

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВ ПРИ ОРОШЕНИИ В УСЛОВИЯХ НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ

© 2023 Н. А. Шапорина

ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, проспект Академика Лаврентьева, 8/2, г. Новосибирск, 630090, Россия. E-mail: [shaporina@issa-siberia.ru](mailto:shaporina@issa-siberia.ru)

**Цель исследования.** Поиск методов оперативного контроля увлажнения почв при орошении производственных площадей в условиях Новосибирского Приобья.

**Место и время проведения.** Новосибирская область, 2023 г.

**Методы.** Сравнительный анализ описанных в литературе и применяемых в настоящее время на практике технологий управления поливными режимами.

**Основные результаты.** Рассмотрены методы оперативного контроля за влажностью почв на примере крупной оросительной системы (Верх-Ирменская оросительная система в Новосибирской области). Дана их оценка с точки зрения применимости в условиях больших производственных площадей. Среди множества методов регистрации уровня увлажнения почвы подробно представлены нейтронный метод и метод измерения диэлектрической постоянной почвы; выявлены их достоинства и недостатки. Для производственных площадей предложены электрометрические методы. Обозначены тенденции в развитии технологий орошения: в первую очередь, это цифровизация и автоматизация, позволяющие обрабатывать большие объемы данных.

**Заключение.** В настоящее время отечественные технологии управления процессами орошения представлены, в основном, опытными разработками. Создание автоматизированных систем полива остается прерогативой исследовательских проектов. Для сельскохозяйственного производства определение запасов почвенной влаги с помощью датчиков влажности почвы является по-прежнему самым массовым методом. С нашей точки зрения, перспективными являются электрометрические методы, как наиболее мобильные, малозатратные и обладающие высокой точностью измерения.

**Ключевые слова:** орошение; влажность почвы; режимы; мониторинг; электрометрические методы; автоматизация; цифровизация; влагомеры.

**Цитирование:** Шапорина Н.А. Перспективные методы мониторинга увлажнения почв при орошении в условиях Новосибирского Приобья // Почвы и окружающая среда. 2023. Том 6. № 3. e231. DOI: [10.31251/pos.v6i3.231](https://doi.org/10.31251/pos.v6i3.231).

### ВВЕДЕНИЕ

Орошение – это подача дополнительного количества воды, если запасов ее в почве и естественного поступления за счет осадков недостаточно для выращивания сельхозкультур. Несмотря на то, что данное определение может показаться довольно простым, реализация сельскохозяйственного орошения является сложной задачей. Прежде всего, сложно определить потребность в орошении, которая выражается такими показателями, как водоудерживающая способность почвы, ее структурно-агрегатный состав, водопроницаемость, а также потребностью в воде выращиваемой культуры и фазой ее развития. Кроме того, имеют значение пространственно-временные изменения погоды. Отмеченные факторы формируют такой ключевой интегральный показатель, как влажность почвы в конкретный период времени и на конкретном поле.

Для определения влажности почв в полевых условиях существует много приборов и методов измерения, которые имеют различную трудоемкость, погрешность и стоимость. Далее возникают вопросы установления наилучшего времени полива для каждой культуры и разработки экологически безопасных, ресурсосберегающих режимов орошения.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Многолетними исследованиями сотрудников Института почвоведения и агрохимии (ИПА) СО РАН были установлены основные принципы и подходы к орошению почв юга Западной Сибири, которые заключаются в том, что орошение должно быть строго нормированным, исключая, прежде всего, инфильтрационные потери влаги: во-первых, эти потери являются

источником большинства негативных процессов, связанных с орошаемым земледелием, во-вторых, экономия чистой пресной воды – одно из направлений ресурсосбережения. Была разработана концепция орошения чернозёмов Приобья (Шапорина, Танасиенко, 2005), включающая следующие положения:

1. Нормирование предполагает строгий контроль за соблюдением основных параметров почвенного увлажнения:

а) мощность увлажняемого вегетационными поливами слоя почвы не должна превышать 40–50 см по всему региону;

б) увлажнение вышеназванного слоя должно регулироваться строго в диапазоне от предполивного порога (в Приобье это 70% НВ) до наименьшей влагоёмкости (НВ).

