

УДК 547.913

Study of KCl Leaching by water from Biocomposite Fertilizers Based on the Birch Bark

**Evgeniya V. Veprikova^a, Svetlana A. Kuznetsova^{a,b},
Nikolai V. Chesnokov^{a,b} and Boris N. Kuznetsov^{a,b*}**

*^aInstitute of Chemistry and Chemical Technology SB RAS
50/24 Akademgorodok, Krasnoyarsk, 660036, Russia*

*^bSiberian Federal University
79 Svobodny, Krasnoyarsk, 660041, Russia*

Received 24.01.2015, received in revised form 02.02.2015, accepted 14.03.2015

It was suggested to use impregnation of porous supports from birch bark and inner birch bark by water solution of KCl for obtaining of the potassium fertilizers with prolonged time of action. Influence of the supports nature, quantity of supported KCl and temperature of the biocomposite drying on the KCl leaching by water in static and dynamic conditions was studied. It was shown, that the potassium biocomposite fertilizers are characterized by a long-time leaching of KCl by water (no less 55 days) that provides their long time action.

Keywords: potassium fertilizer, preparation, KCl, birch bark, leaching by water, long-time action.

© Siberian Federal University. All rights reserved

* Corresponding author E-mail address: inm@icct.ru

Изучение вымывания KCl водой из биокomпозитных удобрений на основе коры березы

**Е.В. Веприкова^а, С.А. Кузнецова^{а,б},
Н.В. Чесноков^{а,б}, Б.Н. Кузнецов^{а,б}**

*^аИнститут химии и химической технологии СО РАН
Россия, 660036, Красноярск, Академгородок, 50/24*

*^бСибирский федеральный университет
Россия, 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79*

Для получения калийных удобрений пролонгированного действия предложено использовать пропитку пористых подложек из коры березы и луба водным раствором KCl. Изучено влияние природы подложек, количества введенного KCl и температуры сушки биокomпозитных удобрений на вымывание KCl водой в статическом и динамическом режимах. Показано, что биокomпозитные удобрения характеризуются длительным временем вымывания KCl (не менее 55 суток), что обеспечивает их пролонгированное действие.

Ключевые слова: калийное удобрение, получение, KCl, кора березы, вымывание водой, пролонгированное действие.

Береза относится к основным лесообразующим лиственным породам на территории Сибирского региона и традиционно широко используется для производства различных материалов. В процессе заготовки и получения древесины накапливаются многотоннажные отходы коры березы. В основном они сжигаются и вывозятся в отвалы, загрязняя окружающую среду продуктами неполного сгорания и экстрактивными веществами коры.

Березовая кора является ценным сырьем, комплексная химическая переработка которого позволяет получать ряд уникальных биологически активных веществ – суберин, бетулин, антоцианидиновые красители и др. [1–3]. В результате обработки коры березы разбавленным раствором NaOH получены сорбенты, обладающие высокой активностью в отношении веществ разной природы и эффективные для применения в области энтеросорбции [3, 4]. На основе этих сорбентов можно создавать композитные материалы различного назначения, в том числе и удобрения. При этом азотсодержащие биокomпозитные удобрения, полученные на основе подложек из луба и коры березы, обладают пролонгированным действием.

Следует отметить, что создание удобрений пролонгированного действия – актуальное, быстро развивающееся направление. Применение таких удобрений позволяет решать комплекс задач: повысить эффективность использования традиционных водорастворимых удобрений за счет снижения их вымывания грунтовыми водами; снизить уровень загрязнения грунтовых и поверхностных вод в районах земледелия; сократить расходы на внесение удобрений и др. [5]. Пролонгированное действие удобрений может быть обеспечено использованием различных оболочек – из стекла, карбамидоформальдегидной смолы и др. [6, 7]. Другая возможность

иметь эффект пролонгированного действия – применение в качестве носителя питательных элементов материала с сорбционными или ионообменными свойствами. В качестве таких носителей используют природные цеолиты и торф [9–11]. Причем применение торфа предпочтительнее, так как в процессе действия удобрения почва обогащается комплексом питательных органических веществ.

Древесные отходы являются доступным, воспроизводимым сырьем для получения пористых носителей композитных удобрений. Удаление полифенольных веществ, отрицательно влияющих на развитие растений, целесообразно осуществлять 1–2%-ными водными растворами щелочи. В результате такой обработки происходит развитие пористой структуры материала и сохраняется достаточное количество лигнина, разложение которого в почве повышает содержание в ней гумуса [12–14].

