

**М.Е. Қарар<sup>1</sup>, О.К. Бейсенбаев<sup>1\*</sup>, Р.С. Алибеков<sup>1</sup>, А. Ш. Кыдырәлиева<sup>1</sup>, Росна Шамсудин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>докторант, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

<sup>1</sup>т.ғ.д., профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

<sup>1</sup>х.ғ.к., профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

<sup>1</sup>PhD, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

<sup>2</sup>PhD, Путра Малайзия университеті, Серданг, Малайзия

\*Корреспондент авторы: [oral-kb@mail.ru](mailto:oral-kb@mail.ru)

## **БИОЫДЫРАЙТЫН КРАХМАЛ НЕГІЗІНДЕГІ КОМПОЗИТТЫҚ МАТЕРИАЛДАРДЫ ӨНДІРУДІҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ДАМУ**

### **Түйін**

Қазіргі қоғамда биологиялық ыдырайтын полимерлер түсінігі барған сайын маңызды бола бастады. Осы мақсатқа жету үшін синтетикалық полимерлерді крахмалмен модификациялау және әртүрлі модификаторларды, толтырғыштарды, жұмсартқыштарды және бактерияға қарсы қоспаларды қосу арқылы биологиялық ыдырайтын полимерлерді әзірлеу бойынша зерттеулер жүргізілуде. Мұндай полимерлерді күнделікті қолданысқа енгізу жасыл экономика қағидаттарын қолдап қана қоймай, экожүйені сақтауға көмектеседі.

Бұл жобаның мақсаты Қазақстан Республикасында экологиялық қауіпсіздікті және тұрақты дамуды қамтамасыз етуге бағытталған крахмал негізіндегі биоыдырайтын композициялық материалдарды өндірудің инновациялық технологиясын әзірлеу болып табылады. Бұл зерттеудің өзектілігі өсіп келе жатқан экологиялық жүктемеден және заманауи биоыдырағыштық пен экологиялық қауіпсіздік стандарттарына сәйкес келетін балама материалдарды жасаудың шұғыл қажеттілігінен туындайды.

Бұл жұмыста қарастырылатын негізгі мәселе табиғи және синтетикалық полимерлер негізінде биологиялық ыдырайтын композиттерді өндірудің тиімді технологияларының жеткіліксіз әзірленуі және қолданылмауы, бұл олардың өнеркәсіптік қолданылуын шектейді.

**Кілттік сөздер:** биоыдырайтын полимерлер, жасыл технология, биодеградация, жаңартылатын ресурстар

### **Кіріспе**

Полимерлердің биологиялық ыдырауы - бұл материалдың бактериялар, саңырауқұлақтар, ультракүлгін сәулелер, жарық және күн сәулелері сияқты табиғи элементтердің әсерінен толық ыдырау қабілеті. Бұл деградация экологиялық таза жағдайларда қалдықсыз жүреді.

Биополимерлерді құрудың негізгі тұжырымдамасы табиғи процестерді көрсететін әдістерді қолдану арқылы табиғи циклдарға еліктеу болып табылады. Бұл биополимерлер фотосинтез арқылы өсімдіктер өндіретін компоненттерді қамтитын жаңартылатын шикізаттан алынады. Кейбір биополимерлер тыңайтқыш ретінде пайдалануға арналған және микроорганизмдер мен ферменттердің көмегімен табиғи жағдайда су мен көмірқышқыл газының өзгеруіне ықпал етеді.

**Материалдар мен әдістер.** Материал ретінде жүгері және картоп крахмалы, синтетикалық полимерлер, пластификатор, стабилизатор, инициатор қолданылды.

Жабдықтар ретінде үшмойынды колба, пештер, кері ағыс конденсаторы, араластырғыш, түрлі өлшемдегі колбалар мен кептіргіш қондырғысы, Петри табақшалары қолданылды.



Сурет 1. Крахмал негізді биоыдырайтын полимер алу қондырғысы.

Зерттеу барысында табиғи полисахарид негізіндегі биоыдырайтын полимерлік материал алу мақсатында крахмал, сілтілік агент және пластификатор қолданылды. Барлық реагенттер стандартты зертханалық тазалықта пайдаланылды.

