

УДК 631.6

DOI: <https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2024-1-6-20>

**ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ
В ФЕДЕРАЛЬНОМ НАУЧНОМ ЦЕНТРЕ КОРМОПРОИЗВОДСТВА
И АГРОЭКОЛОГИИ ИМЕНИ В.Р. ВИЛЬЯМСА
ИСПОЛНИЛОСЬ 50 ЛЕТ**

Н.Н. Гречишников, кандидат сельскохозяйственных наук
И.А. Трофимов, доктор географических наук

*ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»
141055, Россия, Московская область, г. Лобня, ул. Научный городок, корп. 1
viklizimetr@mail.ru*

**LYSIMETRIC STUDIES AT THE FEDERAL WILLIAMS RESEARCH
CENTER OF FORAGE PRODUCTION AND AGROECOLOGY
TURNED 50 YEARS OLD**

N.N. Grechishnikov, Candidate of Agricultural Sciences
I.A. Trofimov, Doctor of Geographical Sciences

*Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology
141055, Russia, Moscow region, Lobnya, Nauchnyi gorodok str., k. 1
viklizimetr@mail.ru*

Изучение экосистем, биологических и экологических особенностей многолетних трав, почв, грунтовых вод и мониторинга их динамики невозможно без лизиметрических исследований. Лизиметры служат надежным средством изучения и управления агроэкосистемами, всем комплексом факторов развития растений. Во Всесоюзном НИИ кормов им. В.Р. Вильямса лизиметрические исследования по изучению, регулированию и прогнозированию водного, пищевого и теплового режимов мелиорируемых природных кормовых угодий в агроэкосистеме «почва — растение — инфильтрационный сток» на орошаемых пастбищах в условиях Центрального района Нечерноземной зоны (Московская область) были начаты в 1972 г. на лизиметрической станции. Станция включает лабораторный корпус, тоннельное помещение глубиной около 3 м и длиной более 40 м, аппаратную, лизиметрические устройства и установки специальной конструкции. Лизиметрическая установка позволяет совместно изучать водный баланс, баланс химических веществ и автоматизировать процессы наблюдения. Разработанная конструкция измерительной аппаратуры повысила точность эксперимента, а благодаря своим малым габаритам позволяла в опытах значительно расширить диапазон изучаемых глубин грунтовых вод (от 0,75 м до 2 м). Лизиметры двух типов (для водобалансовых и агрохимических исследований) рассчитаны на круглогодичные наблюдения. Результаты лизиметрических исследований экстраполируют на территории с близкими условиями природной среды.

Ключевые слова: почва, растения, пастбища, орошение, инфильтрационный сток, экология.

The study of ecosystems, biological and ecological features of perennial grasses, soils, groundwater and monitoring of their dynamics are impossible without lysimetric studies. Lysimeters serve as a reliable

means of studying and managing agroecosystems and the entire complex of plant development factors. At the All-Union Williams feed research Institute, lysimetric studies on the study, regulation and forecasting of water, food and thermal regimes of reclaimed natural forage lands in the agroecosystem "soil — plant — infiltration runoff" on irrigated pastures in the conditions of the Central District of the Non-Chernozem zone (Moscow region) were started at the Lysimetric Station built in 1972. The station includes a laboratory building, a tunnel room with a depth of about 3 m and a length of more than 40 m, a hardware room, lysimetric devices and installations of a special design. The lysimetric installation allows you to jointly study the water balance, the balance of chemicals and automate the observation processes. The developed design of the measuring equipment increased the accuracy of the experiment, and due to its small dimensions, it allowed experiments to significantly expand the range of studied groundwater depths (from 0.75 m to 2 m). Lysimeters of 2 types (for water balance and agrochemical studies) are designed for year-round observations. The results of lysimetric studies are extrapolated to areas with similar environmental conditions.

Keywords: soil, plants, pastures, irrigation, infiltration runoff, ecology.

Изучение экосистем, биологических и экологических особенностей многолетних трав, закономерности их отзывчивости на различные природные и антропогенные факторы, а также исследование других компонентов экосистем (почв, грунтовых вод) и мониторинга их динамики невозможно без лизиметрических исследований. Сельскохозяйственная мелиорация имеет огромное значение в создании и жизни луговых экосистем. Еще В.Р. Вильямс в своей книге «Луговое хозяйство» (1901) писал о необходимости мелиорации лугов путем осушения и орошения, что является необходимым условием получения высоких и устойчивых урожаев [1].

