

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF BIOLOGICAL AND MEDICAL

ISSN 2224-5308

Volume 3, Number 321 (2017), 159 – 164

B. Sh. Kedelbayev, A. M. Yessimova, D. E. Kudassova, G. S. Rysbayeva, Z. K. Narymbayeva

M. Auezov SKSU, Shymkent, Kazakhstan.

E-mail: dariha_uko@mail.ru

**STUDYING THE PROCESS OF COMBINED
HYDROLYSIS-HYDROGENATION PROCESS
OF THE CELLULOSE GUZA-PAYA TO PRODUCE SORBITOL**

Abstract. The results of the study on the implementation of the combined (hybrid) hydrolysis-hydrogenation process to produce sorbitol are given in this article. However, the selectivity on sorbitol has maximum at the pressure of 6.0 MPa. That is, the proportion of the desired sorbitol product with the increase of hydrogen pressure above 6.0 MPa is reduced by the formation of five-atom alcohols. This is reflected in the growth of the total polyol yield. Thus, as an optimal pressure 6.0 MPa is chosen. Influence of the test temperature within 140-220 °C was studied in the implementation process of the chemical hydrolytic hydrogenation of cellulose guza-paya to sorbitol. The optimal time for the process of catalytic conversion of the guza-pa cellulose in the conditions chosen by us is 60 minutes. Until the sixtieth minute, the cellulose conversion reaction is insignificant, and after sixty its values are within the error margin. The same pattern is observed with the selectivity index for sorbitol.

Analysis of produced polyols was performed by paper chromatography. The nickel catalyst was prepared by impregnation, there was further added ferroalloy (FS) in an amount of 5% by weight of nickel.

Thus, the possibility of obtaining sorbitol from cellulose guza-paya by hydrolytic hydrogenation in the presence of supported nickel catalyst. The optimal process conditions: experiment temperature - 180 °C, hydrogen pressure - 6 MPa, reaction duration - 60 min.

Keywords: guza-paya, sorbitol, cellulose, catalyst, chemical hydrolysis, biomass.

УДК 541.128

Б. Ш. Кедельбаев, А. М. Есимова, Д. Е. Кудасова, Г. С. Рысбаева, З. К. Нарымбаева

ЮКГУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СОВМЕЩЕННОГО
ГИДРОЛИЗ-ГИДРИРОВАНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ГУЗА-ПАИ
С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ СОРБИТА**

Аннотация. В статье приведены результаты по изучению реализации совмещенного (гибридного) процесса гидролиз-гидрирование с целью получения сорбита. Однако селективность по сорбиту имеет максимум при давлении 6,0 МПа. То есть, доля нужного нами продукта- сорбита с увеличением давления водорода выше 6,0 МПа снижается за счет образования пятиатомных спиртов. Это выражается в росте суммарного выхода полиолов. Таким образом, нами в качестве оптимального давления выбрано 6,0 МПа. При осуществлении процесса химического гидролитического гидрирования целлюлозы гуза-пай в сорбит влияние температуры опыта изучали в пределах 140–220 °С. Оптимальным временем протекания процесса каталитической конверсии целлюлозы гуза-пай в выбранных нами условиях определено 60 минут. До шестидесятой минуты реакция конверсия целлюлозы незначительная, а после шестидесяти ее значения находятся в пределах погрешности. Такая же закономерность наблюдается и с показателем селективности по сорбиту.

Анализ образующихся полиолов осуществляли методом бумажной хроматографии. Никелевый катализатор готовили методом пропитки, в него дополнительно добавляли ферросплав (FS) в количестве 5% от массы никеля

Таким образом, нами показана возможность получения из целлюлозы гуза-паи сорбита методом гидролитического гидрирования в присутствии нанесенного никелевого катализатора. Определены оптимальные условия процесса: температура опыта – 180 °С, давление водорода- 6 МПа, продолжительность реакции – 60 минут.

Ключевые слова: гуза-паи, сорбит, целлюлоза, катализатор, химический гидролиз, биомасса.

Введение. Мировые запасы ископаемого органического сырья, представленного нефтью, природным газом и углем, огромны, но рано или поздно они будут исчерпаны. В качестве альтернативы ископаемым топливам все шире применяются возобновляемые источники энергии и органического сырья. Важнейшее из них – растительное сырьё, образующееся в процессе фотосинтеза.

