

Балкизов А. Б., Сасиков А. С.

Balkizov A. B., Sasikov A. S.

**ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНОГО
БАЛАНСА ПОЧВЕННЫХ И ГРУНТОВЫХ ВОД**

**LYSIMETRIC METHOD FOR STUDYING THE WATER BALANCE
OF SOIL AND GROUNDWATER**

Наиболее совершенными приборами, позволяющими экспериментальным путем определить практически все элементы баланса почвенных и грунтовых вод, являются лизиметры различных конструкций.

Лизиметрические методы исследований водного баланса почвогрунтовых вод заключаются в использовании специальных устройств (лизиметров), позволяющих определить количественный и качественный состав инфильтрующихся через почву атмосферных осадков и оросительной воды с известной площади и с вычленением роли грунтовых вод в восходящем потоке влаги.

Лизиметры используются в водобалансовых исследованиях также для научного прогноза мелиоративного состояния земель и их плодородия в условиях интенсивного земледелия и кормопроизводства, решая при этом и проблемы экономии воды для орошения. Лизиметры служат надежным средством управления комплексом факторов роста и развития растений. С их помощью в кратчайший срок можно определить темпы ухудшения плодородия почв, предвидеть и предотвратить возможное заболачивание или засоление орошаемых земель.

Рассматриваемый в статье лизиметрический комплекс состоит из шести лизиметров, каждый из которых представляет собой монолит почвогрунтовой толщи ненарушенной структуры мощностью 2 м и с площадью дневной поверхности 0,785 м² (диаметр лизиметра 1 м).

Лизиметрический метод исследований водного баланса орошаемых земель позволяет более точно учитывать водообмен между грунтовыми водами и зоной аэрации почв, выявить основные закономерности переноса влаги в почве и изучить влияние различных уровней увлажнения активного слоя почвы на величину урожайности и затрат воды на единицу получаемой продукции.

The most advanced devices that allow experimentally determining almost all elements of the balance of soil and groundwater are lysimeters of various designs.

Lysimetric methods of studying the water balance of soil waters consists in the use of special devices (lysimeters) that allow determining the quantitative and qualitative composition of atmospheric precipitation and irrigation water infiltrating through the soil from a known area and identifying the role of groundwater in the upward flow of moisture.

Lysimeters are also used in water balance studies for scientific forecasting of the reclamation state of lands and their fertility in conditions of intensive agriculture and feed production, while solving the problems of saving water for irrigation. Lysimeters serve as a reliable means of controlling a complex of plant growth and development factors. With their help, it is possible to determine the rate of deterioration of soil fertility in the shortest possible time, to anticipate and prevent possible waterlogging or salinization of irrigated lands.

The lysimetric complex considered in the article consists of six lysimeters, each of which is a monolith of the soil layer of an undisturbed structure with a capacity of 2m and with a daily surface area of 0.785m² (the diameter of the lysimeter is 1m).

The lysimetric method of studying the water balance of irrigated lands makes it possible to more accurately take into account the water exchange between groundwater and the soil aeration zone, to identify the main patterns of moisture transfer in the soil and to study the influence of different levels of moistening of the active soil layer on the yield and water consumption per unit of output.

Ключевые слова: лизиметры, почва, влажность почвы, влагозапасы, водный баланс, водопотребление, грунтовые воды.

Key words: lysimeters, soil, soil moisture, moisture reserves, water balance, water consumption, groundwater.

Балкизов Афрасим Баширович –

кандидат технических наук, доцент кафедры природообустройства, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, Нальчик
Тел.: 8 960 423 62 67
E-mail: afrasim_1960@mail.ru

Balkizov Afrasim Bashirovich –

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Environmental Engineering, FSBEI HE Kabardino-Balkarian SAU, Nalchik
Tel.: 8 960 423 62 67
E-mail: afrasim_1960@mail.ru

Сасиков Анатолий Сергеевич –

кандидат технических наук, доцент кафедры природообустройства, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, Нальчик
Тел.: 8 928 075 40 37
E-mail: rufus1972@mail.ru

Sasikov Anatoly Sergeevich –

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Environmental Engineering, FSBEI HE Kabardino-Balkarian SAU, Nalchik
Tel.: 8 928 075 40 37
E-mail: rufus1972@mail.ru

Изучение процесса водопотребления сельскохозяйственных культур на орошаемых землях в различные фазы их развития и установление зависимости урожайности от уровня водообеспеченности позволяет определить оптимальные пределы регулирования влажности почвы, обеспечивающие получение максимально возможного урожая, соответствующего минимуму затрат воды на единицу продукции.