Эффективность пролонгированных удобрений на основе пористых подложек во многом зависит от способа нанесения активного элемента, выбор которого должен быть научно обоснован.

Известно, что для максимально полного определения эффективности действия нового удобрения необходимо проведение длительных испытаний в полевых условиях. Однако, как показано в работах [10, 15, 16], изучение поведения удобрения в простых модельных условиях позволяет предварительно оценить его эффективность.

Цель работы – подбор условий получения биокompозитных удобрений пропиткой пористых подложек из луба и коры березы водным раствором KCl.

Экспериментальная часть

В качестве сырья для получения пористых подложек биокompозитных удобрений использовали кору березы повислой (*Betula pendula* Roth.), заготовленную в окрестностях г. Красноярска. Воздушно-сухие (влажность $7,5 \pm 0,5$ %) кору и отделенный от бересты луб измельчали на дезинтеграторе марки “Nossen” (Германия) и готовили смеси следующего фракционного состава, мас. %: (0,25 – 0,50) мм – 23,7; (0,50 – 1,00) мм – 76,3. Содержание бересты в образце коры березы составляло (45 ± 1) мас. %.

Содержание лигнина, целлюлозы и минеральных примесей в исходном сырье, определенных по общепринятым в химии древесины методикам [13], приведено в табл. 1.

Пористые подложки (ПП) из коры и луба березы получали в результате их обработки 1.5%-ным водным раствором NaOH при следующих условиях: температура (80 ± 5) °C, гидромодуль 5, интенсивность перемешивания (130 ± 5) об/мин, продолжительность обработки 1 ч. Общая схема и методика получения ПП приведены в работах [12, 17]. Полученные подложки сушили при (50 ± 5) °C.

Биокompозитные удобрения (БУ) готовили пропиткой подложек из луба и коры березы водными растворами хлорида калия различной концентрации. Содержание калия в БУ варьировали от 1 до 5 мас. %. Количество раствора, необходимого для пропитки, устанавливали по влагоемкости подложек. Влагоемкость определяли в соответствии с ГОСТ 24160-80. После пропитки образцы помещали в закрытую посуду и выдерживали в течение суток, периодически перемешивая, при комнатной температуре. Затем образцы высушивали до постоянного веса при температурах (40 ± 1) , (105 ± 1) и (140 ± 1) °C.

Таблица 1. Характеристики исходного сырья

Показатели	Содержание в сырье, мас. % (от массы абсолютно сухого вещества)	
	Луб коры березы	Кора березы
Лигнин*	42,5	59,6
Целлюлоза**	21,6	15,8
Минеральные примеси	3,4	3,5

Примечание * и ** – определены по методу Комарова и Кюршнера соответственно.

Вымывание KCl из получаемых БУ проводили в стационарных и динамических условиях дистиллированной водой (рН 5,4) при (20 ± 1) °С. Продолжительность стационарного процесса варьировали от 5 мин до 96 ч. При этом осуществлялось периодическое встряхивание. Соотношение образцов БУ и воды составляло 0,2 г : 50 мл. Вымывание KCl водой в динамических условиях проводили в колонке диаметром 2,0 см и высотой 20,0 см (высота слоя образца составляла $10,0 \pm 0,2$ см) в течение 120 мин при расходе воды 0,69 и 0,35 $\text{дм}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$.

Концентрацию калия в воде определяли атомно-эмиссионным методом на приборе Analyst-400. По изменению концентрации калия в растворе рассчитывали величину вымывания KCl (D, %), принимая исходное количество соли в образце БУ за 100 %.

Степень набухания подложек определяли по максимальному количеству воды, поглощенной в течение 96 ч при температуре (20 ± 1) °С по аналогии с методикой ГОСТ 17219–71.

Электронно-микроскопическое исследование образцов биокomпозитных удобрений на основе подложки из луба коры березы проводили на электронном растровом микроскопе ТМ–1000 (НИТАСНИ, Япония).

Результаты и обсуждение

Известно, что на формирование текстуры композитного материала, полученного пропиткой пористой подложки раствором активного компонента, существенное влияние оказывают такие условия его нанесения, как концентрация рН среды, продолжительность, а также температура последующей сушки [18].

