

Научная статья

Original article

УДК 631.432.2

DOI 10.55186/25880209\_2025\_9\_2\_20

4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика

**ДИНАМИКА ВЛАГОЗАПАСОВ И ВЛАГООБМЕН В АКТИВНОМ  
СЛОЕ ЮЖНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ПРИ ОРОШЕНИИ ЛЮЦЕРНЫ  
ДОЖДЕВАНИЕМ**

**THE DYNAMICS OF MOISTURE RESERVES AND MOISTURE EXCHANGE IN  
THE ACTIVE THE LAYER OF SOUTHERN CHERNOZEMS DURING ALFALFA  
IRRIGATION BY SPRINKLING**



**Балкизов Афрасим Баширович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Природообустройство», ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова» (360004 Россия, КБР, г. Нальчик, ул. Толстого, д. 185), [afrasim\\_1960@mail.ru](mailto:afrasim_1960@mail.ru)

**Сасиков Анатолий Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Природообустройство», ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова» (360004 Россия, КБР, г. Нальчик, ул. Толстого, д. 185), [rufus1972@mail.ru](mailto:rufus1972@mail.ru)

**Махотлова Маратина Шагировна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Землеустройство и экспертиза недвижимости», ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова» (360004 Россия, КБР, г. Нальчик, ул. Толстого, д. 185), [m.mahotlova@yandex.ru](mailto:m.mahotlova@yandex.ru)

**Тарканов Ислам Юрьевич**, аспирант 1-го года обучения, ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова» (360004 Россия, КБР, г. Нальчик, ул. Толстого, д. 185),

**Кушхабиев Инал Олегович**, аспирант 1-го года обучения, ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова» (360004 Россия, КБР, г. Нальчик, ул. Толстого, д. 185).

**Afrasim B. Balkizov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Environmental Management, FSBEI HE Kabardino-Balkaria State Agrarian University V. M. Kokov (KBR, Nalchik, Tolstoy Street, house 185, 360004 Russia), [afraim\\_1960@mail.ru](mailto:afraim_1960@mail.ru)

**Anatoly S. Sasikov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Environmental Management, FSBEI HE Kabardino-Balkaria State Agrarian University V. M. Kokov (KBR, Nalchik, Tolstoy Street, house 185, 360004 Russia), [rufus1972@mail.ru](mailto:rufus1972@mail.ru)

**Maratina Sh. Makhotlova**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Land Management and Real Estate Expertise, FSBEI HE Kabardino-Balkaria State Agrarian University V. M. Kokov (KBR, Nalchik, Tolstoy Street, house 185, 360004 Russia), [m.mahotlova@yandex.ru](mailto:m.mahotlova@yandex.ru)

**Islam Y. Tarkanov**, PhD student of the 1st year of study, FSBEI HE Kabardino-Balkaria State Agrarian University V. M. Kokov (KBR, Nalchik, Tolstoy Street, house 185, 360004 Russia).

**Inal O. Kushkhabiev**, PhD student of the 1st year of study, FSBEI HE Kabardino-Balkaria State Agrarian University V. M. Kokov (KBR, Nalchik, Tolstoy Street, house 185, 360004 Russia).

**Аннотация.** Статья посвящена динамике влагозапасов в южных черноземах и оценке влагообмена в активном, корнеобитаемом, слое почвы при различных режимах орошения люцерны. Исследования проводились для различных режимов увлажнения с поддержанием предполивной влажности почвы 90, 85, 80, 75, 70 и

65% от НВ в лизиметрах, а также на опытно-производственном участке, орошаемом широкозахватными дождевальными машинами «Кубань-М». Это обусловлено тем, что режим орошения сельскохозяйственных культур должен соответствовать экологическим требованиям, одним из основных которых является увлажнение почвы с наименьшим инфильтрационным сбросом поливной воды в нижележащие слои почвы.

**Abstract.** The article is devoted to the dynamics of moisture reserves in southern chernozems and the assessment of moisture exchange in the active, root-habitable soil layer under various alfalfa irrigation regimes. The studies were carried out for various humidification regimes with the maintenance of pre-irrigation soil moisture of 90,85,80,75,70 and 65% of the soil moisture in lysimeters, as well as at a pilot production site irrigated by Kuban-M wide-range sprinklers. This is due to the fact that the irrigation regime of agricultural crops must meet environmental requirements, one of the main of which is to moisten the soil with the least infiltration discharge of irrigation water into the underlying soil layers.

**Ключевые слова:** влагообмен, влажность почвы, водный баланс, влагозапасов почвы, сельскохозяйственная культура, режим орошения, корневая система.

