рисунки 17-19) с территории исследования. Почвенный покров территории исследования орошается.

В 1986 году содержание фракции физической глины изменялось от 14,90% до 22,20% . При этом увеличение вниз по профилю в содержании фракции физической глины свидетельствует о дифференциации профиля чернозема выщелоченного и выделения в нем иллювиального горизонта. В составе фракций преобладала фракция мелкого песка (0,25-0,05 мм). Меньше всего было мелкопылевой фракции (0,005-0,001 мм), ее содержание составляло от 2,60% до 4,60%. Чуть больше содержалось фракции средней пыли (0,01-0,005 мм) - 4,40-5,80%. Содержание илестых частиц (<0,001 мм) изменялось от 6,70% до 12,80% (таблица 4).

Таблица 4 – Гранулометрический состав чернозема выщелоченного легкосуглинистого Курганского овощного сортоиспытательного участка (разрез 2), 1986 г.

| Горизонт | Глубина, см | Содержание фракций (%) при размерах, мм | | | | | | |
|----------|-------------|---|-----------|-----------|------------|-------------|--------|-------|
| | | 1-0,25 | 0,25-0,05 | 0,05-0,01 | 0,01-0,005 | 0,005-0,001 | <0,001 | <0,01 |
| А | 0-10 | 5,80 | 67,10 | 7,00 | 4,60 | 4,20 | 11,30 | 20,10 |
| | 10-20 | 5,90 | 65,40 | 6,50 | 4,80 | 4,60 | 12,80 | 22,20 |
| | 20-30 | 5,50 | 72,60 | 7,00 | 4,40 | 3,80 | 6,70 | 14,90 |
| АВ | 30-40 | 5,70 | 70,20 | 4,80 | 5,80 | 2,60 | 10,90 | 19,30 |

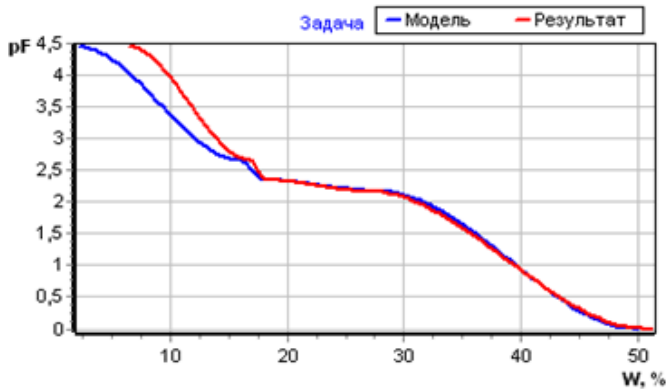


Рисунок 17. График функции кривой водоудерживающей способности (ОГХ) для чернозема выщелоченного Курганского овощного сортоиспытательного участка (разрез 2, горизонт А, 1986 г.)

В 2012 году в тех же точках были отобраны образцы почв для гранулометрического анализа почв исследуемого участка. Проведенные исследования показали, что идет увеличение содержания фракции физической глины от 19,91% до 26,98%. Увеличение происходит за счет изменения илистых частиц (<0,001 мм) с 11,19% до 17,80% и мелкопылеватой фракции (0,005-0,001 мм) с 4,38% до 6,14%. При этом разрушается фракция крупной пыли (0,05-0,01 мм), ее содержание изменяется от 4,92% до 5,98%. По горизонтам содержание мелкого песка (0,25-0,05 мм) изменяется от 64,12% до 68,79% (таблица 5). При сравнении с данными 1986 года содержание мелкого песка уменьшается.