Для достижения этого используются известные теоретические разработки, а также методы физического моделирования и опытно-производственный эксперимент. В основу физического моделирования положены водобалансовые исследования на больших лизиметрах с учетом всех элементов водного баланса, участвующих в формировании водного режима почвы в рассматриваемых природно-климатических условиях.

Наиболее совершенные приборы, позволяющие экспериментальным путем определить практически все элементы баланса почвенных и грунтовых вод – лизиметры различных конструкций.

Сущность лизиметрического метода исследований заключается в том, что с помощью специальных устройств (лизиметров) определяется количественный и качественный состав инфильтрующегося через почву

раствора, как правило, с известной площади и с вычленением роли грунтовых вод в восходящем потоке влаги.

Лизиметрический метод исследований предоставляет возможность моделирования системы «почва-вода-растение» и позволяет выявить закономерности формирования структуры водного баланса под влиянием метеорологических условий и определить практически все элементы баланса почвенных и грунтовых вод. Задача количественного определения передвижения влаги в почвенной толще в целом может быть решена, опираясь на данные о водном балансе, о режиме влажности почвы, выраженные в качественных категориях (ПВ, НВ, ВРК и т.д.). Данные о режиме влажности почвы, выраженные в этих категориях, могут дать некоторое качественное, в смысле определения направления, представление о передвижении влаги внутри самой почвенной толщи.

Лизиметрический метод позволяет:

- без нарушения естественного сложения почвы и связи между корнями растений и микроорганизмами изучить воздействие факторов урожая (осадки, орошение, питание и т.д.) на водный, пищевой и другие режимы почвы всей зоны аэрации, то есть от поверхности до грунтовых вод с учетом

величины их влияния на условия формирования урожая;

- сконцентрировать на одной площадке почвы разных типов и механического состава, используемые для выращивания различных кормовых культур, луговых травостоев;

- имитировать в почвах гидрологические условия нескольких местообитаний, норм осушения;

- моделировать условия разной водообеспеченности вегетационного периода;

- экстраполировать полученные результаты на обширную территорию с однородными показателями.

Лизиметры нужны прежде всего для научного прогноза мелиоративного состояния земель и их плодородия в условиях интенсивного земледелия и кормопроизводства, и при решении проблемы экономии воды для орошения. Мелиораторам, агрономам лизиметры служат надежным средством управления комплексом факторов роста и развития растений подобно тому, как агрохимику необходим лакмусовый индикатор для оценки среды. С помощью лизиметров в кратчайший срок можно определять темпы ухудшения плодородия почв, предвидеть и предотвратить возможное заболачивание или засоление орошаемых кормовых угодий.

Лизиметры широко не используются потому, что слабо отработана методика их применения. Строительство лизиметров требует определенных затрат, индивидуального проекта, а также разработка отвечающих целям исследований конструкций лизиметров и изготовления к ним измерительной пока несерийной аппаратуры.

К числу принципиальных требований методики лизиметрического метода относятся следующие позиции: конструкция лизиметров, технология подготовки участка и взятия монолита почвы, размер испаряющей и учитываемой поверхности, насыщенность и расположение датчиков, размещение лизиметров, наличие показателей однородности условий в лизиметрах и в поле.

Наиболее полное решение вопросов водного баланса, баланса питательных веществ достигается применением одновременно нескольких типов устройств: лизиметров-

испарителей, лизиметров-сборников и лизиметрических поддонов.

Рассматриваемый лизиметрический комплекс состоит из шести лизиметров, каждый из которых представляет собой монолит почвогрунтовой толщи ненарушенной структуры мощностью 2 м и с площадью дневной поверхности 0,785 м². Схема лизиметрической установки представлена на рисунке 1.

