

БИОМЕТРИЯ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ ПИЩЕВОГО И ВОДНОГО РЕЖИМОВ ПОЧВЫ В ПРОГРАММЕ АМПРА

Борычев Сергей Николаевич¹, Захарова Ольга Алексеевна², Евсенкин Константин Николаевич³, Черкасов Олег Викторович⁴, Кучер Дмитрий Евгеньевич⁵

^{1,2,4}Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

³Федеральное государственное бюджетное научное учреждение федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

⁵Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы", г. Москва, Россия

²ol-zahar-ru@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Вследствие действия абиотических и биотических (в т.ч. антропогенных) факторов на ранее мелиорированные земли развились процессы деградации почв, которые используются в сельскохозяйственном производстве. Для повышения их плодородия необходимо регулировать пищевой режим, к примеру, современными технологиями с использованием мелиорантов. Улучшить водный режим мелиорируемых земель возможно при создании оптимальных условий для возделываемых культур регулированием уровня грунтовых вод (УГВ). На современном этапе уже возможно использование цифровых технологий в режиме онлайн. Цель наших исследований - изучение изменения биометрических показателей высоты растений при регулировании пищевого и водного режимов с применением агрономического механизма цифровых технологий.

Методология. Для достижения поставленной цели были проведены вегетационный и лизиметрических опыт с внесением мелиоранта дозой 10, 15 и 20 т/га. В вегетационном опыте дефицит влаги восполнялся поливами, в лизиметрическом – имитацией УГВ на отметках 0,5 и 0,9 м. Биометрические измерения выполнялись в режиме онлайн автоматически на программе АМПРА, разработанной профессором Ю.П. Добрачевым. Обработка результатов осуществлялась статистическими методами.

Результаты. Результаты исследований показали, что увеличение дозы мелиоранта до 20 т/га не способствовало максимальному росту растений, что повлияло, в свою очередь, на урожайность ячменя. В вегетационном опыте высота растений на варианте 3 составила 33,2 см, в лизиметрическом – на варианте 9 при имитации УГВ на отметке 0,9 м 35,10 см. Соответственно изменялась и урожайность ячменя, графически представленной S-образной кривой.

Заключение. Установлена эффективность внесения мелиоранта дозой 15 т/га на растения ячменя ярового сорта Кати при имитации УГВ на отметке 0,9 м. Полученные результаты будут обобщены и представлены в виде рекомендаций руководителям агрохолдинга Новоселки.

Ключевые слова: почва, деградация, водный режим, пищевой режим, шлюзование, мелиорант на основе половы.

Original article

BIOMETRY OF BARLEY PLANTS WHEN REGULATING FOOD AND WATER REGIMES OF SOIL IN THE AMPR PROGRAM

Borychev Sergey Nikolaevich¹, Zakharova Olga Alekseevna², Evsenkin Konstantin Nikolaevich³, Cherkasov Oleg Viktorovich⁴, Kucher Dmitry Evgenievich⁵

^{1,2,4}Federal State Budgetary Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev", Ryazan, Russia

³Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation Named after A.N. Kostyakov", Moscow, Russia

⁵Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia", Moscow, Russia

²ol-zahar-ru@yandex.ru

Abstract.

Problem and purpose. Due to the action of abiotic and biotic (including anthropogenic) factors on previously reclaimed lands, processes of soil degradation have developed, which are used in agricultural production. To increase their fertility, it is necessary to regulate the food regime, for example, with modern technologies using ameliorants. It is possible to improve the water regime of reclaimed lands by creating optimal conditions for cultivated crops by regulating the groundwater level (GWL). At the present stage, it is already possible to use digital technologies online. The purpose of our research was to study changes in biometric indicators of plant height when regulating food and water regimes using the agronomic mechanism of digital technologies.

Methodology. To achieve this purpose, vegetation and lysimetric experiments were carried out with an ameliorant at a dose of 10, 15 and 20 t/ha. In the growing season, the moisture deficit was replenished by irrigation; in the lysimetric experiment, by simulating the groundwater level at 0.5 and 0.9 m. Biometric measurements were performed online automatically using the AMPR program developed by Professor Yu.P. Dobrachev. The results were processed using statistical methods.