Таблица 5 - Гранулометрический состав чернозема выщелоченного легкосуглинистого Курганского овощного сортоиспытательного участка (разрез 2), 2012 г.

| Горизонт | Глубина, см | Содержание фракций (%) при размерах, мм | | | | | | |
|----------|-------------|---|-----------|-----------|------------|-------------|--------|-------|
| | | 1-0,25 | 0,25-0,05 | 0,05-0,01 | 0,01-0,005 | 0,005-0,001 | <0,001 | <0,01 |
| А | 0-10 | 8,32 | 64,12 | 4,92 | 3,44 | 5,78 | 13,42 | 22,64 |
| | 10-20 | 6,40 | 64,96 | 5,33 | 5,31 | 5,52 | 12,48 | 23,31 |
| | 20-30 | 5,58 | 68,79 | 5,72 | 4,34 | 4,38 | 11,19 | 19,91 |
| АВ | 30-40 | 2,29 | 64,75 | 5,98 | 3,04 | 6,14 | 17,80 | 26,98 |

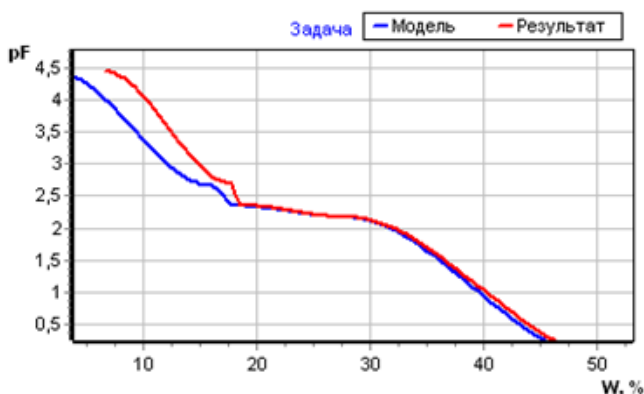


Рисунок 18. График функции кривой водоудерживающей способности (ОГХ) для чернозема выщелоченного Курганского овощного сортоиспытательного участка (разрез 2, горизонт А, 2012 г.)

В 2020 году были отобраны образцы почв для гранулометрического анализа почв исследуемого участка в тех же точках. По содержанию физической глины

(<0,01 мм) исследуемые участки можно отнести к легкосуглинистой разновидности. Содержание данной фракции составила 24,41-25,34%. Вниз по профилю происходит ее увеличение. Содержание илистой фракции (<0,001мм) изменялось с 12,24 до 14,81% по горизонтам. Можно отметить увеличение в содержании данной фракции по сравнению с данными 1986 года. Фракция мелкой пыли (0,005-0,001 мм) в год исследования составляла от 7,98 до 8,92% (таблица 6). По сравнению с предыдущими исследованиями (1986 г.) эта величина увеличилась. При увеличении фракции мелкой пыли (0,005-0,001 мм) горизонт снижает свою водопроницаемость из-за высокой способности к набуханию и усадке, при этом увеличивается липкость и плотность сложения.

Таблица 6 - Гранулометрический состав чернозема выщелоченного легкосуглинистого Курганского овощного сортоиспытательного участка (разрез 2), 2020 г.

| Горизонт | Глубина, см | Содержание фракций (%) при размерах, мм | | | | | | |
|----------|-------------|---|-----------|-----------|------------|-------------|--------|-------|
| | | 1-0,25 | 0,25-0,05 | 0,05-0,01 | 0,01-0,005 | 0,005-0,001 | <0,001 | <0,01 |
| А | 0-10 | 6,38 | 65,22 | 3,99 | 1,62 | 7,98 | 14,81 | 24,41 |
| | 10-20 | 6,26 | 65,10 | 4,10 | 1,76 | 8,13 | 14,65 | 24,54 |
| | 20-30 | 5,86 | 64,50 | 4,30 | 1,86 | 8,92 | 14,56 | 25,34 |
| АВ | 30-40 | 8,71 | 59,68 | 8,67 | 2,04 | 8,66 | 12,24 | 22,94 |

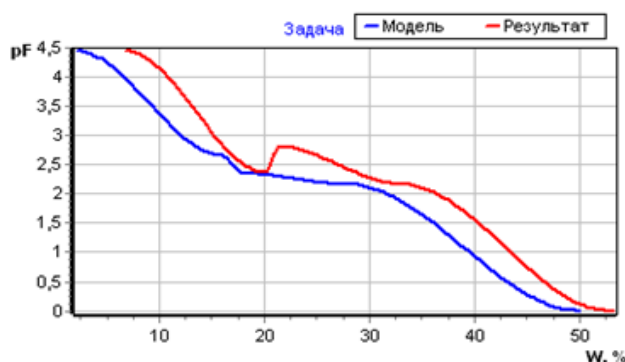


Рисунок 19. График функции кривой водоудерживающей способности (ОГХ) для чернозема выщелоченного Курганского овощного сортоиспытательного участка (разрез 2, горизонт А, 2020 г.)