Крахмал су ортасында қыздыру арқылы желатинизацияланып, тұтқыр және біртекті гель күйіне келтірілді. Бұл процесс барысында крахмал түйіршіктерінің ісінуі және полисахарид тізбектерінің босап шығуы нәтижесінде құрылымдық қайта ұйымдасу жүзеге асты.

Синтетикалық полимер сулы ортада диспергирленіп, алдын ала сілтілік өңдеу арқылы оның гидрофильді қасиеттері арттырылды. Бұл өңдеу полимердің табиғи матрицамен үйлесімділігін жақсартуға мүмкіндік берді [1].

Алынған дисперсия крахмал геліне біртіндеп енгізіліп, үздіксіз араластыру нәтижесінде біркелкі полимерлік қоспа түзілді. Қоспаға пластификатор қосу арқылы полимер тізбектері арасындағы өзара әрекеттесу әлсіретіліп, материалдың икемділігі мен қалыптасу қабілеті арттырылды.

Дайын композициялық жүйе тегіс бетке құйылып, еріткіштің булануы арқылы пленка қалыптастыру процесі жүргізілді. Кептіру бақыланатын температура жағдайында жүзеге асырылып, нәтижесінде біртекті құрылымды биоыдырайтын полимерлік пленка алынды.

Алынған материал құрылымы бойынша табиғи полимер матрицасында таралған синтетикалық компоненттен тұратын жартылай интерпенетрацияланған жүйе ретінде сипатталады.

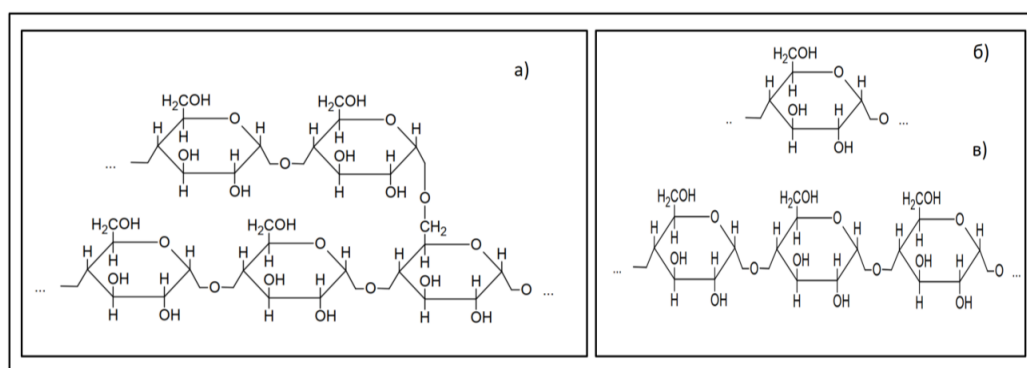
Биодеградация – материалдың химиялық құрылымын өзгертетін, зат алмасу процестерінің нәтижесінде табиғи жанама өнімдердің түзілуіне әкелетін биологиялық белсенділіктен туындаған химиялық трансформация [2].

Дүние жүзінде барлық органикалық заттардың шамамен 75% полисахаридтерден тұрады. Ең маңызды және қызықты полисахаридтердің бірі - крахмал. Крахмал өсімдіктерде синтезделеді және олардың негізгі энергия қоры ретінде қызмет етеді. Ол әдетте диаметрі 1-ден 100 микрометрге дейін болуы мүмкін ұсақ түйіршіктер түрінде кездеседі. Крахмал жүгері, бидай, күріш, құмай, бұршақ сияқты әртүрлі өсімдіктердің тұқымында, сондай-ақ картоптың түйнектері мен тамырларында болады. Жүгері крахмалы ең көп таралған түрі болып саналады, дегенмен картоптан, бидайдан және маниоктан алынған крахмал да көп мөлшерде өндіріледі.