2. Поливные нормы в каждом случае будут определяться разностью между запасами влаги в слое 0–40 или 0–50 см при увлажнении, соответствующем предполивному порогу, и запасами влаги при НВ. Количество поливов и их сроки будут зависеть при этом от складывающихся погодных условий

3. Орошение должно быть дифференцированным в плане применимости для расчетов предполивного порога в различных регионах Западной Сибири и для различных типов почв с учетом следующих характеристик: гранулометрический состав, характер и степень засоления почв, условия залегания водоупорных слоев. Предполивные пороги могут колебаться от 50 до 80% НВ. Согласно данной концепции, возникает необходимость налаживания системы оперативного контроля за влажностью почвы до глубины 40–50 см.

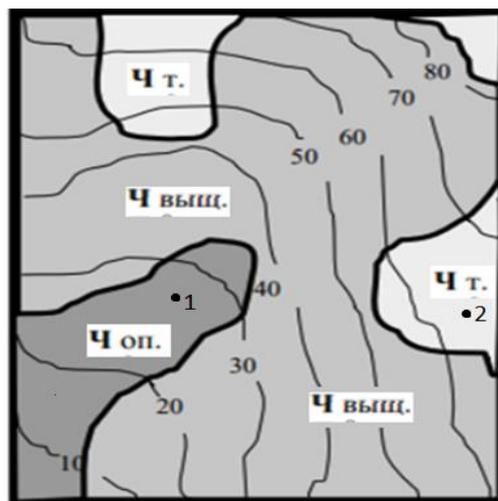
При планировании орошения, согласно третьему пункту концепции, тщательно изучены почвы и получены все характеристики, требующиеся для расчетов. Речь идет о таких характеристиках, как гранулометрический и агрегатный состав, плотность почвы, водопроницаемость и водоудерживающая способность.

Чернозёмы Приобья (оподзоленные, выщелоченные и обыкновенные) по комплексу агрофизических и водных свойств считаются лучшими из всех рассматриваемых групп чернозёмов Западной Сибири. Почвообразующими породами здесь являются лессовидные суглинки, в основном средние и легкие по гранулометрическому составу. Чернозёмы хорошо микроагрегированы, имеют хорошую водоудерживающую способность – 260–290 мм в метровом слое (Шапорина, Танасиенко, 2014).

В среднесуглинистых разностях приобских чернозёмов существует прямая зависимость между подвижностью почвенной влаги и ее доступностью для растений. Поэтому влагой, хорошо доступной растениям в среднесуглинистых чернозёмах, считается влага в диапазоне от НВ до влажности разрыва капиллярных связей (ВРК), фиксируемой при влажности 70% НВ. Эта величина и является здесь допустимым пределом иссушения почвы перед поливом.

При налаживании системы оперативного контроля за состоянием увлажнения, основное внимание должно уделяться перераспределению в почвенном покрове веществ и энергии (Шапорина, Чичулин, 2017). Микро- и даже нанорельеф в условиях Приобья является первоочередным перераспределителем; прежде всего, это миграция влаги – вертикальная и горизонтальная, а также поверхностная и внутрпочвенная.

