

ЕҢБЕК ҚЫЗЫЛ ТУ ОРДЕНДІ
«Ә. Б. БЕКТҰРОВ АТЫНДАҒЫ
ХИМИЯ ҒЫЛЫМДАРЫ ИНСТИТУТЫ»
АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ХИМИЯ ЖУРНАЛЫ

ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

CHEMICAL JOURNAL of KAZAKHSTAN

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
«ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКИХ НАУК
им. А. Б. БЕКТУРОВА»

4 (60)

ОКТАБРЬ – ДЕКАБРЬ 2017 г.
ИЗДАЕТСЯ С ОКТАБРЯ 2003 ГОДА
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

АЛМАТЫ
2017

УДК 631.421

*М. Р. КЕРИМКУЛОВА^{1,2}, З. А. МАНСУРОВ¹, Ж. О. ОШАКБАЕВА²,
А. Х. НАУШАБАЕВ², А. Р. КЕРИМКУЛОВА¹*

¹Институт Проблем Горения, Алматы, Республика Казахстан,

²Казахский Национальный аграрный университет, Алматы, Республика Казахстан.

E-mail: biomak111@mail.ru

СИНТЕЗ, СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ БИОУГЛЯ

Аннотация. Рассмотрены многочисленные антропогенные источники загрязнения почв и способы их очистки с помощью активированных биоуглей, их синтез, физические и химические сорбционные свойства.

Ключевые слова: тяжелые металлы, биоугли, пиролиз.

Введение. Современная экологическая ситуация как в глобальном, так и в региональном масштабах обостряется, и человечество вынуждено искать эффективные меры устойчивого развития биосферы. Проблема защиты окружающей природной среды от загрязнений – одна из важнейших задач современности. Выбросы промышленных предприятий, энергетических систем и транспорта в атмосферу в настоящее время достигли таких размеров, что в ряде регионов, особенно в крупных промышленных центрах, оказывают негативное влияние на окружающую природную среду. В связи с этим возрастает роль инженерной экологии по разработке и совершенствованию технических средств защиты атмосферы от загрязнений. Среди отраслей промышленности особо токсичные выбросы в атмосферу дают предприятия химической, нефтеперерабатывающей, черной и цветной металлургии, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной, производства строительных материалов и др.

Особенно опасно проникновение токсичных веществ в глубокие слои почвы и грунтовые воды, где процессы самоочищения резко замедляются из-за низких температур и обеденности микроорганизмами. Будучи однажды загрязненными, водоносные горизонты могут оставаться в таком состоянии сотнями и даже тысячами лет [1, 2].

Во многих регионах страны с развитым промышленным и сельскохозяйственным производством всегда существует опасность загрязнения экосистем избыточными количествами тяжелых металлов. Это обстоятельство определяет необходимость проведения экологогеохимического районирования территорий и организации постоянного мониторинга за поступлением и распределением тяжелых металлов в экосистемах [3, 4].

Тяжелые металлы (ТМ) уже сейчас занимают второе место по степени опасности, уступая пестицидам и значительно опережая такие широко известные загрязнители, как диоксид углерода и серу. В перспективе они могут стать более опасными, чем отходы атомных электростанций и твердые отходы. Загрязнение ТМ связано с их широким использованием в про-

мышленном производстве. В связи с несовершенными системами очистки ТМ попадают в окружающую среду, в том числе и в почву, загрязняя и отравляя ее. ТМ относятся к особым загрязняющим веществам, наблюдения за которыми обязательны во всех средах. Почва является основной средой, в которую попадают ТМ, в том числе из атмосферы и водной среды. Она же служит источником вторичного загрязнения приземного воздуха и вод, попадающих из нее в Мировой океан. Из почвы ТМ усваиваются растениями, которые затем попадают в пищу. В работах, посвященных проблемам загрязнения окружающей природной среды и экологического мониторинга, на сегодняшний день к тяжелым металлам относят более 40 элементов периодической системы Д.И. Менделеева с атомной массой свыше 40 атомных единиц: V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi и др. По классификации Н. Реймерса (1990), тяжелыми следует считать металлы с плотностью более 8 г/см^3 .