Признавая важнейшую роль мелиорации, двустороннего регулирования водного режима в управлении экосистемами, во Всесоюзном НИИ кормов им. В.Р. Вильямса в 1970 г. была создана проблемная лаборатория орошаемого лугового хозяйства (позднее переименованная в лабораторию орошаемого лугового хозяйства и лизиметрических исследований). В лаборатории проводились исследования по изучению режимов орошения сенокосов и пастбищ. За год до этого во ВНИИ

кормов были созданы оросительная система на площади 85 га и осушительная система (закрытый дренаж) на площади 25 га [2].

Значимость лизиметров для науки и производства очевидна. Прежде всего, они необходимы для мониторинга динамики агроэкосистем, научного обоснования прогноза о мелиоративном состоянии земель и их плодородия в условиях интенсивного земледелия и кормопроизводства, решения проблем экологии и экономии воды при орошении. Мелиораторам, агрохимикам, агрономам лизиметры служат надежным средством изучения и управления агроэкосистемами, всем комплексом факторов развития растений.

С помощью лизиметров в кратчайший срок можно определить темпы ухудшения плодородия почв, предвидеть и предотвратить возможные заболачивание или засоление орошаемых кормовых угодий. Лизиметры позволяют определить качество оросительной воды, а с учетом биологии растений и гидрологии участка установить оптимальный срок и норму полива. Обоснованные благодаря лизиметрам нормы орошения повышают

и эффективность удобрений, максимально вовлекая при этом в круговорот содержащиеся элементы питания не только вносимых удобрений, но и почвы.

С самого основания в лаборатории работал, а в 1973–1997 гг. возглавлял ее кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Борис Иванович Коротков.



Борис Иванович Коротков
(20.02.1938 – 02.02.1997)

В 1998–2021 гг. исследования на лизиметрической станции продолжил доктор биологических наук Николай Афанасьевич Семенов.

С 2022 г. лизиметрические исследования ведет Николай Николаевич Гречишников, заведующий лизиметрической станцией, ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, ученик Б.И. Короткова.

Мобилизация усвоения растениями основных элементов питания (N, P, K, Ca) позволяет снизить потери за счет вымывания. Снижение размеров миграции солей в нижележащем слое почвы

предотвращает опасность загрязнения окружающей среды, в особенности подземных вод, используемых для питья населением.



Николай Николаевич Гречишников

Для исследования водного баланса зоны аэрации при постоянном и переменном горизонте грунтовых вод удачно себя зарекомендовала лизиметрическая установка, конструкция которой была разработана учеными ВНИИ кормов и ВСЕГИНГЕО (авторское свидетельство № 411354).

Кроме водобалансовой установки на лизиметрическом комплексе многолетние положительные результаты получены при использовании лизиметров-сборников, позволяющих изучать баланс основных элементов питания в слоях 0–35 и 0–70 см с учетом вымывания из почвы и удобрений в отдельности.

В целях увеличения эффективности азотного удобрения, повышения оперативности определения нормы подкормки злаковых растений в процессе их вегетации учеными ВНИИ кормов разработан

новый способ азотной диагностики — по водопотреблению. Создан прибор «Имитатор-определитель азотной подкормки орошаемых пастбищ», позволяющий в конкретных условиях контролировать ход азотопотребления злаковыми травостоями и указывать необходимость азотной подкормки. Это позволяет рационализировать азотные подкормки травостоев и минимизировать нежелательное накопление нитратов в корме.

Лизиметрический метод как самостоятельный в научных исследованиях начали применять в конце XIX — начале XX века в почвоведении, агрохимии, гидрологии.

Принцип лизиметрического метода впервые использовал известный английский физик Д. Дальтон для уяснения роли атмосферных осадков в питании грунтовых вод. После опубликования Д. Дальтоном результатов исследований лизиметрический метод стал использоваться многими агрохимиками и почвоведом для решения аналогичных вопросов [3; 4; 5].

