



ӨОЖ579.61/574.64

FTAXP87.19.17/34.27.39

DOI 10.37238/2960-1371.2960-138X.2026.102(2).38

**Бакиев С.С., Какишев М.Г., Қабдрахимов Ә.А., Арманов Т.А.,
Дущанова Д.Н., Таухаева Д.С.**

Махамбет Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университеті, Орал, Қазақстан

E-mail: bakiyevserik@gmail.com

МҰРАТСАЙ СУ ҚОЙМАСЫ СУЫНДАҒЫ АНТИБИОТИКТЕРГЕ ТӨЗІМДІ БАКТЕРИЯЛАРДЫҢ ТАРАЛУЫН ТАЛДАУ

Аңдатпа. Су экожүйелеріндегі микроорганизмдердің антибиотиктерге төзімділігі қазіргі заманның ең өзекті экологиялық әрі медико-биологиялық мәселелерінің бірі болып табылады. Су ортасы антибиотиктерге төзімді бактериялардың жинақталуы мен таралуы үшін маңызды резервуар қызметін атқарады, бұл медицинада, мал шаруашылығында және ауыл шаруашылығында антибактериялық препараттардың қарқынды қолданылуымен байланысты. Аталған зерттеудің мақсаты Батыс Қазақстан облысындағы Мұратсай су қоймасы суында антибиотикке төзімді бактериялардың таралу деңгейін және олардың биологиялық қасиеттерін бағалау болды. Су сынамалары су айдынының беткі қабатынан және тереңдігінен, антропогендік әсері ең жоғары аймақтарда алынды. Бактериологиялық талдау микроорганизмдерді Луриа–Бертани коректік ортасында өсіруді, морфологиялық және физиологиялық-биохимиялық қасиеттерін зерттеуді, сондай-ақ бөлінген штаммдардың антибиотиктерге сезімталдығын дискті-диффузиялық әдіспен анықтауды қамтыды. Молекулалық-генетикалық зерттеулерге жарамдылығын растау мақсатында тотальды ДНҚ экстракциясы жүргізіліп, гель-электрофорез әдісімен визуализацияланды. Зерттеу нәтижесінде грамтеріс, қозғалғыш, оксидазаға оң, мезофильді типке жататын, β -лактамы антибиотиктердің бірқатарына төзімді және көп дәріге төзімділік белгілеріне ие бактериялар бөлініп алынды. Ең тиімді препараттар ретінде хинолондар мен амфениколдар анықталса, пенициллиндер мен цефалоспориндер төмен белсенділік көрсетті. Алынған деректер су қоймасына антропогендік ықпалдың айтарлықтай екенін көрсетеді және жерүсті суларында антибиотикке төзімді бактерияларды тұрақты түрде бақылау жүргізудің қажеттілігін айқындайды.

Кілт сөздер: антибиотикке төзімділік; су экожүйелері; жерүсті сулары; грамтеріс бактериялар; Мұратсай су қоймасы.

Kіpіcne

Судағы бактериялардың антибиотикке төзімділігі қазіргі заманның ең өзекті экологиялық және медико-биологиялық мәселелерінің бірі болып табылады, өйткені су ортасы төзімді микроорганизмдердің маңызды резервуары әрі таралу жолы қызметін атқарады [1, 2–3-б.; 2, 4-б.]. Медицинада, мал шаруашылығында және ауыл шаруашылығында антибиотиктердің кеңінен қолданылуы нәтижесінде олардың қалдықтары төзімді бактериялармен және резистенттік гендерімен бірге ағынды және табиғи суларға түсіп, антибиотикке төзімді штаммдардың сұрыпталуы мен жинақталуына қолайлы жағдай туғызады [2, 5–6-б.; 3, 346–348-бб.]. Тазарту құрылыстары антибиотиктерді және төзімді микроорганизмдерді әрдайым толықтай жоя бермейді, себебі дәстүрлі тазарту технологиялары тұрақтылық гендерін жоюға



бағытталмаған, соның салдарынан олар жерүсті су айдындарына түседі [3, 349–352-бб.; 4, 311-б.].