Аэрозольные выбросы свинцовоцинкового комбината Усть-Каменогорска (Северный Казахстан) обогащены металлами: до недавнего времени ежегодные выбросы составляли 730 т свинца, 370 т цинка, 73 000 т серной кислоты и серного ангидрида. Выбросы аэрозолей и сточных вод привели к созданию зоны сильного загрязнения с превышением основных групп поллютантов, на порядки превышающие фоновые уровни содержания металлов. Загрязнение почв металлами часто сопровождается закислением почв [5].

Биоуголь способствует связыванию азотистых веществ, что снижает выбросы аммиака в окружающую среду. Низкое содержание серы и тяжелых металлов не загрязняет окружающую среду, особенно почву, и не влияет отрицательно на растительный и животный мир [6, 7].

Серьезной экологической проблемой за последнее столетие стало интенсивное развитие промышленности и транспортного комплекса, представляющих собой наиболее мощные источники загрязнения биосферы вредными ингредиентами. Среди неорганических ксенобиотиков антропогенного происхождения к наиболее опасным и прогрессивно развивающимся в природной среде относятся металлы. Интенсивное промышленное и сельскохозяйственное использование природных ресурсов вызвало существенные изменения биохимических циклов большинства из них.

В связи с этим в последнее время для борьбы с загрязнениями слоев почвы с учетом всех требований практическое применение получили активированные угли, силикагели, алюмогели и цеолиты. Эти вещества отличаются друг от друга своими адсорбционными свойствами, размерами гранул, плотностью и др.

Так как активированные угли являются единственным типом биоугля, имеющего высокую адсорбционную способность при извлечении токсичных органических загрязнений и ионов тяжелых металлов, разработка модифицированных углеродных материалов для улучшения качества почвы является актуальной.

Получаемые биоугли для улучшения качества почвы должны иметь невысокую стоимость и изготавливаться из доступных материалов.

В последние годы все большее распространение получают биоугли, созданные на основе возобновляемого растительного сырья. Биологическим углем (биоуглем) принято называть материал, получаемый из древесины и органических отходов путем пиролиза при температуре 300-800°C без доступа кислорода. В отличие от угля, который используется для производства тепла, биоуголь, в частности, применяется в сельском хозяйстве в качестве средства улучшения качества почв. Он способствует аккумуляции питательных веществ в почвах, что особенно важно в условиях истощенных земель, а также положительно влияет на численность, состав и активность микроорганизмов в почве, отвечающих за плодородие земли и урожайность. Биоуголь способен удерживать в почве углерод, что ведет к сокращению содержания углекислого газа в атмосфере, и, соответственно, способствует уменьшению парникового эффекта на планете. Также существенна роль биоугля в деле сохранения влаги в почвах в условиях засухи. Биоуголь не только имеет потенциал для открытия новых прибыльных рынков в области сельского хозяйства и промышленности, он также предоставляет огромные возможности для защиты почв и климата планеты [8, 9].

Также биоуголь является биологическим заменителем ископаемого топлива, содержащегося в каменном угле. Любой органический продукт, такой как сельскохозяйственная или лесная продукция или их отходы, могут использоваться для производства биоугля – отходы лесопереработки, остатки срезанной травы, ветки плодовых деревьев и других садовых насаждений, путем обжига твердой биомассы (англ. – torrefaction) и последующим ее гранулированием в пеллеты; подобная технология применяется при обжиге кофейных зерен. Процесс обжига был впервые применен в 30-е годы во Франции (французский глагол torrefier, который переводится как «жариться», в основном используется для обозначения процесса обжига кофейных зерен). В отличие от зерен кофе, твердая биомасса обжигается без доступа кислорода при температуре 200–330°C [10, 11]. При торрефикации свойства биомассы кардинально меняются: разрушается структура целлюлозы, испаряется значительная часть влаги, образуются свободные молекулы углерода, водорода и кислорода. По структуре торрефицированные гранулы схожи с углем, так как в ходе химических процессов в древесине и другой растительной биомассе при торрефикации весь углерод превращается в биоуголь (ненасыщенные углеводороды), окисляясь и реагируя с молекулами кислорода [12, 13].