Очевидно, что характер исходного распределения KCl в пористой подложке биокomпозитного удобрения (БУ) может повлиять на скорость его вымывания водой.

Нанесение KCl на подложки из луба и коры березы проводили пропиткой раствором соли по «влагоемкости», когда объем раствора соответствует объему пор подложки [18]. Наряду с простотой выполнения этот способ позволяет наносить на подложку точно рассчитанное количество хлорида калия. Выдержка пропитанных образцов при комнатной температуре в течение 24 ч необходима для равномерного распределения соли в объеме частиц подложек в процессе их набухания.

Влияние температуры сушки биокomпозитных удобрений на их морфологию было изучено на примере образцов, полученных пропиткой подложки из луба коры березы раствором KCl и содержащих 5 мас. % калия. Согласно данным сканирующей электронной микроскопии, повышение температуры сушки от 40 до 105 °С приводит к уменьшению количества хлорида калия, локализованного на внешней поверхности частиц луба (рис. 1).

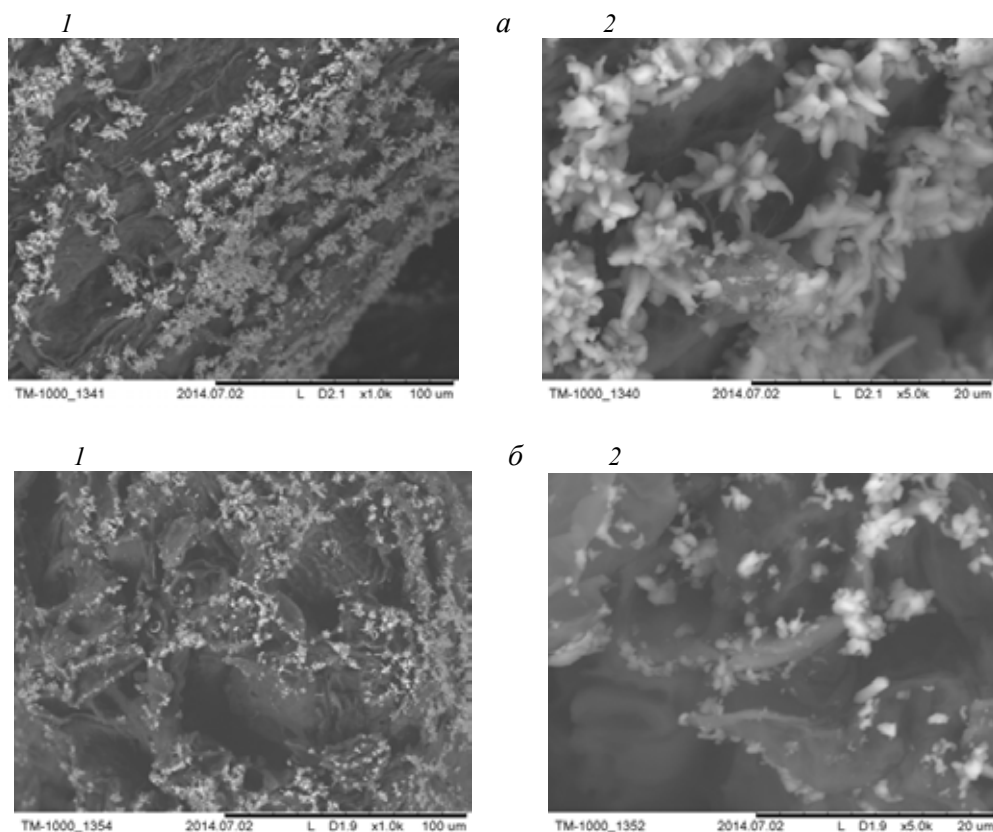


Рис. 1. РЭМ-изображения биокomпозитных удобрений на основе подложки из луба коры березы (исходное содержание калия 5 мас. %), полученных при температурах сушки 40 °С (а) и 105 °С (б): 1 – увеличение в 1000 раз; 2 – увеличение в 5000 раз

Очевидно, что в процессе низкотемпературной сушки происходит вынос КСl фронтом испарения на внешнюю поверхность частиц подложки и на поверхность крупных полостей [18]. В результате, как видно из рис. 1а, большая доля частиц соли локализована по краям макропор подложки.