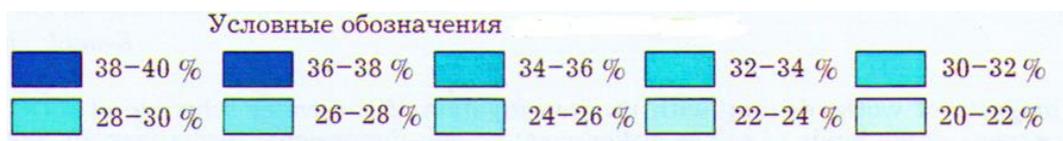
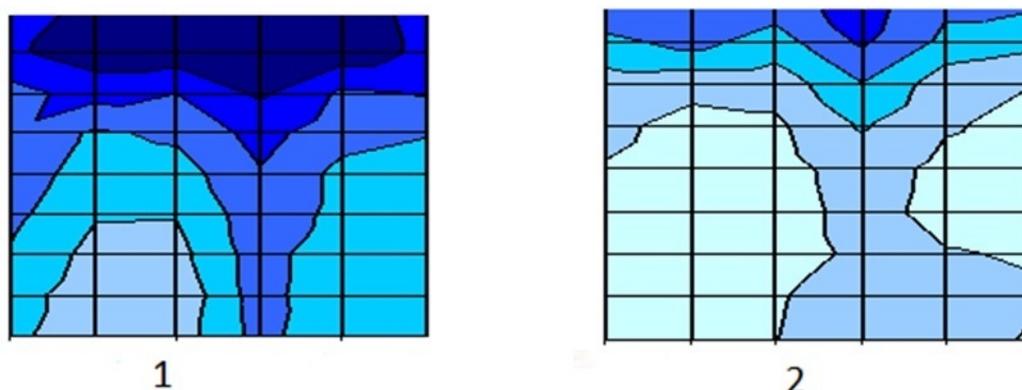
Лабораторией географии и генезиса почв ИПА СО АН под руководством Р.В. Ковалева исследована связь пространственного распределения подтипов чернозёмов, организованных в почвенные микрокатены, со строением поверхности водоразделов Приобского плато (Ковалев и др., 1986). Согласно проведенным исследованиям, высокодисперсные осадочные отложения, слагающие территорию, обеспечивают тесную геохимическую связь между компонентами микрокатен, которые функционируют как единая природная система. При этом в микродепрессиях формируются чернозёмы оподзоленные (15–25% поверхности), микроповышения занимают чернозёмы типичные (15–25%), транзитные позиции – чернозёмы выщелоченные (60–65%). Авторами (Ковалев и др., 1986) предложено считать данные образования фоновыми-зональными для почвенного покрова водоразделов Приобья. В связи с этим в качестве объектов исследований мы рассматривали и анализировали не отдельные ареалы почв, а их сопряженный ряд, обусловленный микрорельефом – первоочередным перераспределителем вещества и энергии. С учетом этого закладывали ключевые площадки размером 50 × 60 м (рис. 1), содержащие в своем составе количественно близкий набор подтипов чернозёмов (Ковалев и др., 1986).



— 10 — Горизонтالي рельефа с отметками высот, см

**Рисунок 1.** Почвенная карта ключевой площадки на орошаемом участке. Точки 1 и 2 – места определения влажности после полива.

Поверхностное перераспределение влаги по элементам микрорельефа наглядно представлено на рисунке 2, где изображены топоизоплеты влажности по двум точкам на ключевой площадке орошаемого массива. Точка 1 – микропонижение (чернозём оподзоленный), точка 2 – микроповышение (чернозём типичный). Как видим, разница во влажности профиля довольно существенная, а общая картина увлажнения поля выглядит неоднородной.



**Рисунок 2.** Топоизоплеты влажности на ключевой площадке: точка 1 – микропонижение (чернозём оподзоленный) после полива; точка 2 – микроповышение (чернозём типичный) в тот же день после полива.

По нашему мнению, для получения средних показателей система мониторинга увлажнения должна непременно учитывать выявленную пестроту микрорельефа, то есть реперные точки наблюдения за влажностью под каждым «Фрегатом» должны располагаться и в микропонижениях, и на микроповышениях, и на выровненных участках, для чего должна быть проведена нивелировка поверхности. Это положение должно стать в Приобье ещё одним пунктом концепции орошения. Согласно данной концепции, возникает необходимость поиска методов оперативного контроля за влажностью почвы до глубины как минимум 40 см на больших площадях. На Верх-Ирменской оросительной системе, например, одновременно могут работать 5–10 машин из 50, а это 15–30 реперных точек, что является огромным объемом работы.

Как известно, методы определения влажности почвы делятся на контактные и бесконтактные. Контактные, в свою очередь, делятся на прямые и косвенные; бесконтактные – на портативные и дистанционные. Среди контактных косвенных выделяются электрометрические методы. Среди бесконтактных используются портативные (инфракрасные, СВЧ, радиационные) и дистанционные – наземные, авиационные и космический мониторинг (Медведева и др., 2020). Использование большей части данных методов исследования в аграрном хозяйстве является либо слишком трудоемким, либо технически сложным из-за дорогостоящего оборудования.