Results. The research results showed that increasing the dose of the ameliorant to 20 t/ha did not contribute to the maximum plant growth, which, in turn, affected the barley yield. In the vegetation experiment, the height of plants in option 3 was 33.2 cm and in the lysimetric experiment it was 35.10 cm in option 9 with simulated groundwater level at 0.9 m. The barley yield changed accordingly and was graphically represented by an S-shaped curve.

Conclusion. The efficiency of applying the ameliorant at a dose of 15 t/ha to spring barley plants of Kati variety has been established when simulating the groundwater level at 0.9 m. The results obtained will be summarized and presented in the form of recommendations to managers of the Novoselki agricultural holding.

Key words: soil, degradation, water regime, food regime, sluicing, chaff-based ameliorant.

Введение

Неблагоприятные погодные условия в виде резких переходов засушливых и ливневых периодов в вегетацию, старение мелиоративных систем, экономические преобразования после 1990-го года способствовали развитию деградации ранее мелиорированные почв Рязанской Мещеры [4]. Восстановление почв возможно при регулировании пищевого и водного режимов, то есть при проведении комплексных мероприятий. Разработка новых ресурсосберегающих технологий и их внедрение в производство для восполнения дефицита питания и воды для сельскохозяйственных культур является своевременной и актуальной задачей. Одним из таких приемов в системе удобрений является внесение современных мелиорантов, обладающих ресурсосберегающей и питательной функциями [1, 2, 4, 5, 7]. За последние годы, как показал проведенный нами обзор научной литературы, разработано и применено множество мелиорантов с целью восстановления плодородия почв. Целью исследований являлось изучение изменения биометрических показателей высоты растений при регулировании пищевого и водного режимов с применением агрономического механизма цифровых технологий. Объектами исследований выступили растения ячменя.

Методика проведения исследований

Исследования проведены по договоренности с руководством агрохолдинга Новоселки. Уже несколько лет агрохолдинг поставляет корма для оперативного полка конной полиции Москвы, Московского конноспортивного клуба ЦСКА и Конного завода ВНИИ коневодства г. Рыбное. Мелиоративный объект Тинки-II размещен вблизи п. Полково в 20 км от областного центра г. Рязани (рисунок 1). Опытный участок входил в состав экополигона.

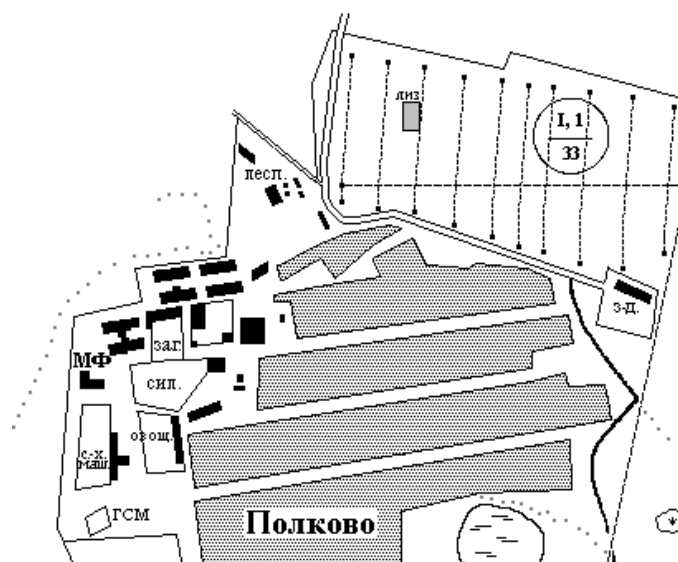


Рисунок 1 – Место проведения исследований
Figure 1 – Research location

Программа исследований включала проведение вегетационного и лизиметрического опыта в п. Полково.

Вегетационный опыт поставлен в лаборатории ВНИИГиМ по методике, изложенной в работе «Основы научных исследований в агрономии» Ю.А. Бобковой (2018), с вариантами в трехкратной повторности: контроль – без удобрений, вариант 1 – из расчета $N_{30}P_{45}K_{60}$ – фон, варианты 2, 3 и 4 – внесение $N_{30}P_{45}K_{60}$ + мелиорант на основе козьего навоза дозами 10, 15 и 20 т/га соответственно. Водный режим регулировался поливами. В исследованиях использовалась тест-культура ячменя ярового сорта Кати. Разновидность нутанс, среднепоздний.