Было установлено, что высушивание пропитанных образцов при температуре ниже 40 °С нецелесообразно из-за появления на их поверхности большого количества визуально фиксируемого КСl.

Повышение температуры сушки до 105 °С приводит к уменьшению доли поверхностно локализованного хлорида калия не только за счет изменения динамики фронта испарения. В процессе сушки древесных материалов уже при относительно невысоких температурах происходят деформационные изменения их структуры – уменьшение размеров полостей и макропор, «схлопывание» мелких пор [19]. Вероятно, это также может способствовать более равномерному распределению соли в объеме подложки.

Было установлено, что высушивание образцов БУ на основе подложек из луба и коры березы при 105 °С приводит к уменьшению вымывания КСl водой (рис. 2а, б). Это хорошо согласуется с зафиксированными изменениями в морфологии образцов БУ, высушенных при различной температуре (рис. 1 и 2а).

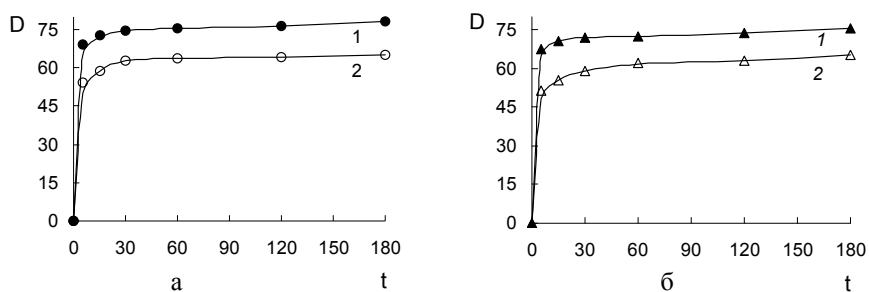


Рис. 2. Влияние температуры сушки биокomпозитных удобрений на основе подложки из луба (а) и коры березы (б) на вымывание KCl (исходное содержание калия в удобрении 5 мас. %): 1 – 40 °С; 2 – 105 °С. D – вымывание KCl (%), t – продолжительность процесса (мин)

Следует отметить, что характер вымывания соли практически не зависит от температуры сушки и природы подложки. Основное количество хлорида калия переходит в раствор в течение 30 мин. Вероятно, это обусловлено удалением соли с внешней поверхности подложек. Для образцов БУ, высушенных при 105 °С, это количество ниже (в среднем на 16,8 %) и составляет 59 и 63 % KCl для подложек из коры березы и ее луба соответственно (рис. 2а, б).

Затем вымывание хлорида калия существенно замедляется и в течение последующих 160 мин в воду дополнительно переходит не более 6 % хлорида калия. Вероятно, к уменьшению скорости вымывания KCl приводят внутридиффузионные ограничения и набухание пористых подложек в воде (степень набухания подложек из луба и коры березы составляет 1,7 и 2,1 г·г⁻¹).

Важно отметить, что достаточно большое выделение KCl водой в первые 5–30 мин нельзя считать недостатком изучаемых биокomпозитных удобрений. Такой характер выделения необходим для эффективного устранения дефицита калия в почве. Как известно, с этой целью и применяются водорастворимые минеральные удобрения [5].

Было установлено, что повышение температуры сушки пропитанных водным раствором хлорида калия образцов БУ (содержание калия 5 мас. %) до 140 °С мало влияет на вымывание KCl водой. При этом уменьшение количества соли, перешедшей в раствор в течение 30 мин, независимо от природы подложки не превысило 1,2 %. Поэтому температуру сушки 105 °С можно считать наиболее приемлемой для получения биокomпозитных удобрений на основе коры березы.

В табл. 2 приведены результаты определения количества KCl, оставшегося в образцах БУ с различным исходным содержанием калия после вымывания водой в течение 96 ч.

Из представленных данных следует, что изучаемые образцы биокomпозитных удобрений обладают способностью к медленному вымыванию KCl в течение длительного времени. Причем средняя скорость выделения соли водой, определенная по данным табл. 2, мало зависит от природы подложки и количества нанесенного калия и составляет 0,43 – 0,50 мас. % в сутки. Отметим, что пористая подложка из коры березы лучше удерживает KCl по сравнению с подложкой из луба.