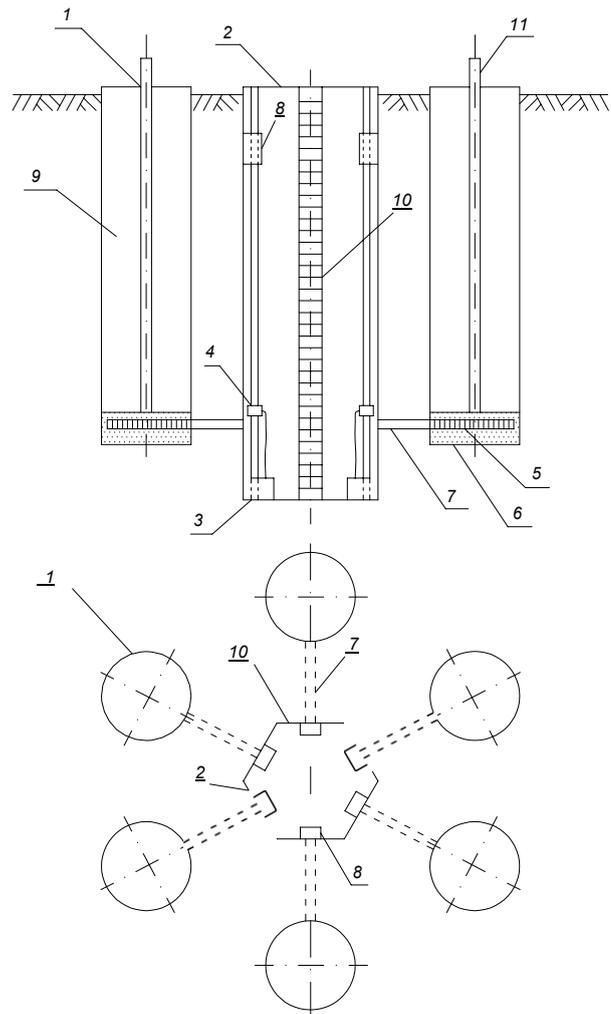


Рисунок 1 – Схема лизиметрической установки: 1 – лизиметры; 2 – подземная шахта; 3 – измерительные бачки; 4 – устройство карбюраторного типа с запорной иглой и поплавком; 5 – перфорированная труба с сеткой; 6 – песчаный слой из среднезернистого песка мощностью 20 см; 7 – соединительные трубы шахты с лизиметрами с вмонтированными трубчатыми фильтрами с сеткой; 8 – оттарированные бачки; 9 – почвенный монолит ненарушенной структуры; 10 – металлическая лестница для спуска в шахту; 11 – дюраламиниевая труба диаметром 40 мм для контроля влажности монолита нейтронным влагомером ВНП-1

В лизиметре (1) с монолитом (9) пробурена скважина, которая обсажена дюралюминиевой трубой (11) диаметром 40 мм для контроля изменения влагозапасов в монолите нейтронным влагомером ВНП-1 «Электроника». Для того, чтобы в наибольшей степени приблизить условия проведения опытов в лизиметрах к условиям окружающего поля, они устанавливаются отдельно друг от друга по кругу радиусом 3,25 м на орошаемом участке. Такая схема расстановки лизиметров обеспечивает в них одинаковые для растений условия произрастания (температурный режим почвы и воздуха, обеспеченность радиацией, приток углекислого газа к вегетативным органам). Это соответствует требованиям по изучению влияния одного фактора (водного) на процессы формирования надземной растительной массы.

В центре круга лизиметров смонтирована подземная шахта (2), предназначенная для размещения устройств по регулированию уровня грунтовых вод и наблюдения за их работой. Слив воды при подпитывании грунтовых вод фильтрационными водами может осуществляться через сливные трубки, сбрасывающие воду в специальные оттарированные измерительные бачки (3). Долив воды при расходовании грунтовых вод на испарение и поглощение корневой системой растений может осуществляться через верхние оттарированные бачки (8) посредством устройств карбюраторного типа (4), основными частями которых являются запорная игла и поплавков. Шахта соединена с каждым лизиметром посредством труб (7), в которых вмонтированы трубчатые фильтры с сеткой. Под монолитами на дне лизиметров предусмотрены также фильтры в виде перфорированной трубы с сеткой (5) и песчаный слой (6) из среднезернистого песка мощностью 20 см.

Если уровень грунтовых вод на орошаемом участке превышают 3 м, с целью моделирования условий, близких к естественным, в лизиметрах можно не создавать искусственно уровень грунтовых вод. Это отвечает решению задачи установления величины инфильтрации оросительной воды и атмосферных осадков, возможных при раз-

личных уровнях предполивной влажности активного слоя почвы и зафиксировать момент, когда в лизиметрах, в зависимости от рассматриваемых вариантов водного режима, сформируется уровень грунтовых вод.