Биомасса является возобновляемым ресурсом и играет роль в предотвращении глобального потепления климата, замедляя выбросы диоксида углерода. При производстве из биомассы химических продуктов рассматриваются способы превращения биомассы в сорбит, этанол, молочную кислоту и другие полезные химические продукты ферментативным или химическим способом [1-6]. В настоящее время основным материалом, используемым для биологической переработки, является крахмал, получаемый из кукурузы. С точки зрения ресурсов главных структурных составляющих компонентов растений, которые могут быть используемы, целлюлоза присутствует в гораздо большем количестве, чем крахмал. Однако способы превращения целлюлозы в химически полезные продукты путем уменьшения ее молекулярной массы (деполимеризации) не разработаны, и данный ресурс в настоящее время фактически не используется. Большое количество исследований проведено в области разложения целлюлозы с помощью ферментов. Однако остаются важные проблемы, связанные с ферментативными способами, обусловленные низкими скоростями реакций и необходимостью существенного повышения активности фермента и отделения его от продукта. Преимущества целлюлозы в ее возобновляемости или даже практической неисчерпаемости растительного сырья [7-12]. Особый интерес представляет поиск технологий одностадийного, совмещенного (гибридного) способа получения ценных веществ напрямую из целлюлозы, исключая стадии выделения и очистки продуктов. Одностадийная организация делает возможным получение из растительного полисахарида путем гидролиза-гидрирования такого соединения, как сорбит, который является одним из перспективных источником сырья для промышленности [13-18]. Среди возможных областей применения сорбита – сахарного спирта - можно отметить три наиболее важных. Первая область применения относится к подсластителю, который широко распространен в пищевой промышленности. Второй областью является применение в качестве промежуточного соединения при синтезе таких полезных соединений, таких как изосорбид, пропиленгликоль, этиленгликоль, глицерин, 1,1-сорбитан и молочная кислота. Изосорбид, в частности, также используется в современных процессах, таких как сополимеризация при производстве полиэтилентерефталата (ПЭТФ) для производства полиэтиленизосорбидтерефталата (PEIT). Полимер PEIT имеет более высокую температуру стеклования, чем PET, поэтому ожидается его применение для прозрачных пластиковых контейнеров, которые могут выдерживать горячую воду. Третьей областью применения является использование ее в качестве промежуточного соединения при получении водорода и жидких углеводородов (содержащих в основном C₅ и C₆-алканы), которые можно воспроизводить из биомассы. Водород используется в топливных элементах, а углеводороды являются исходным материалом для нефтехимии [19, 20].

Методы исследования. Нами ранее было показана возможность получения целлюлозы из гуза-паи методом автогидролиза. Данная целлюлоза была нами использована для реализации совмещенного (гибридного) процесса гидролиз-гидрирование с целью получения сорбита. Процесс химического гидролитического гидрирования целлюлозы гуза-паи осуществляли в стальном реакторе объемом 100 см³ в водной среде при интенсивном перемешивании в интервале температур- 140-220 °С, давления водорода – 2,0-10,0 МПа, продолжительности протекания реакции – 2-100 минут. Анализ образующихся полиолов осуществляли методом бумажной хроматографии.

Никелевый катализатор готовили методом пропитки, в него дополнительно добавляли ферросплав (FS) в количестве 5% от массы никеля.

Результаты исследования. При осуществлении процесса химического гидролитического гидрирования целлюлозы гуза-пай в сорбит влияние температуры опыта изучали в пределах 140-220 °С. Из таблицы 1 видно, что оптимальной температурой опыта является 180 °С, так как при этой температуре нами было получено максимальные селективность по сорбиту и суммарные выходы сорбита и маннита. При температурах 140 и 160 °С показатели конверсии целлюлозы (20,5-24,4%), селективности по сорбиту (11,4-14,6%) и суммарного выхода (14,9-16,1%) гораздо ниже, чем при 180 °С. Несмотря на то, что при температурах 200-220 °С конверсия целлюлозы гуза-пай значительно возрастает (74,4-76,2%), наблюдается снижение селективности по сорбиту (9,1-9,8) и суммарного выхода 10,0-10,8%. Это объясняется появлением в растворе других веществ, например, полиолов с числом атомов ниже пяти.

