

ПОЛУЧЕНИЕ БИОЧАРА ИЗ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ И СОЛОМЫ

Н.О. Аппазов^{1,2}, Н.И. Акылбеков², Р.А. Нарманова²,
Н.А. Ахатаев², Р.У. Жаппарбергенов², С.А. Канжар²

¹Казахский научно-исследовательский институт рисоводства имени Ыбырай Жахаева,
г.Кызылорда, Казахстан

²Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г.Кызылорда, Казахстан

АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты исследований по получению биочара из таких сельскохозяйственных растительных отходов, как рисовая шелуха и солома. Проведен подбор оптимальных условий проведения термолиза, такие как продолжительность и температура процесса. Продукты термолиза охарактеризованы на адсорбционную активность по йоду, суммарный объем пор по воде и на насыпную плотность. Пористая структура полученных продуктов изучена растровой электронной микроскопией. По результатам проведенных исследований найдено, что биочары полученные из шелухи и соломы при продолжительности термолиза 30 мин имеют низкие сорбционные характеристики по йоду и объемы пор по воде. При увеличении продолжительности термолиза улучшаются сорбционные характеристики, оптимальной для шелухи является продолжительность термолиза 60 мин при температуре 500°C, а для соломы оптимальным является продолжительность термолиза 60 мин при температуре 300°C. Самым оптимальным вариантом является биочар полученный из рисовой соломы при продолжительности 60 мин и температуре термолиза 300°C, имеющий адсорбционную активность по йоду 54,61%, суммарный объем пор по воде 0,941 см³/г и насыпную плотность 169,29 г/дм³. Полученные биочары из рисовой шелухи и соломы изучены методом растровой электронной микроскопии при 4300 и 5000 кратном увеличении, они имеют развитую пористую структуру.

Ключевые слова: биочар, рисовая шелуха, рисовая солома, термолиз, переработка, удобрение, возобновляемое топливо.

Введение. Рисовая шелуха и солома являются многотоннажными сельскохозяйственными отходами, которые утилизируются сжиганием, данные отходы требуют особого внимания для переработки. Переработка данных отходов в полезный продукт – биочар особенно актуальна для рисоводческих регионов.

Биочар – перспективное биоудобрение получаемое из растительных отходов термолизом. Применение данного удобрения дает много положительных качеств почвам, из-за пористой структуры позволяет удерживать влагу, макро- и микроэлементы в необходимой для растений форме, снижает засоленность почв, не позволяет вымывать удобрения и накапливает их в своей структуре, помогает корням растений усваивать питательные вещества, ускоряет рост растений, предотвращает слипание земли в комки, предупреждает образование почвенной корки, увеличивает урожайность до 40% и почва удобренная био-

чаром сохраняет свое плодородие несколько десятилетий, а в некоторых случаях столетия.

Мировое производство риса более 750 млн т в год, при сборе урожая и переработке риса образуются в большом количестве отходы в виде рисовой шелухи и соломы, доля этих отходов составляет 20% и 50%, соответственно. В настоящее время вышеприведенные отходы не перерабатываются и утилизируются сжиганием, загрязняя окружающую среду, также рисовая шелуха содержит в себе большом количестве кремний, при его сжигании образуется мелкодисперсный диоксид кремния, что в свою очередь подвергает людей к опасному неизлечимому заболеванию – силикоз.

Биочар является новым направлением в науке, первые труды по его получению из органических отходов были опубликованы в начале 2000-х годов, но в основном для получения возобновляемого топлива и адсорбентов [1-5], первые труды по использованию

биочара в сельском хозяйстве в качестве удобрения появились в 2006-2007 годы [6-10]. Исследования в этом направлении казахстанскими учеными не проводились, применение биочара в Казахстане является пионерским. При посеве и выращивании риса наблюдается высокое засоление, вымывание полезных элементов почвы и т.д. Нами предлагается переработка отходов риса в биочар и применение его для улучшения характеристик почв. Авторы статьи имеют задел по термической переработке растительных отходов и получению из них биочара и угольных сорбентов, которые обладают высокими сорбционными характеристиками [11-17].