Первыми отечественными лизиметрами агрохимического типа были лизиметры П.Ф. Баракова (1908 г.), установленные на опытном поле сельскохозяйственного института в Новой Александрии. Это бетонный куб размерами 1 м × 1 м × 1 м и толщиной стенок 10 см [6].

Примерно в этот же период по проекту В.Р. Вильямса была построена лизиметрическая площадка на опытном поле ТСХА [7].

Лизиметрический метод позволяет проводить исследования комплексного воздействия факторов природной среды на состояние и вещественный состав почвы, растений и грунтовых вод, на

формирование и протекание водного, пищевого и теплового режимов почвы без нарушения естественного сложения и связей в системе «почва — растение — грунтовая вода — приземный слой воздуха».

Лизиметрический метод исследования в агрохимии и почвоведении является наиболее удобным и надежным, отражает процессы, протекающие в почве в условиях, близких к окружающей среде, а также наиболее полно воспроизводит условия природы. Он позволяет максимально приблизить к естественным условиям исследования почвенных процессов одновременно во многих почвах, собранных в одном месте и по единой методике, моделировать в почвах и зонах аэрации различные уровни грунтовых вод, типы водного режима, состав и содержание почвенного раствора. Результаты лизиметрических исследований экстраполируют на территории с близкими условиями природной среды [7; 8].

Назначение лизиметров определяется сочетанием агрохимических, химических и гидромелиоративных параметров, определяемых с их помощью. Соответственно лизиметр позволяет определять только инфильтрацию; испаритель — суммарное испарение с поверхности почвы и конденсацию почвенной влаги; компенсационный испаритель — инфильтрацию, суммарное испарение и расход в зону аэрации грунтовых вод; водно-балансовая площадка — инфильтрацию и склоновый сток; балансометры — практически все элементы водного баланса почвы [9].

Лизиметрические наблюдения в реальных экосистемах (ненарушенных, деградированных и полностью разрушен-

ных при техногенезе) позволяют получать наиболее объективные инструментальные экспериментальные данные по основным направлениям трансформации веществ в системе «приземный воздух – растительность – почва – зона аэрации – грунтовые воды» и в пространстве.

С 1972 г. лизиметрический метод стал широко применяться и в луговодстве, о чем свидетельствует опыт Всесоюзного института кормов имени В.Р. Вильямса (ныне ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии им В.Р. Вильямса).

Лизиметрическая станция. В 1972 г. были начаты лизиметрические исследования по изучению, регулированию и

прогнозированию водного, пищевого и теплового режимов мелиорируемых природных кормовых угодий в агроэкосистеме «почва – растение – инфильтрационный сток» на орошаемых пастбищах в условиях Центрального района Нечерноземной зоны (Московская область) на лизиметрической станции ВНИИ кормов. Она была построена по инициативе В.Г. Игловикова, Б.И. Короткова и М.А. Смурыгина. Станция павильонного типа включает лабораторный корпус, тоннельное помещение глубиной около 3 м и длиной более 40 м, аппаратную, лизиметрические устройства и установки специальной конструкции (рис. 1, 2, 3).



Рис. 1. Общий вид лизиметрической станции: лабораторный корпус с входом в подземную галерею (тоннельное помещение), на переднем плане — лизиметры (квадратные) для проведения агрохимических исследований, на заднем плане — водобалансовые лизиметры (1974 г.)

Ученые ВНИИ кормов в 1981 г. совместно с проектировщиками ВСЕГИН-ГЕО разработали конструкцию лизиметрической установки, которая позволяет совместно изучать водный баланс, баланс химических веществ и автоматизи-

ровать процессы наблюдения, чего не позволяли ранее разработанные лизиметрические установки. Разработанная конструкция измерительной аппаратуры повысила точность эксперимента, а благодаря своим малым габаритам позволя-

ла в опытах значительно расширить диапазон изучаемых глубин грунтовых вод (от 0,75 м до 2 м) без реконструкции всей лизиметрической станции (рис. 4).



Рис. 2. Общий вид лизиметрической станции в 2023 г.



Рис. 3. Подземная галерея (тоннельное помещение) лизиметрической станции

Лизиметры ВИК рассчитаны на круглогодичные наблюдения. Это позволяет наряду с изучением действующего фактора в теплый вегетационный период проследить и его последствия в невегетационный и зимний периоды.



