

Ж.К. Идришева, Г.К. Даумова*, М.Д. Даниярова, О.А. Петрова, И.В. Денисов

Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті,
070010, Қазақстан Республикасы, Өскемен қаласы, Д. Серікбаев көшесі, 19

*e-mail: gulzhan.daumova@mail.ru

АЗЫҚ-ТҮЛІК ДАҚЫЛДАРЫНЫҢ ҚАЛДЫҚТАРЫНАН СУДЫ ТАЗАЛАУ ҮШІН СОРБЕНТТЕРДІ АЛУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа: Мақалада азық-түлік дақылдары қалдықтарының негізіндегі сорбенттерден түрлендірілген түрлерін алу және олармен Ca^{2+} және Mg^{2+} иондарынан ауыз суды тазарту мүмкіндіктері бойынша зерттеу нәтижелері келтірілген. Түрлендірілген сорбенттерді алу үшін Шығыс Қазақстан облысында кеңінен таралған күнбағыс дәні мен қарақұмықтың қалдықтары таңдалынды. Күнбағыс дәні мен қарақұмық қауыздарының құрылымдық ерекшеліктері зерттелді. Дистилденген сумен шайылған қарақұмық және күнбағыс дәнінің бастапқы пішініндегі үлгілері өте тығыз және ұсақ микрокеуектерден тұратыны анықталынды. Спирт ерітіндісімен шайылған сорбент бөлшектерінің беттік қабаты өзгеріп, күнбағыс дәнінің қауыздары бөлшектерінің бетінде кеуектер мен төмпешіктер көрінетіні анықталынды. Қышқылды-негізді өңдеуден өткен сорбенттерде макрокеуектер мөлшерінің артуы және жалпы морфологиялық құрылымының өзгерісі байқалды. Сіңіргіштік сыйымдылығын анықтау нәтижелері қышқыл-негіздік белсендіру жолымен алынған сорбенттердің медициналық белсендірілген көмірден орта есеппен иод бойынша 0,06 мг/г және метилен көк бойынша 1,3 мг/г шамасында жоғары болатынын айқындады. 8,2% тұз қышқылы және 16,5% натрий гидроксиді ерітінділерімен өңделген күнбағыс дәнінің қауызынан алынған материалдардың сорбциялық қабілетін зерттеу нәтижелері Ca^{2+} және Mg^{2+} иондарына қатысты тазалаудың сәйкесінше 98,7 % және 95,8 % жоғары тиімділігін көрсетті. Жоғарыда аталған түрлендірілген сорбент ауыз суды тазалауға арналған сүзгілер өндірісінде сіңіргіш материал ретінде ұсынылады.

Түйін сөздер: қалдықтарды кәдеге жарату, сорбенттер, түрлендіру, кеуек, сіңіргіштік сыйымдылығы, суды тазалау, сіңіру.

Кіріспе

Су ресурстарын тиімді пайдалану қоршаған ортаны қорғау саласындағы басым бағыттардың бірі болып табылады. Суға деген қарқынды өсіп келе жатқан қажеттілік және оның қорларының шектеулілігі, су дайындау үдерістерінің қымбаттауымен қатар, суды өңдеудің жаңа экономикалық жағынан тиімді технологияларын жасау қажеттілігіне алып келеді.

Ауыз суды тазалау үдерісін қолжетімді, сіңіргіштік қабілеті жоғары, агрессивті ортаға төзімділікке ие бола алатын заманауи сіңіргіш материалдарды пайдалануға негізделген суды өңдеудің технологиясы арқылы жүзеге асыруға болады. Мұндай сорбенттерді қайталама шикізаттан, мысалы, ағаш өңдеу өнеркәсібінің, ауыл шаруашылығының қалдықтарынан дайындауға болады, бұл өз кезегінде бір мезгілде суды тазарту және қалдықтарды кәдеге жарату бойынша өзекті екі міндетті шешуге мүмкіндік береді.

Атап айтқанда, ауыл шаруашылығының дәнді-дақыл қалдықтарынан сорбенттерді алу қазіргі уақытқа дейін ғалымдардың назарын аударуда.

Шетелдік зерттеушілердің шолу мақаласында [1] әртүрлі жеміс және көкөністердің сыртқы қабығының қалдықтарын биосорбент ретінде ауыз суды тазалауға қолданылатыны туралы көптеген жұмыстар атап өтілген.

Банан және апельсин қабығы негізіндегі [2], зәйтүн [3], пальма талшығы [4], мақта талшығы [5], кокос сүтін [6] пайдаланатын сорбенттер де белгілі.

Кравченко О. өз жұмысында [7] суларды улы заттардың кең спектрінен (қорғасын, мырыш, мыс, радионуклидтер, мұнай, сондай-ақ, тырысқақ вибрионы-аса қауіпті жұқпалардан) тазарту үшін табиғи және өсімдік шикізатын қолданған. Сіңіргіш материалдар ретінде ұсақталған өсімдік шикізатының әртүрлі түрлері (сабан, қауыз, үгінділер, қамыс), жинақтау қасиеттері бар өсімдіктердің биомассасы, сондай-ақ өсімдік шикізатын арнайы термоөңдеу және кейіннен түрлендіру арқылы алынған көміртегі бар нысандар пайдаланылды. Жүргізілген зерттеулер бастапқы ұсақталған өсімдік шикізатының құрылымдық-сіңіргіштік параметрлермен сипатталатынын көрсетті. Алынған нәтижелер концентрациясы жоғары ерітінділерден металл иондарын сіңіру кезінде бастапқы өсімдік шикізатының жоғары сіңіргіштік қабілеттілігін көрсетеді.

Келесі жұмыста [8] көміртектенген және көміртектенбеген түрлердегі күнбағыс дәнінің қауызын ауыз суды тазалау мүмкіндіктері көрсетілген.

Ресей ғалымдарымен суларды арзан табиғи лигноцеллюлозалы материал негізінде жүгері собығына негізделген сіңіргіштік тазалау әдісі зерттелген [9].

Агроөнеркәсіптік кешен қалдықтарының біріне жататын қант өндірісінен кейін түзілетін қызылша қалдығын [10] ауыз суларды тазалауда қолданылуы да зерттелген болатын.

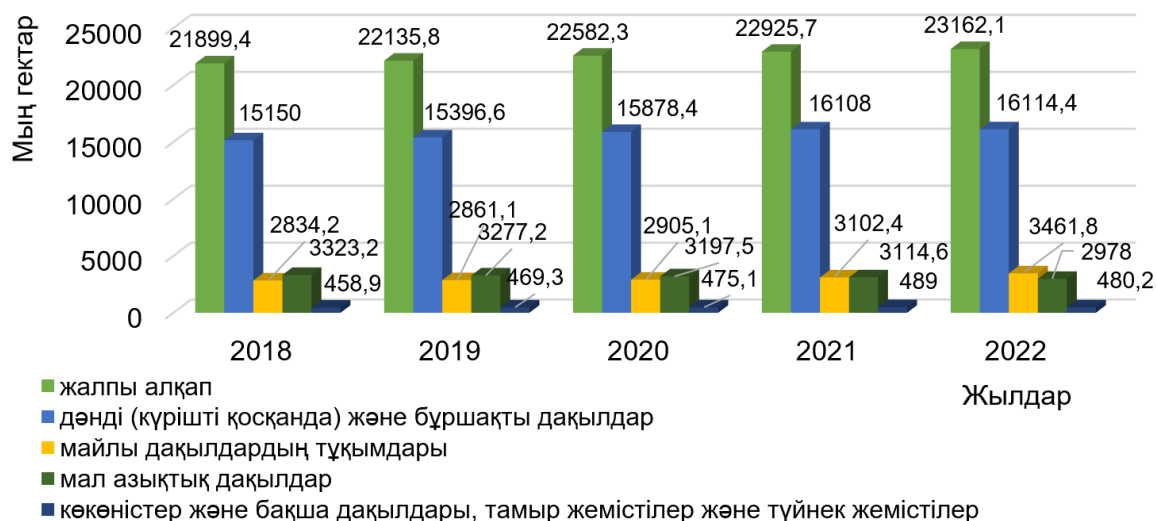
Малайзиялық ғалымдар шай өндірісінің қалдықтарына негізделген сорбенттерді пайдалануды ұсынған [11]. Бұл сорбенттер тек ақаба суларды да ғана емес, ауыз суды тазалауда да хром, мырыш, қорғасын, никель, кадмий сияқты ауыр металлдардан тазалау үшін қолданылып, сондай-ақ судың лайлылығын төмендететіні анықталды. Сондай-ақ, Pb^{2+} иондарынан кофе жапырақтары негізінде дайындалған сорбенттермен тазарту бойынша 22 зерттеу жүргізілген. Зерттеулер көрсеткендей, кофе жапырақтарына негізделген сорбенттердің тазарту тиімділігі төмен (8,64%), ал шай жапырақтарына негізделген сорбциялық материалдармен тазарту тиімділігі 96,4% құрады [11].