**Keywords:** moisture exchange, soil moisture, water balance, soil moisture reserves, agricultural crop, irrigation regime, root system.

**Введение.** Режим орошения сельскохозяйственных культур должен соответствовать экологическим требованиям, основным из которых является увлажнение почвы с наименьшим инфильтрационным сбросом поливной воды (для южных черноземов степной зоны - до 5% суммарного водопотребления). Одним из путей, позволяющих правильно учесть это требование, является изучение влагообмена в активном слое почвы при различных режимах орошения, являющегося, определяющим фактором формирования водного режима почвы. Характер влагообмена в течение вегетационного периода зависит от режима влажности почвы, глубины ее промачивания и интенсивности иссушения.

**Материалы и методы исследования.** Динамика влагозапасов и влагообмен в активном слое почвы южных черноземов изучались при достижении фактической влажности почвы до 90, 85, 80, 75, 70 и 65% НВ в лизиметрах, а также на опытно-производственном участке при орошении люцерны дождевальными машинами фронтального действия «Кубань-М».

Отклонения нижнего предела влажности почвы от заданного не превышали 5,5% на варианте 90% НВ, 3,5% - на варианте 85% НВ, 4% - на варианте 80% НВ, 2% - на варианте 75% НВ, 1% - на варианте 70% НВ и 1,5% - на варианте 65% НВ.

Для того чтобы определить мощность увлажнения почвы влажность определяли нейтронным влагомером НВП-1 до и после полива. Каждый опыт и измерение проводились с трехкратной повторностью. Глубины промачивания почвы до и после полива по вариантам показаны рис. 1.

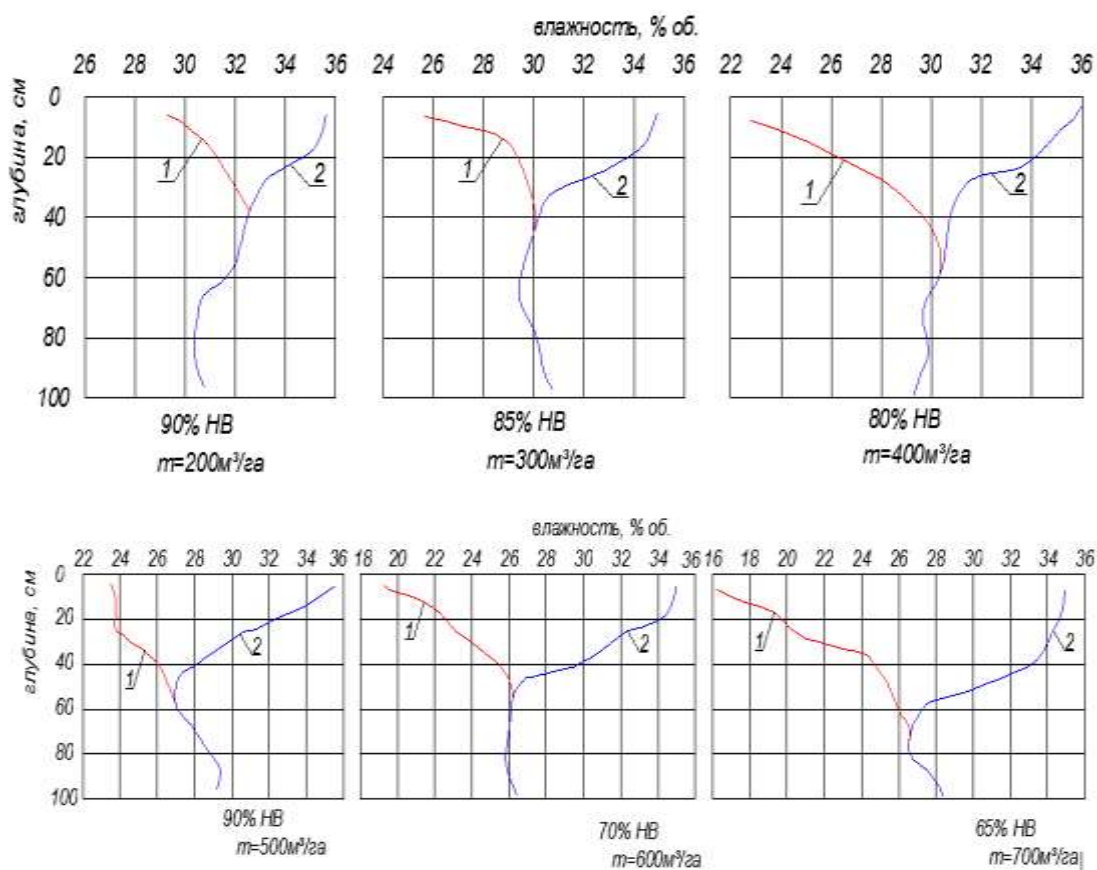


Рис. 1. Глубина увлажнения и профили влажности почвы до и после полива при разных поливных нормах по вариантам водного режима:

1 - перед поливом; 2 - после полива

**Результаты исследования.** Анализ этих данных показывает, что на глубину промачивания почвы влияют норма полива и предполивная влажность почвы. При величине нормы полива  $200 \text{ м}^3/\text{га}$  в варианте с предполивной влажностью 90% НВ глубина увлажнения составила 30-35 см. Увеличение поливной нормы до  $300 \text{ м}^3/\text{га}$  при влажности перед поливом 85% НВ привело к увеличению глубины промачивания до 40-45 см; при поливной норме  $400 \text{ м}^3/\text{га}$  в варианте 80% НВ глубина промачивания составила 45-50 см; при норме  $500 \text{ м}^3/\text{га}$  в варианте 75% НВ - 50-55 см, при норме  $600 \text{ м}^3/\text{га}$  - 55-60 см и при поливной норме  $700 \text{ м}^3/\text{га}$  в варианте 65% НВ - 60-65 см.

Исследования по установлению глубины промачивания почвы позволили сделать анализ послойного распределения поливной воды и послойного ее расходования по всем вариантам водного режима (рис.2).

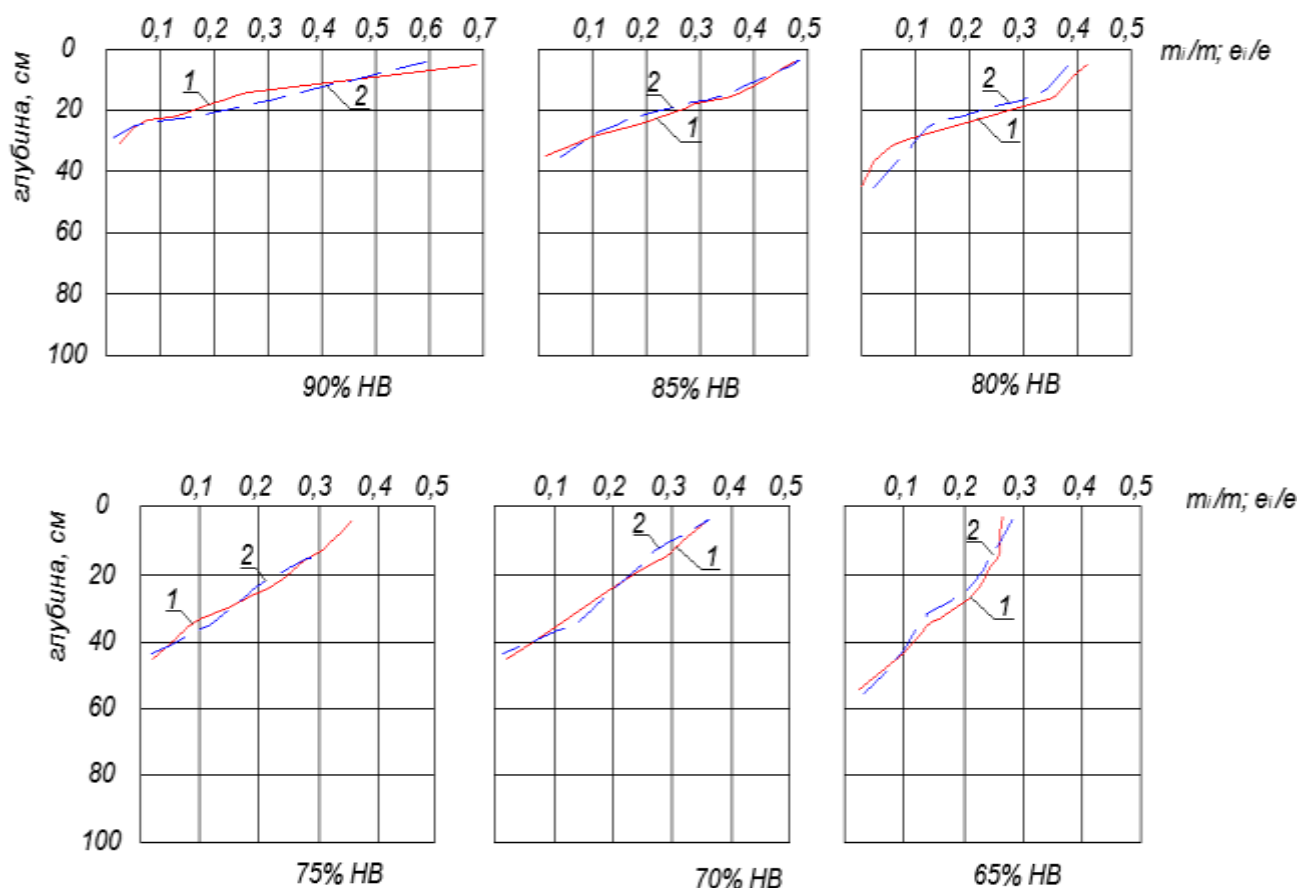


Рис. 2. Послойное распределение (1) и расходование (2) влаги в активном слое почвы по вариантам водного режима