Рис. 4. Автоматическая измерительная аппаратура для проведения водобалансовых исследований лизиметрической станции

Лизиметры для водобалансовых исследований состоят из монолитов почвы, взятых на глубину 200–210 см и заключенных в стальные толстостенные цилиндры диаметром 0,5 м² (рис. 5, 6).



Рис. 5. Разгрузка привезенных монолитов дерново-подзолистой и пойменной почв. Начало лизиметрических исследований во ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса



Рис. 6. Завершена установка водобалансовых лизиметров с монолитами почвы на постоянное место лизиметрической площадки (слева) и монтаж подземной части (галереи) лизиметрической станции

Наряду с водобалансовыми опытами на лизиметрической станции проводятся агрохимические исследования с целью изучения потерь при вымывании с инфильтратом биогенных элементов, микроэлементов, тяжелых металлов, различных форм азотных соединений в луговых агроценозах.

Для этого используются квадратные агрохимические лизиметры из нержавеющей стали с монолитами мощностью

35 и 70 см и площадью 0,25 м². Дренажный слой везде одинаковый. В настоящее время таких лизиметров 39.

С помощью автоматизированных систем 20% объема инфильтрата собирается в канистры из пищевой пластмассы для дальнейшего проведения химических анализов, а остальное сбрасывается в дренажную систему, предварительно весь объем инфильтрата замеряется (рис. 7).



Рис. 7. Автоматизированная система сбора инфильтрата в агрохимических исследованиях лизиметрической станции

Лизиметрические исследования проводились на монолитах следующих типов и подтипов почвы:

- аллювиально-луговая среднесуглинистая (Московская область),
- торфяная низинного типа (Московская область),
- дерново-подзолистая среднесуглинистая (Московская область),
- дерново-слабо- (до средне-) подзолистая супесчаная (Владимирская область).

Наиболее рациональное решение вопросов балансов влаги и химических веществ достигается применением нескольких типов (видов) устройств: лизиметров-испарителей, лизиметров-водосборников, лизиметрических поддонов. Все эти типы устройств изготовлены из металла и в сочетании эффективно применяются в ФНЦ ВИК. По морфологическому строению, водно-физическим и агрохимическим свойствам отобранные монолиты не отличаются от данных типов, подтипов и разновидностей почв, распространенных в Нечерноземной зоне [10].

При закладке лизиметров наиболее важным в методологическом отношении являются: выбор типа и конструкций лизиметрического устройства, технология отбора почвенного монолита и заправка им лизиметра, размещение приборов на опытном участке и оснащение их измерительной аппаратурой.

В качестве подземной части лизиметрической станции, в которой проводили и зимние наблюдения, использовали емкость (на 60 м^3), предварительно гидроизолированную снаружи. Сверху этой емкости насыпан слой грунта 60 см, что гарантирует положительную темпе-

ратуру внутри емкости в самые холодные зимние месяцы. Максимальная годовая амплитуда температуры воздуха — около $12 \text{ }^\circ\text{C}$. Стабильную температуру внутри подземного помещения (или одинаковую с температурой почвы на глубине 2 м) необходимо соблюдать для избегания прогрева воды в измерительной аппаратуре. Разница температуры воды в измерительных сосудах и грунтовых водах на участке на этой отметке не должна превышать $+2\dots+3 \text{ }^\circ\text{C}$. Для контроля температуры воздуха в подземном помещении установлены термографы.

Использование лизиметров должно предусматриваться на длительный срок, на несколько этапов исследований в течение не менее 15–20 лет при периодической замене пахотного горизонта и растительности. Лизиметры целесообразно оборудовать датчиками различного назначения, включая датчики температуры почвы, окислительно-восстановительного потенциала и др. (рис. 8).

Наблюдения за влажностью почвы в зоне аэрации проводятся с помощью прибора НИВ-2 и др. Для его работы в лизиметре устанавливается скважина (дюралева труба) с наружным диаметром 49–50 мм [11] (рис. 9).

Кроме датчиков в лизиметрах-испарителях установлены фильтры для отбора свежих проб инфильтрующегося раствора. Такие горизонтальные фильтры устанавливаются на отметке грунтовых вод. Сам фильтр представляет собой отрезок стальной трубки диаметром до двух дюймов и длиной 25 см с отверстиями в верхней части и обвернутый нержавеющей сеткой мелкого сечения (рис. 10). С одного конца труба заканчивается конусом

для лучшего монтажа в почве, а к противоположному приварена тонкая трубка, которая выведена в подземное помещение с уклоном в сторону от лизиметра.