Пәкістан ғалымдары шай өндірісінің қалдықтары, сондай-ақ фикус жапырақтары негізінде сорбенттермен хром иондарын адсорбциялау механизмін зерттеген. Бұл өсімдік құрамына байланысты жоғары сорбциялық қасиеттерге ие (пектин мен лигнин, каротин, хлорофилл, целлюлоза, антоцианин). Осы заттардың функционалды топтары ауыр металдардың химосорбция үдерісіне қатысады. Фикус жапырақтарында кальций, натрий, магний иондары бар, олар сорбция үдерісі кезінде қорғасын иондарына алмасады [12].

Омбы политехникалық университетінде қарағай мен маньчжур жаңғақтарының қабығының сіңіргіштік қасиеттерін зерттеу бойынша зерттеулер жүргізілді [13]. Тәжірибе барысында қарағай жаңғағының қабығының беті азот қышқылымен және натрий гипохлоритімен өңделді. Нәтижелер көрсеткендей, мұндай өңдеу жаңғақтардың бетіне катион алмастырғыштық қасиеттерін арттырып, олардың ауыз судағы хлордың қалдықтарынан [14] тазалай алатыны анықталған болатын.

Сонымен, жоғарыда көрсетілген шолудан ауыл шаруашылығы дақылдары мен өсімдіктерден алынған сорбенттердің тиімділігін көруге болады.

Қазақстан Республикасы көлеміндегі соңғы 5 жылдағы негізгі ауыл шаруашылығы дақылдарының нақтыланған егіс алқабының ауданы [15] 1-ші суретте көрсетілген.



Сурет 1 – Негізгі ауыл шаруашылығы дақылдарының егіс алқабының ауданы

2022 жылы дәнді (күрішті қосқанда) және бұршақты дақылдар нақтыланған егістік алқабы республика бойынша 16 114,4 мың гектарды, көкөністер және бақша дақылдары, тамыр жемістілер және түйнек жемістілер 480,2 мың гектарды (2021 жылға – 98,2%), оның ішінде ашық топырақта өсірілген көкөністер – сәйкесінше 170,2 мың гектар (100,9%), картоп – 199,5 мың гектар (101,9%), мақта – 126,3 мың гектар (114,8%) алқапты құраған.

Дәнді және дәнді-бұршақты дақылдардың 16,0 млн га алқабынан өнім алынғаннан кейін шамамен 11,2 млн га қалдық, ал майлы дақылдардың 3,1 млн га жерінен 2,17 млн га қалдық қалатыны белгілі [16].

Шығыс Қазақстандағы ауыл шаруашылығы суарылмайтын егіншілікпен дамыған. Ең көп жер күнбағыс дақылдарына арналған. Өзендерге жақын жерде бұршақ, сұлы, бидай және кейбір көкөніс дақылдары да себіледі [17].

Шығыс Қазақстан облысына қарасты Глубокое ауданы майлы дақылдарды өндіру саласындағы жетекші орындардың біріне жататынын атап өтуге болады. Бүгінгі таңда 38 мың гектардан май тұқымдарының 60 пайызы жиналған. Күнбағыстың орташа өнімділігі 18 ц/га құрайды. Қарақұмық 2021 жылы 6,56 мың га аумақты қамтыған, жалпы алымы 9,8 мың га, өнімділігі 15 ц/га құрады [16].

Негізінде күнбағыс дәні мен қарақұмықтың қауыздары құрамы бойынша сорбенттер алу үшін жақсы шикізат болып табылады, өйткені оның негізгі бөлігі түрлендіруге оңай түсетін целлюлоза, лигниннен тұрады, бұл өз кезегінде полисахарид матрицасына сіңіргіштік қасиеттер береді [18].

Осы орайда ұсынылған мақалада Шығыс Қазақстан облысына қарасты Глубокое ауданындағы азық-түлік дақылдары қалдықтарын кәдеге жарату мысалында жаңа сорбенттерді алу және олармен ауыз суды тазарту мүмкіндігі қарастырылған.

Зерттеу әдістері

Зерттеу жүргізу үшін қарақұмық пен күнбағыс дәнінің қауыздары пайдаланылды. Аталған ауыл шаруашылық өнімдерінің қалдықтары Шығыс Қазақстан облысы, Глубокое ауданы, Прогресс ауылындағы жеке шаруашылықтан алынды.

Зерттеу нысандары ретінде алынған қарақұмықтың сорты – «Богатырь», күнбағыстың сорты – «Қазақстан» екенін атап өтуге болады.

Сорбент ретінде алынған қарақұмық пен күнбағыс дәнінің қауыздары Өскемен қаласында орналасқан «Вибромаш» компаниясының [19] вибродиірменінде өлшемі 0,25-60 мкм аралығындағы ультрадисперстелген, паста тәріздес бөлшектер алынғанға дейін ұнтақталды.

Аталған қалдықтарды химиялық жолмен белсендіру төмендегі әдіспен жүзеге асырылды. 90°C температурада дистилденген сумен өңдегеннен соң, этил спиртінің 50% ерітіндісімен әрекеттестірілді. Әрі қарай шикізатқа 8,2% тұз қышқылы ерітіндісі қосылып, одан кейін қышқыл қалдықтарын натрий гидроксидінің 16,5% ерітіндісімен 2 сағат бойы бейтараптандырылды.

Таразының көмегімен 30 граммнан 3 сынама қарақұмық қауызы, 40 граммнан 3 сынама күнбағыс дәнінің қауызы алынды. Қыздырылған суды 130 мл-ден алынған 3 сынама қарақұмық қауызына құйылды. Ал 200 мл су 3 сынама күнбағыс дәнінің қауызына құйылды. Су құйылған сынамалар 20 минут магнитті араластырғышта өңделіп, содан кейін 18 сағатқа тұндырылып қалдырылды.

Спирттің 50 % ерітіндісін 6 сынамаға 250 мл көлемде құйылып, 30 минутқа қойылды. 30 минут өткеннен кейін барлық 6 сынама сүзгі қағазының көмегімен сүзілді. Сүзу барысында спирт ерітіндісі қосылған 3 қарақұмық қауызы бар сынамадан 600 мл ерітінді сүзіліп алынды. Ал, 3 күнбағыс дәнінің қауызы бар сынамадан 550 мл көлемде ерітінді сүзіліп алынды. Сүзіліп алынған шикізаттар 24 сағатқа бөлме температурасында кептірілді.

Әр сынамадан 20 г бөліп алып, 60 мл 8,2% HCl ерітіндісін құйып, 30 минутқа қалдырылды. Уақыт өткеннен кейін дистилденген сумен шайып алып, NaOH концентрленген ерітіндісі қосылды.

Сынамаларға 16,5% NaOH ерітіндісінің 50 мл көлемі құйылып, 2 сағат ұсталған соң, дистилденген сумен бейтарап реакцияға дейін шайылды. Бейтарап күйді анықтау үшін индикатор қағазы қолданылды. Дайын болған барлық 6 сынама SNOL 67/350 зертханалық кептіру шкафына 105°C-қа 5 сағатқа қойылды. Дайын болған сорбенттер 2-5 мм-ге дейін ұнтақталынды.