Крахмалдың өнімділігі сөзсіз таң қалдырады: мысалы, картоп түйнектерінде крахмал ретінде массасының 75% дейін сақтай алады, жалпы түсімі топырақтың әр гектарынан 21 тоннаға дейін крахмалға жетеді. Жүгері сонымен қатар оның құрғақ массасының шамамен 70-80% құрайтын крахмалды тиімді өндіреді, орташа өнімділігі гектарына 4,9 тонна крахмал [3,4].

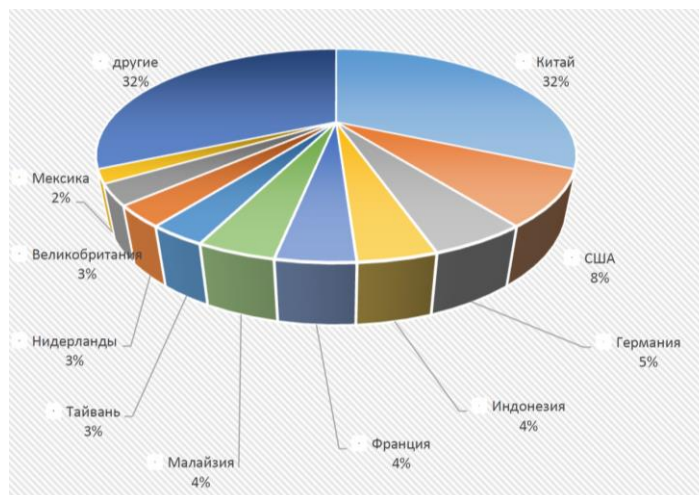
Крахмал –  $\alpha$ -1,6 бірліктерімен байланысқан қысқа  $\alpha$ -1,4 тізбектерден тұратын жоғары тармақталған полимер амилопектиннің (сурет 2а) және  $\alpha$ -1,4-ангидроглюкоза бірліктерінен тұратын дерлік сызықты полисахарид амилозаның (сурет 2в) қоспасы (сурет 2б). Амилоза молекулаларында глюкоза атомдары арасындағы валенттілік бұрыштары арқылы спиральға айналған 200-ден 20 000-ға дейінгі глюкоза бірліктері болады. Оның молекулалық салмағы өсімдік көзіне және өңдеу әдісіне байланысты және 1,6-дан  $7 \times 10^5$  Да-ға дейін [5-7].

Дүниежүзілік крахмал өндірісі жылдар бойы тұрақты өсуде. Есептерге сәйкес, 2022 жылы жаһандық крахмал нарығы 134,5 миллион тоннаға жетті, күрделі жылдық өсу қарқыны (CAGR) келесі сегіз жылда шамамен 5,1% болжанып, 2030 жылға қарай шамамен 199,8 миллион тоннаға жетеді. Бұл өсім, ең алдымен, тез дайындалатын қоспалар үшін белсенді түрде қолданылатын тағамдық қоспаларды тұтынудың артуына байланысты [8-12].



Сурет 2. Амилопектиннің (а), ангидроглюкозаның (б) және амилозаның (в) химиялық құрылымы

Крахмал нарығының кірісінің шамамен 50-55%-ы крахмал өнімдерінің ең ірі тұтынушысы болып қалатын тамақ және сусындар секторынан келеді. Әлемдік крахмал нарығының шамамен 2,7% мал азығына, фармацевтикаға және бөлшек саудаға тиесілі. Крахмалдың ең ірі импорттаушысы Қытай болып табылады, ол әлемдік импорттың шамамен 23% құрайды. Екінші орында АҚШ, екінші орында Германия (5%-ға жуық). Крахмал импортының шамамен 4% Индонезия, Франция және Малайзияға тиесілі, ал Мексика шамамен 2% құрайды (3-суретті қараңыз) [13-19].



Сурет 3. 2022 жылы крахмалды импорттайтын елдер

### Нәтижелер және талқылау

Ылғалды ұнтақтау әдісі крахмал шикізатын өсімдік талшығынан крахмал түйіршіктерін ажырататын суға жақсылап сіңіруден басталады. Осыдан кейін сүзгілеу сатысы өтеді, оның барысында шлам және басқа қажетсіз бөлшектер алынған суспензиядан бөлінеді. Содан кейін артық ылғалды кетіру және крахмалды концентраттау үшін суспензия центрифугаланады.