Относительные значения этих элементов водного баланса для одних и тех же слоев внутри каждого варианта опыта практически совпадают.

Таким образом, можно утверждать, что послойное расходование влаги в процессе иссушения почвы происходит в соответствии с послойным распределением поливной воды. Надо отметить, что иссушение верхних слоев почвы происходит более интенсивно на вариантах с повышенной влажностью до полива и при более частых поливах [1].

При этом, по мере уменьшения предполивного порога влажности почвы происходит увеличение слоя активного влагообмена [2]. Этот вывод наглядно подтверждается семейством кривых послойного расходования влаги из почвы, приведенных на рис. 3.

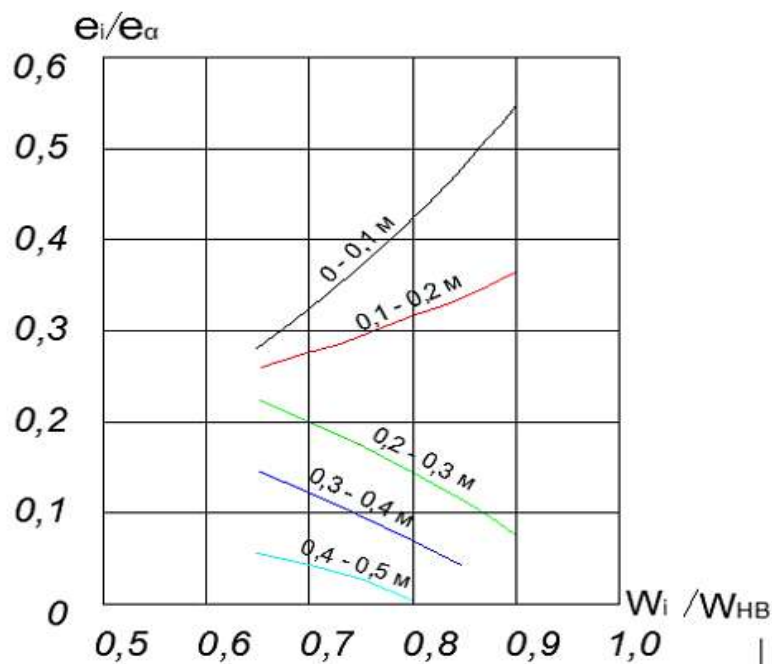


Рис. 3. Расходование влаги (в долях от водопотребления) из активного слоя влагообмена в зависимости от предполивной влажности почвы

Из анализа приведенных кривых следует, что по мере уменьшения предполивного порога влажности почвы в ходе осуществления различных режимов орошения люцерны расходование влаги на испарение верхних слоев почвы (0-200 см) уменьшается; при этом происходит потребление влаги из нижних слоев.

Можно сделать заключение, что при достаточной влажности активного слоя почвы влага расходуется сельскохозяйственной культурой, в частности, люцерной, преимущественно из верхних горизонтов [3]. Это объясняется тем, что в верхних слоях почвы находится основная масса корневой системы растений и интенсивность влагообмена в них, при наличии доступных влагозапасов, всегда выше, чем в нижних [4]. Кроме повышенного расхода влаги на десукцию корневой системой имеет значение и то, что верхние слои почвы наиболее сильно подвержены воздействию внешних факторов, таких как температура и влажность воздуха, скорость ветра, уровень радиации, оказывающих непосредственное влияние на процесс физического испарения влаги из почвы.

Поэтому верхние слои почвы отличаются наиболее активным влагообменом и в условиях орошения в них происходит основная часть сезонного влагооборота. По мере снижения уровня предполивной влажности почвы и, следовательно, осуществления более редких поливов большими нормами, потребление влаги происходит из нижележащих горизонтов [5].

Для более глубокого анализа взаимосвязи процесса влагообмена и развития корневой системы люцерны проводились исследования по изучению распределения корней люцерны в почвенном профиле. Вместе с тем, знание особенностей развития корневой системы позволяет обосновать величины поливных норм, необходимую глубину увлажнения и установить мощность активного слоя почвы [6].