Вопросы о перспективах широкого применения биоугля в качестве мелиоранта до сих пор остаются открытыми, что объясняется существованием противоречивых данных о его влиянии на свойства почв. Внесение биоугля в почву может увеличить ее водоудерживающую способность в среднем на 6–15% [14]. Будучи материалом с высокой пористостью (70–80%) и истинной плотностью (до 1,45 г/см³), а также низкой эластичностью, биоуголь

может улучшить агрегатное состояние почвы, увеличить ее общую пористость [15], а также повысить сопротивление почв к механическим нагрузкам [16].

Высокая пористость биоугля (сорбент) вместе с его специфическими свойствами приводит к повышению задержки питательных веществ и влаги в почве. Лабораторный опыт и прямое применение биоугля в сельском хозяйстве подтвердили значительно повышенный рост культур при более низком потреблении воды. Введение биоугля в почву улучшает биологические процессы и долговременное плодородие почвы. Помимо доказуемого улучшения сельскохозяйственных и экономических параметров биоуголь служит простым и эффективным инструментом для хранения CO_2 [17].

Биоуголь способствует повышению активности, группового и функционального разнообразия почвенного микробного сообщества. Например, стимулирует развитие почвенных плесневых грибов и аэробных целлюлозо-разлагающих бактерий, являющихся активными потребителями азота и подавляющих рост азотобактера [18, 19].

Применение биоуглей может способствовать достоверному снижению эмиссии N_2O и CO_2 [20]. Переработка биомассы растений в биоуголь и его внесение в почву в форме ароматических органических соединений, труднодоступных для почвенных микроорганизмов, приводит, с одной стороны, к уменьшению эмиссии CO_2 и, с другой стороны, к накоплению углерода почвах [21].

Влияние биоугля на эмиссию парниковых газов из почв зависит от дозы его внесения. Например, установлено, что применение биоугля в дозах от 5 до 10 т/га на почвах грубого гранулометрического состава приводило к уменьшению эмиссии CO_2 , а в дозе больше 10 т/га – к повышению [22]. Однако, согласно результатам Ванг с соавт. [23, 24], внесение биоугля в дозе 50 т/га не способствовало увеличению эмиссии CO_2 из почв рисовых полей.

Биоуголь способствует сокращению потерь азота в форме N_2O вследствие улучшения водно-воздушного режима почвы и ослабления процесса денитрификации. Показано, что эмиссия N_2O уменьшалась после внесения биоугля в почву даже при повышении доли водонасыщенных пор до 78%, то есть в анаэробных условиях, при которых активно протекает процесс денитрификации [25, 26].

В работе [27] показано, что при изучении влияния биоугля на pH почвы модулировали кислые и основные почвы при помощи внесения минеральных кислот и щелочей. В эксперименте с защелачиванием почвы результаты показали, что биоуголь способен нейтрализовать pH. Исходные pH почвы после внесения щелочи составили от 7 до 8,5. После внесения биоугля наблюдается уменьшение значения pH в сторону нейтрализации и подкисления почвы. Так, при исходном уровне pH после внесения щелочи 7 добавление биоугля подкисляет почву до 6,5. При начальном показателе pH 7,5; 8 биоуголь оказывает нейтрализующее действие, уровень pH в конце эксперимента был равен 7.