Алынған ұсақ крахмал түйіршіктері одан әрі өндеуге және әртүрлі салаларда пайдалануға дайын болады.

Алынған крахмал түйіршіктері әдетте артық ылғалды кетіру және ұзақ мерзімді сақтау мерзімін қамтамасыз ету үшін кептіру процесінен өтеді.

Содан кейін крахмал соңғы пайдалануға байланысты оның функционалдық қасиеттерін өзгерту үшін модификация сияқты қосымша өндеуден өтуі мүмкін. Бұл тәсіл әртүрлі нарық қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін тазалығы мен функционалдығы әртүрлі дәрежедегі крахмал өндіруге мүмкіндік береді.

Өндіріс процесі аяқталғаннан кейін крахмал тапсырыс берушінің талаптарына сәйкес оралып, қоймаларға жөнелтуге немесе тұтынушыларға тікелей жеткізуге дайын болады.

Пластикалық қалдықтардың көбеюі күрделі экологиялық проблемаларға әкелді. Көлем-салмақ қатынасының жоғары болуына және деграляцияға төзімділігіне байланысты пластик айтарлықтай проблема тудырады. Мұхиттарда, құрлықта, өзендер мен көлдерде пластик ластаушы затқа айналып, балық шаруашылығына, кеме қатынасына, гидроэнергетикалық нысандарға, суару жүйелеріне және қоғамдық инфрақұрылымға қауіп төндірді. Пластикалық қалдықтардың болуы жануарлар әлеміне қауіп төндіреді, ал оның қалдықтарының топырақта жиналуы ауылшаруашылық өндірісінің айтарлықтай төмендеуіне әкеледі.

Акрил полимерлер, сондай-ақ акрилаттар ретінде белгілі, қарапайым қанықпаған карбон қышқылдарының – акрил қышқылының ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH}$ ) және метакрил қышқылының ( $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{COOH}$ ) күрделі эфирлерінің, амидтерінің және нитрилдерінің полимерлері мен сополимерлері. Пластмассалар мен жабындар өндірісінде ең көп қолданылатын мономерлер акрил қышқылының метил, этил, бутил эфирлері, сонымен қатар метакрил қышқылының метил және бутил эфирлері. Бұл күрделі эфирлер оңай полимерленіп, мөлдір, түссіз және термопластикалық полимерлер түзеді, жалпы құрылымы келесідей:

Полиакрилаттар мен полиметилакрилаттар қаңылтыр материалдарын, құбырларды, қалыптау және құю композицияларын, сіңдіру қосылыстарын өндіруде кеңінен қолданылады.

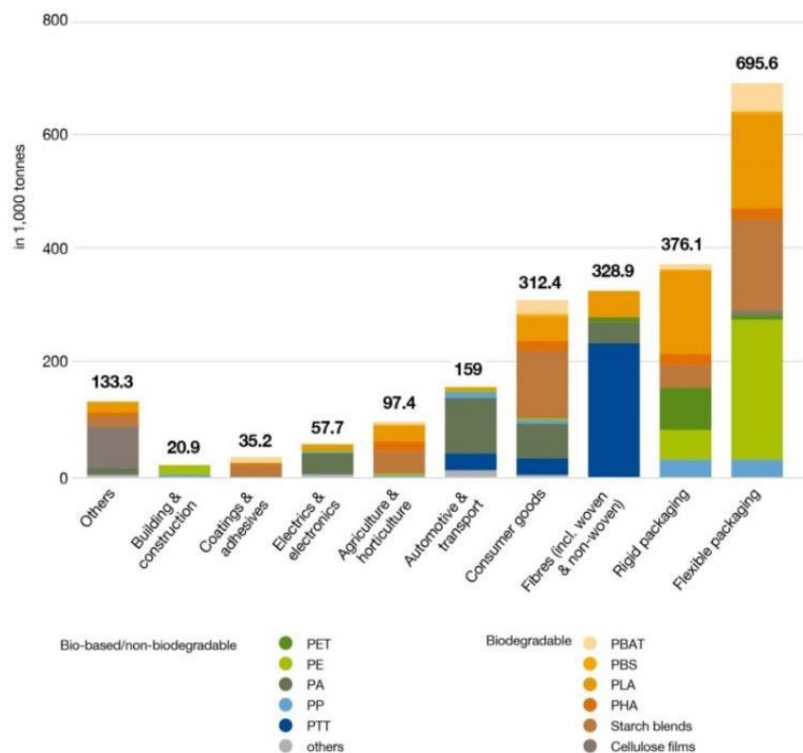
Полиметилметакрилат (РММА), сондай-ақ органикалық шыны немесе плексиглас деп те аталады, өзінің жоғары мөлдірлігі, жеңіл салмағы және беріктігі арқасында авиация өнеркәсібінде және аспаптық техникада кеңінен қолданылады.