Таблица 2. Вымывание KCl из биокomпозитных удобрений (БУ) на основе луба и коры березы, высушенных при 105 °С

Материал подложки БУ	Исходное содержание калия, мас. %	Остаточное содержание KCl после вымывания водой, мас. %*		
		24 ч	48 ч	96 ч
Луб коры березы	1,0	19,1±0,1	18,7±0,1	17,8±0,1
	2,5	24,1±0,2	23,6±0,1	22,7±0,1
	5,0	27,9±0,2	27,3±0,2	26,4±0,1
	7,5	28,1±0,3	27,5±0,2	26,6±0,2
Кора березы	1,0	22,6±0,1	22,1±0,1	21,2±0,1
	2,5	27,9±0,2	27,4±0,1	26,5±0,2
	5,0	32,7±0,2	32,1±0,2	31,2±0,2
	7,5	32,9±0,2	32,3±0,2	31,5±0,3

* От исходного содержания калия.

Понижение исходного содержания калия в БУ с 5 до 1 мас. % приводит к уменьшению количества соли, остающейся в образцах после вымывания водой, независимо от природы подложки. Это, очевидно, повлечет за собой уменьшение пролонгированного действия таких удобрений. Увеличение содержания калия в образцах БУ до 7,5 мас. % нецелесообразно, поскольку по остаточному количеству соли они сравнимы с образцами, содержащими исходно 5 мас. % К (табл. 2).

Для образцов биокomпозитных удобрений на основе подложек из луба и коры березы, содержащих 5 мас. % калия, с учетом средней скорости вымывания KCl (0,5 мас. % в сутки), был рассчитан период полного удаления соли из БУ – 55,8 и 65,4 суток соответственно. Продолжительность вымывания калия из биокomпозитных удобрений позволяет оценить пролонгирующее действие предлагаемых удобрений.

Для образца БУ на основе подложки из коры березы, содержащего 5 мас. % калия и высушенного при 105 °С, были проведены эксперименты по вымыванию хлорида калия водой в динамических условиях. Исследуемый образец БУ проявляет хорошую устойчивость к удалению KCl при различном расходе воды (рис. 3). После 2-часового процесса в динамическом режиме в образцах БУ остается не менее 34 мас. % от исходного хлорида калия. Причем увеличение расхода воды от 0,35 до 0,69 $\text{дм}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$ приводит к увеличению вымывания соли из БУ не более чем на 2 %.

На рис. 3 видно, что кинетика удаления соли при пропускании воды через слой БУ с различной скоростью мало отличается от кинетики в статическом режиме. Наблюдаемые различия данных не превышают 5 %.

Выводы

1. Показана возможность получения калийных биокomпозитных удобрений пролонгированного действия пропиткой пористых подложек из луба и коры березы водным раствором хлорида калия.

2. Изучено влияние температуры сушки пропитанных образцов удобрений и количества введенного калия на кинетику вымывания KCl водой. Установлено, что биокomпозитные удо-

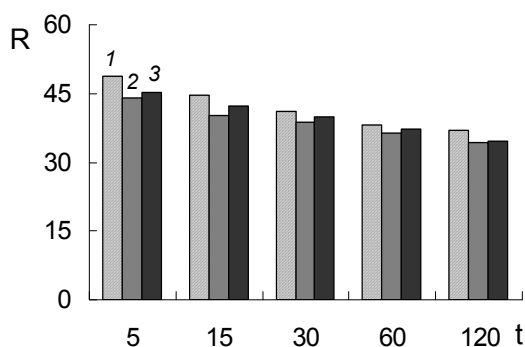


Рис. 3. Остаточное количество KCl (R, мас. %) в биокomпозитном удобрении на основе подложки из коры березы в стационарном (1) и динамическом режимах вымывания при расходе воды 0,69 (2) и 0,35 (3) $\text{дм}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$ (t – продолжительность процесса, мин)

брения, содержащие 5 мас. % калия и высушенные при 105 °С, характеризуются наиболее длительным временем вымывания KCl (не менее 55 суток), что обеспечивает их пролонгированное действие.

3. Показано, что подложка из коры березы по своим свойствам наиболее эффективна для получения калийных биокomпозитных удобрений с пролонгированным действием.

4. Способность предлагаемых биокomпозитных удобрений удерживать хлорид калия была подтверждена в результате вымывания соли водой в стационарном и динамическом режимах.

Авторы выражают благодарность сотруднику Красноярского регионального центра коллективного пользования А.В. Антонову за проведение электронно-микроскопических исследований.