В работе приводятся данные, что использование биочара совместно с азотными удобрениями в посеве риса увеличивает урожайность риса до 44,4% [18]. Биочар, полученный из рисовой соломы нормализует рН кислой почвы, снижает эмиссию N_2O в окружающую среду на 83% и активизирует минеральный азот [19]. Авторами были исследованы характеры сорбции/десорбции биомочевина биочаром, полученным из рисовой шелухи и соломы при различных температурах пиролиза (300, 450, 600°C), найдено, что максимальную адсорбцию мочевины показал биочар из рисовой соломы и шелухи, полученный при температуре пиролиза 450°C, и данные композиты обладают потенциалом повышения урожайности сельскохозяйственных культур за счет эффективного использования азота. Также авторами прогнозируется, что разовое введение данного биочара в почву позволяет эксплуатировать данную почву без добавления биочара 500-750 лет [20]. В работе проведен сравнительный анализ влияния биочара, полученного из скорлупы семян камелии масличной и рисовой соломы, на эмиссию N_2O удобренных азотом почв риса и их водоудерживающей способности. Почва, обработанная биочаром, полученного из рисовой соломы снижает выброс N_2O на 363%, биочар из скорлупы семян камелии масличной на 200%, а их водоудерживающая способность составляет 120% и 70%, соответственно [21]. Биочар использовали для очистки нефтезагрязненных почв в композиции с удобрениями, что в свою очередь позволил уменьшить объемную плотность, улучшить воздухообмен, создать благоприятные условия для микробной активности, так нефтеза-

грязненная почва обработанная удобрением без добавления биочара очищается за 230 дней, в комплексе с биочаром за 30 дней [22-28]. В статье приведены данные о влиянии биочара в течение шести лет (2009-2015 годы) на характеристику почвы и урожай риса. Почва была обработана биочаром в норме 10 т/га, по сравнению с необработанной почвой содержание органического углерода увеличивается на 45%, общий доступный запас азота на 30%, средний массовый диаметр водостойких заполнителей увеличились на 25%, на 30% увеличены азот микробной биомассы и активность ферментов, объемная плотность уменьшилась, урожай риса был выше на 10% [29]. При обработке почвы биочаром в дозах от 4,5 до 40 т/га наблюдается значительное снижение теплопроводности почвы, что в свою очередь положительно влияет на рост и развитие растений [30]. Имеются данные по иммобилизации кадмия биочаром в почве, так при обработке почвы немодифицированным и модифицированным КОН биочаром в дозе 30 г/кг наблюдаются снижение растворимой фракции кадмия на 30,3% и 27,4%, биодоступного кадмия на 32,4% и 25,2%, соответственно [31]. Проведены исследования по внесению в почву биочара при нормах 6-12 кг/м² в осенний, весенний и смешанный сезоны и изучены влияние на рост и урожайность сои, так при внесении в почву биочара в весенне-осенний период по 9 кг/м² является благоприятной для роста сои, увеличивается высота, ускоряется обмен веществ и незаметно уменьшается диаметр стебля [32]. Имеются данные по влиянию обработанной почвы биочаром на рост риса при орошении засоленной водой. Проведены три опыта с внесением в почву биочара в соотношении 33,75 т/га, 67,5 т/га и 101,25 т/га, по результатам исследований найдено, что добавление биочара значительно снижает ионы натрия в воде, но в то же время ионы калия остаются неизменными, улучшены такие показатели, как водный статус листьев, индекс содержания хлорофилла, увеличение рисовой биомассы и соответственно урожайность риса. Наилучшие показатели достигнуты при норме 67,5 т/га [33]. Проведены исследования влияния биочаров из рисовой соломы, коровьего навоза и их комбинации модифицированных наночастицами ZnO при нормах 8 т/га на урожайность подсолнуха, выращиваемых

на сельскохозяйственных угодьях длительно орошаемых загрязненными сточными водами. Наилучшие показатели имеются в комбинации биочаров рисовая солома: коровий навоз = 50:50, доступность тяжелых металлов в почве, таких как Pb, Cr, Cu и Cd снизились на 78,6%, 115,3%, 153,3% и 178,5%, соответственно, по сравнению с необработанными участками. Также снижается содержание Pb, Cr, Cu и Cd в растениях на 1,13, 5,19, 3,88 и 0,26 мг/кг сухого вещества, увеличивается количество семян в головке на 50,4% [34]. Также было изучено влияние биочара, полученного из грецкого ореха на микробное сообщество в почвах во время влажного и сухого циклов. Найдено, что биочар увеличивает pH почвы через влажность, стабилизирует микробное сообщество почвы [35].