Таким образом, применение биоугля в сельском хозяйстве может привести к увеличению секвестрации углерода из атмосферы, сохранению и улучшению физического, биологического и физико-химического качества и устойчивости почв, уменьшению содержания тяжелых металлов в почве.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Лотош В.Е. Переработка отходов природопользования. – Екатеринбург: Изд-во УРГУПС, 2002. – 463 с.
- [2] Лотош В.Е. Экология природопользования. – Екатеринбург: Полиграфист, 2001. – 540 с.
- [3] Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат, 1987. – С. 142.
- [4] Lal R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security // *Science*. – 2004. – Vol. 73. – P. 1173-1181.
- [5] Источник: <http://www.activestudy.info/zagryaznenie-pochv-tyazhelymi-metallami/> © Зооинженерный факультет МСХА.
- [6] Рижия Е.Я. Влияние биоугля на эмиссию закиси азота из дерново-подзолистой супесчаной почвы и урожай ярового ячменя / Е.Я. Рижия, Н.П. Бучкина, А.С. Белинец // Международный экологический форум. – М., 2013.
- [7] Giani L. Plaggen threpts in north-west Russia, Genesis, properties and classification / L. Giani, O. Kalinina, M. Nadporozhskaya, E. Tolkdorf-lienemann // *Geoderma*. – 2004. – 3.
- [8] Brodowski S., John B., Fless H., Amelun W. Aggregateoccluded black carbon in soil // *European J. of Soil Science*. – 2006. – Vol. 57(4). – P. 539-546.
- [9] Хасаншин Р.Р. Предварительная термическая обработка древесного наполнителя и производстве ДПКМ / Р.Р. Хасаншин, Р.В. Данилова // *Вестник Казанского государственного технологического университета*. – Казань. - 2012. №7. - С. 62-63.
- [10] Кислицин А.Н. Пиролиз древесины: химизм, кинетика, продукты, новые процессы. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 231 с.
- [11] Хасаншин Р.Р. Исследование торрефицированных топливных гранул / Р.Р.Хасаншин, А.Л. Тимербаева // *Деревообрабатывающая промышленность*. – 2014. – № 2. – С. 44-46.
- [12] Разумов Е.Ю., Назипова Ф.В. Биоуголь современное представление // *Вестник казанского технического университета*. – 2015. – Т. 18, № 2. – С. 220-222.
- [13] Major J., Lehmann J., Rondon M., Goodale C. Fate of soil-applied black carbon: dawnward migration, leaching and soil respiration // *Glob. Chang. Biol.* – 2010. – Vol. 16. – P. 1366-1379.
- [14] Kahu K., Mattilab T., Bergstroma I., Reginac K. Biochar addition to agricultural soil increased CH₄ uptake and water holding capacity- Results from a short-term pilot field study // *Agric. Ecosyst. Environ.* – 2011. – Vol. 140. – P. 309-313.
- [15] Sohi S.P., Lopez-Capel E., Bol R., Krull E. A review of biochar and its use and function in soil // *Advances in Agronomy*. – 2010. – Vol. 105. – P. 47-82.
- [16] Downie A., Crosky A., Munro P. Physical properties of biochar // *Biochar for Environmental Management: Science and Technology/ Eds. Lehmann J., Joseph S.* – London: Earthscan, 2009. – P. 13-29.
- [17] Козыбаева Ф.Е., Бейсеева Г.Б., Ажикина Н.Ж. Значение биоугля в повышении и сохранении плодородия темно-каштановых почв // *Почвоведение и агрохимия*. – 2014. – № 2. – С. 41-53.
- [18] Grossman J.M., O'Neill B.E., Tsai S.M., liang B., Neves E., Lehmann J., Thies J.E. Amazonian anthrosols support similar microbial communities that differ soils of the same mineralogy // *Microbial Ecology*. – 2010. – Vol. 60. – P. 192-205.
- [19] Steiner C. Slash and char as alternative to slash and burn: soil charcoal amendments maintain soil fertility and establish a carbon sink // *Cuvillier Verlag, Gottingen*. – 2007. – P. 218-230.

- [20] Lal R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security // *Science*. – 2004. – Vol. 73. – P. 1173-1181.
- [21] Van Zwieten L., Bhupinderpal-Singh, Joseph S., Kimber S., Cowie A., Chan Y. Biochar reduces emissions of non- CO₂ GHG from soil. // *Biochar for environmental management / Eds. Lehmann J., Joseph S.* – Earthscan Publications. Ltd, 2009. – P. 227-249.
- [22] Dempster D.N., Gleeson D.B., Solaiman Z.M., Jones D.L., Murphy D.V. Decreased soil microbial biomass and nitrogen mineralization with Eucalyptus biochar addition to a coarse textured soil // *Plant and Soil*. – 2011. – Vol. 354. – P. 311-324.
- [23] Yanai Y., Toyota K., Okazaki M. Effects of charcoal addition on N₂O emissions from soil resulting from rewetting air-dried soil in short-term laboratory experiments // *Soil Sci. Plant Nutr.* – 2007. – Vol. 53. – P. 181-188.
- [24] Wang J., Zhang M., Xiong Z., Liu P., Pan G. Effects of biochar addition on N₂O and CO₂ emissions from to paddy soils // *Biology and Fertility of Soils*. – 2011. – Vol. 47. – P. 887-896.
- [25] Rajkaia K., Kabosa S., van Genuchten M. Th. Estimating the water retention curve from soil properties: comparison of linear, nonlinear and concomitant variable methods // *Soil & Tillage Research*. – 2004. – Vol. 79. – P. 145-152.
- [26] Singh B.P., Hatton B. J., Singh B., Cowie A.L., Kathuria A. Influence of biochars on nitrous oxide emission and nitrogen leaching from two contrasting soils // *J. of Environmental Quality*. – 2010. – Vol. 39, N 4. – P. 1224-1235.
- [27] Глеукунова С.У. Изучение влияния внесения биоугля на pH почвы / С. У. Глеукунова, М. Ю. Ишмуратова // *Химическая технология и техника: тезисы докладов 81-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием)*. – Минск: Белорусский государственный технологический университет, 1–12 февраля 2017 г. – С. 119-120.