**Прямые контактные методы**, являясь точными, наиболее трудоёмки и затратны по времени (например, термостатно-весовой метод). Если опираться на точность измерений, то особого различия в этих методах нет, их погрешность колеблется от 2 до 4%. Наибольшая скорость определения влажности отмечается при электрометрическом методе, относящемся к косвенным контактным; однако из-за плохого контакта измерителя с почвой, возможны погрешности результатов. Электрометрический метод измерения влаги почвы является наиболее выгодным из-за скорости измерения, его можно использовать в любое время года; средства, реализующие данный метод, применяются в автоматизированных системах.

Лаборатория почвенно-физических процессов ИПА СО РАН занимается вопросами орошения уже более сорока лет. За это время методам контроля за влажностью почв уделяли достаточно много внимания. Наиболее подробно изучали два метода – нейтронный метод и метод, измеряющий диэлектрическую постоянную почвы, значение которой напрямую зависит от объемного содержания влаги в почве. Указанные методы также относятся к косвенным контактным. Кратко представим результаты изучения этих методов.

**Нейтронный метод** разрабатывали достаточно давно: еще с 60-х годов прошлого столетия известны работы В.А. Емельянова (1965), Л.И. Бескина (1965), В.И. Осипова (1968) и др. Метод основан на рассеивании и замедлении быстрых нейтронов ядрами водорода, входящего, главным образом, в состав воды. В результате этого вокруг источника быстрых нейтронов, введенного в почву, образуется облако медленных нейтронов, плотность которого зависит от влажности. О плотности потока можно судить по скорости счета медленных нейтронов, попадающих на детектор. В задачи наших исследований входила постановка экспериментов по наблюдению за водным режимом почвенно-грунтовой толщи как многомерного образования. Предполагалась установка стационарных скважин с обсадными трубами, куда опускался датчик. Метод обладал рядом достоинств: не было необходимости изменения от срока к сроку местоположения скважин, а также имелась возможность определять влажность без нарушения структуры почвы с какой угодно частотой. Методом нейтронной влагометрии получены, например, топоизоплеты на рисунке 2. Метод хорошо зарекомендовал себя в стационарных условиях при постановке научных экспериментов. Все рисунки, связанные с экспериментами по увлажнению, изложенными в книге «Проблемы орошения чернозёмов Приобья» (Шапорина, Танасиенко, 2014), выполнены на основе метода нейтронной влагометрии.

Определение сроков и норм полива при использовании широкозахватной дождевальной техники требует получения оперативной информации об усредненных значениях влагосодержания почвы вдоль фронта полива. С этой целью разработан нейтронный влагомер типа «Крот». Для измерений в почве на глубине 35 и 90 см стационарно прокладываются полиэтиленовые трубы. По ним протягивается измерительный зонд с помощью электропривода или пневмотяги. В зонде смонтированы источник излучений, приемник и запоминающее устройство. После прогонки зонда по трубам считывают данные измерений с запоминающего устройства; по тарифовочным графикам или таблицам определяют влагозапасы в исследуемом слое. Для мониторинга увлажнения на больших производственных площадях, по нашему мнению, метод мало пригоден, поскольку обсадные трубы для глубинных и поверхностных измерений непременно будут повреждаться при проведении сельскохозяйственных работ.

**Датчик EC-5 DECAGON** – экономичный датчик для измерения объемного содержания влаги. Датчик измеряет диэлектрическую постоянную почвы, значение которой напрямую зависит от объемного содержания влаги; он работает на частоте 70 МГц, что позволяет измерить влажность почвы любого типа. Изначально датчик рассчитан на проведение режимных наблюдений в условиях его стационарной установки. В 2017 году сотрудниками лаборатории почвенно-физических процессов ИПА СО РАН проведены исследования, которые показали, что технические характеристики и конструктивные особенности датчиков позволяют использовать их для решения более широкого круга задач (Чичулин, 2018). В частности, возможен вариант

мобильного применения датчика ЕС–5 для изучения пространственно-временной вариабельности почвенной влажности. Используя переносной компьютер и опцию мгновенного измерения, можно определить влажность на одной точке за 10 минут.