По результатам литературных данных по переработке сельскохозяйственных отходов в полезный продукт и применение их для улучшения характеристик почв открывает перспективу для проведения дальнейших исследований по данному актуальному направлению.

Материалы и методы. Термолиз рисовой шелухи и соломы проводили в трубчатой печи BR-12NFT (Китай), при температуре 300-500°C в атмосфере азота. Адсорбционную активность по йоду, суммарный объем пор по воде и насыпную плотность полученных продуктов определяли стандартными методами.

Для определения адсорбционной активности по йоду во взвешенную часть биочара добавляли раствор йода в йодистом калии в концентрации 0,1 моль/дм³ и взбалтывали в

перемешивающем устройстве ЭКРОС 6300 (Россия) в течении 15 мин при интенсивности 100-125 колебаний в минуту. Затем раствору дают отстояться и из колбы пипеткой отбирали необходимый объем раствора для дальнейшего титрования раствором 0,1 моль/дм³ тиосульфата натрия, используя в качестве индикатора раствор крахмала, до исчезновения синей окраски [36].

Суммарный объем пор по воде определяли заполнением водой пор от 0,5 до 10⁴ нм при кипячении навески угля в воде в течение 15 мин и удалении избытка воды с поверхности зерен путем отсасывания при разрежении 8 кПа и дальнейшем взвешивании [37].

Насыпную плотность биочара определяли измерением массы биочара занимающей определенный объем при нормированном уплотнении [38].

Микрофотографию полученных биочаров снимали на растровом электронном микроскопе JSM-6510LV фирмы Jeol (Япония).

Теплоту сгорания биочара определяли на калориметре C2000 фирмы Ika-Werke (Германия).

Результаты и обсуждение. В трубчатую печь помещали 30 г рисовой шелухи или соломы, герметизировали, трубку заполнили газообразным азотом, подающим из баллона и проводили процесс термолиза со скоростью подъема температуры 10°C в минуту до 300-500°C и выдерживали при этих температурах 30-60 мин. Были определены влияния температуры и продолжительности процесса термолиза на выход и характеристики биочара (Таблица 1).

Таблица 1 – Влияние продолжительности и температуры термолиза на выход и характеристики биочара

Сырье	Продолжительность, мин	Температура, °C	Выход полученного продукта, масс. %	Адсорбционная активность по йоду, %	Суммарный объем пор по воде, см ³ /г	Насыпная плотность, г/дм ³
Шелуха	30	300	55,54	17,78	0,373	338,52
		400	54,52	15,24	0,367	338,14
		500	35,59	10,16	0,336	295,59
	60	300	51,75	12,70	0,386	304,51
		400	47,10	15,17	0,392	287,21
		500	40,52	19,05	0,402	266,19
Солома	30	300	48,82	21,59	0,978	114,70
		400	40,74	13,97	0,957	109,37
		500	34,52	11,43	0,879	98,97
	60	300	51,04	54,61	0,941	169,29
		400	47,82	38,10	0,762	129,67
		500	41,82	22,86	0,746	110,12

Из таблицы видно, что биочары полученные из шелухи и соломы при продолжительности термолиза 30 мин имеют низкие сорбционные характеристики по йоду и объемы пор по воде. При увеличении продолжительности термолиза улучшаются сорбционные характеристики, так оптимальной для шелухи является продолжительность термолиза 60 мин при температуре 500°C, а для соломы оптимальным является продолжительность термолиза 60 мин при температуре 300°C.

Самым оптимальным вариантом является биочар полученный из рисовой соломы при $\tau = 60$ мин, $t = 300^\circ\text{C}$, имеющий адсорбционную активность по йоду 54,61%, суммарный объем пор по воде 0,941 см³/г и насыпную плотность 169,29 г/дм³. На рисунке 1 приведена фотография биочара полученного из рисовой соломы.



Рисунок 1 – Фотография биочара, полученного из рисовой соломы

Полученные биочары из рисовой шелухи и соломы изучали методом растровой электронной микроскопии при 4300 и 5000 кратном увеличении. На микрофотографиях можно увидеть развитую пористую структуру биочара, полученных из рисовой шелухи и соломы (Рисунки 2 и 3).

Полученные экспериментальные данные позволяют применять полученный биочар из рисовой соломы в перспективе как биоудобрение для улучшения характеристик почв.