Сорбенттердің беттік морфологиясын анықтау «JEOL Ltd.» (Жапония) компаниясының JSM-6390LV растрлық электронды микроскобының көмегімен жүргізілді.

Алынған сорбенттердің сіңіргіштік сыйымдылығын анықтау заттың маркерлік ерітіндісінің оптикалық тығыздығын өлшеуге негізделген стандартты әдісті қолдана отырып жүргізілді (0,1 Н йод пен 1500 мг/л концентрациялы метилен көк ерітіндісі). Бұл әдіс [20] стандартты болып табылады және материалдың әртүрлі мөлшердегі қоспаларды сіңіру қабілетін бағалауға мүмкіндік береді. Күрделі геометриялық құрылымы бар метилен көк бояғышының сіңірілу мөлшері бойынша материалдың диаметрі 1,5 нм-ге дейінгі кеуектердің болуын бағалауға болады, ал йод бойынша сорбциялық белсенділік сорбенттердің микрокеуектілігін сипаттайды.

Тәжірибе барысында тазалаудың шарттары таңдалды (сорбенттің салмағы, өңдеу режимі – статикалық, өңдеу уақыты). Статикалық режимдегі сорбенттің ерітіндімен уақыты – 15; 30; 45; 60; 90; 105 минутты құрады. Судағы Қ:С (қатты:сұйық) қатынасы 1:10 құрады, яғни 100 дм³ тазаланатын суға сорбенттің 10 г массасы қолданылды. Ауыз су сорбентпен белгілі бір уақыт аралығында бөлме температурасында магниттік араластырғышта араластырылды. Сорбция өткеннен соң, ерітіндіні ақ сүзгі қағазы арқылы сүзіп, сүзілген суға талдау жасалынды.

Зерттеуге алынған су сынамасы Өскемен қаласы Промбаза ауданындағы тұрғын үйлерге келетін ауыз су құбырынан алынды. Сынамаға алынған ауыз судағы Ca²⁺ ионының бастапқы концентрациясы – 234 мг/дм³, Mg²⁺ ионының бастапқы концентрациясы – 97,5 мг/дм³ құрады. 2023 жылға дейін заң жүзінде қолданыста болған сумен жабдықтау жүйелеріндегі ауыз судың сапасы бойынша Санитарлық нормалар мен ережелерде [21] Ca²⁺ ионының шекті рұқсат берілген концентрациясы 180 мг/дм³ құраса, сонымен қатар Mg²⁺ ионының шекті рұқсат берілген концентрациясы 65 мг/дм³ құраған еді. Аталған нормативтік құжатқа сәйкес Ca²⁺ ионының бастапқы концентрациясы ауыз судағы шекті концентрациядан 1,3 есе асатынын, ал Mg²⁺ ионының бастапқы концентрациясы ауыз судағы шекті концентрациясы көрсеткішінен 1,5 есе асатынын көруге болады. Бірақ 2023 жылы күшіне енген ауыз су сапасы бойынша санитариялық қағидаларда [22] Ca²⁺ мен Mg²⁺ иондары бойынша шекті концентрациялар нормаланбайтынын атап өтуге болады.

Үрдісті қадағалау ауыз су құрамындағы Ca²⁺ және Mg²⁺ иондарының қалдық концентрациясы бойынша жүргізілді. Олардың мөлшері атомды-абсорбциялық әдіспен ШҚТУ «Veritas» зертханасында "Agilent Technologies" (АҚШ) компаниясының ICP-MS Agilent 7500cx индуктивті байланысқан плазмалы масс-спектрометрдің көмегімен ҚР СТ ИСО 17294-2-2006. «Судың сапасы. Индуктивті байланысқан плазмалық масс-спектрометрияны қолдану (ИСП-МС) 2 – бөлім: 62 элементті анықтау» құжатына [23] сәйкес анықталды. Ауыз су құрамындағы Ca²⁺ және Mg²⁺ иондарының қалдық концентрациясын анықтау 3 рет қайталанып, жүргізіліп, 0,02% рұқсат етілетін айырмашылықтан аспайтын дәлдікпен, статистикалық өңдеу арқылы орташа мәні алынды (9 және 10 суреттер).

Жасалған эксперименттік тәжірибелер бойынша тазалану дәрежесі келесі (1) өрнек арқылы есептелінді:

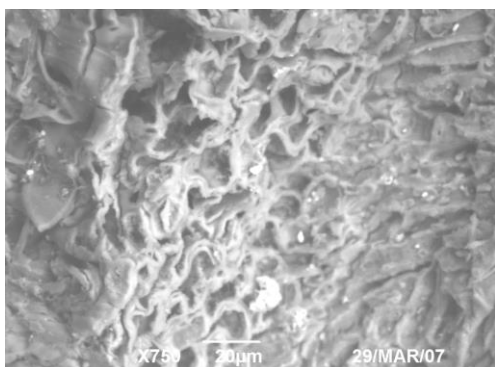
$$\alpha = \frac{C_o - C}{C_o} \cdot 100, \% \quad (1)$$

мұнда, C_o – ерітіндідегі компоненттің бастапқы мөлшері, мг/дм³;
 C – ерітіндідегі компоненттің қалдық концентрациясы, мг/дм³.

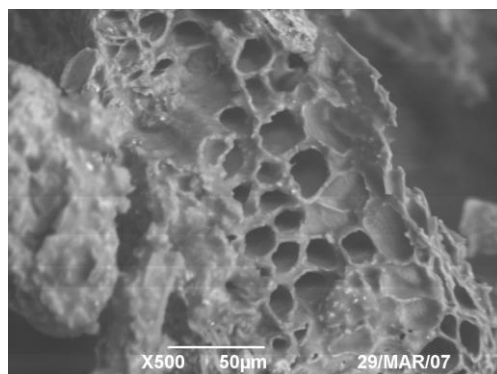
Зерттеу нәтижелері және талқылау

Алынған жаңа сорбенттердің микрографтарында 105°C карбондау температурасында соңғы материал түрлендіргіштің концентрациясы мен түріне қарамастан бастапқы шикізаттың талшықты құрылымын сақтайтынын көруге болады. Дистильденген сумен және спиртпен шайылған бастапқы шикізаттың ішкі қуыстары «ашылады» және материал кеуекті болып танылады, ал қышқылды-негізді ортада макрокеуектерде қоршалған ішкі тесіктер «ашылады». Карбондау температурасы жоғарыласа, бастапқы өсімдік шикізатының құрылымы бұзылады.

2 және 3-ші суреттерде дистильденген сумен шайылған қарақұмық пен күнбағыс дәні қауыздарының микрографтары көрсетілген. Суреттерден бастапқы пішіндегі үлгілер өте тығыз және олардың бетінде ұсақ микрокеуектерді байқауға болады. Бұл жағдайда матрицалар негізінен целлюлоза, гемицеллюлоза және лигниннен тұрады.