В вегетационном опыте растения росли и развивались в оптимальных условиях. Биометрические измерения осуществлялись автоматически в программе АМПРА, разработанной д.т.н., профессором ФГБНУ ФНЦ ВНИИГиМ Ю.П. Добрачевым.

Лизиметрический опыт проведен на лизиметрической станции п. Полково на водобалансовых лизиметрах конструкции ВНИИГиМ. Станция оснащена испарителями ГГИ-500-50, наблюдательными скважинами, наблюдательным постом за погодой, осадкомером. Площадь водобалансового лизиметра в опыте составляла $1,13 \text{ м}^2$.

Почва – торфяная длительного мелиоративного воздействия невысокого уровня плодородия, содержание гумуса до 1,5%.

Оптимальные для трав уровни грунтовых вод (УГВ) были определены водобалансовыми уравнениями и в лизиметрическом опыте проводилась имитация УГВ на отметках 0,5 и 0,9 м. Лизиметрический опыт включал варианты в четырехкратной повторности (таблица 1).

Таблица 1 – Схема лизиметрического опыта

№	Варианты опыта
	Фактор 1 – мелиорант Фактор 2 - Имитация уровня грунтовых вод 0,5 м
1	Контроль – без удобрений
2	N ₃₀ P ₄₅ K ₆₀ - фон
3	фон + мелиорант дозой 10 т/га
4	фон + мелиорант дозой 15т/га
5	фон + мелиорант дозой 20т/га
	Фактор 1 – мелиорант Фактор 2 - Имитация уровня грунтовых вод 0,9 м
6	Контроль – без удобрений
7	N ₃₀ P ₄₅ K ₆₀ - фон
8	фон + мелиорант дозой 10т/га
9	фон + мелиорант дозой 15т/га
10	фон + мелиорант дозой 20т/га

Мелиорант разработан к.т.н., в.н.с. ФГБНУ ФНЦ ВНИИГиМ К.Н. Евсенкиным. В качестве матрицы в составе мелиоранта использовался навоз козий 60%, в дополнении к нему введен осадок сточных вод коммунального хозяйства 30% (ОСВ), измельченная солома и комплекс эффективных микроорганизмов Байкал ЭМ-1 10%. Оптимальная аэробная ферментация на уровне содержания С:N = 22:1. Смесь созревала в течение одной недели, перемешивалась и дозревала еще 2 недели. Готовый мелиорант имел гомогенную структуру и темно-коричневую окраску. Агрохимическая характеристика удобрительного мелиоранта, следующая: влажность 60%, органическое вещество 85%, азот общ.2,4%, подвижный фосфор 55 мг/100г почвы, обменный калий - 57 мг/100г почвы. Мелиорант вносился в почву однократно. По содержанию питательных веществ и активности водородных ионов мелиорант удовлетворял требованиям ГОСТ Р 55570 -2013.

Теоретическую и методологическую основу исследования составляют фундаментальные концепции развития агрономической и мелиоративной науки, изложенные в трудах отечественных и зарубежных исследователей, в том числе по вопросам внедрения цифровых технологий. Цифровизация управления земледельческими приемами реальна и позволяет ведение новых условий взаимодействия с товаропроизводителями для продвижения инновационных решений. В стране введена Единая федеральная информационная система, информирующая о землях сельскохозяйственного назначения (ЕФИС ЗСН) в режиме онлайн. Биометрия ячменя учитывалась автоматически с применением цифровых технологий, в частности, программа АМПРА. Влажность почвы, биометрия определялись автоматически с выводом информации на дисплей и последующей передачей ее в ЕФИС ЗСН. Обработка результатов исследований с использованием компьютерной программы STATISTIK 10.

Погодные условия в течение десяти лет, что велись исследования, отличались неустойчивостью, но лимитирующего действия не имели вследствие искусственного регулирования водного режима.

Результаты исследований

Биометрические измерения оценивались автоматически еженедельно в динамике (рисунки 2 и 3). Так, наибольший рост зафиксирован на варианте 3 с несением $N_{30}P_{45}K_{60}$ + мелиорант дозой из расчета 15 т/га на отметке $33,2 \pm 0,07$ см.

