

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ОСАДКА УЛЬЯНОВСКОГО САХАРНОГО ЗАВОДА В КАЧЕСТВЕ МЕЛИОРАНТА КИСЛЫХ ПОЧВ

Черкасов Евгений Андреевич¹, кандидат сельскохозяйственных наук, директор

Куликова Алевтина Христофоровна², доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»

Лобачев Денис Александрович², кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора

¹ФГБУ «САС» Ульяновская»

432025, г. Ульяновск, ул. Маяковского, 35; тел.: (8422)46-30-99, e-mail: agrohim_73@mail.ru

²ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; тел.: (8422) 25-95-68; e-mail: agroec@yandex.ru

Ключевые слова: чернозём выщелоченный, кислотность почв, известкование, фильтрационный осадок, сельскохозяйственные культуры, урожайность.

В работе приведены результаты изучения эффективности фильтрационного осадка Ульяновского сахарного завода в качестве известкового материала для нейтрализации кислотности чернозёма выщелоченного. Исследования проведены на территории землепользования ООО «Хлебороб» МО Ульяновский район. Почва опытного поля - чернозём выщелоченный тяжелосуглинистый с показателями кислотности $pH_{КС}$ 5,52 единиц, H_2 6,65 мг-экв/100г почвы. Схема опыта включала три варианта: 1. Контроль. 2. Фильтрационный осадок в дозе 6,1 т/га, рассчитанной по гидролитической кислотности (H_2). 3. Фильтрационный осадок в дозе 4,5 т/га, рассчитанной по обменной кислотности ($pH_{КС}$). Повторность опыта 4-х кратная, общая площадь делянки - 88 м², учётная - 54 м², расположение их рендомизированное. В результате исследований установлено, что применение фильтрационного осадка Ульяновского сахарного завода в первый же год после известкования позволяет снизить кислотность почвы в зависимости от дозы внесения на 1,05-1,10 единиц $pH_{КС}$ на второй год - на 0,47-1,25 и на 3-й - на 0,52-0,77 единиц. Известкование почвы фильтрационным осадком значительно улучшало питательный (особенно азотный) режим чернозёма выщелоченного. В первый год применения более высокую урожайность ячменя обеспечила доза мелиоранта 4,5 т/га, на второй и третий годы наблюдали одинаковую прибавку урожайности зерна: озимой пшеницы - на 0,3 т/га (17 %), яровой пшеницы - 0,5 т/га (11 %).

Введение

Проблема нейтрализации кислых почв в России была и остаётся одной из важнейших проблем, особенно в связи с резким сокращением объёмов известкования в конце прошлого века и по настоящее время. По данным Министерства сельского хозяйства, в рамках мониторинга пахотных угодий по степени кислотности почв в Российской Федерации в 2017 году 36,3 % (33,1 млн. га) от обследованной площади пашни требуют первоочередного известкования, в том числе сильно и очень сильно кислые почвы составляют 2,8 % [1]. Наибольшие площади пашни, нуждающиеся в известковании, находятся в Центральном (59,5 %), Северо-Западном (46,3 %), Приволжском (34,7 %), Уральском (49,9 %), Сибирском (30,9 %) и Дальневосточном (89,6 %) федеральных округах.

На 01.01.2019 г. площадь кислых почв в Ульяновской области составила 699,7 тыс. га, или 49,2 % обследованной площади пашни, равной 1423,0 тыс. га. Следует отметить, что за последние почти 20 лет (с 2000 года) наблюдается значительное уменьшение площадей пашни с

нейтральной и близкой к нейтральной реакцией почвенной среды. При этом уменьшение почв с нейтральной реакцией среды составило 105,8 тыс. га, близкой к нейтральной – 35,9 тыс. га, тогда как площадь среднекислых почв увеличилась на 16,5 тыс. га. Таким образом, процесс подкисления почв пашни продолжается и необходимо принять незамедлительные меры для его приостановления и устранения повышенной кислотности. В противном случае кислотность почвы неминуемо станет лимитирующим урожайность сельскохозяйственных культур фактором.