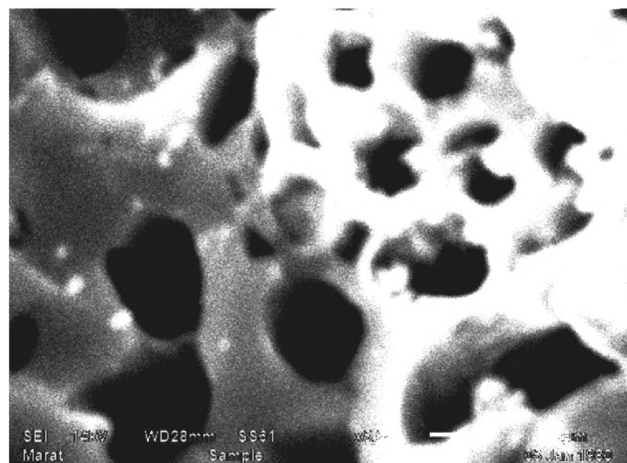


Рисунок 2 – Микрофотография биочара, полученного из рисовой шелухи

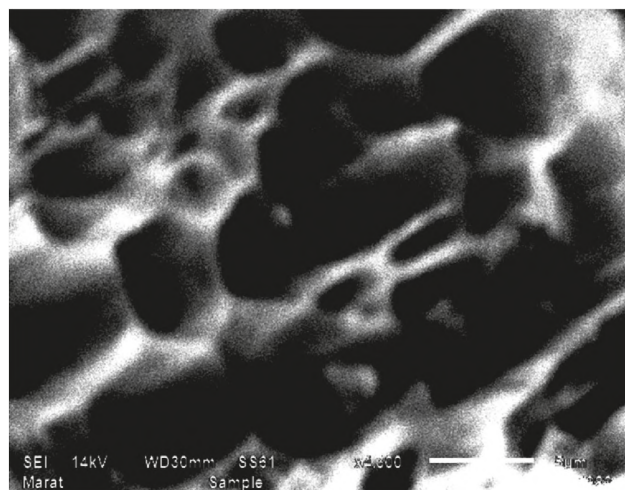


Рисунок 3 – Микрофотография биочара, полученного из рисовой соломы

Как было сказано выше биочар также можно использовать, как возобновляемый источник энергии, нами были проведены исследования по определению теплотворной способности полученных биочаров. Для сравнения теплотворной способности рисовой шелухи, соломы и полученных биочаров были определены их теплоты сгорания на калориметре, данные приведены на таблице 2.

Самую высокую энергию теплоты сгорания имеет биочар полученный из шелухи при $\tau=60$ мин, $t=400^\circ\text{C}$ со значением 17,520 кДж/г, оптимальным для биочара, полученного из соломы является $\tau=60$ мин, $t=400^\circ\text{C}$ со значением 16,451 кДж/г. Данные позволяют также применять, биочар для получения топливных пеллетов, имеющих более высокую теплотворность, чем рисовая шелуха и солома.

Таблица 2 – Исследование теплотворной способности рисовой шелухи, соломы и полученных из них биочаров

Наименование	Продолжительность термоллиза, мин	Температура термоллиза, °С	Теплота сгорания, кДж/г
Рисовая шелуха	-	-	11,152
Рисовая солома	-	-	12,669
Биочар из рисовой шелухи	60	300	15,720
		400	17,520
		500	15,908
	30	300	10,792
		400	17,184
		500	16,257
Биочар из рисовой соломы	60	300	14,036
		400	16,451
		500	11,900
	30	300	12,589
		400	14,183
		500	13,905

Заклучение. Таким образом, были получены биочары термоллизом рисовой шелухи и соломы при продолжительности 30-60 мин и при температурах 300-500°С. Оптимальным является биочар полученный из рисовой соломы при $\tau = 60$ мин, $t = 300^\circ\text{C}$, имеющий адсорбционную активность по йоду 54,61%, суммарный объем пор по воде 0,941 см³/г и насыпную плотность 169,29 г/дм³. Биочар, полученный из рисовой шелухи при $\tau = 60$ мин, $t = 500^\circ\text{C}$, имеет более высокие характеристики по сравнению с другими вариантами, полу-