Таблица 1 – Влияние температуры опыта на процесс химического гидролитического гидрирования целлюлозы гуза-пай.
Условия опыта: 0,5 г 3% Ni/Al₂O₃(FS), 60 минут, P_{H₂} = 6,0 МПа

№ п/п	T, °С	Степень конверсии, %	Селективность по сорбиту, %	Селективность по манниту, %	Суммарный выход, %
1	140	20,5	11,4	2,4	14,9
2	160	24,4	14,6	2,9	16,1
3	180	53,0	21,8	3,0	22,6
4	200	76,2	9,8	1,3	10,8
5	220	74,4	9,1	1,2	10,0

Исследование влияния давления водорода на процесс химического гидролитического гидрирования целлюлозы гуза-пай проводили в интервале от 2,0 до 10,0 МПа. Из таблицы 2 видно, что с увеличением давления водорода степень конверсии целлюлозы возрастает от 42,3 до 77,8 %. Однако селективность по сорбиту имеет максимум при давлении 6,0 МПа. То есть, доля нужного нами продукта- сорбита с увеличением давления водорода выше 6,0 МПа снижается за счет образования пятиатомных спиртов. Это выражается в росте суммарного выхода полиолов. Таким образом, нами в качестве оптимального давления выбрано 6,0 МПа.

Таблица 2 – Влияние давления водорода на процесс химического гидролитического гидрирования целлюлозы гуза-пай.
Условия опыта: 0,5 г 3% Ni/Al₂O₃(FS), 60 минут, T_{оп} = 180 °С

№ п/п	P H ₂ , МПа	Степень конверсии, %	Селективность по сорбиту, %	Селективность по манниту, %	Суммарный выход, %
1	2,0	42,3	13,0	1,7	13,5
2	4,0	51,6	13,5	1,8	14,2
3	6,0	53,0	21,8	3,0	22,6
4	8,0	76,6	18,9	2,8	31,3
5	10,0	77,8	16,5	2,7	32,8

В таблице 3. приведены экспериментальные данные по исследованию закономерностей изменения скорости химического гидролитического гидрирования целлюлозы гуза-пай от времени протекания реакции. Время реакции варьировалось от 20 до 100 минут. Оптимальным временем протекания процесса каталитической конверсии целлюлозы гуза-пай в выбранных нами условиях определено 60 минут. До шестидесятой минуты реакция конверсия целлюлозы незначительная, а после шестидесяти ее значения находятся в пределах погрешности. Такая же закономерность наблюдается и с показателем селективности по сорбиту.

Таблица 3 – Зависимость скорости химического гидролитического гидрирования целлюлозы гуза-паи от времени протекания процесса. Условия опыта: 0,5 г 3% Ni/Al₂O₃(ФС), T_{оп} = 180 °С, P_{H₂} = 6,0 МПа

№ п/п	t, мин	Степень конверсии, %	Селективность по сорбиту, %	Селективность по манниту, %	Суммарный выход, %
1	20	38,2	15,1	3,0	18,9
2	40	44,5	17,7	3,1	21,3
3	60	53,0	21,8	3,0	22,6
4	80	54,4	20,3	2,2	23,7
5	100	55,0	20,0	2,1	23,9

Выводы. Однако селективность по сорбиту имеет максимум при давлении 6,0 МПа. То есть, доля нужного нами продукта- сорбита с увеличением давления водорода выше 6,0 МПа снижается за счет образования пятиатомных спиртов. Это выражается в росте суммарного выхода полиолов. Таким образом, нами в качестве оптимального давления выбрано 6,0 МПа. При осуществлении процесса химического гидролитического гидрирования целлюлозы гуза-паи в сорбит влияние температуры опыта изучали в пределах 140-220 °С.