Радикальным средством нейтрализации кислотности является известкование почв, то есть внесение в почву материалов, содержащих $CaCO_3$ и $MgCO_3$ [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. Ульяновская область богата месторождениями известковых материалов. Так, содержание $CaCO_3 + MgCO_3$ в меле Шиловского месторождения составляет 98,5 %. Однако в настоящее время процесс добычи мела и приготовление его для нужд сельского хозяйства приостановлен. В сложившейся обстановке хорошей альтернативой известии может стать фильтрационный осадок Ульяновского

Таблица 1
Динамика обменной кислотности (рН_{KCl}) пахотного слоя чернозёма выщелоченного при внесении в почву фильтрационного осадка

Вариант	Год			
	26.08.2016 г.	17.08.2017 г.	27.07.2018 г.	06.09.2019 г.
Контроль	5,18	5,18	5,03	5,05
CaCO ₃ 6,1 т/га	5,19	6,28	6,28	5,82
CaCO ₃ 4,5 т/га	5,25	6,23	5,50	5,57

сахарного завода. В связи с вышеизложенным целью наших исследований являлось изучение эффективности фильтрационного осадка Ульяновского сахарного завода в качестве известкового материала для нейтрализации кислотности почв.

Объекты и методы исследований

Объектами исследования являлись: фильтрационный осадок Ульяновского сахарного завода, чернозём выщелоченный тяжёлосуглинистый, сельскохозяйственные культуры: ячмень сорта Камышовский, озимая пшеница сорта Марафон, яровая пшеница сорта Бурлак.

Фильтрационный осадок образуется при очистке свекловичного сока путём добавления к нему известкового раствора. Его выход от веса переработанной массы составляет 10-12 %. Фильтрационный осадок, полученный на заводе в качестве отхода свеклосахарного производства, имеет высокую влажность – до 40-60 %. Однако при хранении его на специальных картах-отстойниках влажность его значительно снижается (до 17-20 %). По мере снижения в указанном материале влажности в нём возрастает относительное содержание органических и минеральных веществ. В пересчёте на сухое вещество в нём содержится до 70-80 % углекислого кальция и углекислого магния, 0,2-0,4 % азота, 0,15-0,5 % P₂O₅, 0,3-0,5 % K₂O, а также другие макро- и микроэлементы и до 10-20 % органических веществ [9]. В фильтрационном осадке Ульяновского сахарного завода содержание CaCO₃+MgCO₃ составляло 43,8 %, органического вещества 12,60 %, серы (S) 74 мг/кг, азота (N) 0,17 %, фосфора (P₂O₅) 0,41 %, калия (K₂O) 0,43 %; количество микроэлементов: Zn 6,6 мг/кг, Cu 1,1 мг/кг, Mn 43,3 мг/кг.

Исследования проводили на территории землепользования ООО «Хлебороб» МО Ульяновский район. Почва опытного поля характеризуется со слабокислой реакцией почвенного

раствора с рН_{KCl} 5,22 единиц, но достаточно высокой потенциальной кислотностью с Нг 6,65 мг-экв/100 г почвы. Содержание гумуса по Тюрину в модификации ЦИНАО составляло 6,9 %; подвижного фосфора (P₂O₅) по Чирикову 95 мг/кг, калия (K₂O) – 128 мг/кг; Ca 22 мг-экв/100 г, Mg 4,87 мг-экв/100 г почвы.

Мелкоделяночный опыт был заложен в 3-х вариантах и 4-х повторениях осенью 2016 года по следующей схеме:

1. Контроль.

2. Фильтрационный осадок (ФО) в дозе 6,1 т/га, рассчитанной по гидролитической кислотности (Нг).

3. Фильтрационный осадок в дозе 4,5 т/га, рассчитанной по обменной кислотности (рН_{KCl}).

Определение дозы мелиоранта проводили двумя способами: по гидролитической кислотности и по ожидаемому сдвигу рН(KCl) от внесения одной тонны извести [10,11].

Общая площадь каждой делянки -88 м², учётная- 54 м². Общая площадь одной повторности -264 м², всего опытного участка- 1056 м².

Фильтрационный осадок вносили осенью 2016 г. вручную, разравнивали по поверхности почвы также вручную, заделку его осуществляли БДМ 4*4 на глубину 14-16 см.