Поливы проводятся при снижении влажности активного слоя почвы до заданного нижнего предела нормой, соответствующей пределам регулирования влажности почвы.

На опытном участке рядом с лизиметрическим комплексом оборудуется метеоплощадка для наблюдений за метеорологическими параметрами.

Контроль влажности почвы в лизиметрах и на опытном участке осуществляется с использованием нейтронного влагомера ВНП-1 «Электроника», плотность почвы определяется с помощью радиоизотопного прибора ППГР-1, а также стандартным методом с использованием стальных колец вместимостью 50 см³.

Схема организации опытной площадки и расположения оборудования представлена на рисунке 2.

Анализ водного баланса позволяет установить количественные связи между отдельными его элементами, выявить основные закономерности переноса влаги в почве и изучить влияние различных уровней увлажнения активного слоя почвы на величину урожайности и затрат воды на единицу получаемой продукции.

В общем случае уравнение водного баланса поля, занятого сельскохозяйственной культурой, для зоны аэрации почвы и конечного промежутка времени имеет вид:

$$\Delta W = P + M + \Phi_k + \Pi + O + B_n \pm g - E - \underline{Q} - \underline{\Pi} - \underline{B}_n, \quad (1)$$

где:

E – суммарное водопотребление за расчетный период, складывающееся из расхода влаги растением на транспирацию и испарение с поверхности почвы;

M – объем поданной оросительной воды за рассматриваемый период времени;

P – атмосферные осадки, выпадающие за тот же период времени;

Φ_k – фильтрация воды из оросительных каналов (на каналах с железобетонной про-

тивнофильтрационной облицовкой этой составляющей можно пренебречь);

P и O – соответственно приток и отток поверхностных вод (при орошении дождеванием с досточковой поливной нормой поверхностный сток отсутствует);

B_n и \underline{B}_n – приток и отток внутрипочвенных вод (поскольку для поля, находящегося в системе, эти величины равны и противоположны по знаку, их сумма равна нулю);

\underline{P} и \underline{Q} – приток и отток грунтовых вод (при глубоком залегании грунтовых вод этими величинами можно также пренеб-

речь, полагая, что пополнение грунтовых вод за счет инфильтрации атмосферных и поливных вод отсутствует);

$\pm g$ – влагообмен между почвенными и грунтовыми водами, характеризующий направленность почвенно-мелиоративных процессов;

ΔW – изменение влагозапасов в активном слое почвы или ограниченном по мощности горизонте; определяют как разность влагозапасов в этом слое на начало и конец рассматриваемого периода времени.

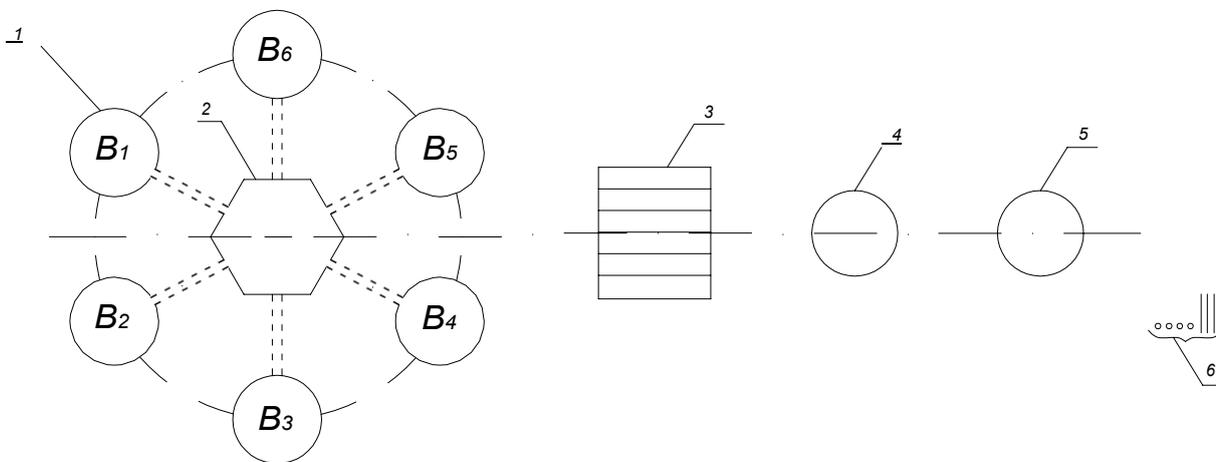


Рисунок 2 – Схема расположения оборудования на агрометеорологической площадке:

1 – лизиметры; 2 – шахта; 3 – метеорологическая будка; 4 – испаромер ГГИ-3000; 5 – осадкомер; 6 – почвенные термометры для измерения температуры на поверхности почвы и на глубинах: 0,05; 0,10; 0,15 и 0,20 м. Варианты водного режима почвы в лизиметрах: B1 – 90%НВ; B2 – 85%НВ; B3 – 80%НВ; B4 – 75%НВ; B5 – 70%НВ; B6 – 65%НВ

С учетом сделанных допущений, решая уравнение (1) относительно E , получим:

$$E = P + M \pm \Delta W \pm g. \quad (2)$$

В лизиметрах без грунтовых вод суммарное водопотребление рассчитывается по уравнению водного баланса (2), но без учета величины водообмена грунтовых вод $\pm g$, поскольку почвенный монолит ограничен снизу.

Таким образом, для монолита с изолированным дном и боковыми стенками при определении суммарного водопотребления растений можно воспользоваться уравнением водного баланса в следующем виде:

$$E = P + M \pm \Delta W. \quad (3)$$

Поскольку в монолитах лизиметров создаются условия произрастания растений, близкие к почвенным на опытном участке, результаты лизиметрических исследований можно с достаточной степенью точности распространить на орошаемый участок.

Для наблюдения за количеством атмосферных осадков P , выпавших за вегетационный период и испарением с поверхности почв, используются дождемеры и испаромеры ГГИ-3000, которые устанавливаются на площадке вблизи лизиметрического комплекса, а также с помощью почвенных дождемеров, расположенных возле каждого лизиметра.

Изменение влагозапасов ΔW в монолитах лизиметров можно установить по их

разности на начало и конец периода наблюдений:

$$\Delta W = W_n - W_k. \quad (4)$$

Оросительная норма M определяется как сумма поливных норм за вегетационный период. Поливные нормы устанавливаются, исходя из мощности расчетного слоя почвы и фактических влагозапасов в нем.

Регулирование водного режима почвы посредством орошения связано с определением влажности почвы на тот или иной момент времени и с проведением очередного полива при достижении заданного предполивного уровня влажности. В настоящее время существует большое разнообразие методов и способов определения влажности почвы в полевых условиях: термостатно-весовой (гравиметрический), радиационный, электрический, тензиометрический, карбидный.

В последнее время широко применяется в производстве и исследованиях радиаци-

онный (нейтронный) способ измерения влажности почвы без выемки образца.

Использование нейтронного влагомера для измерений влажности монолитов в лизиметрах, также как и радиоизотопного плотномера для замеров объемной массы почвы, позволяет избежать периодического разрушения монолита, механического повреждения корневой системы и вегетативных органов растений, а также оперативно контролировать измеряемые показатели в лизиметрах и на контрольных участках по горизонтам через 0,1 м.

Вывод. Лизиметрический метод исследований водного баланса орошаемых земель позволяет более точно учитывать водообмен между грунтовыми водами и зоной аэрации почв, выявить основные закономерности переноса влаги в почве и изучить влияние различных уровней увлажнения активного слоя почвы на величину урожайности и затрат воды на единицу получаемой продукции.

Литература

1. Максименко В.П., Балкизов А.Б. Влияние уровня предполивной влажности почвы на урожайность и водопотребление люцерны // Материалы научно-практической конференции КБГСХА, ч. 1. – Нальчик, 1995.
2. Изменение слоя активного влагообмена в зависимости от режима орошения люцерны на южных черноземах / А.Б. Балкизов, В.П. Максименко, Т.Л. Волчкова, А.С. Сохроков // Материалы научно-практической конференции КБГСХА. – Нальчик, 1996.
3. Максименко В.П., Балкизов А.Б., Волчкова Т.Л. Оптимизация режима орошения люцерны на южных черноземах // Мелиорация и водное хозяйство. – 2000. – №2.
4. Дышеков А.Х., Ламердонов З.Г., Балкизов А.Б. Научные и технологические аспекты повышения эффективности водных мелиораций в современных условиях // Сб. научных статей «Паводковые потоки и водные бассейны: проблемы регулирования водотоков, безопасность и надежность ГТС, мониторинг водных объектов и защита водоохранных зон». – Нальчик-Махачкала, 2007.