Таким образом, нами показана возможность получения из целлюлозы гуза-паи сорбита методом гидролитического гидрирования в присутствии нанесенного никелевого катализатора. Определены оптимальные условия процесса: температура опыта – 180 °С, давление водорода – 6 МПа, продолжительность реакции – 60 минут.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кузнецов Б.Н. Каталитическая химия растительной биомассы // Сорровский образовательный журнал. Сер. хим. – 1996. – № 12. – С. 47-55.
- [2] Алиев Р.Г., Павлова Е.А., Терентьева Э.П. Комплексная химическая переработка древесины. – СПб., 2012. – 74 с.
- [3] Сушкова В.И., Воробьева Г.И. Безотходная конверсия растительного сырья в биологически активные вещества. – Киров, 2007. – С. 204.
- [4] Вураско А.В. и др. Ресурсосберегающая технология получения целлюлозных материалов при переработке отходов сельскохозяйственных культур // Химия растительного сырья. – 2006. – № 4. – С. 5-10.
- [5] Сакович Г.В. и др. Результаты комплексной переработки биомассы // Ползуновский сборник. – 2008. – № 3. – С. 259-266.
- [6] Громов Н.В. Каталитические методы переработки целлюлозы в водной среде в ценные химические вещества: Дис. ... канд. хим. наук. – Новосибирск, 2016. – 155 с.
- [7] Ташкараев Р.А., Турабджанов С.М., Кедельбаев Б.Ш. Ферросплавные никелевые катализаторы для синтезе циклогексана // Вестник МКТУ им. А. Яссави. Туркестан, 2011. – № 2. – С. 49-51.
- [8] Туртабаев С.К., Ташкараев Р.А., Кедельбаев Б.Ш. Катализатор для получения циклогексана // Заявка № 009736 от 08.04.2011 года на получения Инновационного патента РК.
- [9] Терентьева Э.П., Удовенко Н.К., Павлова Е.А., Алиев Р.Г. Основы химии целлюлозы и древесины: учебно-методическое пособие. – СПб.: ГОУВПО СПбГУ РП, 2010. – 23 с.
- [10] Кузнецов Б.Н., Кузнецова С.А., Тарабанько В.Е. Новые методы получения химических продуктов из биомассы деревьев сибирских пород // Российский химический журнал (Журнал российского химического общества им. Д. И. Менделеева). 2004. – Т. XLVIII, № 3.1. – С. 4-20.
- [11] Кузнецов, Б.Н. Каталитические методы в получении химических продуктов из древесной биомассы // Химия в интересах устойчивого развития. – 1989. – Т. 6. – С. 383-396.
- [12] Гальбрайт Л.С. Целлюлоза и ее производные // Сорровский образовательный журнал. – 1996. – № 11. – С. 47-53.
- [13] Аутлов С.А., Базарнова Н.Г., Кушнир Е. Ю. Микрористаллическая целлюлоза: структура, свойства и области применения (обзор) // Химия растительного сырья. – 2013. – № 3. – С. 33-41.
- [14] Азаров В.И., Буров А.В., Оболенская А.В. Микрористаллическая целлюлоза. Химия древесины и синтетических полимеров: Учебник для вузов. – СПб., 1999. – С. 578-579.
- [15] Deng W., Liu M., Tan X., Zhang Q., Wang Y. Conversion of cellobiose into sorbitol in neutral water medium over carbon nanotube-supported ruthenium catalysts // Journal of Catalysis. – 2010. – Vol. 271. – P. 22-32.
- [16] Горполов М.А., Тарабукин Д.В., Фролова С.В., Щербакова Т.П., Володин В.В. Ферментативный гидролиз порошковых целлюлоз, полученных различными методами // Химия растительного сырья. – 2007. – № 3. – С. 69-76.
- [17] Будаева В.В., Митрофанов Р.Ю., Золотухин В.Н., Обрезкова М.В., Скиба Е.А., Ильясов С.Г., Сакович Г.В., Опарина Л.А., Высоцкая О.В., Кольванов Н.А., Гусарова Н.К., Трофимов Б.А. Пути полной и экологически чистой переработки возобновляемого растительного сырья // Ползуновский вестник. – 2010. – № 4-1. – С. 158 – 167.

- [18] Благина В.В. Сверхкритическая вода // Химия и жизнь. – 2007. – № 8.
 [19] Григорьев М.Е. Исследование катализатора Ru/полимерная матрица в жидкофазном гидрировании D-глюкозы до D-сорбита: Дис. ... канд. хим. наук. – Тверь, 2012. – 135 с.
 [20] Пюрупа М.П., Блинникова З.К., Проскурина Н.А., Пастухов А.В., Павлова Л.А., Даванков В.А. Сверхспитый полистирол – первый нанопористый полимерный материал // Российские нанотехнологии. – 2009. – Т. 4, № 9-10. – С. 109-117.