За период наблюдений на опытном участке возделывали в 2017 г. - ячмень сорта Камышовский, 2018 г. – озимую пшеницу сорта Марафон, 2019 г. – яровую пшеницу сорта Бурлак. Возделывание культур проводили по принятым в хозяйстве технологиям.

Организацию полевых опытов, проведение наблюдений и лабораторных анализов осуществляли по общепринятым методикам и ГОСТам. Все анализы почвенных и растительных образцов проводили в аккредитованной агрохимической лаборатории ФГБУ «САС» Ульяновская» (№ RA.RU. 510251).

Результаты исследований

Результаты исследований показали значительное улучшение кислотного режима чернозёма выщелоченного в первый же год после внесения в почву фильтрационного осадка: сдвиг рН_{KCl} в сторону уменьшения кислотности составил 1,10 единицы от дозы 6,10 т/га и 1,05 единиц – от дозы 4,5 т/га. (табл. 1).

В этом отношении эффективность фильтрационного осадка превышает мел Шиловского месторождения Ульяновской области, где уменьшение кислотности от дозы CaCO₃ в 4,44 т/га составил 0,70 единиц рН_{KCl} [12,13]. По-

Таблица 2

Содержание макроэлементов питания в пахотном слое чернозёма выщелоченного в зависимости от известкования фильтрационным осадком, мг/кг

Вариант	17.08.2017 г. (до посева озимой пшеницы)			27.07.2018 г. (в период уборки)		
	(N-NH ₄) + (N-NO ₃)	P ₂ O	K ₂ O	(N-NH ₄) + (N-NO ₃)	P ₂ O	K ₂ O
Контроль	5,6	89	59	17,8	110	88
CaCO ₃ 6,1 т/га	7,7	87	78	20,3	118	83
CaCO ₃ 4,5 т/га	6,5	89	63	15,8	101	76

следнее, по-нашему мнению, обусловлено тем, что карбонат кальция в чистом виде нерастворим. Однако при внесении в почву, где в почвенном растворе постоянно присутствует диоксид углерода (CO₂), постепенно растворяется вследствие образования растворимого гидрокарбоната кальция: CaCO₃ + H₂O + CO₂ = Ca(HCO₃)₂. Этим и объясняется достаточная длительность и пролонгированность нейтрализующего действия мела при известковании почв.

Что касается фильтрационного осадка, в присутствии воды, содержащейся в нём в подсушенном виде до 20 %, а также в виде примеси Ca(OH)₂, происходит лучшее растворение CaCO₃.

Аналогичные изменения произошли и в гидролитической кислотности пахотного слоя чернозёма выщелоченного. Знание величин гидролитической кислотности (Нг) очень важно при решении практических вопросов известкования, так как она включает все содержащиеся в почве ионы водорода, не только легкоподвижные (обменные, рН_{ксл}), но и менее подвижные, способные к замене на основании при щелочной реакции среды. На контроле Нг до внесения фильтрационного осадка составляла 4,99 мг-экв/100 г в 2016 г., к концу вегетационного периода 2018 года – 5,45 мг-экв/100 г почвы. При внесении в почву фильтрационного осадка она снизилась более, чем в 2 раза: с 4,89 мг-экв/100 г до 2,18 мг-экв/100 г почвы.

Известкование почвы фильтрационным осадком оказало существенное влияние на питательный режим почвы. В таблице 2 приведено содержание элементов питания в пахотном слое почвы опытного участка при возделывании озимой пшеницы (2-я культура после известкования).

При анализе данных таблицы, прежде всего, обращает на себя внимание значительное улучшение азотного питания растений озимой пшеницы при внесении в почву фильтрационного осадка, особенно с дозой 6,1 т/га (расчёты по гидролитической кислотности). Преимущество данного варианта сохранялось в течение всей вегетации культуры. Несмотря на