Горизонтально установленный фильтр служит для отбора проб инфильтрата из верхней части водонасыщенного слоя для химических анализов.



Рис. 8. Установка датчиков на водобалансовых лизиметрах и вывод их в подземную галерею (тоннельное помещение) лизиметрической станции



Рис. 9. Изучение эвапотранспирации, влажности почвы и других элементов водного баланса орошаемых пастбищ в лизиметрах (водобалансовые исследования)



Рис. 10. Фильтры для отбора свежих проб инфильтрующегося раствора

Корпус лизиметра установлен на поддон с обратным фильтром. Поддон заполнен дренажным слоем, состоящим из мелкой щебенки, зернистого песка, полистироловой крошки. В самой нижней части поддона между штуцером и дренажным слоем установлена сетка из нержавеющей стали с диаметром отверстий 0,25 мм. С обеих сторон корпуса лизиметры обработаны антикоррозийной мастикой.

Благодаря размещению измерительной аппаратуры в подземном павильоне с минимальными колебаниями температуры возникает возможность наблюдений и в зимний период, что расширяет и углубляет информацию по изучаемым процессам.

При изготовлении измерительной аппаратуры инфильтрации и подпитывания необходимо стремиться, чтобы соотношение площади каждого сосуда и лизиметра было 1 : 10. Это упрощает работу, ибо не требуется коэффициент перерасчета.

При организации лизиметрических исследований обязательным условием является наличие однородности условий в лизиметрах и в поле. Для этого следует развернуть полевой опыт с идентичной агротехникой, составом травостоя или видом культуры, нормой удобрений, режимом орошения. Делянки полевого опыта оборудуются лизиметрическими поддонами. Соблюдение этих требований дает основание по методу аналогии экстраполировать данные лизиметрических исследований на большие территории с близкими условиями природной среды (рис. 11, 12).

На лизиметрической станции павильонного типа установлены лизиметры-сборники, поскольку движение воды определяет миграцию элементов питания и эти процессы в природе неотделимы друг от друга. Лизиметры-сборники предназначены для изучения вымывания элементов питания, их баланса и кругооборота. Они значительно проще по своей конструкции и эксплуатации.

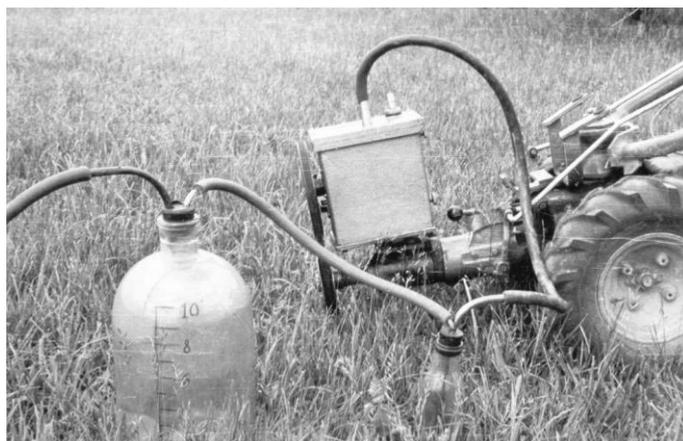


Рис. 11. Учет инфильтрата в полевых опытах на лизиметрическом устройстве (поддоне)