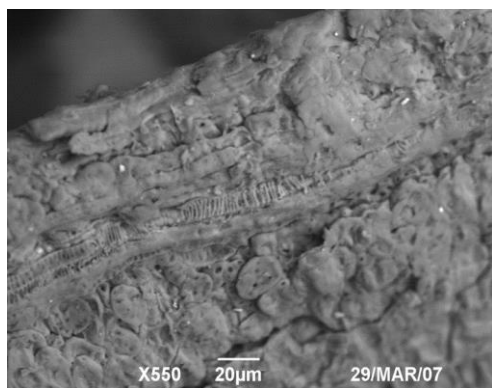


Сурет 2 – Қарақұмық қауызының сумен жуылған сынамасының микрографы

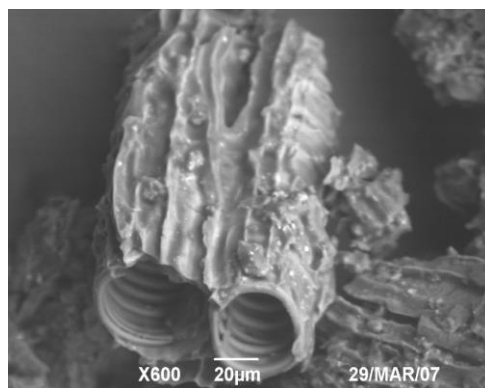


Сурет 3 – Күнбағыс дәні қауызының сумен жуылған сынамасының микрографы

4 және 5-ші суреттерде спирт ерітіндісімен шайылған қарақұмық пен күнбағыс дәнінің қауыздары бөлшектерінің беттік көрінісі келтірілген. Спирт ерітіндісімен шаю кезінде қауыздардың құрылымы өзгеретінін көруге болады. 5 суретте спирт ерітіндісімен өңдеуден кейін пайда болған, бұрын жабық, кеуек кеңістігімен байланыспаған күнбағыс дәнінің қауызы бөлшектерінің бетіндегі саңылаулар мен төмпешіктер анық көрінеді. Мұны спирт ерітіндісінің әсер етуі нәтижесінде күнбағыс дәні қауызындағы органикалық заттардың ыдырауын тудыратындығымен түсіндіруге болады, сондықтан да кеуектер мен төмпешіктердің саны артады.



Сурет 4 – Қарақұмық қауызының спиртпен шайылған сынамасының микрографы



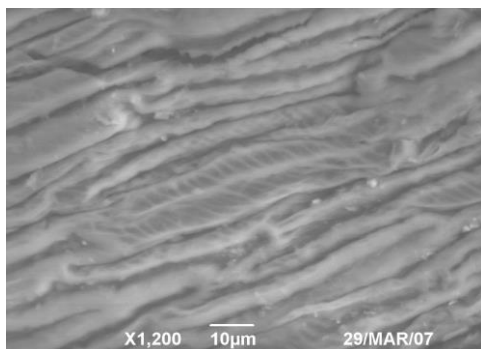
Сурет 5 – Күнбағыс дәні қауызының спиртпен шайылған сынамасының микрографы

6 және 7-ші суреттерде қышқылды-негізді белсендіруден өткен сорбенттердің көлденең қимасы көрсетілген. Бұл жағдайда сорбенттің макрокеуектілігін көруге болады. Сондай-ақ, карбондаудың жоғары температурасында органикалық көміртектің күйіп кетуі орын алады, бұл жабық ішкі кеуекті құрылымға қол жеткізуге кедергі келтіреді, бұл өз кезегінде макрокеуектер мөлшерінің күрт өсуіне әкеледі.

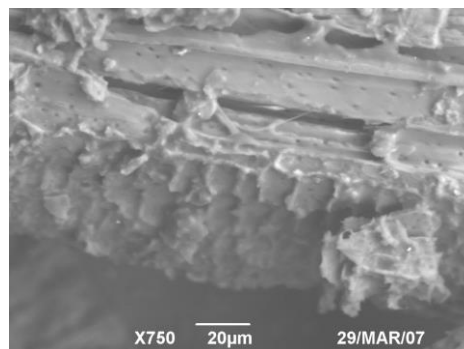
6-шы суреттен қарақұмық қауызынан алынған, қышқыл-негізді өңделген сорбентте макрокеуек сандарының артуын және жалпы морфологиялық құрылымының өзгерісін байқауға болады.

7-ші суреттегі түсірілімді 4-ші суретпен салыстырғанда, макропоралар санының артқанын дән қалдықтарының толық жойылғанын анық көруге болады.

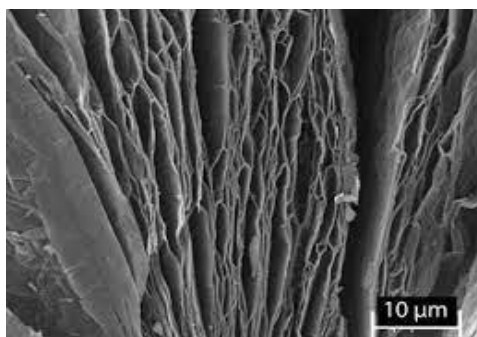
6-7-ші суреттердегі микроскопиялық түсірілімдер мен 8-суреттегі медициналық белсендірілген көмірдің микроскопиялық түсірілімін салыстырып қарайтын болсақ, қышқыл-негізді өңделген түрленуден кейін алынған сынамалардың құрылымы мен әмбебап сорбент ретінде салыстыру үшін алынған медициналық белсендірілген көмірдің құрылымының ұқсастығын байқауға болады.



Сурет 6 – Қарақұмық қауызының қышқыл-негізді өңделген сынамасының микрографы



Сурет 7 – Күнбағыс дәні қауызының қышқылды-негізді өңделген сынамасының микрографы



Сурет 8 – Медициналық белсендірілген көмірдің микроскопиялық түсірілімі

Осылайша, алынған сорбенттердің макрокеуекті құрылымы судағы ластағыш заттарды сіңірудегі тиімділігін қамтамасыз етуге мүмкіндік ашатынын айтып өтуге табылады. Жоғары сіңіргіштік қабілет сорбенттердің кеуекті құрылымымен, сондай-ақ көміртекті үлгілерде болатын функционалдық топтармен және химиялық өзара әрекеттесуімен анықталады.

Жоғарыда көрсетілген сорбенттердің түрленімдерінің сорбциялық сіңіргіштігін анықтау бойынша зерттеу нәтижелері 1-ші кестеде йод пен метилен көкке (МК) қатысты көрсетілген.

Кесте 1 – Сорбенттердің сіңіргіштік сыйымдылығының мәндері

| № | Сорбент түрі | Сіңіргіштік сыйымдылығы, мг/г | |
|---|---|-------------------------------|------------|
| | | Йод бойынша | МК бойынша |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Дистильденген сумен шайылған күнбағыс дәнінің қауыздары | 11,77 | 11,0 |
| 2 | Дистильденген сумен шайылған қарақұмық қауыздары | 10,72 | 10,4 |
| 3 | Спирт ерітіндісімен шайылған күнбағыс дәнінің қауыздары | 14,98 | 14,2 |

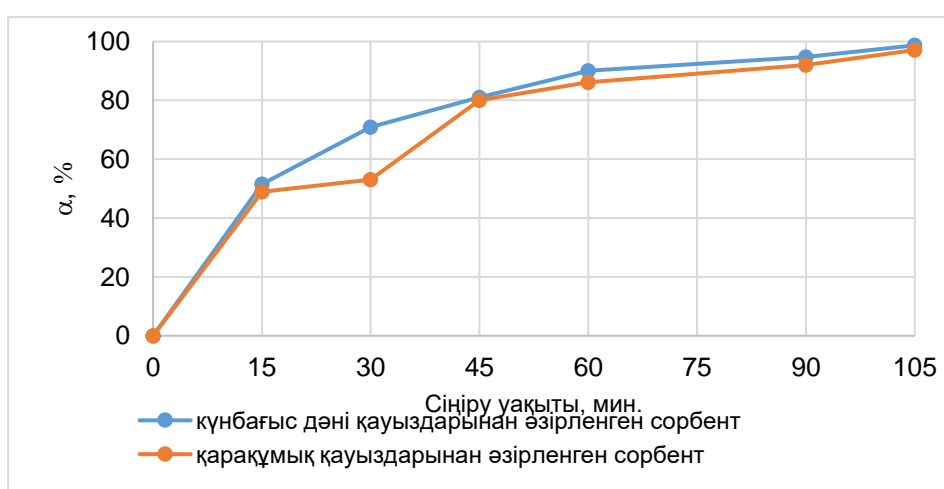
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--|-------|------|
| 4 | Спирт ерітіндісімен шайылған қарақұмық қауыздары | 13,70 | 14,0 |
| 5 | Қышқыл-негізді өңдеуден өткен күнбағыс дәнінің қауыздары | 18,14 | 19,5 |
| 6 | Қышқыл-негізді өңдеуден өткен қарақұмық қауыздары | 17,22 | 19,0 |
| 7 | Медициналық белсендірілген көмір | 18,08 | 18,2 |

Жоғарыдағы 1-ші кестедегі эксперимент нәтижелері сіңіргіштік сыйымдылық шамасының өңдеу әдісіне тәуелділігін көрсетеді. Өңделмеген бастапқы күйіндегі және спирт ерітіндісімен шайылған күнбағыс дәні мен қарақұмық қауыздарынан алынған сорбенттердің сіңіргіштік сыйымдылығы әмбебап сорбент ретінде салыстыру үшін алынған медициналық белсендірілген көмірдің мәндерінен төмен екенін 1-кестеден көруге болады. Қышқыл-негізді белсендіруден өткен күнбағыс дәні қауызының сіңіргіштік сыйымдылығы медициналық белсендірілген көмірден орта есеппен иод бойынша 0,06 мг/г және метилен көк бойынша 1,3 мг/г шамасына жоғары болатыны анықталды.