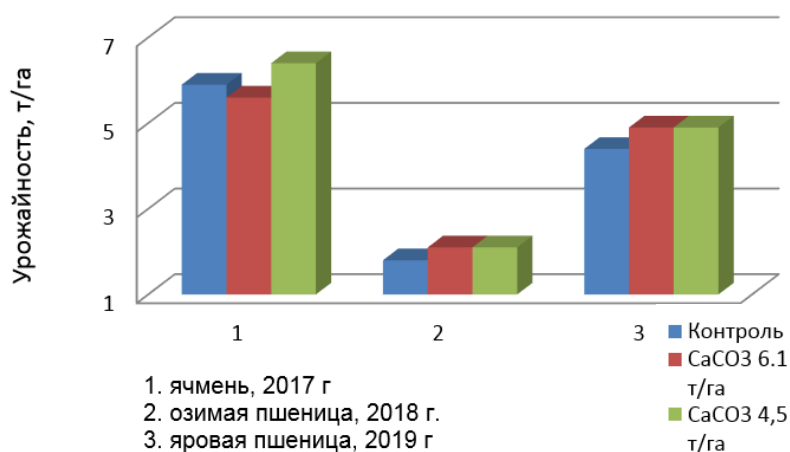


Рис. - Прямое и последствие известкования почвы фильтрационным осадком на урожайность сельскохозяйственных культур

усиленное питание растений элементом на формирование урожая, содержание минерального азота в пахотном слое почвы к концу вегетации составляло 20,3 мг/кг, что на 14 % больше контрольного варианта. Последнее, несомненно, обусловлено улучшением деятельности почвенных микроорганизмов и усилением трансформации азота органических соединений в минеральные (доступные) формы [12]. Содержание доступного фосфора к концу вегетации культуры также было выше при внесении в почву фильтрационного осадка в дозе 6,1 т/га; количество обменного калия относительно снижалось, что связано с потреблением элемента на создание урожая.

Урожайность культур в зависимости от известкования почвы фильтрационным осадком представлена на рисунке.

Как показали результаты исследования, в 1-й год после известкования достоверных изменений в урожайности ячменя от внесения в почву фильтрационного осадка с дозой 6,1 т/га, несмотря на очень значительный сдвиг в кислотности в сторону нейтрализации водорода, не произошло. В то же время известкование уменьшенной дозой CaCO₃ (4,5 т/га) позволило

повысить урожайность зерна культуры на 0,5 т/га. Однако в последующие годы наблюдалась одинаковая прибавка урожайности зерна как озимой, так и яровой пшеницы независимо от дозы внесения мелиоранта в почву: озимой пшеницы на 0,3 т/га, яровой – на 0,5 т/га, или она повысилась на 17 и 11 %. Последнее позволяет предположить, что пролонгированность фильтрационного осадка в дозе 6,1 т/га будет длительнее, чем в дозе 4,5 т/га. При этом также важно отметить, что содержание клейковины в зерне озимой пшеницы на 2-м варианте с известкованием дозой 6,1 т/га составило 28,2 %, что соответствует 1-му классу качества.

Таким образом, для получения продукции более высокого качества эффективно известкование фильтрационным осадком с дозой, рассчитанной по гидролитической кислотности. При этом значительно улучшаются кислотный и питательный режимы почвы, увеличивается пролонгированность его действия.

Выводы

В результате проведенных исследований по изучению влияния фильтрационного осадка на кислотный режим чернозёма выщелоченного и урожайность сельскохозяйственных культур установили:

- применение фильтрационного осадка Ульяновского сахарного завода в количестве известкового материала в дозе 6,1 т/га (рассчитанной по гидролитической кислотности) в первый год после внесения в почву позволил снизить обменную кислотность (pH_{KCl}) пахотного слоя чернозёма выщелоченного на 1,10 единицы, в дозе 4,5 т/га (рассчитанной по обменной кислотности) – на 1,05 единиц. На второй год после применения на 1,25 и 0,47 единиц pH_{KCl} , на третий соответственно – на 0,77 и 0,52 единицы;

- известкование почвы фильтрационным осадком существенно влияло на питательный режим чернозёма выщелоченного, прежде всего, на содержание минеральных форм азота ($N-NH_4 + N-NO_3$). К концу вегетации озимой пшеницы содержание доступного растениям азота при внесении в почву фильтрационного осадка в дозе 6,1 т/га, несмотря на усиленное питание растениями, составило 20,3 мг/кг, что превышает контроль на 2,5 мг/кг (19 %). Последнее обусловлено усилением при этом деятельности микроорганизмов;

- в первый год после внесения фильтрационного осадка (2017) в почву более высокая урожайность ячменя сформировалась на варианте с применением его с дозой 4,5 т/га, в последу-

ющие годы (2017 и 2018) наблюдали одинаковую прибавку урожайности зерна: 0,3 т/га озимой пшеницы и 0,5 т/га яровой пшеницы, или она повысилась соответственно на 17 и 11 %. Последнее позволяет ожидать, что пролонгированность фильтрационного осадка при применении с дозой 6,1 т/га будет более длительное.