References

1. Maksimenko V.P., Balkizov A.B. Vliyaniye urovnya predpolivnoj vlazhnosti pochvy na urozhajnost' i vodopotrebleniye lyucerny // Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii KBGSHA, ch.1. – Nal'chik, 1995.
2. Izmeneniye sloya aktivnogo vlagooobmena v zavisimosti ot rezhima orosheniya lyucerny na yuzhnyh chernozemah / A.B. Balkizov, V.P. Maksimenko, T.L. Volchkova, A.S. Sokhrokov // Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii KBGSHA. – Nal'chik, 1996.
3. Maksimenko V.P., Balkizov A.B., Volchkova T.L. Optimizatsiya rezhima orosheniya lyucerny na yuzhnyh chernozemah // Melioratsiya i vodnoye hozyajstvo. – 2000. – №2.
4. Dyshekov A.H., Lamerdonov Z.G., Balkizov A.B. Nauchnye i tekhnologicheskie aspekty povysheniya effektivnosti vodnyh melioratsiy v sovremennykh usloviyakh // Sb. nauchnykh statej «Pavodkovye potoki i vodnye bassejny: problemy regulirovaniya vodotokov, bezopasnost' i nadezhnost' GTS, monitoring vodnykh ob'ektov i zashchita vodoohrannykh zon». – Nal'chik-Mahachkala, 2007.

5. Балкизов А.Б., Хажметов Л.М., Шехихачева Л.З. Суммарное водопотребление и анализ основных методов его расчета // Интеграционные процессы в науке в XXI веке» (Integration processes in science in the XXI century): материалы Международной (заочной) научно-практической конференции. – Душанбе: Nəşriyyat «Vüsət», 2018. – С. 48-51.

6. Балкизов А.Б., Сасиков А.С. Задачи регулирования водного режима почв и особенности его формирования для южных черноземов // Сборник научных трудов VII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию со дня рождения Х.Г. Урусмамбетова. – Нальчик, 2018.

7. Балкизов А.Б., Шехихачева Л.З. Особенности формирования водного режима южных черноземов // Международный научно-исследовательский журнал «Человек и современный мир». – №2 (27). – 2019.

8. К вопросу оптимального увлажнения южных черноземов при орошении люцерны дождеванием / А.Б. Балкизов, А.С. Сасиков, В.А. Балкизов, Т.А. Сасиков // В сб. «Инновационные решения в строительстве, природообустройстве и механизации сельскохозяйственного производства»: сборник научных трудов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. – Нальчик, 2021. – С. 117-121.

5. *Balkizov A.B., Hazhmetov L.M., Sheki-hacheva L.Z.* Summarnoe vodopotreblenie i analiz osnovnyh metodov ego rascheta // *Integracionnye processy v nauke v XXI veke* (Integration processes in science in the XXI century): materialy Mezhdunarodnoj (zaочноj) nauchno-praktičeskoj konferencii. – Dushanbe: Naşriyyat «Vüsət», 2018. – С. 48-51.

6. *Balkizov A.B., Sasikov A.S.* Zadachi regulirovaniya vodnogo rezhima pochv i osobennosti ego formirovaniya dlya yuzhnyh chernozemov // *Sbornik nauchnyh trudov VII Vserossijskoj nauchno-praktičeskoj konferencii, posvyashchennoj 75-letiyu so dnya rozhdeniya H.G. Urusmambetova.* – Nal'chik, 2018.

7. *Balkizov A.B., Shekihacheva L.Z.* Osobennosti formirovaniya vodnogo rezhima yuzhnyh chernozemov // *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal «Chelovek i sovremennyy mir».* – №2 (27). – 2019.

8. K voprosu optimal'nogo uvlazhneniya yuzhnyh chernozemov pri oroshenii lyucerny dozhdevaniem / *A.B. Balkizov, A.S. Sasikov, V.A. Balkizov, T.A. Sasikov* // *V sb. «Innovacionnye resheniya v stroitel'stve, prirodoobu-strojstve i mekhanizacii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva»:* sbornik nauchnyh trudov Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-praktičeskoj konferencii, Nal'chik, 2021. – S. 117- 121.