Однако, на наш взгляд, данный мобильный вариант имеет ряд недостатков. Во-первых, при погружении зубцов датчика на максимально возможную глубину, охватываемый измерениями слой почвы составляет всего 8 см. Чтобы проводить измерения не только с поверхности, необходимо последовательно физически убирать слои почвы до нужной глубины, что существенно снижает скорость определений, особенно при большом количестве повторностей. Во-вторых, с практической точки зрения отметим, что до глубины 8 см на рыхлых почвах ( $0,75\text{--}1,0\text{ г/см}^3$ ) зубцы датчика легко вводятся в почву; в почву же с высокой плотностью, особенно выше  $1,3\text{ г/см}^3$ , зубцы датчика вводятся с трудом, что при многократных измерениях приводит к его поломкам (Шапорина, Сайб, 2021).

Цифровизация является одним из трендов развития орошения, ирригации и мелиорации сельхозземель, которая позволяет собирать и быстро обрабатывать большие объемы данных. Кроме того, это позволяет частично или даже полностью автоматизировать процесс орошения. При этом центральными элементами для пользователей становятся мобильные планшеты или смартфоны, которые могут не только следить за состоянием орошения с помощью соответствующих приложений, но также вмешиваться в операции, например, в случае возникновения проблем. Такие системы позволяют получать информацию о потребности растений в орошении в режиме реального времени.

Крупным недостатком современного рынка технологий орошения является практическое отсутствие отечественных разработок для больших производственных площадей. В настоящее время отечественные технологии управления процессами орошения представлены в основном опытными разработками. Из них можно особо отметить роботизированный комплекс «Каскад», созданный специалистами Саратовского ГАУ имени Н.И. Вавилова (Соловьев, Журавлева, 2020) для полива дождеванием кормовых, зерновых и технических культур с различной высотой стебля. Данная разработка была представлена в рамках российской программы «Приоритет 2030». Инженеры из Вавиловского университета создали готовую «умную» систему для управления поливом. В данный момент она может работать на базе дождевальной машины «Каскад», но в будущем систему планируют адаптировать и под другие агрегаты. Уникальность разработки в том, что интеллектуальная система способна в автоматическом режиме определять влажность грунта на разной глубине.

Можно также отметить несколько уникальных отечественных и зарубежных разработок систем автоматического полива полей и угодий, у которых большое будущее (Распутина, 2023):

- **Система интеллектуального орошения AIST.** Разработка от компании, принимавшей активное участие в проектах «Сколково». Данная система способна адаптировать полив под климатические особенности региона, относится к готовым проектам, так как еще в прошлом году прошла ряд испытаний в РФ. Модули системы можно установить на любые машины орошения, в том числе советские аппараты «Днепр», «Фрегат» и многие другие.

- **Автономная система полива «Фрегат».** Стоит отметить, что «Фрегат» является довольно известной системой, которая была спроектирована еще в СССР. Изначально это были стационарные машины полива, но технологию доработали и создали автоматизированный вариант. Практически все системы проекта «Фрегат» способны орошать поля с помощью кругового перемещения форсунок; при этом трубопровод можно проложить на расстояние до 500 км.

- **Автономный робот Oscar.** Компания Osiris Agriculture из Франции представила свой уникальный проект ирригационной системы автополива. По сути, это полноценный и автономный робот, который способен не только поливать территории, но и вносить удобрения, защищать растения от вредителей и собирать данные. Уже в середине 2023 года разработку планировали опробовать в реальных полевых условиях. К слову, компания решила пока не продавать ирригационного робота, а сдавать его в аренду аграриям.

Искусственный интеллект уже в настоящее время используется для оценки аэрофотоснимков, где входными переменными является отражение света определенных длин волн. Многообещающе смотрятся подходы на основе изображений с использованием спутниковых снимков и БПЛА. Спутниковые снимки обладают недостатками из-за возможности помех или

низкого пространственного разрешения; БПЛА могут дать лучшее разрешение из-за низкой высоты полета.

Мониторинг, определяющий параметры полива, реализуется разработанной системой расчетов. Методы назначения сроков полива и их интенсивность базируются на водном балансе определенного слоя почвы и опираются на информацию, рассчитанную по измеренным запасам почвенной влаги. Трудоемкость выполнения расчетов зависит от размера и количества орошаемых участков. Так, на Верх-Ирменской оросительной системе площадью 2000 га, как было сказано выше, работают около 50 «Фрегатов». Одновременно могут быть включены 5–10 машин. Это как минимум, 15 точек на площади 350 га. Для достижения указанной цели нужны будут мобильные малозатратные датчики с высокой скоростью измерения. Таким требованиям отвечают, на наш взгляд, датчики на основе электрометрических методов.