Библиографический список

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году» / Министерство природных ресурсов и экологии РФ. – Москва, 2018.

2. Шильников, И. А. Известкование – главный фактор сохранения плодородия почв и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур / И. А. Шильников, Н. И. Аканова, Н. А. Зеленов // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 1. – С. 21 – 23.

3. Шильников, И. А. Природоохранное значение известкования почв / И. А. Шильников, Г. Е. Гришина, Н. И. Аканова // Нива Поволжья. – 2008. – № 2. – С. 17 – 20.

4. Ивойлов, А. В. Эффективность удобрения и известкования выщелоченных черноземов / А. В. Ивойлов. – Саранск : Издательство Мордовского университета, 2015. – 264 с.

5. Liming Acid Soils in Central B. C. Minisry of agriculture Angus Campbell Road Abbotsford, B. C. Revised December. – 2015. – 5 p.

6. Jaskulski, D. Effect of limiting on the change of some agrochemical soil properties in a long-term fertilization experiment / D. Jaskulski, M. Koberski // Plant Soil Environ. – 2014. – Vol. 60, №. 4. – P. 146 – 150.

7. An, Y. H. Mechanisms of bacterial adhesion and pathogenesis of implant and tissue infections / Y. H. An, R. B. Dickinson, R. J. Doyle // Handbook of bacterial adhesion: principles, methods, and applications. – 2000. – № 2. – P. 1 – 27.

8. Известкование и ферментативная активность почвы / Н. Г. Пушкарёва, Р. Д. Маковский, Е. И. Сарапульцева, Н. Н. Павлова // Агрохимический вестник. – 2008. – № 3. – С. 7 – 9.

9. Рекомендации по технологии подготовки дефеката для известкования кислых почв. – Рязань, 1984. – 18 с.

10. Указания по составлению проектно-сметной документации по известкованию кислых почв в колхозах и совхозах / МСХ СССР; Главное управление химизации сельского хозяйства. – Москва : Колос, 1975. – 24 с.

11. Рекомендации по известкованию кислых почв / МСХ СССР ВПНО «Союзсельхозхи-

мия». – Москва : Колос, 1982. – 37 с.

12. Эффективность известкования чернозёма выщелоченного при возделывании яровой и озимой пшеницы в условиях лесостепи Поволжья / А. Х. Куликова, А. В. Дозоров, Н. Г. Захаров, Е. А. Черкасов, Н. А. Хайртдинова, И. Р. Касимов, А. Ю. Наумов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2018. - № 3. – С. 32-35.

13. Liming efficiency of leached black soil in the conditions of the forest-steppe of the volga region / A. Kh. Kulikova, A. V. Dozorov, N. G. Zakharov, E. A. Cherkasov, N. A. Khairtdinova, I. R. Kasimov, A. Yu. Naumov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. - 2018. - Т. 9, № 3. - С. 629-633.

EFFICIENCY OF FILTRATION WASTE OF ULYANOVSK SUGAR FACTORY AS A MELIORANT OF ACID SOILS

Cherkasov E.A.¹, Kulikova A.Kh.², Lobachev D.A.¹

¹ **FSBI Station of Agrochemical Service 'Ulyanovskaya'**

432025, Ulyanovsk, Mayakovsky st., 35; tel. : (8422) 46-30-99, e-mail: agrohim_73@mail.ru

² **FSBEI HE Ulyanovsk State Agrarian University**

432017, Ulyanovsk, Novyi Venets boulevard, 1; tel. : (8422) 25-95-68; e-mail: agroec@yandex.ru

Key words: leached black soil, soil acidity, liming, filtration waste, agricultural crops, productivity.