Сіңіргіштік сыйымдылықтың жоғары мәндерін көрсеткен қышқыл-негізді белсендіруден өткен күнбағыс дәні мен қарақұмық қауыздарынан алынған сорбенттердің Ca^{2+} және Mg^{2+} иондарына қатысты сіңіргіштік қабілетін анықтау үшін ауыз суға зерттеулер жүргізілді. Зерттеудің нәтижелері төмендегі кестелер (2 және 3-ші кестелер) мен суреттерде (9 және 10-шы суреттер) көрсетілген.

Кесте 2 – Бастапқы концентрациясы 234 мг/дм^3 құрайтын ауыз судағы Ca^{2+} ионын сорбенттермен тазалау нәтижесі

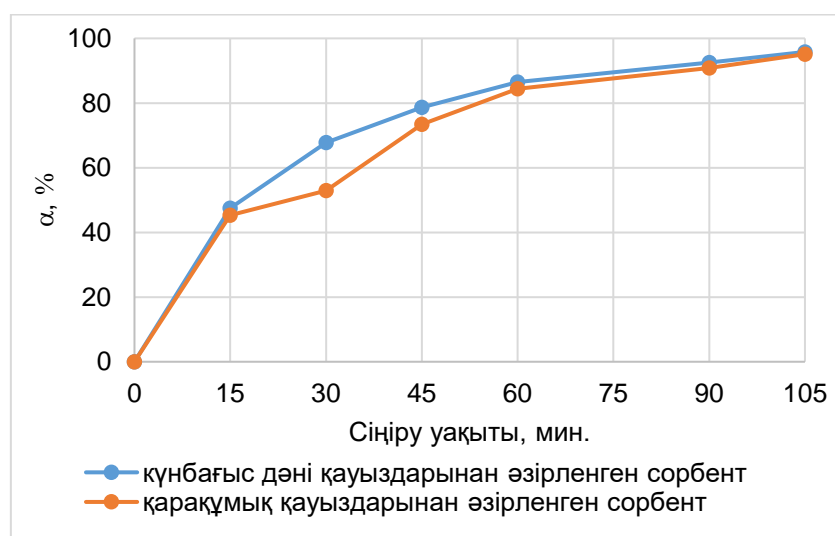
| Сорбент | С _{бастапқы} , мг/дм ³ | t, мин | m, г | С _{қалдық} , мг/дм ³ | ΔС, мг/дм ³ | α, % |
|---|---|-----------|---------|---|---------------------------|---------|
| Қышқыл-негізді белсендіруден өткен күнбағыс дәнінің қауызынан алынған сорбент | 234 | 15 | 10 | 113,49 | 120,51 | 51,5 |
| | | 30 | | 68,09 | 160,91 | 70,9 |
| | | 45 | | 44,38 | 189,62 | 81 |
| | | 60 | | 23,4 | 210,6 | 90 |
| | | 90 | | 12,25 | 221,75 | 94,77 |
| | | 105 | | 3,04 | 230,96 | 98,7 |
| Қышқыл-негізді белсендіруден өткен қарақұмық қауызынан алынған сорбент | | 15 | | 119,50 | 114,50 | 48,93 |
| | | 30 | | 109,75 | 124,25 | 53,1 |
| | | 45 | | 46,72 | 187,28 | 80,03 |
| | | 60 | | 32,45 | 201,55 | 86,13 |
| | | 90 | | 18,8 | 215,2 | 91,97 |
| | | 105 | | 6,79 | 227,21 | 97,1 |



Сурет 9 – Ауыз судағы Ca^{2+} ионын күнбағыс дәні және қарақұмық қауыздарынан қышқыл-негізді белсендіру арқылы алынған сорбенттермен тазалау нәтижесінің графигі

Кесте 3 – Бастапқы концентрациясы 97,5 мг/дм³ құрайтын ауыз судағы Mg²⁺ ионын сорбенттермен тазалау нәтижесі

| Сорбенттермен тасалау нәтижесі | | | | | | |
|---|---|-----------|---------|---|---------------------------|---------|
| Сорбент | С _{бастапқы} , мг/дм ³ | t, мин | m, г | С _{қалдық} , мг/дм ³ | ΔС, мг/дм ³ | α, % |
| Қышқыл-негізді белсендіруден өткен күнбағыс дәнінің қауызынан алынған сорбент | 97,5 | 15 | 10 | 51,15 | 46,35 | 47,53 |
| | | 30 | | 31,39 | 66,11 | 67,8 |
| | | 45 | | 20,73 | 76,77 | 78,7 |
| | | 60 | | 13,13 | 84,37 | 86,5 |
| | | 90 | | 7,31 | 90,19 | 92,5 |
| | | 105 | | 4,09 | 93,41 | 95,8 |
| Қышқыл-негізді белсендіруден өткен қарақұмық қауызынан алынған сорбент | 97,5 | 15 | 10 | 53,33 | 44,17 | 45,3 |
| | | 30 | | 45,86 | 51,64 | 52,96 |
| | | 45 | | 25,90 | 71,60 | 73,43 |
| | | 60 | | 15,21 | 82,29 | 84,4 |
| | | 90 | | 8,97 | 88,53 | 90,8 |
| | | 105 | | 4,78 | 92,72 | 95,1 |



Сурет 10 – Ауыз судағы Mg²⁺ ионын күнбағыс дәні және қарақұмық қауыздарынан қышқыл-негізді белсендіру арқылы алынған сорбенттермен тазалау нәтижесінің графигі

Түрлендірудің нәтижесінде күнбағыс дәні қауызынан алынған сорбент 105 минутта максималды түрде 98,7%, ал қарақұмық қауызынан алынған сорбент 97,1% шамасында Ca²⁺ ионынан тазалайтынын (9-шы сурет) көруге болады. Өз кезегінде Mg²⁺ ионынан тазалау үдерісінде күнбағыс дәні қауызынан алынған сорбент 105 минутта максималды түрде 95,8 %, ал қарақұмық қауызынан алынған сорбент 95,1% (10-шы сурет) тиімділікпен жүретінін атап өтуге болады.

Қорытынды

Мақаладағы зерттеу жұмысы азық-түлік дақылдары қалдықтарын кәдеге жарату мақсатында сорбенттер алу және олармен ауыз суды Ca²⁺ және Mg²⁺ иондарынан тазалау үдерісіне арналған.

Азық-түлік дақылдары қалдықтарынан сорбент алу үшін Шығыс Қазақстан облысында кеңінен таралған күнбағыс дәні мен қарақұмық қауыздарының қалдықтары таңдалынды.