REFERENCES

- [1] Lotosh V.E. *Pererabotka othodov pryrodopolzovaniya*. Ekaterinburg: Izd-vo URGUPS, 2002. 463 p.
- [2] Lotosh V.E. *Ekologiya pryrodopolzovaniya*. Ekaterinburg: Poligrafist, 2001. 540 p.
- [3] Alekseev Yu.V. *Tyazhelye metally v pochvah I rasteniyah*. L.: Agropromizdat, 1987. P. 142.
- [4] Lal R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security // *Science*. 2004. Vol. 73. P. 1173-1181.
- [5] Istochnik: <http://www.activestudy.info/zagryaznenie-pochv-tyazhelymi-metallami/> © Zooinzhenernyi fakultet MCHA.
- [6] Rizhia E.Ya. Vliyanie biouglya na emissiyuzakisi azota iz dernovo-podzolistoi supeschanoi pochvy i urozhai yarovogo yachmehya/ E.Ya. Rizhia, N.P. Buchkina, A.S. Belinets // *Mezhdunarodnyi Ecologicheskii forum*. M., 2013.
- [7] Giani L. Plaggan threpts in north-west Russia, Genesis, properties and classification / L. Giani, O. Kalinina, M. Nadporozhskaya, E. Tolkdorf-lienemann // *Geoderma*. 2004. 3.
- [8] Brodowski S., John B., Fless H., Amelun W. Aggregateoccluded black carbon in soil // *European J. of Soil Science*. 2006. Vol. 57(4). P. 539-546.
- [9] Khasanshin R.R. Predvaritelnaya termicheskaya obrobotka drevesnogo napolnitelya I proizvodstve DPKM / R.R. Khasanshin, R.V. Danilov // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta*. Kazan, 2012. N 7. P. 62-63.
- [10] Kislitsin A.N. *Pyrolysis drevesini: himizm, kinetika, producty, novie processy*. M.: Lesnaya promicshlennost, 1990. 231 p.
- [11] Khasanshin R.R. Issledovaie torrefisirovannih granul / R.R. Khasanshin, A.L. Timerbaeva // *Derevoobrativayushaya promishlennost*. 2014. N 2. P.44-46.
- [12] Razumov E.Yu., Nazipova F.V. Biougol sovremennoe predstavlenie // *Vestnik kazanskogo tehnicheskogo universiteta*. 2015. Vol. 18, N 2. P. 220-222.
- [13] Major J., Lehmann J., Rondon M., Goodale C. Fate of soil-applied black carbon: downward migration, leaching and soil respiration // *Glob. Chang. Biol*. 2010. Vol. 16. P. 1366-1379.