ченными из шелухи с адсорбционной активностью по йоду 19,05%, суммарным объемом пор по воде 0,402 см³/г и насыпную плотность 266,19 г/дм³. Исследована теплотворная способность полученных продуктов, самым оптимальным является биочар, полученный из шелухи при $\tau = 60$ мин, $t = 400^\circ\text{C}$ со значением 17,520 кДж/г. Результаты исследований позволяют применить полученный в оптимальных условиях биочар в качестве биоудобрения для улучшения характеристик почв, а также для получения возобновляемого топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Azargohar, R., & Dalai, A. K. (2006). Biochar as a precursor of activated carbon [Article]. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 131(1-3), 762-773.
- 2 Hayes, M. H. B. (2006). Biochar and biofuels for a brighter future [Letter]. *Nature*, 443(7108), 144-144. <https://doi.org/10.1038/443144c>.
- 3 Karaosmanoglu, F., Isigigur-Ergundenler, A., & Sever, A. (2000). Biochar from the straw-stalk of rapeseed plant [Article]. *Energy & Fuels*, 14(2), 336-339. <https://doi.org/10.1021/ef9901138>.
- 4 Ozcimen, D., & Karaosmanoglu, F. (2004). Production and characterization of bio-oil and biochar from rapeseed cake [Article]. *Renewable Energy*, 29(5), 779-787. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2003.09.006>.
- 5 Purevsuren, B., Avid, B., Tesche, B., & Davaajav, Y. (2003). A biochar from casein and its properties [Article]. *Journal of Materials Science*, 38(11), 2347-2351. <https://doi.org/10.1023/a:1023980429410>.
- 6 Chan, K. Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A., & Joseph, S. (2007). Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. *Australian Journal of Soil Research*, 45(8), 629-634. <https://doi.org/10.1071/sr07109>.
- 7 Larson, R. W. (2007). Using biochar for cost-effective CO₂ sequestration in soils.
- 8 Rondon, M. A., Lehmann, J., Ramirez, J., & Hurtado, M. (2007). Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char additions. *Biology and Fertility of Soils*, 43(6), 699-708. <https://doi.org/10.1007/s00374-006-0152-z>.
- 9 Woods, W. I., Falcao, N. P. S., & Teixeira, W. G. (2006). Biochar trials aim to enrich soil for smallholders. *Nature*, 443(7108), 144-144. <https://doi.org/10.1038/443144b>.
- 10 Suerbaev, H. A., Chepajkin, E. G., Dzhiembraev, B. Z., Appazov, N. O., & Abyzbekova, G. M. (2007). Catalytic hydroxycarbonylation of isobutylene with carbon monoxide and polyhydric alcohols in the presence of the Pd(acac)(2)-PPh₃-TsOH system. *Petroleum Chemistry*, 47(5), 345-347. <https://doi.org/10.1134/s0965544107050064>.
- 11 Appazov NO, Zhusupbek UA, Turmanov RA, Lyubchyk SB, Lyubchyk AI, Lyubchyk SI, Lygina OS, Bainazarova SR, Bazarbayev BM (2019) Method for obtaining activated carbon from rice straw and husk [Sposob poluchenija aktivirovannogo uglja iz risovoj solomy i sheluhij]. Patent for utility model of the Republic of Kazakhstan 3892 [Patent na poleznuju model' Respubliki Kazahstan 3892]. (In Russian).

12 Arutyunyan, T. V., Korystova, A. F., Kublik, L. N., Levitman, M. K., Shaposhnikova, V. V., Appazov, N. O., Narmanova, R. A., Ibadullayeva, S. Z., & Korystov, Y. N. (2014). Camel Thorn Extract Reduces Activity of Angiotensin-Converting Enzyme in Rat Aorta Increased during Aging and Treatment with NO-Synthase Inhibitor. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 158(2), 222-224. <https://doi.org/10.1007/s10517-014-2727-2>.

13 Yespanova I.D., Zhusupova L.A., Tapalova A.S., Appazov N.O. (2018) Microwave activation of addition of 1-hexene and butanoic acid reaction // *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan-Series Chemistry and Technology*. 1: 63-69. ISSN 2518-1491 (Online), ISSN 2224-5286 (Print).

14 Appazov N.O., Seitzhanov S.S., Zhunissov A.T., Narmanova, R.A. (2017) Synthesis of Cyclohexyl Isovalerate by Carbonylation of Isobutylene with Carbon Monoxide and Cyclohexanol in the Presence of Pd(PPh₃)₄-PPH₃-TsOH and Its Antimicrobial Activity // *Russian Journal of Organic Chemistry*. 53(10): 1596-1597. ISSN: 1608-3393 (Online), ISSN: 1070-4280. doi: 10.1134/S1070428017100189.