Жұмыста аталған қалдықтардың түрлендірілген түрлерінің құрылымдық ерекшеліктері зерттелді. Дистилденген сумен шайылған қарақұмық пен күнбағыс дәні қауыздарының бастапқы пішіндегі үлгілері өте тығыз және беті ұсақ микрокеуектерден тұратыны анықталынды. Спирт ерітіндісімен шайылған қарақұмық пен күнбағыс дәні қауыздарының бөлшектерінің бетінен қабықтың құрылымы өзгеретіні, атап айтқанда күнбағыс дәні қауызының бетіндегі саңылаулар мен төмпешіктер көрінетіні белгілі болды. Қышқылды-негізді

өңдеуден өткен сорбенттерде макрокеуектер сандарының артуы және жалпы морфологиялық құрылымының өзгерісі байқалды.

Сорбенттердің сіңіргіштік сыйымдылығын анықтау нәтижелері басқа сорбенттермен салыстырғанда қышқыл-негізді белсендіруден өткен күнбағыс дәнінің қауызынан алынған сорбент медициналық белсендірілген көмірден орта есеппен иод бойынша 0,06 мг/г және метилен көк бойынша 1,3 мг/г шамасына жоғары болатыны анықталды.

Сіңіргіштік қабілетін анықтау бойынша жүргізілген зерттеу нәтижелері де қышқыл-негізді өңдеуден өткен күнбағыс дәнінің қауызынан алынған сорбент қарақұмық қауызынан алынған сорбентпен салыстырғанда Ca^{2+} және Mg^{2+} иондарына қатысты тазалаудың жоғары дәрежесіне ие болатынын көрсетті. Аталған сорбентті ауыз суды тазартатын сүзгілерді өндіруде сіңіргіш материал ретінде ұсынуға болатынын атап өтуге болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Bhatnagar A. Agricultural waste peels as versatile biomass for water purification – A review / A. Bhatnagar, M. Sillanpää, A. Witek-Krowiak // Chemical Engineering Journal. – 2015. – 270. – P. 244-271. doi:10.1016/j.cej.2015.01.135.
2. Nyika J. The potential of reusing fruit bio-adsorbents for water purification: a minireview / J. Nyika, M.O. Dinka // Proceedings, Materials Today. – 2023. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.07.285>.
3. Valorization of solid waste products from olive oil industry as potential adsorbents for water pollution control – a review / A. Bhatnagar, F. Kaczala, W. Hogland et al // Environmental Science and Pollution Research. – 2014. – 21(1). – P. 268-298. doi:10.1007/s11356-013-2135-6.
4. Nasir M.I.N. Synthesis and characterization of date palm fiber-based bio-char and activated carbon and its utilization for environmental remediation / M.I.N. Nasir, M.Z.H. Hossain, P.A.C. Charprntier // Journal of Petroleum Research & Studies. – 2021. – 8(2). P. 208-221. <https://doi.org/10.52716/jprs.v8i2.245>.
5. Preparation of cotton-based fibrous adsorbents for the removal of heavy metal ions / Niu Y., Hu W., Guo M., Wang Y., Jia J., Hu Z. // Carbohydrate Polymers. – 2019. – P. 115218. doi: 10.1016/j.carbpol.2019.115218.
6. Senanu L. D. The use of local materials to remove heavy metals for household-scale drinking water treatment: a review / L.D. Senanu, G. Kranjac-Berisavljevic, S.J. Cobbina // Environmental Technology and Innovation. – 2023. – 29. – P. 103005. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103005>.
7. Kravchenko O. About the possibility of producing of oilabsorbing carbon materials with high energy capacity / O. Kravchenko // The 3-th international Conference on Carpathian Euroregion Ecology. – 2000. – P.82.
8. Ямансарова Э.Т. Перспективы рационального применения растительных отходов для улучшения экологического качества питьевой воды / Э.Т. Ямансарова, Н.В. Громыко, Н.Н. Порошина // Актуальные проблемы современной науки в 21 веке: тез. докл. межд. научн.-практ. конф. Махачкала. – 2014. – С. 11.
9. Сапронова Ж.А. Использование растительных материалов для очистки модельных растворов от ионов Ni^{2+} / Ж.А. Сапронова, С.В. Свергузова // Экологические проблемы горнопромышленных регионов: междунар. науч. – техн. конф., КНИТУ. – Казань. – 2012. – С. 269-271.
10. Осокин В.М. Исследования по получению новых сорбентов из растительного сырья для очистки воды / В.М. Осокин, В.А. Сомин // Ползуновский вестник. 2013. – №. 1. – С. 280-282.
11. Sabrina K. Tea Waste as Low Cost Adsorbent for Removal of Heavy Metals and Turbidity from Synthetic Wastewater / K. Sabrina // International Conference on Environmental Research and Technology ICERT. – 2008. – P. 32-35.
12. Kratochvil D. Advances in the biosorption of heavy metals / D. Kratochvil, B. Volesky // Trends Biotechnol. – 1998. – 16. – P. 291-300.
13. Бакланова О.Н. Микропористые углеродные сорбенты на основе растительного сырья / О.Н. Бакланова, Г.В. Плаксин, В.А. Дроздов // Российский химический журнал. – 2004. – № 3. – С. 69-95.
14. Адеева Л.Н. Очистка питьевой воды от остаточного хлора сорбентом, полученным из скорлупы кедровых орехов / Л.Н. Адеева, О.А. Ятченко, М.В. Одинцова // Вестник Омского университета. – 2008. – № 4. – С. 54-56.
15. <https://stat.gov.kz/upload/iblock/f3d/cj710jpl8g29abz1v5gcjtf5evze50zr/%D0%A0%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1>

- %82%D0%B2%D0%BE%20(%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F)_%D0%BA%D0%B0%D0%B7.pdf (дата обращения 14.12.2023).
16. Итоги развития сферы сельского хозяйства за 2021 год и планы на предстоящий период. URL: <https://primeminister.kz/ru/news/reviews/itogi-razvitiya-sfery-selskogo-hozyaystva-za-2021-god-i-plany-na-predstoyashchiy-period-22422> (дата обращения 14.12.2023).
17. Сельское хозяйство в Казахстане - климат, развитие отрасли, характеристики. URL: <https://agroexpert.kz/articles/info/selskoe-hozyaistvo> (дата обращения 14.12.2023).
18. Kumawat T.K. Agricultural and agro-wastes as sorbents for remediation of noxious pollutants from water and wastewater / T.K. Kumawat, V. Sharma, V. Kumawat // Sustainable Materials for Sensing and Remediation of Noxious Pollutants. – 2022. – P. 161-176. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99425-5.00017-7>.
19. <https://vibromash-kz.all.biz/> (дата обращения 25.01.2024)
20. ГОСТ4453-74: Уголь активный осветляющий древесный порошкообразный. 21 с. https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30210899&pos=1;-16#pos=1;-16 (дата обращения 15.01.2024).
21. Санитарно-эпидемиологические правила и нормы № 3.02.002.04 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения» 1. Общие положения. https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=1049950 (дата обращения 25.01.2024).
22. Об утверждении Санитарных правил "Санитарно-эпидемиологические требования к водоисточникам, местам водозабора для хозяйственно-питьевых целей, хозяйственно-питьевому водоснабжению и местам культурно-бытового водопользования и безопасности водных объектов". Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 20 февраля 2023 года № 26. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2300031934>. (дата обращения 25.01.2024).
23. СТ РК ИСО 17294-2-2006. Качество воды. Применение масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) Часть 2: Определение 62 элементов. https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30371803&pos=5;-106#pos=5;-106 (дата обращения 15.01.2024).