Полиакрилонитрил (PAN) қалыпты жағдайда биоыдырамайтын синтетикалық полимер болып табылады. Ол химиялық төзімді, қатты, термопластикалық және негізінен талшық (акрил), мембраналар және көміртекті талшықтарды өндіру үшін қолданылады. Табиғатта PAN талшықтары іс жүзінде биологиялық ыдырайтын емес, экологиялық проблемаларды тудырады. Алайда қазіргі дамыған қоғамда синтетикалық полимерлерді табиғи полимерлермен модификациялау арқылы биоыдырайтын полимерлерді алу қолға алынып отыр.

Қазіргі уақытта бүкіл әлемде PLA (полилактикалық қышқыл), PHA (полигидроксиалканаттар), крахмал негізіндегі қоспалар және басқа материалдарды қоса алғанда, 1,1 миллион тоннадан астам (51%) биологиялық ыдырайтын пластмассалар өндіріледі. Биопластиканың жаһандық өндірістік қуаты, ең алдымен, PHA, PLA және басқа да озық полимерлердің қарқынды дамуы есебінен өсуді жалғастырады деп күтілуде. 2027 жылға қарай бұл полимерлерді өндіру көлемі 3,5 миллион тоннадан асады деп болжануда. Био негізіндегі полиэтилен (ПЭ), био негізіндегі полиэтилентерефталат (ПЭТ) және био негізіндегі полиамид (ПА) сияқты биологиялық ыдырамайтын биопластиктердің жалпы өндірісі қазіргі уақытта жылына шамамен 1,1 миллион тоннаны (48%) құрайды. Дегенмен, 2027 жылға қарай бұл материалдардың өндірісі шамамен 44% төмендейді деп күтілуде.

Биологиялық ыдырайтын полимерлер тамақ орау, балалар ойыншықтары, тұрмыстық электроника, автомобиль жасау, ауыл шаруашылығы және тоқыма өнеркәсібі сияқты әртүрлі салаларда кең қолданыс тапты. 2022 жылы орау секторы биологиялық ыдырайтын материалдар нарығының ең үлкен үлесін алады, ол шамамен 1,1 миллион тоннаны (жалпы көлемнің 48%) құрайды.

Еуропа елдері биологиялық ыдырайтын полимерлерді пайдалануды белсенді түрде дамытуды жалғастыруда. 2000 жылы биологиялық ыдырайтын полимерлер үшін EN 13432 стандарты қабылданды. Технологиялық тұрғыдан биополимерлер нарығының дамуы молекулалық биология, ферменттеу әдістері, гендік инженерия, агрономия, композиттік материалды өндіру технологияларындағы жетістіктер және жобалардың толық жүзеге асырылуы сияқты факторларға байланысты.



Сурет 4. Нарық сегменті бойынша биопластиканың жаһандық өндірістік қуаты

Экономикалық тұрғыдан келесі факторларды анықтауға болады: табиғи шикізат бағасының өсуі, қалдықтарды кәдеге жарату шығындарының ұлғаюы, қоршаған ортаны бұзушыларға қатаң айыппұлдар және биологиялық ыдырайтын полимерлерге басымдық беру. Саяси тұрғыдан алғанда, нормативтік-құқықтық актілер мен заңнамаларды әзірлеу және мемлекеттік қолдау көрсетуді қамтитын шаралар қабылдануда. Әлеуметтік қолдау қоғамдық қолдау және азаматтардың экологиялық хабардар болуы арқылы жүзеге асырылуы мүмкін.