На рынке представлено множество таких датчиков. В настоящее время крупные производства пользуются влагомерами самых разнообразных марок, стоимостью от 500 до 30 тысяч рублей. Особое внимание следует обратить на устройства, отличающиеся повышенной надежностью и прочностью. Очень важно для наших исследований, чтобы прибор имел достаточную длину щупа-измерителя, поскольку, согласно нашей концепции, мониторинг увлажнения в Приобье должен осуществляться до глубины 40 см. К сожалению, у большинства предлагаемых датчиков щупы не длиннее 20–25 см, что усложняет процесс получения результата. Судя по рейтингу лучших устройств на 2023 год, следует обратить внимание на следующие:

- **Почвенный влагомер AQ-M20SO1** (рис. 3) используют для измерения влажности почвы, песка и цемента в сельском хозяйстве, строительстве и промышленном производстве. Диапазон измерений влажности находится в пределах от 0 до 50%. Показания с точностью до десятой доли процента и минимальной погрешностью в 0,5% выводятся на яркий жидкокристаллический дисплей. Достоинство прибора: он единственный из сравниваемых имеет длину щупа 30 см.



**Рисунок 3.** Почвенный влагомер AQ-M20SO1. Источник: [https://www.electronpribor.ru/catalog/725/aqua-lab\\_aq-m20so1.htm](https://www.electronpribor.ru/catalog/725/aqua-lab_aq-m20so1.htm) (дата обращения 12.10.2023).

- **КС-300** – диапазон действия довольно большой. Устройство имеет небольшие размеры, может быть использовано для измерения показателей в грунте любого типа, удобен в использовании и предоставляет максимально корректные данные.

- **ZD-06** – этот измеритель можно назвать одним из самых точных. Он прекрасно справляется с задачей определения уровня влажности грунта и работает без батареек, однако цена его явно завышена при небольшом диапазоне действия.

Таким образом, для сельскохозяйственного производства регистрация запасов почвенной влаги с помощью электрометрических устройств является самым перспективным и рекомендуемым нами методом.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрев особенности орошения в условиях Приобья, основные методы мониторинга увлажнения и современные тенденции в технологиях орошения, можно сделать следующее заключение.

Концепция орошения, разработанная для условий Новосибирского Приобья, должна быть дополнена. При мониторинге увлажнения почвы следует обратить внимание на

перераспределение вещества (прежде всего, влаги) и энергии; в Приобье главным фактором такого перераспределения является микро- и нанорельеф.

При поливах картина увлажнения поля выглядит очень пестрой. Выявленную пестроту непременно нужно учитывать, для чего реперные точки для наблюдения за влажностью обязательно следует располагать с учетом особенностей рельефа. При этом мониторинг больших производственных площадей предполагает очень большой объем работы, порядка 15–30 определений влажности в день.

В этой связи возникает необходимость поиска методов оперативного контроля за влажностью почвы, способных справиться с такими объемами. Для достижения указанной цели наиболее перспективной представляется оценка необходимости в орошении на основе изображений агрофитоценозов с использованием БПЛА или спутников. Одной из перспективных тенденций в развитии технологий мелиорации и орошения является цифровизация, которая позволяет собирать и быстро обрабатывать большие объемы данных, а также использование искусственного интеллекта. Это позволяет частично или даже полностью автоматизировать процесс орошения.

Для сельскохозяйственного производства определение запасов почвенной влаги с помощью датчиков влажности почвы является по-прежнему самой массовой группой методов. Перспективными, с нашей точки зрения, являются электрометрические методы, как наиболее мобильные, малозатратные и обладающие высокой точностью измерений.

#### ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (проект № 121031700316-9).

#### ЛИТЕРАТУРА

Бескин Л.И. Исследования нейтронного метода определения влажности почв и грунтов. Автореферат диссертации ... канд. технических наук. Москва, 1965. 26 с.

Емельянов В.А. Нейтронный влагомер НИВ, гамма-гамма-плотномеры ГПП и ППП, их погрешности и технико-экономические показатели: материалы к метод. указаниям / Гос. производ. ком. по орошаемому земледелию и водному хозяйству СССР. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова. Москва, 1965. 22 с.