- [14] Kahu K., Mattilab T., Bergstroma I., Reginac K. Biochar addition to agricultural soil increased CH₄ uptake and water holding capacity- Results from a short-term pilot field study // *Agric. Ecosyst. Environ.* 2011. Vol. 140. P. 309-313.
- [15] Sohi S.P., Lopez-Capel E., Bol R., Krull E. A review of biochar and its use and function in soil // *Advances in Agronomy.* 2010. Vol. 105. P. 47-82.
- [16] Downie A., Crosky A., Munro P. Physical properties of biochar // *Biochar for Environmental Management: Science and Technology/ Eds. Lehmann J., Joseph S.* London: Earthscan, 2009. P. 13-29.
- [17] Kozybaeva FE, Beiseeva GB, Azhikina N.Zh. Znacheniya biouglya v povishenii i sohraneniі plodorodiyа temno-kashtanovih pochv // *Pochvovedenie i agrohimiya.* 2014. N 2. P. 41-53.
- [18] Grossman J.M., O'Neill B.E., Tsai S.M., liang B., Neves E., Lehmann J., Thies J.E. Amazonian anthrosols support similar microbial communities that differ soils of the same mineralogy // *Microbial Ecology.* 2010. Vol. 60. P. 192-205.
- [19] Steiner C. Slash and char as alternative to slash and burn: soil charcoal amendments maintain soil fertility and establish a carbon sink // *Cuvillier Verlag, Gottingen.* 2007. P. 218-230.
- [20] Lal R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security // *Science.* 2004. Vol. 73. P. 1173-1181.
- [21] Van Zwieten L., Bhupinderpal-Singh, Joseph S., Kimber S., Cowie A., Chan Y. Biochar reduces emissions of non- CO₂ GHG from soil. // *Biochar for environmental management / Eds. Lehmann J., Joseph S.* Earthscan Publications. Ltd, 2009. P. 227-249.
- [22] Dempster D.N., Gleeson D.B., Solaiman Z.M., Jones D.L., Murphy D.V. Decreased soil microbial biomass and nitrogen mineralization with Eucalyptus biochar addition to a coarse textured soil // *Plant and Soil.* 2011. Vol. 354. P. 311-324.
- [23] Yanai Y., Toyota K., Okazaki M. Effects of charcoal addition on N₂O emissions from soil resulting from rewetting air-dried soil in short-term laboratory experiments // *Soil Sci. Plant Nutr.* 2007. Vol.53. P. 181-188.
- [24] Wang J., Zhang M., Xiong Z., Liu P., Pan G. Effects of biochar addition on N₂O and CO₂ emissions from to paddy soils // *Biology and Fertility of Soils.* 2011. Vol. 47. P. 887-896.
- [25] Rajkaia K., Kabosa S., van Genuchtenb M. Th. Estimating the water retention curve from soil properties: comparison of linear, nonlinear and concomitant variable methods // *Soil & Tillage Research.* 2004. Vol. 79. P. 145-152.
- [26] Singh B.P., Hatton B. J., Singh B., Cowie A.L., Kathuria A. Influence of biochars on nitrous oxide emission and nitrogen leaching from two contrasting soils // *J. of Environmental Quality.* 2010. Vol. 39, N 4. P. 1224-1235.
- [27] Tleukenova, S.U., Izuchenie vliyaniya vneseniya na pH pochvi / S.U. Tleukenova, M.Yu. Ishmuratova // *Himicheskaya tehnologiya I tehnika: tezisi dokladov 81-i nauchno-tehnicheskoi konferensii professorsko-prepodavatelskogo sostava, nauchnih sotrudnikov I aspirantov (s mezhdunarodnim uchastiem), Minsk: Belaruskii gosudarstvennii tehnologicheskii universitet, 1–12 fevralya, 2017. P. 119-120.*

Резюме

*М. Р. Керімқұлова, З. А. Мансұров,
Ж. О. Ошакбаева А. Х. Наушабаев, А. Р. Керімқұлова*

БИОКӨМІРДІҢ АЛЫНУЫ, ҚАСИЕТІ ЖӘНЕ ҚОЛДАНЫЛУЫ

Аннотация. Мақалада биокөмір туралы әдеби шолу жасалды. Сонымен қатар олардың алыну жолдары, физикалық-химиялық және сорбциялық қасиеттері мен пайдалану аясы туралы ақпараттармен толықтырылды.

Түйін сөздер: қоршаған орта, ластану, ауыр металдар, биокөмір, пиролиз.

Summary

*M. R. Kerimkulova, Z. A. Mansurov,
Zh. O. Oshakbaeva, A. H. Naushabaev, A. R. Kerimkulova*

SYNTHESIS, PROPERTIES AND APPLICATION BIOCHAR

Abstract. The published data of biochar are generalized. Outlines methods of preparation, and physical and chemical sorption properties, and their applications. are described.

Keywords: environment, pollution, heavy metals, biochar, pyrolysis.