### Қорытынды

Күтілетін нәтижелерге биологиялық ыдырайтын композиттерді өндірудің технологиялық схемасын әзірлеу, олардың өнімділік сипаттамалары мен биологиялық ыдырау деңгейлерін бағалау, әртүрлі өндірістік және әлеуметтік секторларда қолдану бойынша ұсыныстарды тұжырымдау кіреді.

Бұл жобаның нәтижелері Қазақстанның ғылыми-техникалық әлеуетін айтарлықтай нығайтады, экологиялық таза материалдар саласындағы ғылыми-зерттеу әлеуетін кеңейтеді және отандық ғылыми топтардың халықаралық аренадағы бәсекеге қабілеттілігін арттырады. Практикалық маңызы әзірленген биологиялық ыдырайтын материалдарды өндірістік тізбектерге әлеуетті интеграциялауда, сол арқылы әлеуметтік және экологиялық мәселелерді шешуге, жасыл технологияларды ілгерілетуге және ғылыми жетістіктерді елдің әлеуметтік-экономикалық саласына, соның ішінде кең ауқымды коммерцияландыруға дайындыққа ықпал етуге ықпал етеді.

### Әдебиеттер тізімі

1. ISO 14855-1:2012. Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials under controlled composting conditions.
2. ASTM D6400-23. Standard Specification for Labeling of Plastics Designed to be Aerobically Composted.

3. Shamsudin, R., Yunus, R., & Ali, M. M. (2023). Biopolymer composites from starch and natural fibers: A review. *Industrial Crops & Products*, 195, 116250.
4. Avérous, L. (2004). Biodegradable multiphase systems based on plasticized starch: A review. *Journal of Macromolecular Science: Polymer Reviews*, 44(3), 231–274.
5. Reddy, M. M., Vivekanandhan, S., & Misra, M. (2013). Biobased plastics and bionanocomposites: Current status and future opportunities. *Progress in Polymer Science*, 38(10–11), 1653–1689.
6. Flórez L. Green polymers are big business in latin america //Plastics Engineering. – 2008. – Vol. 64, № 1. – P. 24-27.
7. Global bioplastics production defies challenges by showing significant increase – European Bioplastics. <https://www.european-bioplastics.org/global-bioplastics-production-defies-challenges-by-showing-significant-increase/>. 06.12.2022.
8. Plastics the fact 2022. [https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/10/PE-PLASTICS-THE-FACTS\\_V7-Tue\\_19-10-1.pdf](https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/10/PE-PLASTICS-THE-FACTS_V7-Tue_19-10-1.pdf). 10.2022.
9. Avérous, L. (2004). Biodegradable multiphase systems based on plasticized starch: A review. *Journal of Macromolecular Science—Polymer Reviews*, 44(3), 231–274.
10. Tharanathan, R. N. (2005). Biodegradable films and composite coatings: Past, present and future. *Trends in Food Science & Technology*, 16(11), 547–556.
11. Reddy, M. M., Vivekanandhan, S., Misra, M., Bhatia, S. K., & Mohanty, A. K. (2013). Bio-based plastics and bionanocomposites: Current status and future opportunities. *Progress in Polymer Science*, 38(10–11), 1653–1689.
12. Mali, S., Sakanaka, L. S., Yamashita, F., & Grossmann, M. V. E. (2006). Water sorption and mechanical properties of cassava starch films plasticized with sorbitol and glycerol. *Carbohydrate Polymers*, 65(1), 93–98.
13. Auras, R., Harte, B., & Selke, S. (2004). An overview of polylactides as packaging materials. *Macromolecular Bioscience*, 4(9), 835–864.
14. Lyu, S., & Untereker, D. (2009). Degradability of polymers for implantable biomedical devices. *International Journal of Molecular Sciences*, 10(9), 4033–4065.
15. Волкова Т.Г. Деструктивные микробные полигидроксиканоаты как технический аналог неразрушаемых полиолефинов // Вестник Сибирского федерального университета. Биология. – 2015.
16. Потапов А. Г., Пармон В. Н. Биоразлагаемые полимеры – вперед в будущее // Экология и промышленность России. – 2010. – №5. – С. 4-8.
17. Kaza, Silpa; Yao, Lisa C.; Bhada-Tata, Perinaz; Van Woerden, Frank. What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>. 20.09.2018.
18. International Campaign Recap: Protect the Ocean. <https://www.greenpeace.org.au/article/protect-the-ocean-30x30-campaign-recap/>. 09.11.2022.
19. Verma R. et al. Toxic pollutants from plastic waste-a review //Procedia Environmental Sciences. – 2016. – Vol.35. – P. 701 –708.