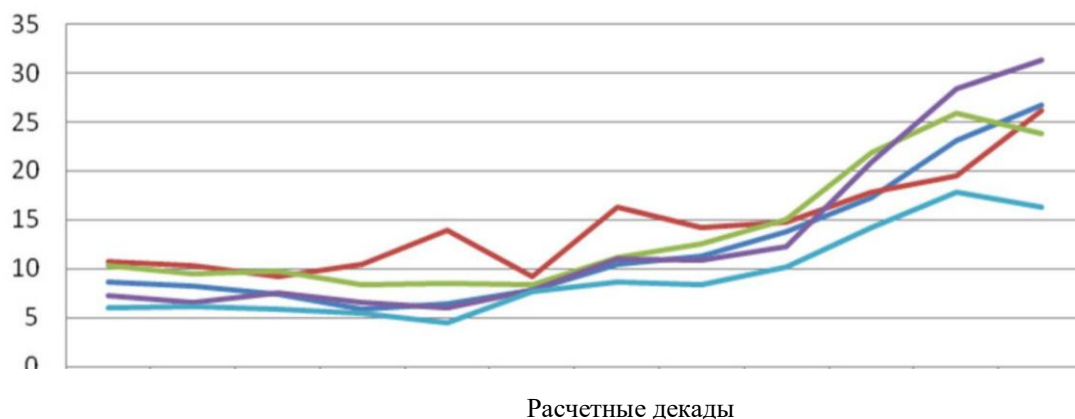


Рисунок 2 – График биометрических измерений в онлайн режиме
Figure 2 – Online biometric measurements schedule

- контроль – без удобрений,
- Вариант 1 – из расчета $N_{30}P_{45}K_{60}$ + мелиорант 10 т/га
- Вариант 2 – из расчета $N_{30}P_{45}K_{60}$ + мелиорант 15 т/га
- Вариант 3 – из расчета $N_{30}P_{45}K_{60}$ + мелиорант 20 т/га
- Вариант 4 – из расчета $N_{30}P_{45}K_{60}$ + мелиорант 10 т/га

Анализируя графики биометрических измерений высоты растений видно 2 скачка со спадом на варианте 4, что, очевидно, связано со стрессовой ситуацией растений из-за быстрого роста и недостатка воды в эти периоды развития. Урожайность зеленой массы составила соответственно вариантам 0,6 кг, 0,8 кг, 1,2 и 0,9 кг на сосуд. Урожайность зерна в среднем составила от 25 до 36% от урожая соломы.



Рисунок 3 – Растения ячменя сорта Кати перед укосом на варианте 4
 Figure 3 – Barley plants of Kati variety before mowing in option 4

Высота растений ячменя в статистике характеризуется количественным признаком, который можно измерить (таблица 2). Для растений в лизиметрическом опыте условия складывались также оптимально (рисунок 4).



Общий вид лизиметрической станции



Откачка инфильтрационных вод из кармана лизиметра

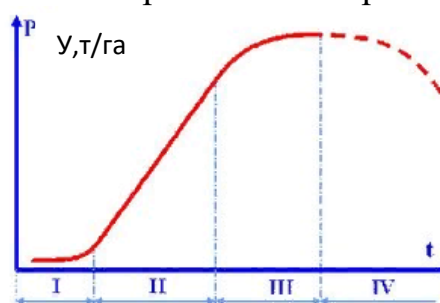
Рисунок 4 – Общий вид лизиметров
 Figure 4 – General view of lysimeters

Таблица 2 – Результаты биометрии растений ячменя в вегетационных сосудах, см

Номер, вариант	Повторность				Среднее	Отклонение к К+	
	1	2	3	4		см	%
1	22,6	22,8	23,4	23,8	23,15	-	-
2	26,0	26,8	27,9	27,1	26,95	3,80	16,4
3	29,5	29,8	30,2	29,6	29,78	6,63	28,6
4	30,6	29,8	29,5	30,9	29,95	6,80	29,4
5	30,3	30,4	31,3	31,8	30,95	7,80	33,7
6	31,6	30,8	31,2	31,3	31,23	-	-
7	32,6	32,6	32,8	31,9	32,48	1,25	4,0
8	33,4	32,9	33,8	33,9	33,50	2,27	7,8
9	35,4	35,0	34,2	35,8	35,10	3,87	12,4
10	32,9	32,7	33,9	32,9	33,10	1,87	6,0
НСР ₀₅	1,04						