15 Lyubchyk, S., Shapovalova, O., Lygina, O., Oliveira, M. C., Appazov, N., Lyubchyk, A., Charmier, A. J., Lyubchik, S., & Pombeiro, A. J. L. (2019). Integrated Green Chemical Approach to the Medicinal Plant *Carpopobrotus edulis* Processing [Article]. *Scientific Reports*, 9, 12, Article 18171. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53817-8>.

16 Suerbaev K.A., Chepaikin E.G., Appazov N.O., Dzhiembaev B.Z. (2012) Hydroalkoxycarbonylation of isobutylene with polyhydric alcohols in the presence of catalytic systems based on palladium compounds and tertiary phosphines // *Petroleum Chemistry*. 52(3): 189-193. ISSN: 1555-6239 (Online), ISSN: 0965-5441. doi: 10.1134/S0965544112030127.

17 Suerbaev, K. A., Kudaibergenov, N. Z., Appazov, N. O., & Zhaksylykova, G. Z. (2016). Synthesis of L-menthyl isovalerate by esterification of isovaleric acid with L-menthol under microwave irradiation. *Russian Journal of Organic Chemistry*, 52(4), 585-586. <https://doi.org/10.1134/s1070428016040205>.

18 Sun, L. Y., Deng, J. Y., Fan, C. H., Li, J., & Liu, Y. L. (2020). Combined effects of nitrogen fertilizer and biochar on greenhouse gas emissions and net ecosystem economic budget from a coastal saline rice field in southeastern China. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(14), 17013-17022. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08204-6>;

19 Amer, M., Shaaban, M., Hassan, M. U., Ying, L., Tang, H. Y., Ma, Q. Y., Munir, H., Rasheed, A., Li, X. M., Ping, L., & Huang, G. Q. N₂O Emissions Mitigation in Acidic Soil Following Biochar Application Under Different Moisture Regimes. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00311-0>.

20 Singh, S. V., Chaturvedi, S., Dhyani, V. C., & Kasivelu, G. (2020). Pyrolysis temperature influences the characteristics of rice straw and husk biochar and sorption/desorption behaviour of their biourea composite. *Bioresource Technology*, 314, Article 123674. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123674>.

21 Xu, X. T., He, C., Yuan, X., Zhang, Q., Wang, S. L., Wang, B. H., Guo, X. M., & Zhang, L. (2020). Rice straw biochar mitigated more N₂O emissions from fertilized paddy soil with higher water content than that derived from ex situ biowaste. *Environmental Pollution*, 263, Article 114477. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114477>.

22 Mukome, F. N. D., Buelow, M. C., Shang, J. T., Peng, J., Rodriguez, M., Mackay, D. M., Pignatello, J. J., Sihota, N., Hoelen, T. P., & Parikh, S. J. (2020). Biochar amendment as a remediation strategy for surface soils impacted by crude oil. *Environmental Pollution*, 265(Pt A), Article 115006. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115006>.

23 Narmanova RA, Filonov AE., Appazov NO, Puntus IF, Ahmetov LI, Funtikova TI, Turmanov RA, Omarov EA, Bazarbayev BM (2019) Bacterial strains association for removing oil and oil products from soils and waters under conditions of a sharply continental and hot desert climate [Associaciya shtammov bakterij dlja udalenija nefi i nefteproduktov iz gruntov i vod v uslovijah rezko kontinental'nogo i zharkogo aridnogo klimata]. Patent for invention of the Republic of Kazakhstan 33715 [Patent na izobretenie Respubliki Kazahstan]. (In Russian).

24 Bisenov K.A., Narmanova R.A., Appazov N.O. (2020). Physical and chemical studies of the oil sludge hydrocarbon composition and the prospects for their use in the technology of expanded clay production // *News of NAS RK. Series of chemistry and technology*. 5(443): 28-37. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1491.77>.

25 Narmanova R.A., Bishimbayev V.K., Tapalova A.S., Appazov N.O. (2020). Polymer additive effect on the structural and mechanical properties of the organic part of oil bituminous rock. // *News of NAS RK. Series of chemistry and technology*. 5(443): 141-150. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1491.91>.