Изучение характера распределения корневой системы люцерны проводилось на опытно-производственном участке, где влажность почвы в течение вегетационного периода поддерживалась не ниже 75% НВ. Исследования проводились при 3-х кратном повторении; при этом точность опыта составила 3,8%, что свидетельствует об удовлетворительности полученных результатов. На рис. 4 приведено распределение корневой системы люцерны по профилю южных черноземов.

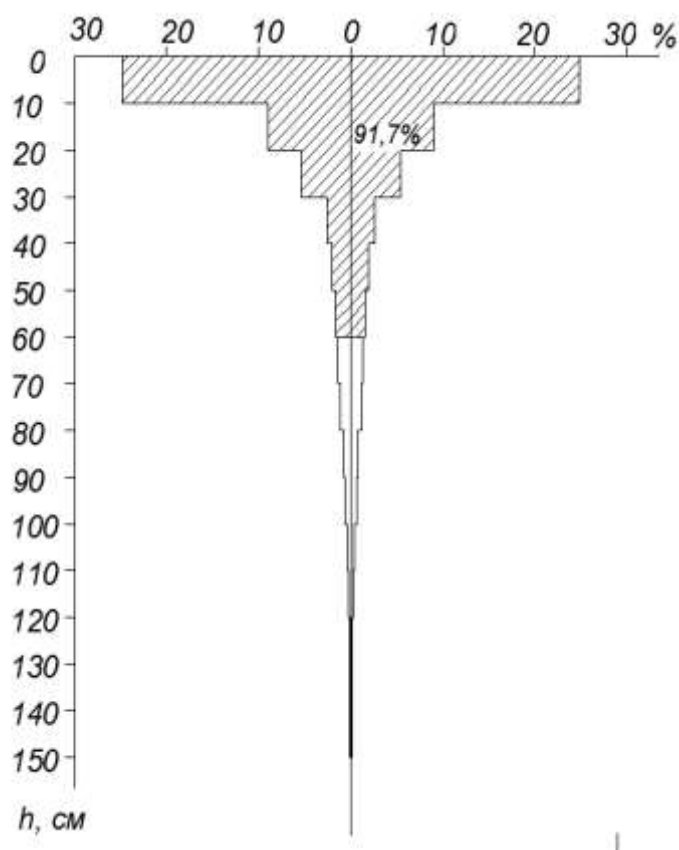


Рис. 4. Распределение корней люцерны 3-го года жизни и масса их (в %) по профилю почвы

Наибольшее накопление массы корней имело место в слое 0-10 см и составило 50,1% от общей массы в их метровом слое. В слое 10-20 см масса корней люцерны уменьшилась более чем в 2,5 раза и составила 18,0%, а в слое 20-30 см - 10,8%. Если в верхнем (0-30 см) слое масса корней люцерны составляла около 80%, то в слое 30-60 см - около 12,5% от общей массы их в метровом слое почвы.

Таким образом, основная масса корней люцерны - 91,7% массы их в метровом слое - сосредотачивалась в слое почвы 0-60 см.

В слое почвы 100-150 см наблюдались единичные корни массой 0,8-1,5% от общей массы.

Аналогичные результаты по характеру распределения корневой системы люцерны на тяжелых южных черноземах были получены рядом исследователей, в частности, в работе [7].



Столь незначительное накопление корней люцерны ниже 100 см объясняется, по-видимому, плохой водопроницаемостью и большой плотностью сложения в этих горизонтах, а также наличием солонцеватого горизонта ниже 120-140 см., [8].

Из анализа данных изменения влагозапасов следует, что послойное расходование влаги соответствует характеру распространения корневой системы люцерны. Так, на варианте с предполивной влажностью почвы 75% НВ максимальное количество влаги (48-52%) потребовалось из верхнего полуметрового слоя почвы, а 80-82% всего расхода - из метровой толщи [9].

Таким образом, наиболее существенное расходование влагозапасов почвы имело место в слое 0-100 см. При этом на вариантах с уровнем предполивной влажности почвы 85 и 90% НВ в слое 150-200 см отмечено незначительное накопление влаги (до 70-90 м<sup>3</sup>/га). Объясняется это, по-видимому, наличием нисходящего потока влаги на этих вариантах, наиболее резкое изменение которого вызывается поливами.