Из данных таблицы 2 видно, что внесение мелиоранта на варианте 9 было максимальным и превысило контрольные значения на 3,87 см. При рассмотрении влияния УГВ на растения ячменя выделяются большие колебания в биометрии при их высоком их стоянии. Однако излишек воды, по-видимому, на вариантах 1-5 не способствовал ускорению роста растений и впитывающей способности корневой системы. Урожайность зерна соответствовала характеристике сорта. Качество зерна на всех вариантах вегетационного опыта соответствовало Межгосударственному стандарту ГОСТ 28672-2019 "Ячмень. Технические условия". Содержание белка на вариантах опыта установлено на уровне 11,81...13,00%, сахаров – 4,80...5,20%.

Урожайность трав в лизиметрическом опыте выражалась кривой (рисунок 5).



При статистической обработке подтверждены опытные результаты урожайности ячменя. Кривая имеет S-образный вид, то есть данный количественный показатель при повышении дозы от 15 т/га не растет [6].

Рисунок 5 – Теоретический график урожайности зерна при увеличении дозы мелиоранта

Figure 5 – The theoretical graph of the grain yield with increasing a dose of the ameliorant

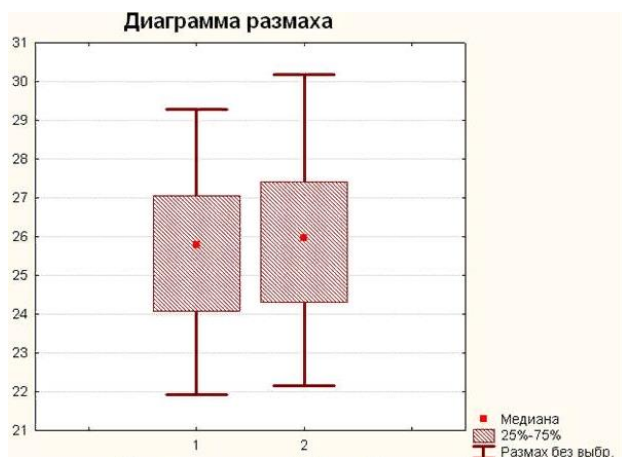


Рисунок 6 – Диаграмма размаха

Figure 6 – The range diagram

При обработке результатов исследований с применением параметрического t-критерия Стьюдента при построении диаграммы размаха было отмечено 2 пика на гистограмме, свидетельствующие о не нормальном распределении на установленном уровне значимости ($p < 0.05$), что есть следствие влияния факторов извне.

Результаты обработки данных свидетельствуют о меньшем влиянии полива на высоту растений по сравнению с действием мелиоранта. Это, на наш взгляд, объясняется влажностью самого мелиоранта и наличием в его исходном составе группы эффективных микроорганизмов.

Заключение

Обобщая вышеизложенное, установлена эффективность внесения мелиоранта дозой 15 т/га на растения ячменя ярового сорта Кати при имитации УГВ на отметке 0,9 м. В производственных условиях это выполнить не сложно с помощью подъема-опускания затворов шлюза-регулятора на осушительной системе. Полученные зависимости и межфакторные взаимодействия можно в дальнейшем установить с помощью программы Statistica 10, но при проведении многомерного дисперсного анализа Манова. Полученные результаты будут обобщены и представлены в виде рекомендаций руководителям агрохолдинга Новоселки.