### References

1. ISO 14855-1:2012. Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials under controlled composting conditions.
2. ASTM D6400-23. Standard Specification for Labeling of Plastics Designed to be Aerobically Composted.
3. Shamsudin, R., Yunus, R., & Ali, M. M. (2023). Biopolymer composites from starch and natural fibers: A review. *Industrial Crops & Products*, 195, 116250.

4. Avérous, L. (2004). Biodegradable multiphase systems based on plasticized starch: A review. *Journal of Macromolecular Science: Polymer Reviews*, 44(3), 231–274.
5. Reddy, M. M., Vivekanandhan, S., & Misra, M. (2013). Biobased plastics and bionanocomposites: Current status and future opportunities. *Progress in Polymer Science*, 38(10–11), 1653–1689.
6. Flórez L. Green polymers are big business in latin america //Plastics Engineering. – 2008. – Vol. 64, № 1. – P. 24-27.
7. Global bioplastics production defies challenges by showing significant increase – European Bioplastics. <https://www.european-bioplastics.org/global-bioplastics-production-defies-challenges-by-showing-significant-increase/>. 06.12.2022.
8. Plastics the fact 2022. [https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/10/PE-PLASTICS-THE-FACTS\\_V7-Tue\\_19-10-1.pdf](https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/10/PE-PLASTICS-THE-FACTS_V7-Tue_19-10-1.pdf). 10.2022.
9. Avérous, L. (2004). Biodegradable multiphase systems based on plasticized starch: A review. *Journal of Macromolecular Science—Polymer Reviews*, 44(3), 231–274.
10. Tharanathan, R. N. (2005). Biodegradable films and composite coatings: Past, present and future. *Trends in Food Science & Technology*, 16(11), 547–556.
11. Reddy, M. M., Vivekanandhan, S., Misra, M., Bhatia, S. K., & Mohanty, A. K. (2013). Bio-based plastics and bionanocomposites: Current status and future opportunities. *Progress in Polymer Science*, 38(10–11), 1653–1689.
12. Mali, S., Sakanaka, L. S., Yamashita, F., & Grossmann, M. V. E. (2006). Water sorption and mechanical properties of cassava starch films plasticized with sorbitol and glycerol. *Carbohydrate Polymers*, 65(1), 93–98.
13. Auras, R., Harte, B., & Selke, S. (2004). An overview of polylactides as packaging materials. *Macromolecular Bioscience*, 4(9), 835–864.
14. Lyu, S., & Untereker, D. (2009). Degradability of polymers for implantable biomedical devices. *International Journal of Molecular Sciences*, 10(9), 4033–4065.
15. Volkova T.G. Destruktivnye mikrobnye poligidroksialkanoaty kak tekhnicheskij analog nerazrushaemyh poliolefinov // Vestnik Sibirskogo federal'nogo universiteta. Biologiya. – 2015.
16. Potapov A. G., Parmon V. N. Biorazlagaemye polimery – vpered v budushchee // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. – 2010. – №5. – S. 4-8.
17. Kaza, Silpa; Yao, Lisa C.; Bhada-Tata, Perinaz; Van Woerden, Frank. What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>. 20.09.2018.
18. International Campaign Recap: Protect the Ocean. <https://www.greenpeace.org.au/article/protect-the-ocean-30x30-campaign-recap/>. 09.11.2022.
19. Verma R. et al. Toxic pollutants from plastic waste—a review //Procedia Environmental Sciences. – 2016. – Vol.35. – P. 701 –708.