Можно отметить, что за 34 года сельскохозяйственного использования в почвенном профиле увеличилось содержание фракции физической глины на 14,0-54,0%, ила на 15,7-82,7% и мелкой пыли. Уменьшилось содержание фракции мелкого песка на 8,75-10,17% и крупной пыли на 16,87-23,86%. Произошло разрушение более крупных фракций и переход их в состав более мелких фракций. Этому способствовали механические обработки почвы и применение бессистемного орошения.

5.2 Определение сроков и нормы полива овощных культур

По построенным графикам основной гидрофизической характеристики почв были определены почвенно-гидрологические константы (таблица 7). За счет орошения исследуемого участка идет передвижение мелких частиц вниз по профилю. Следствием этого является увеличение мелкой пыли с глубиной. На поверхности больше песчаных частиц. В результате способность удерживать влагу

снижается. Уменьшается запас высокопродуктивной влаги, увеличиваются запасы малопродуктивной влаги.

Таблица 7 – Почвенно-гидрологические константы чернозема выщелоченного Курганского овощного сортоиспытательного участка

| Год исследования | Разрез | Горизонт | Почвенно-гидрологические константы (%) | | | | | Пористость, % |
|------------------|--------|----------|--|-------|-------|-------|-------|---------------|
| | | | МГ | ВЗ | ММВ | НВ | ППВ | |
| 1986 | 1 | 0-40 | 6,37 | 9,55 | 16,81 | 17,88 | 27,38 | 54,66 |
| | 2 | 0-40 | 6,49 | 9,74 | 16,81 | 18,17 | 26,98 | 50,73 |
| 2012 | 1 | 0-40 | 6,99 | 10,49 | 17,32 | 18,31 | 27,75 | 51,41 |
| | 2 | 0-40 | 6,60 | 9,90 | 17,83 | 18,51 | 28,23 | 51,04 |
| 2020 | 1 | 0-40 | 6,46 | 9,69 | 21,30 | 20,65 | 32,65 | 50,95 |
| | 2 | 0-40 | 6,75 | 10,12 | 21,42 | 20,25 | 33,20 | 52,77 |

По полученным данным рассчитаны значения средней поливной нормы исследуемого участка.

Для определения нормы полива достаточно воспользоваться формулой:

$$НП = (НВ - W) \times h \times d_v,$$

где, НП – норма полива, м³/га,

НВ – наименьшая влагоемкость почвы, %,

W – влажность почвы в данный момент, %,

h – мощность слоя, см,

d_v – плотность почвы г/см³.

$$НП = (20,65 - 8,05) \times 25 \times 1,27 = 400,05 \text{ м}^3/\text{га}.$$

5.3 Использование основной гидрофизической характеристики при землевании почв и расчеты активного слоя почвы

График ОГХ и полученные из него значения почвенно-гидрологических константы можно использовать для расчета активного слоя при землевании.

Для расчета активного слоя почвы используем формулу:

$$H = \frac{M}{d_v \cdot (W_{\text{ППВ}} - W_{0,7\text{ППВ}})},$$

где H – активный слой почвы, м;

M – поливная норма, м³/га;

d_v – плотность активного слоя почвы, т/м³;

W_{ППВ} – оптимальная влажность активного слоя почвы, практически равная или несколько меньше ППВ, %;

W_{0,7ППВ} – влажность активного слоя перед поливом, %.

По результатам исследования полученных в 2020 году и архивным материалам (1986 г.) была определена мощность активного слоя почвы.

$$H = \frac{0,04}{2,56 \cdot 0,05} = 0,31 \text{ м},$$

мощность активного слоя исследуемого участка составляла 0,31 м в 1986 году.

$$H = \frac{0,04}{2,60 \cdot 0,055} = 0,28 \text{ м,}$$

мощность активного слоя исследуемого участка составляла 0,28 м в 2012 году.

$$H = \frac{0,04}{2,43 \cdot 0,06} = 0,27 \text{ м,}$$

И мощность активного слоя в 2020 году достигла значения 0,27 м.