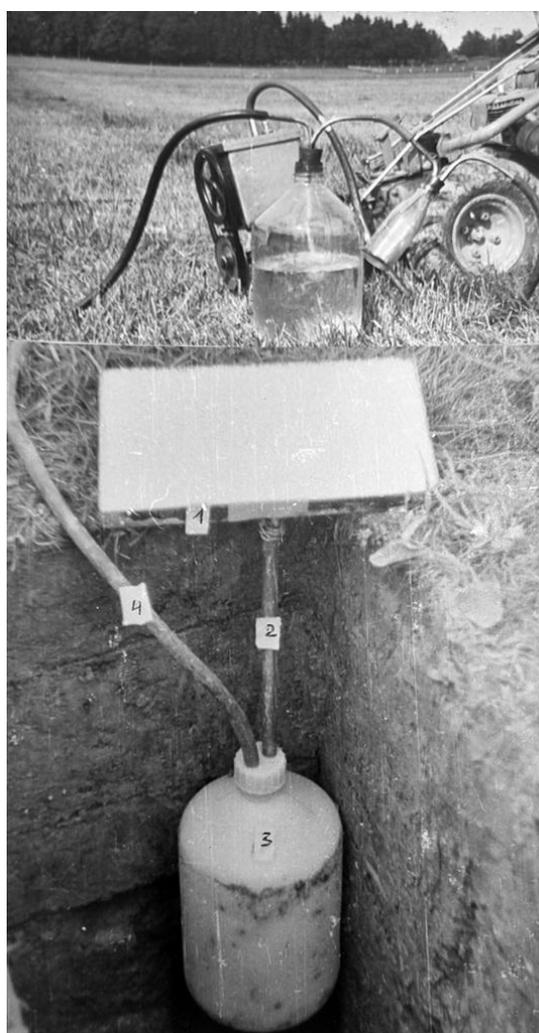


Рис. 12. Лизиметрическое устройство, состоящее из поддона (1), соединенного резиновой трубкой (2) с пробонакопителем (3), который имеет выход на поверхность через резиновую трубку (4), перед установкой поддона на глубину почвы 70 см и механизированное приспособление для отбора инфильтрата

Продолжительность непрерывного пользования многолетними травами в лизиметрах площадью 0,25 м² не превышала 4–5 лет, после чего травостой и пахотный слой меняли. Срок определялся такими требованиями:

– к пятому году жизни трав их корневая система все больше концентрировалась вдоль стенок корпуса из-за искажения водного и температурного режима. От этого усиливалось неравномерное размещение растений;

– в лизиметрах-сборниках отсутствовала возможность изучения горизонтального почвенного стока, а движение влаги происходит не только в вертикальных, но и в горизонтальных направлениях, поэтому более частая смена пахотного горизонта позволяет уменьшить погрешность в характеристике процесса миграции элементов питания [12].

Высокие и устойчивые урожаи луго-

вых травостоев создаются лишь при бесперебойном снабжении луговых растений водой в течение вегетационного сезона, что возможно во многих случаях только при орошении. Обеспечение растений водой определяет состав, структуру и продуктивность пастбищ и сенокосов.

В настоящее время актуальное значение приобретает задача совершенствования технологий создания высокопродуктивных пастбищ и сенокосов на мелиорированных землях на основе новых сортов трав, новых технических средств дождевания, импульсного орошения, двойного регулирования водного режима этих угодий, оперативной экономической оценки разработок с учетом динамики цен на техногенные и антропогенные ресурсы, поиска путей снижения затрат и повышения эффективности мелиорации в луговодстве разных зон страны [13; 14; 15].

Литература

1. Вильямс В.Р. Луговодство. Курс лекций для студентов. – М., 1901. – 81 с.
2. Гречишников Н.Н., Родионов В.А., Трофимов И.А. Орошаемое луговодство и лизиметрические исследования в Федеральном научном центре кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса (К 85-летию Б.И. Короткова) // Адаптивное кормопроизводство. – 2023. – № 1. – С. 60–73. – URL: <http://www.adaptagro.ru>.
3. Романов В.В. Гидрофизика болот. – Л. : Гидрометеиздат, 1961. – 359 с.
4. Шилова Е.И. Методы получения почвенного раствора в природных условиях // Почвоведение. – 1955. – № 11. – С. 86–90.
5. Шилова Е.И. Лизиметрический метод, его значение и условия применения для познания современных процессов почвообразования // Применение лизиметрических методов в почвоведении, агрохимии и ландшафтоведении. – Л., 1972. – 163 с.
6. Бараков П.Ф. Лизиметры и их роль в изучении свойств почвы, обуславливающих их плодородие // Почвоведение. Комиссия Императорского вольного экономического общества. № 3. – Санкт-Петербург, 1908. – 96 с.
7. Голубев Б.А. Лизиметрические методы исследования в почвоведении и агрохимии. – М. : Наука, 1967. – 111 с.
8. Методические рекомендации по проведению лизиметрических исследований водного, солевого и пищевого режимов на многолетних травах / ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. – М., 1979. – 36 с.
9. Семенов Н.А., Муромцев Н.А., Сабитов Г.А., Коротков Б.И. Лизиметрические исследования в луговодстве. – Ярославль, 2005. – 498 с.