Подтверждается сказанное и результатами расчета интенсивности влагообмена между расчетным слоем почвы и нижележащими слоями с использованием формулы Ю.Н. Никольского [10].

$$g = k_1 \frac{\theta^n - e^{-y}}{1 - e^{-y}}, \text{ м/сут}, \quad (1)$$

где  $k_1$  - коэффициент влагопроводности почвы (м/сут) при влажности ПВ', равной полной влагоемкости ПВ с учетом защемленного в порах воздуха  $\alpha$  ( $\alpha = 0,08$ ):  $\text{ПВ}' = \text{ПВ} - \alpha$ . Величина  $k_1$  определяется по формуле:

$$k_1 = k_0 \left( \frac{\text{ПВ}' - W_0}{\text{ПВ} - W_0} \right)^n \quad (2)$$

где  $k_0$  - коэффициент фильтрации почвы, м/сут;  $W_0$  - максимально-молекулярная влагоемкость, в долях от объема почвы;  $n$  - показатель степени, зависящий от типа почвы и ее механического состава (в нашем случае принят равным 5) [5];  $\theta$  - насыщенность почвы:

$$\theta = \frac{W - W_0}{\text{ПВ}' - W_0} \quad (3)$$

где  $W$  - влажность почвы, в долях от объема;

$$y = \frac{n}{h_k} \left( \Delta - \frac{z_0}{2} \right) \quad (4)$$

где  $h_k$  - высота капиллярного поднятия, м;  $\Delta$  - глубина уровня грунтовых вод, м;  $z_0$  - расчетный слой почвы, м.

В случае довольно глубокого расположения грунтовых вод (в нашем случае  $\Delta > 10$  м) формула (1) приобретает вид [4]:

$$g = k_1 \theta^n \quad (5)$$

Расчеты выполнены для всех шести вариантов водного режима почвы. По результатам на рисунке 5 представлен график зависимости величины влагообмена (в % суммарного водопотребления) от уровня предполивной влажности почвы.

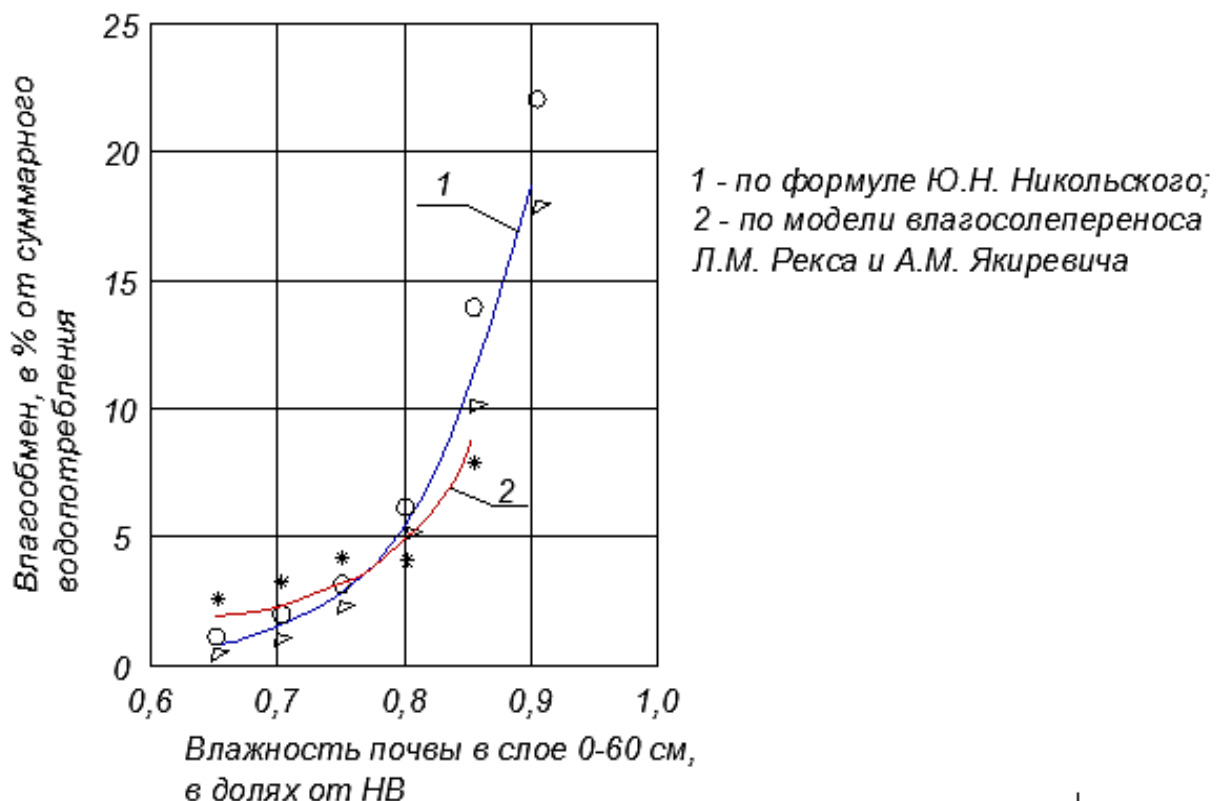


Рис. 5. Зависимость влагообмена от влажности южных черноземов при орошении люцерны