Ковалев Р.В., Зайцева Т.Ф., Копосов Г.Ф. Окислительно-восстановительное состояние черноземов Приобья в связи с их пространственной дифференциацией и орошением // Земельно-оценочные проблемы Сибири и Дальнего Востока. Тезисы докладов к конференции. Барнаул. 1986. С. 112–114.

Медведева Е.С., Атоян Т.В., Киримова К.В. Исследование методов измерения влажности почвы // Молодой ученый. 2020. № 51 (341). С. 449–452. URL: <https://moluch.ru/archive/341/76744/> (дата обращения 12.10.2023).

Осипов В.И. Определение плотности и влажности грунтов по рассеянию гамма-лучей и нейтронов. Москва: Издательство Московского университета, 1968. 156 с.

Распутина М. Отечественные и зарубежные системы автоматического полива. Проекты XXI века [Электронный ресурс]. URL: <https://vc.ru/u/791264-mariya-rasputina/723265-otechestvennye-i-zarubezhnye-sistemy-avtomaticheskogo-poliva-proekty-xxi-veka> (дата обращения 14.10.2023).

Шапорина Н.А., Танасиенко А.А. К вопросу о стратегии и тактике орошения черноземов Западной Сибири // Сибирский экологический журнал. 2005. Т. 12. № 5. С. 801–807.

Шапорина Н.А., Танасиенко А.А. Проблемы орошения черноземов Приобья. Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2014. 137 с.

Шапорина Н.А., Чичулин А.В. Влияние микрорельефа на формирование гидротермического поля почвенного покрова водоразделов приобского плато в орошаемых условиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 9. С. 130–134. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=11841>. (дата обращения 04.10.2023).

Чичулин А.В. К методике применения датчика влажности ec-5 decagon // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 5–2. С. 416–421. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=12280>. (дата обращения 04.10.2023).

Шапорина Н.А., Сайб Е.А. Пространственное распределение температуры почв в комплексном почвенном покрове Предсалаирья // Почвы и окружающая среда. 2021. Т. 4. № 2. e146. DOI: <https://doi.org/10.31251/pos.v4i2.146>.

Соловьев Д.А., Журавлева Л.А. Роботизированный оросительный комплекс «Каскад» // Аграрный научный журнал. 2020. № 1. С. 74–78. DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i1pp74-78>.

Поступила в редакцию 20.11.2023

Принята 11.12.2023

Опубликована 14.12.2023

**Сведения об авторе:**

**Шапорина Нина Аркадьевна** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории почвенно-физических процессов ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск, Россия); [shaporina@issa-siberia.ru](mailto:shaporina@issa-siberia.ru), [shaporina49@mail.ru](mailto:shaporina49@mail.ru)

*Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.*



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

**PERSPECTIVE METHODS OF MONITORING SOIL MOISTURE UNDER IRRIGATION IN THE NEAR-OB AREAS IN THE NOVOSIBIRSK REGION**

© 2023 N. A. Shaporina

*Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Lavrentieva 8/2, Novosibirsk, Russia. E-mail: [shaporina@issa-siberia.ru](mailto:shaporina@issa-siberia.ru)*

**The aim of the study.** *Analyzing the known methods and technologies of soil moisture monitoring for irrigation management in the agricultural production areas in the Near-Ob region, Russia.*

**Location and time of the study.** *Novosibirsk region, Russia, 2023.*

**Methods.** *Comparative analysis of irrigation regime management technologies described in the literature and currently used in irrigation practice.*

**Results.** *Methods of quick operational control over soil moisture using as an example a large irrigation system (Verkh-Irmenskaya irrigation system in the Novosibirsk region) were analyzed and compared. The methods were evaluated from the point of view of their applicability in large grain production areas. Of many methods of soil moisture content measurement, the neutron method and the method of soil dielectric constant measurement are described in detail, and their advantages and disadvantages identified. Electrometric methods are proposed for grain production areas. Trends in the development of irrigation technologies are outlined, primarily digitalization and automation, which allow processing large data amounts.*

**Conclusions.** *At present, irrigation management technologies are mostly represented by experimental developments; the use of artificial intelligence remains mainly the prerogative of research projects. For agricultural production, determination of soil moisture reserves using soil moisture sensors is still the most popular method. From our point of view, electrometric methods are the most promising, as they are mobile, not costly and have high measurement speed.*