Результаты расчетов мощности активного слоя по двум разрезам представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Изменение мощности активного слоя чернозема выщелоченного Курганского овощного сортоиспытательного участка

| Год исследования | Номер разреза | Активный слой, м |
|------------------|---------------|------------------|
| 1986 | 1 | 0,31 |
| | 2 | 0,30 |
| 2012 | 1 | 0,28 |
| | 2 | 0,27 |
| 2020 | 1 | 0,27 |
| | 2 | 0,27 |

При длительном агротехническом использовании наблюдается изменение мощности активного слоя. Бессистемное орошение привело к изменениям агрофизических свойств чернозема выщелоченного, что проявляется в ухудшении структурного состояния, изменению плотности, увеличению глыбистости и, соответственно, уменьшению агрономически ценных агрегатов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований и полученных графиков основной гидрофизической характеристики, построенной лабораторным, расчетным и программно-аппаратным (разработанным автором) методами были получены следующие результаты.

1) При проведении анализа графиков черноземов получено, что максимальная водоудерживающая способность черноземов характерна для горизонта 0-40 см. Для участка исследования начиная с 16% включительно и до 18%, можно говорить о состоянии физической спелости почвы. При влажности 18% начинает проявляться липкость. При влажности 28% наблюдается проявление пластичности и при влажности 50% почва переходит в состояние текучести. При рассмотрении чернозема выщелоченного легкосуглинистого физическая спелость почвы лежит в интервале от 22% до 25%; среднесуглинистого – от 24% до 26%; тяжелосуглинистого – от 25% до 28%.

2) При сравнении графиков ОГХ для черноземов, солонцов и солодей отмечены следующие моменты. Физическая спелость солонцов начинается с 23% и до 26%, у солоди с 24% включительно и до 28%, тогда как 28% – состояние пластичности чернозема. Поэтому участки, которые содержат различные типы почв, будет трудно обрабатывать, готовность к обработке определяется различными границами влажности.

3) Проведенный анализ гранулометрического состава показал, что за 34 года сельскохозяйственного использования в почвенном профиле увеличилось содержание фракции физической глины на 10,5-78,6%, ила на 12,3-105,7% и мелкой пыли. В пахотном слое уменьшилось содержание фракции мелкого песка на 0,46-13,55% и крупной пыли на 20,43-44,55%. Произошло разрушение более крупных фракций и переход их в состав более мелких фракций. Этому способствовали механические обработки почвы и применение бессистемного орошения.

4) Расчеты запасов подвижной и малопродуктивной влаги показали, что за счет орошения исследуемого участка идет передвижение мелких частиц вниз по профилю. Следствием этого является увеличение мелкой пыли с глубиной. На поверхности больше песчаных частиц. В результате способность удерживать влагу снижается. Уменьшается запас подвижной влаги, увеличиваются запасы малопродуктивной влаги.

5) По полученным почвенно-гидрологическим константам предложена методика по определению нормы и сроков полива. По данной методике для 2020 года наименьшая влагоемкость участка составила на первом разрезе 20,65%, для второго разреза - 20,25%. Следовательно, при влажности почвы, определяемой в данный момент, соответствующей значению меньше 21%, культуры будут нуждаться в поливе. Если влажность будет более 21%, то необходимость в поливе отсутствует. Значение средней поливной нормы на этом участке получили 400 м³/га.

6) Расчеты активного слоя почвы показали, что при длительном агротехническом использовании наблюдается изменение мощности активного слоя с 0,31 до 0,27 м.

7) Предлагаемая методика позволяет на основе почвенно-гидрологических констант проводить мероприятия по рекультивации: в частности, рассчитывать толщину активного слоя для районов со сложными геологическими условиями.

8) Предлагаемая программа позволяет проводить анализ архивных материалов физических свойств почв. Это дает возможность оценивать состав и характеристики грунта для правильного применения агротехнических мер, которые позволят снизить затраты при обработках.