Анализ полученных данных показывает, что наибольшее значение интенсивность влагообмена достигает при поддержании предполивной влажности почвы на уровне 90% НВ и составляет в среднем около 20%

суммарного водопотребления (более 1960 м<sup>3</sup>/га), наименьшее - при уровне предполивной влажности почвы 65% НВ (в среднем 0,7% суммарного водопотребления или около 50 м<sup>3</sup>/га). При поддержании предполивной влажности почвы на уровне 75% НВ влагообмен между активным слоем почвы и нижележащими слоями не превышает 300 м<sup>3</sup>/га (3,5% суммарного водопотребления), что ниже допустимых пределов (4 -5%), [11].

Аналогичные результаты получены и при прогнозах водного режима южных черноземов по модели влагосолепереноса Л.М. Рекса и А.М. Якиревич [12].

Полученные результаты по интенсивности влагообмена между активным слоем почвы (0-60 см) и нижележащими слоями не противоречат результатам экспериментальных исследований, проведенным в лизиметрах: в сливных бачках лизиметров за годы исследований не было обнаружено фильтрационной воды [13]. Этот факт, а также совокупный анализ данных по характеру и интенсивности влагообмена в активном слое и между активным и подстилающими слоями почвы, рассчитанными по формуле (5) и по модели влагосолепереноса, позволяют заключить, что глубинные сбросы воды за пределы двухметрового почвогрунта практически отсутствуют [14].

#### **Выводы:**

1. На основе экспериментальных и теоретических исследований выявлены оптимальные пределы регулирования влажности почвы для люцерны (0,75-0,90НВ), обеспечивающие недопущение инфильтрационного сброса поливной воды за пределы активного слоя почвы.

2. Совокупный анализ данных по характеру и интенсивности влагообмена в активном слое и между активным и подстилающими слоями почвы, рассчитанными по формуле (5) и по модели влагосолепереноса, позволяют заключить, что глубинные сбросы воды за пределы двухметрового почвогрунта практически отсутствуют.

3. Наиболее существенное расходование влагозапасов почвы имело место в слое 0-100 см. При этом на вариантах с уровнем предполивной влажности почвы

85 и 90% НВ в слое 150-200 см отмечено незначительное накопление влаги (до 70-90 м<sup>3</sup>/га).

### Литература

1. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель // Рекомендации: И.П. Айдаров, А.И. Голованов, Ю.Н. Никольский. М., Агропромиздат, 1990. С.59.
2. Казанцев Г.М. Влияние орошения на рост корневой системы люцерны // В сб.: Факторы плодородия почв и их регулирование. Новосибирск, 1985. С.109-114.
3. Никольский Ю.Н. Учет водно-физических характеристик почв расчета режима орошения осушаемых земель // В сб.: Совершенствование организации технологии изыскательских работ для проектирования. М., 1979. № 52. С. 77-85.
4. Никольский Ю.Н. Оптимизация водного режима осушаемых земель грунтового типа питания. // Автореферат дис. на соиск. уч. степ. д.т.н., М., 1988.
5. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель // Рекомендации: И.П. Айдаров, А.И. Голованов, Ю.Н. Никольский. М., Агропромиздат, 1990. С.59.
6. Рекс Л.М., Якиревич А.М. Расчет водно-солевого режима орошаемых земель // М., ВНИИГиМ, 1989.
7. Казиев В.М., Шурдумов А.Х., Машукова М.З. Анализ состояния земель сельскохозяйственного назначения // Современный взгляд на развитие АПК: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. науч. ст. по материалам Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. Нальчик. 2023. С. 143-147.
8. Мажайский Ю.А., Максименко В.П., Попова Ю.С. Динамика влажности почвы с использованием нового удобрения-мелиоранта при возделывании картофеля // В сб.: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий. М. 2010. С. 136-140.