References

1. Bhatnagar A. Agricultural waste peels as versatile biomass for water purification – A review / A. Bhatnagar, M. Sillanpää, A. Witek-Krowiak // Chemical Engineering Journal. – 2015. – 270. – R. 244-271. doi:10.1016/j.cej.2015.01.135. (In English).
2. Nyika J. The potential of reusing fruit bio-adsorbents for water purification: a minireview / J. Nyika, M.O. Dinka // Proceedings, Materials Today. – 2023. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.07.285>. (In English).
3. Valorization of solid waste products from olive oil industry as potential adsorbents for water pollution control – a review / A. Bhatnagar, F. Kaczala, W. Hogland et al // Environmental Science and Pollution Research. – 2014. – 21(1). – P. 268-298. doi:10.1007/s11356-013-2135-6. (In English).
4. Nasir M.I.N. Synthesis and characterization of date palm fiber-based bio-char and activated carbon and its utilization for environmental remediation / M.I.N. Nasir, M.Z.H. Hossain, P.A.C. Charprntier // Journal of Petroleum Research & Studies. – 2021. – 8(2). P. 208-221. <https://doi.org/10.52716/jprs.v8i2.245>. (In English).
5. Preparation of cotton-based fibrous adsorbents for the removal of heavy metal ions / Niu Y., Hu W., Guo M., Wang Y., Jia J., Hu Z. // Carbohydrate Polymers. – 2019. – P. 115218. doi: 10.1016/j.carbpol.2019.115218. (In English).
6. Senanu L. D. The use of local materials to remove heavy metals for household-scale drinking water treatment: a review / L.D. Senanu, G. Kranjac-Berisavljevic, S.J. Cobbina // Environmental Technology and Innovation. – 2023. – 29. – R. 103005. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103005>. (In English).
7. Kravchenko O. About the possibility of producing of oilabsorbing carbon materials with high energy capacity / O. Kravchenko // The 3-th international Conference on Carpathian Euroregion Ecology. – 2000. – P.82. (In English).
8. Yamansarova E.H.T. Perspektivy ratsional'nogo primeneniya rastitel'nykh otkhodov dlya uluchsheniya ehkologicheskogo kachestva pit'evoi vody / E.H.T. Yamansarova, N.V. Gromyko, N.N.

- Poroshina // Aktual'nye problemy sovremennoi nauki v 21 veke: tez. dokl. mezhd. nauchn.-prakt. konf. Makhachkala. – 2014. – S. 11. (In Russian).
9. Saponova ZH.A. Ispol'zovanie rastitel'nykh materialov dlya ochistki model'nykh rastvorov ot ionov Ni^{2+} / ZH.A. Saponova, S.V. Sverguzova // Ehkologicheskie problemy gornopromyshlennykh regionov: mezhdunar. nauch. – tekhn. konf., KNITU. – Kazan'. – 2012. – S. 269-271. (In Russian).
10. Osokin V.M. Issledovaniya po polucheniiu novykh sorbentov iz rastitel'nogo syr'ya dlya ochistki vody / V.M. Osokin, V.A. Somin // Polzunovskii vestnik. 2013. – № 1. – S. 280-282. (In Russian).
11. Sabrina K. Tea Waste as Low Cost Adsorbent for Removal of Heavy Metals and Turbidity from Synthetic Wastewater / K. Sabrina // International Conference on Environmental Research and Technology ICERT. – 2008. – R. 32-35. (In English).
12. Kratochvil D. Advances in the biosorption of heavy metals / D. Kratochvil, V. Volesky // Trends Biotechnol. – 1998. – 16. – R. 291-300. (In English).
13. Baklanova O.N. Mikroporistye uglerodnye sorbenty na osnove rastitel'nogo syr'ya / O.N. Baklanova, G.V. Plaksin, V.A. Drozdov // Rossiiskii khimicheskii zhurnal. – 2004. – № 3. – S. 69-95. (In Russian).
14. Adeeva L.N. Ochistka pit'evoi vody ot ostatochnogo khloro sorbentom, poluchennym iz skorlupy kedrovyykh orekhov / L.N. Adeeva, O.A. Yatchenko, M.V. Odintsova // Vestnik Omskogo universiteta. – 2008. – № 4. – S. 54-56. (In Russian).
15. [https://stat.gov.kz/upload/iblock/f3d/cj710jpl8g29abz1v5gcjtf5evze50zr/%D0%A0%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE%20\(%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F\)%D0%BA%D0%B0%D0%B7.pdf](https://stat.gov.kz/upload/iblock/f3d/cj710jpl8g29abz1v5gcjtf5evze50zr/%D0%A0%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE%20(%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F)%D0%BA%D0%B0%D0%B7.pdf) (data obrashcheniya 14.12.2023). (In Kazakh).
16. Itogi razvitiya sfery sel'skogo khozyaistva za 2021 god i plany na predstoyashchii period. URL: <https://primeminister.kz/ru/news/reviews/itogi-razvitiya-sfery-selskogo-hozyaistva-za-2021-god-i-plan-ya-na-predstoyashchii-period-22422> (data obrashcheniya 14.12.2023). (In Russian).
17. Sel'skoe khozyaistvo v Kazakhstane – klimat, razvitie otrasli, kharakteristiki. URL: <https://agroexpert.kz/articles/info/selskoe-hozyaistvo> (data obrashcheniya 14.12.2023). (In Russian).
18. Kumawat T.K. Agricultural and agro-wastes as sorbents for remediation of noxious pollutants from water and wastewater / T.K. Kumawat, V. Sharma, V. Kumawat // Sustainable Materials for Sensing and Remediation of Noxious Pollutants. – 2022. – P. 161-176. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99425-5.00017-7>. (In English).
19. <https://vibromash-kz.all.biz/> (data obrashcheniya 25.01.2024). (In Russian).
20. GOST4453-74: Ugol' aktivnyi osvetlyayushchii drevesnyi poroshkoobraznyi. 21 c. https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30210899&pos=1;-16#pos=1;-16 (data obrashcheniya 15.01.2024). (In Russian).
21. Sanitarno-ehpidemiologicheskie pravila i normy № 3.02.002.04 «Sanitarno-ehpidemiologicheskie trebovaniya k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem pit'evogo vodosnabzheniya» 1. Obshchie polozheniya. https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=1049950 (data obrashcheniya 25.01.2024). (In Russian).
22. Ob utverzhdenii Sanitarnykh pravil "Sanitarno-ehpidemiologicheskie trebovaniya k vodoistochnikam, mestam vodozabora dlya khozyaistvenno-pit'evykh tselei, khozyaistvenno-pit'evomu vodosnabzheniyu i mestam kul'turno-bytovogo vodopol'zovaniya i bezopasnosti vodnykh ob'ektov". Prikaz Ministra zdравookhraneniya Respubliki Kazakhstan ot 20 fevralya 2023 goda № 26. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2300031934>. (data obrashcheniya 25.01.2024). (In Russian).
23. ST RK ISO 17294-2-2006. Kachestvo vody. Primenenie mass-spektrometrii induktivno-svyazannoi plazmoi (ISP-MS) Chast' 2: Opredelenie 62 ehlementov. https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30371803&pos=5;-106#pos=5;-106 (data obrashcheniya 15.01.2024). (In Russian).

Ж.К. Идришева, Г.К. Даумова*, М.Д. Даниярова, О.А. Петрова, И.В. Денисов
Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева,
070010, Республика Казахстан, город Усть-Каменогорск, улица Д. Серикбаева, 19
*e-mail: gulzhan.daumova@mail.ru

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЕНТОВ ИЗ ОТХОДОВ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ

В статье приводятся результаты исследования по получению модифицированных видов сорбентов на основе отходов продовольственных культур и возможности очистки ими питьевой воды от ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} . Для получения модифицированного сорбента были отобраны отходы подсолнечника и гречихи, широко распространенные в Восточно-Казахстанской области. Изучены структурные особенности оболочек подсолнечника и гречихи. Установлено, что образцы начальной формы гречихи и подсолнечника, промытые дистиллированной водой, состоят из очень плотных и мелких микропор. Выявлено, что поверхность частиц сорбентов изменяется в результате промывки спиртовым раствором, при этом на поверхности частиц лузги подсолнечника возникают поры и бугры. В сорбентах, прошедших кислотно-основную обработку, наблюдается увеличение количества макропор и изменение общего морфологического строения. В результате определения сорбционной емкости сорбентов, получаемых путем кислотно-щелочной активацией, она в среднем на 0,06 мг/г по йоду и на 1,3 мг/г по метиленовому синему выше, чем у медицинского активированного угля. Результаты исследования сорбционной способности материалов, полученных из лузги подсолнечника, последовательно обработанных 8,2% раствором соляной кислоты и 16,5% раствором гидроксида натрия, по отношению к ионам Ca^{2+} и Mg^{2+} показали высокий эффект очистки соответственно 98,7% и 95,8 %. Вышеназванный модифицированный сорбент предлагается в качестве сорбционного материала в производстве фильтров для очистки питьевой воды.