Список опубликованных работ по теме диссертации

Статьи в журналах с индексацией в SCOPUS:

1. Anna V. Chelovechkova. Forecasting Water Saturation of Fill Grounds in Urban Infrastructure Conditions by Mathematical Modeling Based on the Main Hydrophysical Characteristic / Anna V. Chelovechkova, Irina V. Komissarova, Dmitry I. Eremin // Journal of Environmental Management and Tourism, Volume IX, Issue 3(27), Summer 2018. – S. 485 – 490.

2. Anna V. Chelovechkova. Using Basic Hydrophysical Characteristics of Soils in Calculating Capacity of Water-Retaining Fertile Layer in Recultivation of Dumps of Mining and oil Industry / Anna V. Chelovechkova, Irina V. Komissarova, Dmitry I. Eremin // LOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Electronic edition. Saint-Petersburg Mining University. 2018. С. 092004.

3. Chelovechkova Anna Vladimirovna. Issues of soil and ecological efficiency of land reclamation and justification of the possibility of restoration of the properties of chernozems / Chelovechkova Anna Vladimirovna, Polyakova Elena Nikolaevna, Lushnikova Tatyana

Aleksandrovna, Dik Dmitry Ivanovich // “International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern technologies (FarEastCon2018)” (that is organized by Far Eastern Federal University (FEFU) and will be held in the city of Vladivostok, Russia on 2-4 October, 2018) and further publishing in international journal «"IOP Conference Series: Earth and Environmental Science"»

4. Chelovechkova A.V. Mathematical methods and computer modeling to predict the formation of the fill grounds in urban environment / Chelovechkova A.V., Polyakova E.N., Zmyzgova T.R. // Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019). 2019. С. 767-770.

5. A. V. Chelovechkova. Information Support for Predictive Modeling of Agroecosystems / A. V. Chelovechkova, E N Polyakova, T R Zmyzgova // International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies («FarEastCon») (Vladivostok, Russky Island, 6-7 October 2020).

6. A. V. Chelovechkova. Using the main Hydrophysical Characteristics of Soils in the Development of Methods for Modeling the Prevention of Erosion / I V Komissarova, N V Mirosnichenko // International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies («FarEastCon») (Vladivostok, Russky Island, 6-7 October 2020).

7. A. V. Chelovechkova. Using the main Hydrophysical Characteristics of Soils in the Development of Methods for Modeling the Prevention of Erosion / I V Komissarova, N V Mirosnichenko // Application of Information-Computing Technologies for Modeling in Soil science and Ecology («FarEastCon») (Vladivostok, Russky Island, 5-8 October 2021).

8. A. V. Chelovechkova. Agroecological assessment of water-physical properties of irrigated soils of the Trans-Urals in the analysis of the main hydrophysical characteristics / I V Komissarova, N V Mirosnichenko // International Scientific and Practical Conference “Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture” (FSRAABA 2021) (Tyumen, Russian Federation, July 19-21, 2021).

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ (на момент публикации статей):

1. Человечкова А.В. Основная гидрофизическая характеристика почв / А.В. Человечкова // Вестник Курганской ГСХА №2. – Курган, 2012. – С. 41 – 44.

2. Человечкова А.В. Построение кривых водоудерживающей способности выщелоченных черноземов Зауралья инструментальным и расчетным методами / А.В. Человечкова // Аграрный вестник Урала №3 (121). – Екатеринбург, 2014. – С. 13 – 18.

3. Человечкова А.В. Использование кривых водоудерживающей способности для характеристики физико-механических свойств выщелоченных черноземов Зауралья / А.В. Человечкова // Аграрный вестник Урала №1 (131). – Екатеринбург, 2015. – С. 12 – 16.

4. Человечкова А.В. Сравнительный анализ основной гидрофизической характеристики выщелоченных черноземов и солонцов центральной части Курганской области / А.В. Человечкова, И.В. Комиссарова // Вестник Курганской ГСХА №1(25). – Курган, 2018. – С. 63 – 67.

5. Человечкова А.В. Оценка почвенного плодородия балансовым методом / А.В. Человечкова, И.В. Комиссарова, Н.В. Мирошниченко, Д.И. Еремин // Вестник Курганской ГСХА №3(27). – Курган, 2018. – С. 27 – 30.