9. Максименко В.П. Комплексная мелиорация уплотненных почв на орошаемых землях // Автореферат дис. на соиск. уч. степ. д.с.-хн., М., 2011.
10. Максименко В.П., Волчкова Т.Л., Балкизов А.Б. Водопотребление и продуктивность орошаемой люцерны на юге Западной Сибири // Мелиорация и водное хозяйство, 1993. № 2. С.33.
11. Балкизов А.Б., Сасиков А.С. Задачи регулирования водного режима почв и особенности его формирования для южных черноземов // В сб.: Сборник научных трудов VII Всероссийской научно-практической конференции, Нальчик, 2018. С.35-37.
12. Яроцкая Е.В., Бугаев С.С. Использование земель при кластеризации: Российский и Зарубежный опыт // В сборнике: Землеустройство, кадастр недвижимости и мониторинг земельных ресурсов. Материалы всероссийской научно-практической конференции, посвященной 15-летию юбилею кафедры землепользования и земельного кадастра Бурятского государственного университета. Под общей редакцией В.Н. Хертуева, Л.О. Григорьевой. 2018. С.75-78.
13. Карашаева А.С. Землеустройство как один из важнейших механизмов земельной политики // Столыпинский вестник. 2020. Т. 2. № 4.– С.10.
14. Stallings J. H. Soil Conservation. – New Jersey: Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, 1957. 390 p.

### References

1. Optimization of reclamation regimes of irrigated and drained agricultural lands. Recommendations: I.P. Aidarov, A.I. Golovanov, Yu.N. Nikolsky, M., Agropromizdat, 1990, p.59.
2. Kazantsev G.M. (1985). The effect of irrigation on the growth of the alfalfa root system. In collection: Factors of soil fertility and their regulation. Novosibirsk, pp.109-114.
3. Nikolsky Yu.N. (1979). Accounting for the water-physical characteristics of soils for calculating the irrigation regime of drained lands. In collection: Improving the

- organization of the technology of survey work for design. Moscow, No. 52, pp. 77-85.
4. Nikolsky Yu.N. (1988). Optimization of the water regime of drained lands of the ground type of nutrition. Abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences, Moscow.
  5. Optimization of reclamation regimes of irrigated and drained agricultural lands. Recommendations: I.P. Aidarov, A.I. Golovanov, Yu.N. Nikolsky. M., Agropromizdat, 1990. p.59.
  6. Rex L.M., Yakirevich A.M. (1989). Calculation of the water-salt regime of irrigated lands. M., VNIIGiM.
  7. Kaziev V.M., Shurdumov A.Kh., Mashukova M.Z. (2023). Analysis of the condition of agricultural lands. A modern view on the development of the agro-industrial complex: current issues, achievements and innovations: collection of scientific articles based on the materials of the All-Russian (national) Scientific and Practical Conference Nalchik. pp. 143-147.
  8. Mazhaisky Yu.A., Maksimenko V.P., Popova Yu.S. (2010). Dynamics of soil moisture using a new fertilizer-meliorant in potato cultivation. In collection: Ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of modern land reclamation technologies. Moscow. pp. 136-140.
  9. Maksimenko V.P. (2011). Complex reclamation of compacted soils on irrigated lands. Abstract of the dissertation. for the degree of Doctor of Agricultural Sciences, Moscow.
  10. Maksimenko V.P., Volchkova T.L., Balkizov A.B. (1993). Water consumption and productivity of irrigated alfalfa in the south of Western Siberia. Land Reclamation and Water Management, No. 2. p. 33.
  11. Balkizov A.B., Sasikov A.S. (2018). The tasks of regulating the water regime of soils and the features of its formation for southern chernozems. In collection: Collection of scientific papers of the VII All-Russian Scientific and Practical Conference, Nalchik. pp.35-37.

12. Yarotskaya E.V., Bugaev S.S. (2018). Land use in clusterization: Russian and Foreign experience. In the collection: Land management, real estate cadastre and monitoring of land resources. Materials of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 15th anniversary of the Department of Land Use and Land Cadastre of Buryat State University. Edited by V.N. Hertuev and L.O. Grigorieva. pp.75-78.
13. Karashaeva A.S. (2020). Land management as one of the most important mechanisms of land policy. Stolypinsky Bulletin. Vol. 2. No. 4. p.10.
14. Stallings J. H. (1957). Soil Conservation. New Jersey: Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs. p.390

© Балкизов А.Б., Сасиков А.С., Махотлова М.Ш., Тарканов И.Ю., Кушхабиев И.О., 2025. *International agricultural journal*, 2025, №2, 644-678.

**Для цитирования:** Балкизов А.Б., Сасиков А.С., Махотлова М.Ш., Тарканов И.Ю., Кушхабиев И.О. ДИНАМИКА ВЛАГОЗАПАСОВ И ВЛАГООБМЕН В АКТИВНОМ СЛОЕ ЮЖНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ПРИ ОРОШЕНИИ ЛЮЦЕРНЫ ДОЖДЕВАНИЕМ//*International agricultural journal*. 2025. № 2, 644-678