REFERENCES

- [1] Kuznecov B.N. Kataliticheskaja himija rastitel'noj biomassy // Sorovskij obrazovatel'nyj zhurnal. Ser. him. 1996. N 12. P. 47-55.
 [2] Aliev R.G., Pavlova E.A., Terent'eva Je.P. Kompleksnaja himicheskaja pererabotka drevesiny. SPb., 2012. 74 p.
 [3] Sushkova V.I., Vorob'eva G.I. Bezothodnaja konversija rastitel'nogo syr'ja v biologicheski aktivnye veshhestva. Kirov, 2007. P. 204.
 [4] Vurasko A.V. i dr. Resursosberegajushhaja tehnologija poluchenija celljuloznyh materialov pri pererabotke othodov sel'skohozjajstvennyh kul'tur // Himija rastitel'nogo syr'ja. 2006. N 4. P. 5-10.
 [5] Sakovich G.V. i dr. Rezul'taty kompleksnoj pererabotki biomassy // Polzunovskij sbornik. 2008. N 3. P. 259-266.
 [6] Gromov N.V. Kataliticheskie metody pererabotki celljulozy v vodnoj srede v cennye himicheskie veshhestva: Dis. ... kand. him. nauk. Novosibirsk, 2016. 155 p.
 [7] Tashkaraev R.A., Turabdzhanov S.M., Kedel'baev B.Sh. Ferrosplavnyje nikel'evye katalizatory dlja sinteze ciklogeksana // Vestnik MKTU im. A. Jassavi. Turkestan, 2011. N 2. P. 49-51.
 [8] Turtabaev S.K., Tashkaraev R.A., Kedel'baev B.Sh. Katalizator dlja poluchenija ciklogeksana // Zajavka № 009736 ot 08.04.2011 goda na poluchenija Innovacionnogo patenta RK.
 [9] Terent'eva Je.P., Udovenko N.K., Pavlova E.A., Aliev R.G. Osnovy himii celljulozy i drevesiny: uchebno-metodicheskoe posobie. SPb.: GOUVPO SPbGU RP, 2010. 23 p.
 [10] Kuznecov B.N., Kuznecova S.A., Taraban'ko V.E. Novye metody poluchenija himicheskix produktov iz biomassy derev'ev sibirskih porod // Rossijskij himicheskij zhurnal (Zhurnal rossijskogo himicheskogo obshhestva im. D. I. Mendeleeva). 2004. Vol. XLVIII. N 3.1. P. 4-20.
 [11] Kuznecov, B.N. Kataliticheskie metody v poluchenii himicheskix produktov iz drevesnoj biomassy // Himija v interesah ustojchivogo razvitiya. 1989. Vol. 6. P. 383-396.
 [8] Gal'braj L.S. Celljuloza i ee proizvodnye // Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal. 1996. N 11. P. 47-53.
 [12] Fengel D., Vegener G. Drevesina (himija, ul'trastruktura, reakcii). M.: Lesnaja promyshlennost', 1988. 512 p.
 [10] Autlov S.A., Bazarnova N.G., Kushnir E. Ju. Mikrokristallicheskaja celljulaza: struktura, svojstva i oblasti primeneniya (obzor) // Himija rastitel'nogo syr'ja. 2013. N 3. P. 33-41.
 [13] Azarov V.I., Burov A.V., Obolenskaja A.V. Mikrokristallicheskaja celljuloza. Himija drevesiny i sinteticheskix polimerov: uchebnik dlja vuzov. SPb., 1999. P. 578-579.
 [14] Deng W., Liu M., Tan X., Zhang Q., Wang Y. Conversion of cellobiose into sorbitol in neutral water medium over carbon nanotube-supported ruthenium catalysts // Journal of Catalysis. 2010. Vol. 271. P. 22-32.
 [15] Torpolov M.A., Tarabukin D.V., Frolova S.V., Shherbakova T.P., Volodin V.V. Fermentativnyj gidroliz poroshkovyx celljuloz, poluchennyh razlichnymi metodami // Himija rastitel'nogo syr'ja. 2007. N 3. P. 69-76.
 [17] Budaeva V.V., Mitrofanov R.Ju., Zolotuhin V.N., Obrezkova M.V., Skiba E.A., Il'jasov S.G., Sakovich G.V., Oparina L.A., Vsockaja O.V., Kolyvanov N.A., Gusarova N.K., Trofimov B.A. Puti polnoj i jekologicheski chistoj pererabotki vozobnovljaemogo rastitel'nogo syr'ja // Polzunovskij vestnik. 2010. N 4-1. P. 158-167.
 [18] Blagina V.V. Sverhkriticheskaja voda // Himija i zhizn'. 2007. N 8.
 [19] Grigor'ev M.E. Issledovanie katalizatora Ru/polimernaja matrica v zhidkofaznom gidrirovanii D-gljukozy do D-sorbита: Dis. ... kand. him. nauk. Tver', 2012. 135 p.
 [20] Cjurupa M.P., Blinnikova Z.K., Proskurina N.A., Pastuhov A.V., Pavlova L.A., Davanokov V.A. Sverhshhityj polistiroл – pervyj nanoporistyj polimernyj material // Rossijskie nanotehnologii. 2009. Vol. 4, N 9-10. P. 109 - 117.