Список литературы

1. Кислицин А.Н. Экстрактивные вещества бересты: выделение, состав, свойства, применение // *Химия древесины* 1994. № 3. С. 3-28. [Kislicin A.N. Extractive substances of outer birch bark: separation, composition, properties, application. *Chemistry of wood*. 1994. N. 3. P. 3–28. (in Russ.)]
2. Судакова И.Г., Кузнецов Б.Н., Гарынцева Н.В. Изучение процесса выделения субериновых веществ из бересты березовой коры // *Химия растительного сырья*. 2008. № 1. С. 41–44. [Sudakova I.G., Kuznetsov B.N., Garintseva N.V. Study of separation process of the suberin substances from outer birch bark. *Chemistry of plant raw materials* 2008. N. 1. P. 41–44. (in Russ.)]
3. Кузнецова С.А., Левданский В.А., Кузнецов Б.Н., Щипко М.Л., Рязанова Т.В., Ковальчук Н.М. Получение дубильных веществ, красителей и энтеросорбентов из луба березовой коры // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2005. Т 13 (3). С. 401–409. [Kuznetsova S.A., Levdansky V.A., Kuznetsov B.N., Schipko M.L., Ryazanova T.V., Kovalchuc N.M. Production of tanning substances, dyes and enterosorbents from inner birch bark. *Chemistry for Sustainable Development* 2005. V.13 (3). P. 401–409. (in Russ.)]
4. Патент № 2389498 РФ. Кузнецова С.А., Кузнецов Б.Н., Ковальчук Н.М., Скворцова Г.П. Энтеросорбент. Оpubл. 20.05.2010. [Patent 2389498 RU. Kuznetsova S.A., Kuznetsov B.N., Kovalchuc N.M., Skvortsova G.P. Ennterosorbent. Publ. Date 20.05.2010 (in Russ.)]

5. Безуглова Л.А. Удобрения и стимуляторы роста. Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. 317 с. [Bezuglova L.A. Fertilizers and growth stimulates. Rostov-on-Donu: Feniks, 2000. 317 p. (in Russ.)]
6. Патент № 2163587 РФ. Зарогатский Л.П., Карапетян Г.О., Лимбах И.Ю., Писарев И.Н., Карапетян К.Г., Докукина А.Ф., Смирнова З.А. Стекланные удобрения пролонгированного действия. Оpubл. 27.02.2001. [Patent 2163587 RU. Zarogatsky L.P., Karapetyan G.O., Limbakh I.Y., Pisarev I.N., Karapehyan K.G., Dokukina A.F., Smirnova Z.A. The glass fertilizers of long-time action. Publ. Date 27.02.2001(in Russ.)]
7. Патент № 2110503 РФ. Семенов В.Я., Левинский В.В., Евдокимов В.Н., Поворин В.А. Гуматизированное минеральное удобрение и способ его получения. Оpubл. 10.05.1998. [Patent 2110503 RU. Semenov V.Y., Levinsky V.V., Evdokimov V.N., Povorin V.A. Humatised fertilizer and method of her obtaining. Publ. Date 10.05.1998 (in Russ.)]
8. Кожевникова Н.М., Абашева Н.Е., Гаркушева Н.М., Маркушева М.Г., Солдатова З.А. Получение неодимсодержащих микроудобрений по сорбционной технологии // *Химия в интересах устойчивого развития* 2005. Т. 13 (1). С. 65–69. [Kojevnikova N.M., Abasheva N.E., Garkusheva N.M., Markusheva M.G., Soldatova S. A. Production of neodymium contained micro fertilizers with sorption technology. *Chemistry for Sustainable Development* 2005. V.13 (1). P. 65–69. (in Russ.)]
9. Окуджава Н.Г., Боруашвили Ц.А., Мамукошвили Н.Ш. Получение обогащенного калием природного цеолита двухтемпературным ионообменным методом с использованием морской воды // *Сорбционные и хроматографические процессы* 2008. Т. 8 (5). С. 875–880. [Okudjava N.G., Beruashvily C.A., Mamukoshvily N. S. Production of enrich natural zeolite with potassium by too temperature ion-exchanging method with use a sea water. *Sorption and chromatographic process* 2008. V. 8 (5). P. 875–880. (in Russ.)]
10. Алексеева Т.П., Перфильева В.Д., Криницын Г.Г. Комплексные органико-минеральные удобрения пролонгированного действия на основе торфа // *Химия растительного сырья*. 1999. № 4. С. 53–59. [Alekseeva T.P., Perfileva V.D., Krinitzin G.G. Combined organic-fertilizers of long-time action on the basis of a peat. *Chemistry of plant raw materials* 1999. N. 4. P. 53–59. (in Russ.)]
11. Патент № 2502713 РФ. Кожевникова Н.М. Торфоцеолитовое удобрение пролонгированного действия, модифицированное фосфатом калия. Оpubл. 27.12.2013. [Patent 2502713 RU. Kojevnikova N.M. The peat -zeolite fertilizer of long-time action modified by potassium phosphate. Publ. Date 27.12.2013 (in Russ.)]
12. Веприкова Е.В., Щипко М.Л., Кузнецова С.А., Кузнецов Б.Н. Получение энтеросорбентов из отходов окорки березы // *Химия растительного сырья*. 2005. № 1. С. 65–70. [Veprikova E.V., Schipko M.L., Kuznetsova S.A., Kuznetsov B.N. Production of enterosorbents from birch bark wastes. *Chemistry of plant raw materials* 2005. N. 1. P. 65–70. (in Russ.)]
13. Алиев Р.Г., Павлова Е.А., Терентьева Э.П., Удовенко Н.К. Химия древесины и синтетических полимеров. Ч. 2. СПб.: СПбГТУРП, 2011. 37 с. [Aliev R.G., Pavlova E.A., Terenteva E.P., Udovenko N. K. Chemistry of wood and synthetic polymers. P.2. Sankt-Petersburg: SPbSTUPP, 2011.37 p. (in Russ.)]
14. Беловежец Л.А., Волчатова И.В., Медведева С.А. Перспективные способы переработки вторичного лигноцеллюлозного сырья // *Химия растительного сырья* 2010. № 2. С. 5–16. [Belovejest L,A., Volchatova I.V., Medvedeva S.A. The promising methods of recoverable lignocellulosic materials processing. *Chemistry of plant raw materials* 2010. N 2. P. 5–16. (in Russ.)]