The paper presents results of studying the effectiveness of filtration waste of Ulyanovsk Sugar Factory as limy material for neutralizing the acidity of leached black soil. The studies were conducted on the territory of OOO "Khleborob" MO land in Ulyanovsk district. The soil of the experimental field is heavy-loamy leached black soil with pH of 5.52, H_e - 6.65 mEq / 100 g of soil. The test scheme included three variants: 1. Control. 2. Filtration waste in a dose of 6.1 t / ha, calculated by hydrolytic acidity (H_e). 3. Filtration waste at a dose of 4.5 t / ha, calculated by exchange acidity ($pH_{\text{кк}}$). The repetition of the experiment is four-fold, the total plot area is 88 m², record area is 54 m², plot location is randomized. As a result of the studies, it was found that application of filtration waste of Ulyanovsk sugar factory allows to reduce soil acidity in the first year after liming depending on the dose by 1.05-1.10 $pH_{\text{кк}}$ in the second year by 0.47-1.25 and in the third year by 0.52-0.77. Soil liming with filtration waste significantly improved the nutritional (especially nitrogen) regime of leached black soil. A higher yield of barley was ensured by a dose of ameliorant of 4.5 t / ha in the first year of application, in the second and third years the same increase in grain yield was observed: winter wheat by 0.3 t / ha (17%), spring wheat 0.5 t / ha (11%).

Bibliography

1. State report "On the State and Environmental Protection of the Russian Federation in 2017" / Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation. - Moscow, 2018.
2. Shilnikov, I. A. Liming - the main factor of maintaining soil fertility and increasing productivity of crops / I. A. Shilnikov, N. I. Akanova, N. A. Zelenov // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. - 2008. - No. 1. - P. 21 - 23.
3. Shilnikov, I. A. Environmental value of soil liming / I. A. Shilnikov, G. E. Grishina, N. I. Akanova // Niva of the Volga region. - 2008. - No. 2. - P. 17 - 20.
4. Ivoylov, A. V. Efficiency of fertilizer and liming of leached black soils / A. V. Ivoylov. - Saransk: Publishing House of Mordovian University, 2015. - 264 p.
5. Liming Acid Soils in Central B. C. Ministry of agriculture Angus Campbell Road Abbotsford, B. C. Revised December. - 2015. - 5 p.
6. Jaskulski, D. Effect of liming on the change of some agrochemical soil properties in a long-term fertilization experiment / D. Jaskulski, M. Koberski // Plant Soil Environ. - 2014. - Vol. 60, No. 4. - P. 146 - 150.
7. An, Y. H. Mechanisms of bacterial adhesion and pathogenesis of implant and tissue infections / Y. H. An, R. B. Dickinson, R. J. Doyle // Handbook of bacterial adhesion: principles, methods, and applications. - 2000. - No 2. - P. 1 - 27.
8. Liming and enzymatic activity of soil / N. G. Pushkareva, R. D. Makovsky, E. I. Sarapultseva, N. N. Pavlova // Agrochemical vestnik. - 2008. - No. 3. - P. 7 - 9.
9. Recommendations on technology for defecate preparation for liming acid soils. - Ryazan, 1984. - 18 p.
10. Guidelines for preparation of design specifications and estimates for liming acid soils on collective farms and state farms / Ministry of Agriculture of the USSR; General Directorate of Chemicalization of Agriculture. - Moscow: Kolos, 1975. - 24 p.
11. Recommendations on liming acid soils / Ministry of Agriculture of the USSR All-Union Production and Scientific Association for Agrochemical Services for Agriculture Soyuzselkhozkhimiya. - Moscow: Kolos, 1982. - 37 p.
12. Liming efficiency of leached black soil when cultivating spring and winter wheat in the Volga forest-steppe / A. Kh. Kulikova, A. V. Dozorov, N. G. Zakharov, E. A. Cherkasov, N. A. Khairtdinova, I. R. Kasimov, A. Yu. Naumov // International Agricultural Journal. - 2018. - No. 3. - P. 32-35.
13. Liming efficiency of leached black soil in the conditions of the forest-steppe of the Volga region / A. Kh. Kulikova, A. V. Dozorov, N. G. Zakharov, E. A. Cherkasov, N. A. Khairtdinova, I. R. Kasimov, A. Yu. Naumov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. - 2018. - V. 9, № 3. - P. 629-633.