Библиографический список

1. Абдуллаева, Л.Э. Мелиоранты на основе отходов промышленного производства /Л.Э. Абдуллаева // Фундаментальные и прикладные исследования: Актуальные вопросы, достижения и инновации //Сборник статей LI Международной научно-практической конференции, состоявшейся 15 декабря 2021 г. в г. Пенза. – Пенза, 2021.- С.85-92. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/melioranty-na-osnove-othodov-promyshlennogo-proizvodstva>
2. Гасанова, Е.С. Влияние внесения удобрений и мелиоранта на состав и свойства фульвокислот чернозема выщелоченного/ Е.С.Гасанова, Н.Г. Мязин,К.Е. Стекольников, Р.Н. Луценко, А.В. Малявская // Агрехимия,2021.- №4.-С.75. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_4_75
3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году». — М.: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2023. — С. 884. URL: <https://ogbu.green.tsu.ru/?p=18982>
4. Евсенкин, К. Н. Последствия внесения мелиоранта на основе половы на плодородие почвы и урожайность многолетних трав при подпочвенном увлажнении / К.Н. Евсенкин // Сетевой научный журнал РГАТУ, 2023. - №1. – С. 30-39. URL:<http://networkjournal.ru/files/dynamic/Articles/b4247c0e-e71a-46ae-93e4-9c22666aa8bc.pdf>
5. Петрова,Т.А. Метод оценки эффективности мелиорантов при рекультивации нарушенных земель /Т.А. Петрова, Э. Рудзиш // Вестник Евразийской науки, 2021.- №6. - Том 13.-С. 6 – 12. URL статьи: <https://esj.today/PDF/53NZVN621.pdf>
6. Садовая, И.И. Анализ достоверных различий агрохимических показателей при расчете коэффициента Стьюдента / И.И. Садовая, О.А. Захарова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2022. - Т. 14. - № 3. - С. 46-57. DOI: 10.36508/RSATU.2022.26.59.002
7. Gordeyeva T.Kh. Effekt ofnontraditional meliorantson the microbiological activity of soil and growth ofplants // Научный журнал Куб.ГАУ,2012.-Е.81.-№7.-С.81-87. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-netraditsionnyh-meliorantov-na-mikrobiologicheskuyu-aktivnost-pochvy-i-rost-rasteniy>

References

1. Abdullaeva, L.E. Melioranty na osnove othodov promyshlennogo proizvodstva /L.E. Abdullaeva // Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya: Aktual'nye voprosy,

- dostizheniya i innovacii //Sbornik statej LI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, sostoyavshejsya 15 dekabrya 2021 g. v g. Penza. – Penza, 2021.- S.85-92. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/melioranty-na-osnove-othodov-promyshlennogo-proizvodstva>
2. Gasanova, E.S. Vliyanie vneseniya udobrenij i melioranta na sostav i svojstva ful'vokislot chernozema vyshchelochennogo/ E.S.Gasanova, N.G. Myazin, K.E. Stekol'nikov, R.N. Lucenko, A.V. Malyavskaya // Agrohimiya, 2021.- №4.-S.75. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_4_75
3. Gosudarstvennyj doklad «O sostoyanii i ob ohrane okruzhayushchej sredy Rossijskoj Federacii v 2022 godu». — M.: Minprirody Rossii; NPP «Kadastr», 2023. — S. 884. URL: <https://ogbu.green.tsu.ru/?p=18982>
4. Evsenkin, K. N. Posledejstviya vneseniya melioranta na osnove polovy` na plodorodie pochvy` i urozhajnost` mnogoletnix trav pri podpochvennom uvlazhnenii / K.N. Evsenkin // Setevoj nauchnyj zhurnal RGATU, 2023. - №1. – S. 30-39. URL:<http://networkjournal.ru/files/dynamic/Articles/b4247c0e-e71a-46ae-93e4-9c22666aa8bc.pdf>
5. Petrova, T.A. Metod ocenki effektivnosti meliorantov pri rekul'tivacii narushennyh zemel' / T.A. Petrova, E. Rudzish // Vestnik Evrazijskoj nauki, 2021.- №6. - Tom 13.- S. 6 – 12. URL stat'i: <https://esj.today/PDF/53NZVN621.pdf>
6. Sadovaya, I.I. Analiz dostovernyh razlichij agrohimicheskikh pokazatelej pri raschete koefficienta St'yudenta / I.I. Sadovaya, O.A. Zaharova // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva, 2022. - T. 14. - № 3. - S. 46-57. DOI: 10.36508/RSATU.2022.26.59.002
7. Gordeyeva T.Kh. Effekt of nontraditional meliorants on the microbiological activity of soil and growth of plants // Nauchnyj zhurnal Kub.GAU, 2012.-E.81.-№7.-S.81-87. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-netraditsionnyh-meliorantov-na-mikrobiologicheskuyu-aktivnost-pochvy-i-rost-rasteniy>