15. Кожевникова Н.М., Абашева Н.Е., Зонхоева Э.Л., Митыпов Б.Б., Меркушева М.Г. Физико-химические основы получения лантансодержащих микроудобрений // *Химия в интересах устойчивого развития*. 1999. Т. 7. С. 675–679. [Kojevnikova N.M., Abasheva N.E., Zonkhoeva E.L., Mitipova B.B., Merkushtva M.G. The physicochemical basis of production of lanthanum contained micro fertilizers. *Chemistry for Sustainable Development* 1999. V.7 (6). P. 675–679. (in Russ.)]
16. Бабенко С.А., Семакина О.К., Бокуцова К.П., Лиханова О.В. Разработка технологии гранулирования органо-минеральных удобрений на основе озерных сапропелей // *Известия Томского политехнического университета*. 2005. Т. 308 (1). С. 118–122. [Babenko S.A., Semakina O.K., Bokutsova K.P., Lirhanova O.V. Design of technology of organic-mineral fertilizers the based on a lake sapropels. *News of Tomsk Polytechnic University* 2005. V. 308 (1). P. 118–122. (in Russ.)]
17. Веприкова Е.В., Кузнецова С.А., Чесноков Н.В., Кузнецов Б.Н. Свойства энтеросорбентов, полученных из автогидролизованной коры березы // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2012. Т. 20 (6). С. 673–678. [Veprikova E.V., Kuznetsova S.A., Chesnokov N.V., Kuznetsov B.N. Properties of enterosorbents obtained from auto hydrolyzed birch bark. *Chemistry for Sustainable Development* 2012. V.20 (6), P 673–678. (in Russ.)]
18. Промышленный катализ в лекциях. Вып. 1. / под ред. А.С. Носкова. М.: Калвис, 2005. 136 с. [Industrial cattaills in lectures Issue 1. Under Ed. A.S. Noscova. Moscow: Kalvis, 2005. 136 p. (in Russ.)]
19. Расев А.И. Сушка древесины. С.- Петербург: Лань, 2010. 410 с. [Rasev A.I. Wood drying. Publ. House «Lane», 2010. 410 p. (in Russ.)]