Ключевые слова: утилизация отходов, сорбенты, модификация, поры, сорбционная емкость, очистка вод, адсорбция.

Zh.K. Idrisheva, G.K. Daumova*, M.D. Daniyarova, O.A. Petrova, I.V. Denisov
D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University,
070010, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, Serikbayev street 19
*e-mail: gulzhan.daumova@mail.ru

PRODUCTION AND RESEARCH OF SORBENTS FROM FOOD PLANT WASTES FOR WATER PURIFICATION

The article describes the results of research on production of modified types of sorbents based on waste food plants and the possibility of drinking water purification from Ca^{2+} and Mg^{2+} ions. Sunflower and buckwheat wastes widely spread in the East Kazakhstan region were selected for production of modified sorbent. Structural features of sunflower and buckwheat shells were studied. It was found that samples of the initial form of buckwheat and sunflower, washed with distilled water, consist of very dense and small micropores. It was found that the surface of the sorbents particles is changed by washing with alcohol solution, with pores and hillocks appearing on the surface of sunflower husk particles. In acid-base-treated sorbents, an increase in the number of macropores and a change in the general morphological structure are observed. As a result of defining the sorption capacity of sorbents produced by acid-alkaline activation, it is on average 0.06 mg/g in iodine and 1.3 mg/g in methylene blue higher than that of medical activated carbon. The results of materials sorption capacity study produced from sunflower husk, sequentially treated with 8.2% hydrochloric acid solution and 16.5% sodium hydroxide solution, indicated effect respect to Ca^{2+} and Mg^{2+} ions showed a high purification effect of 98.7% and 95.8%, respectively. The above-mentioned modified sorbent is proposed as a sorption material in the production of filters for drinking water purification.

Key words: waste utilization, sorbents, modification, pores, sorption capacity, water treatment, adsorption.

Сведения об авторах

Жанат Кабылбековна Идришева – кандидат технических наук, профессор Школы Наук о Земле, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Республика Казахстан; e-mail: zhanat.idr@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0289-0839>.

Гульжан Камалбекқызы Даумова* – кандидат технических наук, профессор Школы Наук о Земле, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Республика Казахстан; e-mail: gulzhan.daumova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6312-5343>.

Мадина Даниярқызы Даниярова – магистр, преподаватель Школы Наук о Земле, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Республика Казахстан; e-mail: madina2799@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9919-2519>.

Ольга Анатольевна Петрова – кандидат технических наук, старший преподаватель Школы Наук о Земле, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Республика Казахстан; e-mail: opetv@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1189-7293>.

Игорь Викторович Денисов – магистр, руководитель центра компетенций в области экологии и безопасности жизнедеятельности Школы Наук о Земле, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Республика Казахстан; e-mail: apraximacia@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8424-4034>.

Авторлар туралы мәліметтер

Жанат Қабылбековна Идришева – техника ғылымдарының кандидаты, Жер туралы ғылымдар мектебінің профессоры, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: zhanat.idr@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0289-0839>.

Гульжан Камалбекқызы Даумова* – техника ғылымдарының кандидаты, Жер туралы ғылымдар мектебінің профессоры, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: gulzhan.daumova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6312-5343>.

Мадина Даниярқызы Даниярова – магистр, Жер туралы ғылымдар мектебінің оқытушысы, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: madina2799@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9919-2519>.

Ольга Анатольевна Петрова – техника ғылымдарының кандидаты, Жер туралы ғылымдар мектебінің аға оқытушысы, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: opetv@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1189-7293>.

Игорь Викторович Денисов – магистр, Жер туралы ғылымдар мектебінің экология және тіршілік қауіпсіздігі саласындағы құзыреттер орталығының басшысы, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: apraximacia@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8424-4034>.

Information about the authors

Zhanat Kabylbekovna Idrisheva – Candidate of Technical Sciences, Professor of the School of Earth Sciences, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Republic of Kazakhstan; e-mail: zhanat.idr@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0289-0839>.

Gulzhan Kamalbekkyzy Daumova* – Candidate of Technical Sciences, Professor of the School of Earth Sciences, D.Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Republic of Kazakhstan; e-mail: gulzhan.daumova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6312-5343>.

Madina Daniyarkyzy Daniyarova – Master's, Lecturer of the School of Earth Sciences, D.Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Republic of Kazakhstan; e-mail: madina2799@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9919-2519>.

Olga Anatolievna Petrova – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the School of Earth Sciences, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Republic of Kazakhstan; e-mail: opetv@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1189-7293>.

Igor Viktorovich Denisov – Master's, Head of the Competence Center in the field of ecology and life Safety of the School of Earth Sciences, D.Serikbayev East Kazakhstan Technical

Н.Ж. Кудайбергенов, Ф.М. Канapieва, Г.Ж. Жаксылыкова, А.Е. Аликеева*, Т. Серик
Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
050040, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71
*e-mail: alu.alikeyeva@mail.ru

КАРБОКСИЛИРОВАНИЕ ГИДРОКСИАРЕНОВ КАЛИЕВЫМИ СОЛЯМИ АЛКИЛУГОЛЬНЫХ КИСЛОТ

Аннотация: В статье было показано, что калийэтилкарбонат может быть эффективно использован в реакции карбоксилирования фенола и его производных. Определены оптимальные условия реакции для м-крезола: соотношение субстрата и этилкарбоната калия 2:1, температура 180°C, давление 10 атмосфер и время реакции 6 часов. Важно отметить, что карбоксилирование м-крезола происходит избирательно, и в результате образуется 4-метил-2-гидроксибензойная кислота с выходом 90%.

Для изучения влияния природы и расположения заместителей в фенильном кольце на выход целевых продуктов, были проведены реакции карбоксилирования различных производных фенола с использованием этилкарбоната калия. В результате исследования были определены оптимальные параметры реакции карбоксилирования для каждого из производных фенола.

Это исследование может иметь практическое применение в разработке лабораторных и промышленных методов синтеза ценных гидроксибензойных кислот и их производных. Открыто, что карбоксилирование производных фенола калийэтилкарбонатом происходит через электрофильное замещение ароматического кольца. Самыми активными в этой реакции являются п-крезол (84%), м-крезол (90%), о-крезол (80%) и резорцин (73%). Отмечено, что п-хлорфенол (18%), п-бромфенол (48%) и п-фторфенол (58%) проявляют менее выраженную активность.

Ключевые слова: гидроксибензойная кислота, калийэтилкарбонат, диоксид углерода, гидрокисарены, п-крезол, м-крезол, о-крезол.

Введение

Синтез органических соединений на основании оксидов углерода - крупная и многообещающая область фундаментального органического синтеза и нефтехимии, которая постоянно развивается, и ее практическая значимость растет с каждым годом. Использование углекислого газа в качестве сырья для основного промышленного органического синтеза позволяет рационально использовать природные ресурсы и успешно решать задачи удовлетворения растущей потребности экономики в вышеуказанной продукции. Следует отметить, что большое значение в охране окружающей среды имеет рациональное использование в производственном процессе оксидов углерода, являющихся многотоннажными вредными выбросами большинства промышленных производств РК (производства карбида кальция, желтого фосфора и др.) [1,2].

Среди природных продуктов и биологически активных соединений важное место занимают ароматические карбоновые кислоты и их производные [3]. В прошлом широко изучалось каталитическое связывание CO₂ с богатой энергией субстратами, такими как эпоксиды, азиридины и амины, с образованием связей C-O или C-N [4,5]. Однако из-за термодинамической стабильности и высокой степени окисления CO₂ его присоединение к ароматическим соединениям осуществляют с помощью реактива Гриньяра (рис. 1а и б) [6-8].

Карбоксилирование по основанию.