**Key words:** *irrigation; soil moisture; regimes; monitoring; electrometric methods; automation; digitalization; artificial intelligence.*

**How to cite:** *Shaporina N.A. Perspective methods of monitoring soil moisture under irrigation in the near-Ob area in the Novosibirsk region // The Journal of Soils and Environment. 2023. 6(3). e231. DOI: [10.31251/pos.v6i3.231](https://doi.org/10.31251/pos.v6i3.231). (in Russian with English abstract).*

**FUNDING**

The study was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, project No. 121031700316-9.

## REFERENCES

- Beskin L.I. Investigations of the neutron method for determining the moisture content of soils and soils. Abstract of Dissertation ... Candidate of Technical Sciences, Moscow, 1965. 26 p. (in Russian).
- Emelyanov V.A. Neutron moisture meter NIV, gamma-gamma-density meters GGP and PGP, their errors and technical and economic indicators: materials for methodical instructions / State Production Committee for irrigated agriculture and water management of the USSR. A.N. Kostyakov Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation. Moscow, 1965. 22 p. (in Russian).
- Kovalev R.V., Zaitseva T.F., Kopusov G.F. Redox state of chernozems of Priobie in connection with their spatial differentiation and irrigation. In book: Land-assessment problems of Siberia and the Far East. Theses of reports to the conference. Barnaul, 1986. P. 112–114. (in Russian).
- Medvedeva E.S., Atoyán T.V., Kirimova K.V. Study of soil moisture measurement methods. Molodoy uchenyy. 2020. No. 51 (341). P. 449–452. URL: <https://moluch.ru/archive/341/76744/> (accessed on 12.10.2023). (in Russian).
- Osipov V.I. Determination of Density and Moisture of Soils by Gamma-Ray and Neutron Scattering. Moscow: Publishing House Moscow University, 1968. 156 p. (in Russian).
- Rasputina M. Domestic and foreign systems of automatic irrigation. Projects of the XXI century [Electronic resource]. URL: <https://vc.ru/u/791264-mariya-rasputina/723265-otechestvennye-i-zarubezhnye-sistemy-avtomaticheskogo-poliva-proekty-xxi-veka> (accessed on 14.10.2023). (in Russian).
- Shaporina N.A., Tanasienko A.A. Concerning the Strategy and Tactic of Irrigation of Chernozems in West Siberia. Sibirskij ekologicheskij zhurnal. 2005. Vol. 12. No. 5. P. 801–807. (in Russian).
- Shaporina N.A., Tanasienko A.A. Problems of irrigation of chernozems of Priobskoye plateau. Novosibirsk: Publishing House SB RAS, 2014. 137 p. (in Russian).
- Shaporina N. A., Chichulin A. V. The influence of microrelief on the formation of hydrothermal fields of the soil cover of the watershed Priobskoye plateau in irrigated conditions. Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. 2017. No. 9. P. 130–134. <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=11841> (accessed on 04.10.2023). (in Russian).
- Chichulin A.V. The Method Of Application Of The Moisture Sensor Ec-5 Decagon. Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. 2018. No. 5–2. P. 416–421. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=12280> (accessed on 04.10.2023). (in Russian).
- Shaporina N.A., Saib E.A. Spatial distribution of soil temperature in the complex soil cover in the Cis-Salair region. The Journal of Soils and Environment. 2021. Vol. 4. No. 2. e146. DOI: <https://doi.org/10.31251/pos.v4i2.146>. (in Russian).
- Soloviev D.A., Zhuravleva L.A. Robotic irrigation complex "Cascade". The Agrarian Scientific Journal. 2020. No. 1. P. 74–78. DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i1pp74-78>. (in Russian).

*Received 20 November 2023*

*Accepted 11 December 2023*

*Published 14 December 2023*

**About the author:**

**Shaporina Nina Arkadyevna** – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher in the Laboratory of Soil Physical Processes in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); [shaporina@issa-siberia.ru](mailto:shaporina@issa-siberia.ru), [shaporina49@mail.ru](mailto:shaporina49@mail.ru)

*The author read and approved the final manuscript*



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)