26 Bissenov K.A., Uderbayev S.S., Saktaganova N.A. (2016) Physicochemical Analysis of Structure of Foamed Concrete with Addition of Oil Sludges // *Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences*. 7(4): 1701-1708.

- 27 Montayev S.A., Zharylgapov S.M., Bisenov K.A., Shakeshev B.T., Almagambetova M.Z. (2016) Investigating Oil Sludges and Their Application as Energy Efficient and Modifying Component in Ceramic Pastes // Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences. 7(3): 2407-2415. ISSN: 0975-8585.
- 28 Shalbolova U., Narmanova R., Elpanova M. (2012) Methodical peculiarities of tariff setting at oil transportation via main pipelines // Actual problems of economics. 138: 540-555. ISSN: 1993-6788.
- 29 Lu, H. F., Bian, R. J., Xia, X., Cheng, K., Liu, X. Y., Liu, Y. L., Wang, P., Li, Z. C., Zheng, J. F., Zhang, X. H., Li, L. Q., Joseph, S., Drosos, M., & Pan, G. X. (2020). Legacy of soil health improvement with carbon increase following one time amendment of biochar in a paddy soil - A rice farm trial. *Geoderma*, 376, Article 114567. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114567>.
- 30 Usowicz, B., Lipiec, J., Lukowski, M., Bis, Z., Usowicz, J., & Latawiec, A. E. (2020). Impact of biochar addition on soil thermal properties: Modelling approach. *Geoderma*, 376, Article 114574. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114574>.
- 31 Bashir, S., Hussain, Q., Zhu, J., Fu, Q. L., Houben, D., & Hu, H. Q. (2020). Efficiency of KOH-modified rice straw-derived biochar for reducing cadmium mobility, bioaccessibility and bioavailability risk index in red soil. *Pedosphere*, 30(6), 874-882. [https://doi.org/10.1016/s1002-0160\(20\)60043-1](https://doi.org/10.1016/s1002-0160(20)60043-1).
- 32 Li, Q. L., Wang, M., Fu, Q., Li, T. X., Liu, D., Hou, R. J., Li, H., Cui, S., & Ji, Y. (2020). Short-term influence of biochar on soil temperature, liquid moisture content and soybean growth in a seasonal frozen soil area. *Journal of Environmental Management*, 266, Article 110609. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110609>.
- 33 Ran, C., Gulaqa, A., Zhu, J., Wang, X. W., Zhang, S. Q., Geng, Y. Q., Guo, L. Y., Jin, F., & Shao, X. W. (2020). Benefits of Biochar for Improving Ion Contents, Cell Membrane Permeability, Leaf Water Status and Yield of Rice Under Saline-Sodic Paddy Field Condition. *Journal of Plant Growth Regulation*, 39(1), 370-377. <https://doi.org/10.1007/s00344-019-09988-9>.
- 34 Seleiman, M. F., Alotaibi, M. A., Alhammad, B. A., Alharbi, B. M., Refay, Y., & Badawy, S. A. (2020). Effects of ZnO Nanoparticles and Biochar of Rice Straw and Cow Manure on Characteristics of Contaminated Soil and Sunflower Productivity, Oil Quality, and Heavy Metals Uptake. *Agronomy-Basel*, 10(6), Article 790. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060790>.
- 35 Wang, D. Y., Felice, M. L., & Scow, K. M. (2020). Impacts and interactions of biochar and biosolids on agricultural soil microbial communities during dry and wet-dry cycles. *Applied Soil Ecology*, 152, Article 103570. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103570>.
- 36 GOST 6217. Crushed active charcoal. Technical conditions [Ugol' aktivnyj drevesnyj droblenyj. Tehnicheskie uslovija]. Moscow, Russia, 2003. (In Russian).
- 37 GOST 17219. Active coals. Method for determining the total pore volume by water [Ugli aktivnye. Metod opredelenija summarnogo ob#ema por po vode]. Moscow, Russia, 1988. (In Russian).
- 38 GOST 16190. Sorbents. Bulk density determination method [Sorbenty. Metod opredelenija nasypnoj plotnosti]. Moscow, Russia, 1970. (In Russian).