**М.Е.Карар<sup>1</sup>, О.К. Бейсенбаев<sup>1\*</sup>, Р.С. Алибеков<sup>1</sup>, А. Ш. Кыдыралиева<sup>1</sup>, Росна Шамсудин<sup>2</sup>**  
докторант, [mervetkarar@gmail.com](mailto:mervetkarar@gmail.com), ЮКУ им. М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан  
\*д.т.н., профессор, [oral-kb@mail.ru](mailto:oral-kb@mail.ru), ЮКУ им. М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан  
к.х.н., профессор, [ralibekov@hotmail.com](mailto:ralibekov@hotmail.com), ЮКУ им. М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан  
PhD, [aigul.ukgu@mail.ru](mailto:aigul.ukgu@mail.ru), ЮКУ им. М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан  
PhD, [rosnahs@gmail.com](mailto:rosnahs@gmail.com), университет Путра Малайзия, Серданг, Малайзия

## **РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОРАЗЛАГАЕМЫХ КРАХМАЛЬНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

### **Аннотация**

Концепция биоразлагаемых полимеров приобретает все большее значение в современном обществе. Для достижения этой цели проводятся исследования по разработке биоразлагаемых полимеров путем модификации синтетических полимеров крахмалом и добавления различных модификаторов, наполнителей, смягчителей и антибактериальных добавок. Внедрение таких полимеров в повседневную жизнь не только поддерживает принципы зеленой экономики, но и способствует сохранению экосистемы.

Цель данного проекта – разработка инновационной технологии производства биоразлагаемых композитных материалов на основе крахмала, направленной на обеспечение экологической безопасности и устойчивого развития в Республике Казахстан. Актуальность данного исследования обусловлена растущей экологической нагрузкой и острой необходимостью разработки альтернативных материалов, отвечающих современным стандартам биоразлагаемости и экологической безопасности.

Основная проблема, рассматриваемая в данной работе, заключается в недостаточном развитии и применении эффективных технологий производства биоразлагаемых композитов на основе природных и синтетических полимеров, что ограничивает их промышленное применение.

**Ключевые слова:** биоразлагаемые полимеры, зеленые технологии, биоразложение, возобновляемые ресурсы

**М.Е. Karar<sup>1</sup>, О.К. Beisenbayev<sup>1\*</sup>, R.S. Alibekov<sup>1</sup>, A. Sh. Kydyralieva<sup>1</sup>, Rosnah Shamsudin<sup>2</sup>**  
Doctoral student, [mervetkarar@gmail.com](mailto:mervetkarar@gmail.com), M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan  
Dr.Tech.Sci., professor, [oral-kb@mail.ru](mailto:oral-kb@mail.ru), M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan  
Cand.Chem.Sci., professor, [ralibekov@hotmail.com](mailto:ralibekov@hotmail.com), M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan  
PhD, [aigul.ukgu@mail.ru](mailto:aigul.ukgu@mail.ru), M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan  
PhD, [rosnahs@gmail.com](mailto:rosnahs@gmail.com), Universiti Putra Malaysia, Serdang, Malaysia

## **DEVELOPMENT OF INNOVATIVE TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF BIODEGRADABLE STARCH-BASED COMPOSITE MATERIALS**

### **Abstract**

In modern society, the concept of biodegradable polymers is becoming increasingly important. To achieve this goal, research is being conducted to develop biodegradable polymers by modifying synthetic polymers with starch and adding various modifiers, fillers, softeners, and antibacterial additives. The introduction of such polymers into everyday use not only supports the principles of a green economy, but also helps preserve the ecosystem.

The purpose of this project is to develop an innovative technology for the production of biodegradable composite materials based on starch, aimed at ensuring environmental safety and sustainable development in the Republic of Kazakhstan. The relevance of this research is due to the growing environmental burden and the urgent need to develop alternative materials that meet modern standards of biodegradability and environmental safety.

The main problem addressed in this work is the insufficient development and application of effective

technologies for the production of biodegradable composites based on natural and synthetic polymers, which limits their industrial application.

**Keywords:** biodegradable polymers, green technology, biodegradation, renewable resources