Б. Ш. Кеделбаев, А. М. Есимова, Д. Е. Қудасова, Г. С. Рысбаева, З. К. Нарымбаева

М. Әуезов атындағы ОҚМУ, Шымкент, Қазақстан

**СОРБИТ АЛУ МАҚСАТЫНДА ҚОЗА –ПАЯ ЦЕЛЛЮЛОЗАСЫН БІРЛЕСКЕН
ГИДРОЛИЗ-ГИДРЛЕУ ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУ**

Аннотация. Мақалада сорбит алу мақсатында коза –пая целлюлозасын бірлескен гидролиз-гидрлеу процесін жүзеге асыруды зерттеу бойынша нәтижелер келтірілген. Бірақ, сорбит бойынша селективтілігі 6,0 МПа қысым кезінде максималды болады. Онда бізге қажетті өнім сорбиттің үлесі сутегі қысымын 6,0 МПа арттыру кезінде бес атомды спирттердің түзілуінен төмендейді. Бұл полиолдардың шығымы қосындысының артуымен сипатталады. Осылайша, бізбен оптималды қысым ретінде 6,0 МПа таңдап алынды. Сорбит алу үшін коза-пая целлюлозасын химиялық гидролитикалық гидрлеу процесін жүзеге асыру кезінде сынақ

жүргізуде температураның әсерін 140-220 °С аралығында зерттедік. Біздің таңдап алынған жағдайларымызда коза-пая целлюлозасын каталитикалық конверсиясы процесінің оптималды жүру уақыты 60 минут. Алпыс минутқа дейін целлюлоза конверсиясының реакциясы баяу жүреді, ал алпыс минут өткенде оның мәндері ауытқу мәні аралығында болады. Осындай заңдылықтар сорбит бойынша селективтілік көрсеткіштерінде байқалады.

Түзілген полиолдарға талдау жасау қағазды хроматография әдісімен жүргізіледі. Никел катализаторын қанықтыру әдісімен дайындайды, оған қосымша никел массасынан 5% мөлшерде ферроқұймалар (FS) қосады.

Осылайша, бізбен отырғызылған никел катализаторы қатысында гидрлитикалық гидрлеу әдісімен коза-пая целлюлозасынан сорбит алу мүмкіндігі көрсетілген. Процестің оптималды жағдайлары анықталды: сынақ температурасы – 180 °С, сутегі қысымы – 6 МПа, реакция жүру ұзақтығы – 60 минут.

Түйін сөздер: гуза-пая, сорбит, целлюлоза, катализатор, химиялық гидролиз, биомасса.

Сведения об авторах:

Кедельбаев Бахытжан Шилмирзаевич – доктор технических наук, профессор, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Высшая школа «Химическая инженерия и Биотехнология», кафедра «Биотехнология»

Есимова Анар Маденовна – кандидат химических наук, доцент, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Высшая школа «Химическая инженерия и Биотехнология», кафедра «Биотехнология»

Кудасова Дариха Ерадиловна – магистр, преподаватель, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Высшая школа «Химическая инженерия и Биотехнология», кафедра «Биотехнология»

Рысбаева Гулнар Султанбековна – кандидат технических наук, старший преподаватель, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Высшая школа «Химическая инженерия и Биотехнология», кафедра «Биотехнология»

Нарымбаева Зауре Каркыновна – кандидат химических наук, доцент, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Высшая школа «Химическая инженерия и Биотехнология», кафедра «Биотехнология»