10. Коротков Б.И. Новые приемы рационального применения поливной воды и азотных удобрений на культурных пастбищах Нечерноземья // Интенсификация лугопастбищного хозяйства. – Вып. 30. – М., 1984. – С. 83–94.
11. Коротков Б.И., Смурыгин М.А. Методические рекомендации по проведению лизиметрических исследований водного, солевого, теплового и пищевого режимов почв на многолетних травах. – М. : ВАСХНИЛ, 1982. – 36 с.
12. А.с. № 912118 (СССР). Способ определения сроков и норм полива / Б.И. Коротков, В.Г. Игловиков, В.Г. Дикарев, М.А. Смурыгин, Е.А. Солопов. Заявлено 08.08.1980, опубл. 15.03.1982, бюл. № 3. – 4 с.
13. Гречишников Н.Н., Трофимов И.А. Эффективная удобрительная утилизация бесподстильного навоза на сенокосах и пастбищах при сохранении плодородия почвы и обеспечении экологической безопасности (к 85-летию В.Г. Дикарева) // Адаптивное кормопроизводство. – 2023. – № 2. – С. 38–47. – URL: <http://www.adaptagro.ru>.
14. Гречишников Н.Н. Экологически безопасное эффективное использование разновозрастных злаковых пастбищ на мелиорируемых почвах Нечерноземной зоны // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: Сборник докладов XVIII Международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева» (Курск, 26–28 апреля 2023 г.). – Курск : ФГБНУ «Курский ФАНЦ», 2023. – С. 57–59.
15. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П., Привалова К.Н., Кутузова А.А., Гречишников Н.Н., Шевцов А.В. Исследования по луговедению и луговодству в Федеральном научном центре кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса (К 85-летию доктора сельскохозяйственных наук, профессора Тебердиева Далхата Малчиевича) // Адаптивное кормопроизводство. – 2023. – № 2. – С. 29–37. – URL: <http://www.adaptagro.ru>.

References

1. Vilyams V.R. Lugovodstvo. Kurs lektsiy dlya studentov [Meadow farming. A course of lectures for students]. Moscow, 1901, 81 p.
2. Grechishnikov N.N., Rodionov V.A., Trofimov I.A. Oroshaemoe lugovodstvo i lizimetricheskie issledovaniya v Federal'nom nauchnom tsentre kormoproizvodstva i agroekologii imeni V.R. Vilyamsa (K 85-letiyu B.I. Korotkova) [Irrigated meadow farming and lysimetric studies at the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology (On the 85th anniversary of B.I. Korotkov)]. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo* [Adaptive fodder production], 2023, no. 1, pp. 60–73. URL: <http://www.adaptagro.ru>.
3. Romanov V.V. Gidrofizika bolot [Hydrophysics of swamps]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1961, 359 p.
4. Shilova E.I. Metody polucheniya pochvennogo rastvora v prirodnykh usloviyakh [Methods of obtaining soil solution in natural conditions]. *Pochvovedenie* [Soil science], 1955, no. 11, pp. 86–90.
5. Shilova E.I. Lizimetricheskiy metod, ego znachenie i usloviya primeneniya dlya poznaniya sovremennykh protsessov pochvoobrazovaniya [The lysimetric method, its significance and conditions of application for the knowledge of modern soil formation processes]. *Primenenie lizimetricheskikh metodov v pochvovedenii, agrokhimii i landshaftovedenii* [Application of lysimetric methods in soil science, agrochemistry and landscape science]. Leningrad, 1972, 163 p.
6. Barakov P.F. Lizimetry i ikh rol' v izuchenii svoystv pochvy, obuslavlivayushchikh ikh plodorodie [Lysimeters and their role in the study of soil properties that determine their fertility]. *Pochvovedenie. Komissiya Imperatorskogo vol'nogo ekonomicheskogo obshchestva. № 3* [Soil science. Commission of the Imperial Free Economic Society. No. 3]. St. Petersburg, 1908, 96 p.
7. Golubev B.A. Lizimetricheskie metody issledovaniya v pochvovedenii i agrokhimii [Lysimetric research methods in soil science and agrochemistry]. Moscow, Nauka Publ., 1967, 111 p.

8. Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu lizimetriceskikh issledovaniy vodnogo, solevogo i pishchevogo rezhimov na mnogoletnikh travakh [Methodological recommendations for conducting lysimetric studies of water, salt and nutritional regimes on perennial grasses]. All-Russian Williams Fodder Research Institute. Moscow, 1979, 36 p.
9. Semenov N.A., Muromtsev N.A., Sabitov G.A., Korotkov B.I. Lizimetricheskie issledovaniya v lugovodstve [Lysimetric studies in meadow farming]. Yaroslavl, 2005, 498 p.
10. Korotkov B.I. Novye priemy racional'nogo primeneniya polivnoy vody i azotnykh udobreniy na kul'turnykh pastbishchakh Nechernozemya [New methods of rational use of irrigation water and nitrogen fertilizers on cultivated pastures of the Non-Chernozem region]. *Intensifikatsiya lugopastbishchnogo hozyaystva [Intensification of grassland farming]*. Issue 30. Moscow, 1984, pp. 83–94.
11. Korotkov B.I., Smurygin M.A. Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu lizimetriceskikh issledovaniy vodnogo, solevogo, teplovogo i pishhevogo rezhimov pochv na mnogoletnikh travakh [Methodological recommendations for conducting lysimetric studies of water, salt, thermal and nutritional regimes of soils on perennial grasses]. Moscow, 1982, 36 p.
12. Certificate of authorship № 912118 (USSR). Sposob opredeleniya srokov i norm poliva [A method for determining the timing and norms of irrigation]. B.I. Korotkov, V.G. Iglovikov, V.G. Dikarev, M.A. Smurygin, E.A. Solopov. Announced 08/08/1980, publ. 03/15/1982, bulletin no. 3, 4 p.
13. Grechishnikov N.N., Trofimov I.A. Effektivnaya udobritel'naya utilizatsiya bespodstilochnogo navoza na senokosakh i pastbishchakh pri sohraneni plodorodiya pochvy i obespechenii ekologicheskoy bezopasnosti (k 85-letiyu V.G. Dikareva) [Effective fertilizing of liquid manure in hayfields and pastures while preserving soil fertility and ensuring environmental safety (on the 85th anniversary of V.G. Dikarev)]. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo [Adaptive fodder production]*, 2023, no. 2, pp. 38–47. URL: <http://www.adaptagro.ru>.
14. Grechishnikov N.N. Ekologicheski bezopasnoe effektivnoe ispol'zovanie raznovozrastnykh zlakovykh pastbishch na melioriruemykh pochvakh Nechernozemnoy zony [Ecologically safe and effective use of grasslands of different ages on reclaimed soils of the Non-Chernozem zone]. Aktual'nye problemy pochvovedeniya, ekologii i zemledeliya. Sbornik dokladov XVIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Kurskogo otdeleniya MOO «Obshchestvo pochvovedov imeni V.V. Dokuchaeva» [Topical problems of soil science, ecology and agriculture. Collection of reports of the XVIII International scientific and practical conference of the Kursk branch of the IPO "Society of Soil Scientists named after V.V. Dokuchaev", Kursk, April 26–28, 2023]. Kursk, 2023, pp. 57–59.
15. Trofimov I.A., Trofimova L.S., Yakovleva E.P., Privalova K.N., Kutuzova A.A., Grechishnikov N.N., Shevtsov A.V. Issledovaniya po lugovedeniyu i lugovodstvu v Federal'nom nauchnom tsentre kormoproizvodstva i agroekologii imeni V.R. Vilyamsa (K 85-letiyu doktora sel'skokhozyaystvennykh nauk, professora Teberdieva Dalkhata Malchievicha) [Research on meadow science and meadow farming at the Federal Williams Research Center of forage production and agroecology (to the 85th anniversary of the doctor of agricultural sciences, professor Teberdiev Dalkhat Malchievich)]. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo [Adaptive fodder production]*, 2023, no. 2, pp. 29–37. URL: <http://www.adaptagro.ru>.