Другие публикации:

1. Человечкова А.В. Зависимость основной гидрофизической характеристики от основных свойств почв / А.В. Человечкова // Сборник материалов Всероссийской молодежной конференции «Современные проблемы почвоведения и природопользования в Сибири». – Томск, 2012. – С. 319 – 328.

2. Человечкова А.В. Определение и применение основной гидрофизической характеристики почв / А.В. Человечкова, И.В. Комиссарова // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Стратегия инновационного развития агропромышленного комплекса» 25-26 апреля 2013 года. – Курган, 2013. – С. 331 – 334.
3. Человечкова А.В. Определение основной гидрофизической характеристики выщелоченных черноземов Зауралья / А.В. Человечкова, И.В. Комиссарова // Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции «Актуальные и новые направления сельскохозяйственной науки» 20-21 июня 2013 года. – Владикавказ, 2013. – С. 21 – 26.
4. Человечкова А.В. Определение основной гидрофизической характеристики выщелоченных черноземов Зауралья / А.В. Человечкова // Вавиловские чтения – 2013: Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 126-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова и 100-летию Саратовского ГАУ 25-27 ноября 2013 года. – Саратов, Буква, 2013. – С. 251 – 253.
5. Человечкова А.В. Построение основной гидрофизической характеристики выщелоченных черноземов / А.В. Человечкова // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 29 ноября 2013 года «Перспективы развития науки и образования». Часть VII. Мин-во обр. и науки – М.: «АР-Консалт», 2013 г. – С. 28 – 29.
6. Человечкова А.В. Основная гидрофизическая характеристика выщелоченных черноземов Зауралья / А.В. Человечкова, И.В. Комиссарова // Сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи». – Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2014 г. – С. 22 – 24.
7. Человечкова А.В. Основная гидрофизическая характеристика для описания физико-механических свойств выщелоченных черноземов Зауралья / А.В. Человечкова, И.В. Комиссарова // Материалы Международной научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса» 27-28 апреля 2016 года. – Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2016 г. – С. 214 – 217.
8. Человечкова А.В. Использование программного моделирования для построения и анализа основной гидрофизической характеристики выщелоченных черноземов Зауралья / А.В. Человечкова // Научный журнал «Альманах мировой науки» № 5-1(8). Наука и образование третьего тысячелетия: по материалам Международной научно-практической конференции 31 мая 2016 года. Часть 1. – Москва, 2016. – С. 48 – 49.
9. Человечкова А.В. Создание программного комплекса для решения задач по нахождению и расчету значений гранулометрических составляющих фракций почвы по заданным влажностям / А.В. Человечкова // Восточно-Европейский Научный журнал (Wschodnioeuropejskie Czasopismo naukowe) №6(10). – Варшава, Польша, 2016. – С. 100 – 105.
10. Человечкова А.В. Создание программного комплекса для решения задач по нахождению и расчету значений гранулометрических составляющих фракций почвы по заданным влажностям / А.В. Человечкова, Е.Н. Полякова // Вестник Курганского государственного университета №4(43). Серия «Естественные науки» – Курган, 2016. – С. 82 – 86.
11. Человечкова А.В. Основная гидрофизическая характеристика выщелоченных черноземов и солонцов центральной части курганской области / А.В. Человечкова // Восточно-Европейский Научный журнал (Wschodnioeuropejskie Czasopismo naukowe) №4(20). – Варшава, Польша, 2017. – С. 24 – 29.

12. Человечкова А.В. Характеристика физико-механических свойств почв с использованием основной гидрофизической характеристики / А.В. Человечкова, И.В. Комиссарова // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Научное обеспечение инновационного развития агропромышленного комплекса регионов РФ». Курган, 2018. – С. 688 – 691.

13. Человечкова А.В. Гранулометрический состав почв Курганского овощного сортоучастка / А.В. Человечкова, И.В. Комиссарова, Н.В. Мирошниченко // Сборник статей по материалам II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием: Достижения и перспективы научно-инновационного развития АПК 18 февраля 2021 г. Под общей редакцией И.Н. Миколайчика. 2021. - Курган. Из-во: Курганской ГСХА, 2021. С. 58-62.