ТҮЙІНДЕМЕ

Аппазов Н.О., Акылбеков Н.И., Нарманова Р.А., Ахатаев Н.А., Жаппарбергенов Р.У., Канжар С.А. КҮРІШ ҚАУЫЗЫ ЖӘНЕ САБАННАН БИОЧАР АЛУ

Мақалада күріш қауызы мен сабан сияқты ауылшаруашылық өсімдіктерінің қалдықтарынан биокөмір алу бойынша зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Үрдіс ұзақтығы және температура тәрізді термолиздің оңтайлы жағдайлары таңдалды. Термолиз өнімдері йодқа қатысты адсорбциялық белсенділікпен, суға қатысты жалпы кеуек көлемімен және көлемдік тығыздықпен сипатталады. Алынған өнімдердің кеуекті құрылымы сканерлік электронды микроскоп арқылы зерттелді. Зерттеу нәтижелері бойынша термолиз ұзақтығы 30 минут болатын қауыз бен сабаннан алынған биокөмірлердің йод бойынша сорбциялық сипаттамалары және судағы кеуек көлемі төмен екендігі анықталды. Термолиз ұзақтығының ұлғаюымен сорбциялық сипаттамалары жақсарады, қабықшалар үшін оңтайлы термолиз ұзақтығы 500°C температурада 60 минут, ал сабан үшін термолиздің оңтайлы ұзақтығы 300°C температурада 60 минут. Ең жақсы нұсқа – ұзақтығы 60 минут және термолиз температурасы 300°C, йод бойынша адсорбциялық белсенділігі 54,61%, су бойынша жалпы кеуек көлемі 0,941 см³/г және көлемдік тығыздығы 300°C болатын күріш сабанынан алынған биокөмір. 169,29 г/дм³. Күріш қауызынан және сабаннан алынған биокөмір 4300 және 5000 есе үлкейту кезінде сканерленген электронды микроскоп арқылы зерттелді, олардың кеуекті құрылымы дамыған.

Түйін сөздер: биочар, күріш қауызы, күріш сабаны, термолиз, қайта өңдеу, тыңайтқыш, жаңартылатын отын.

ABSTRACT

Appazov N.O., Akylbekov N.I., Narmanova R.A., Akhatayev N.A., Zhapparbergenov R.U., Kanzhar S.A. OBTAINING BIOCHAR FROM RICE HUSK AND STRAW

This paper presents the results of research on obtaining biochar from agricultural plant waste such as rice husk and straw. The selection of the optimal conditions for thermolysis, such as the duration and temperature of the process, has been conducted. The thermolysis products are characterized for iodine adsorption activity, cumulative water pore volume, and for bulk density. The porous structure of the obtained products has been studied by scanning electron microscopy. Based on the results of the research conducted, it has been found that biochars obtained from husk and straw with a thermolysis duration of 30 minutes have low iodine sorption characteristics and water pore volumes. With an increase in the duration of thermolysis, the sorption characteristics improve, the optimal for the husk is the thermolysis duration of 60 minutes at a temperature of 500°C, and for straw, the optimal thermolysis duration is 60 minutes at a temperature of 300°C. The best option is biochar obtained from rice straw at a duration of 60 minutes and a thermolysis temperature of 300°C, having an iodine adsorption activity of 54.61%, a cumulative water pore volume of 0.941 cm³/g and a bulk density of 169.29 g/dm³. The obtained biochars from rice husk and straw have been studied by scanning electron microscopy at 4300 and 5000 times magnification, and they have a developed porous structure.

Keywords: biochar, rice husk, rice straw, thermolysis, recycling, fertilizer, renewable fuel.

Аппазов Н.О., кандидат химических наук, профессор, профессор-исследователь Кызылординского университета им. Коркыт Ата, e-mail: nurasar.82@mail.ru

Акылбеков Н.И., PhD, руководитель лаборатории инженерного профиля «Физико-химические методы анализа» Кызылординского университета им. Коркыт Ата, e-mail: nurgali_089@mail.ru

Нарманова Р.А., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории инженерного профиля «Физико-химические методы анализа» Кызылординского университета им. Коркыт Ата, e-mail: roza_an@mail.ru

Ахатаев Н.А., кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории инженерного профиля «Физико-химические методы анализа» Кызылординского университета им. Коркыт Ата, e-mail: nurlibek.83@mail.ru

Жаппарбергенев Р.У., магистр технических наук, научный сотрудник лаборатории инженерного профиля «Физико-химические методы анализа» Кызылординского университета им. Коркыт Ата, e-mail: ulagat-91@mail.ru

Канжар С.А., студент Кызылординского университета им. Коркыт Ата, e-mail: sakenkanzhar@gmail.com