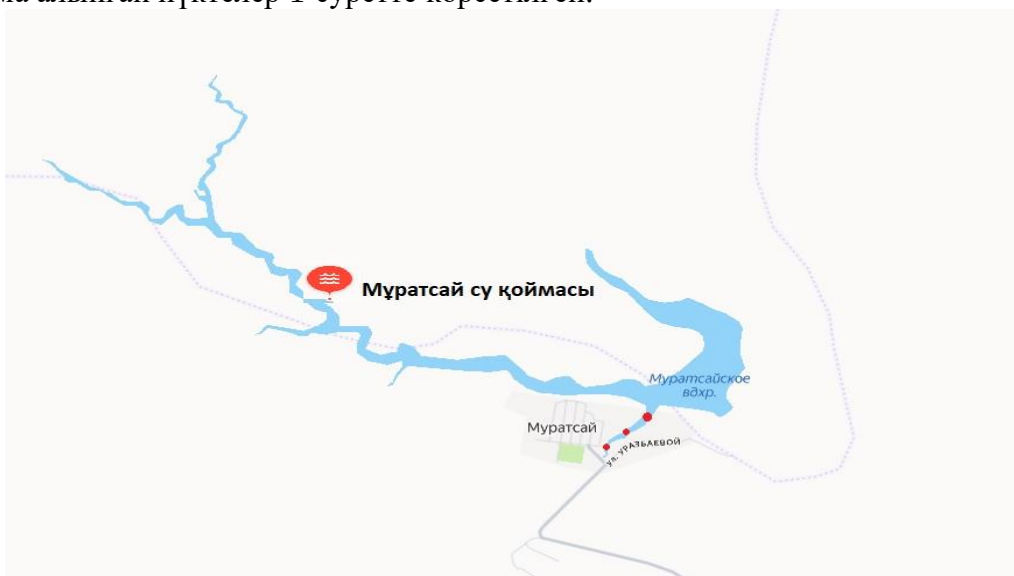
Су ортасы арқылы төзімді бактериялар адам мен жануарлар ағзасына еніп, емдеуге қиын инфекцияларды тудыруы, сондай-ақ гендердің горизонтальды тасымалдануы арқылы тұрақтылық гендерін басқа микроорганизмдерге беруі мүмкін [4, 312–314-бб.; 5, 4–5-бб.]. Бұл қолданыстағы антибиотиктердің тиімділігін төмендетіп, жаңа микробқа қарсы препараттарды әзірлеуге жұмсалатын шығындарды арттыру арқылы қоғамдық денсаулық сақтау үшін елеулі қауіп төндіреді [6, 7–9-бб.].

Сонымен қатар, су экожүйелерінде антибиотикке төзімді бактериялардың таралуы микробиологиялық тепе-теңдікті бұзып, су сапасының нашарлауына әкеледі және жұқпалы аурулардың эпидемиологиялық өршу қаупін арттырады [3, 353–355-бб.; 5, 6–7-бб.]. Бұл мәселе халық санының өсуі, урбанизация және климаттың өзгеруі салдарынан одан әрі күрделене түсуде, өйткені аталған факторлар ағынды сулар көлемінің ұлғаюына және су экожүйелеріне антропогендік әсердің артуына ықпал етеді [1, 8–9-бб.; 6, 10-б.].

Аталған мәселені тиімді шешу үшін антибиотиктерді ұтымды пайдалану, тазарту құрылыстарын жаңғырту, су нысандарында антибиотикке төзімді бактериялар мен тұрақтылық гендеріне жүйелі мониторинг жүргізу, сондай-ақ халықаралық ынтымақтастықты дамыту қамтылатын кешенді тәсіл қажет [1, 10–11-бб.; 4, 315–317-бб.]. Осылайша, суда антибиотикке төзімді бактериялармен күрес экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етудің және орнықты дамудың негізгі бағыттарының бірі болып табылады.

Зерттеудің материалдары мен әдістері

Зерттеудің негізгі мақсаты табиғи ортада антибиотикке төзімді бактериялардың таралу деңгейін бағалау болды. Зерттеу үшін сынама алу Батыс Қазақстан облысы, Бөкей ордасы ауданы аумағында орналасқан Мұратсай су қоймасында жүргізілді. Сынама алынған нүктелер 1-суретте көрсетілген.



1-сурет – Мұратсай су қоймасындағы су сынамаларын алу картасы (сынама алу нүктелері қызыл түспен белгіленген)

Су сынамаларын алу стерильді ыдыстарға жүргізілді, ал су қоймасының терең қабаттарынан су алу үшін батометр қолданылды. Сынамаларды тасымалдау барысында олардың сақталуын қамтамасыз ететін тоңазытқыш камера пайдаланылып, үлгілер



зертханаға 8 сағат ішінде жеткізілді. Бактерияларды өсіру үшін Луриа–Бертани (ЛБ) коректік ортасы (1 л үшін: 10 г триптон, 5 г ашытқы экстракты және 10 г натрий хлориді (NaCl)) және ЛБ-агар қолданылды [7, 293-б.]. Көл және құдық суларынан алынған сынамалар пробиркалар мен Петри табақшаларына егілді, содан кейін 37 °С температурада термостатта 24 сағат бойы инкубацияланды. Колонияларды бірнеше рет қайта егу нәтижесінде олардың морфологиялық сипаттамалары, атап айтқанда пішіні, мөлшері, беткейі, профилі, мөлдірлігі, түсі, шеттері, құрылымы мен консистенциясы анықталды. Алынған бактериялық өсірінді күнделікті сақтау үшін глицерин қосу арқылы –20 °С температурада мұздатқыш камерада сақталды.

Бактериялық өсірінділердің биохимиялық қасиеттерін анықтау барысында келесі тесттер қолданылды: Грам бойынша бояу, оксидазаға тест, тотығу-ферментативтік (ОФ) тест, аминқышқылдарының декарбоксилденуі мен гидролизіне арналған тесттер, желатиннің гидролизіне тест [8, 73-б.; 9, 115-б.; 10, 15-б.; 11, 2-б.].

Тотальды ДНҚ бөліп алу үшін 37 °С температурада Луриа–Бертани (ЛБ) коректік ортасында өсірілген 16 сағаттық бактериялық өсірінді қолданылды. Әрбір үлгіден 400 мкл бактериялық суспензия алынып, көлемі 0,5 мл болатын Eppendorf пробиркаларына құйылды, кейін үлгілер 6000 айн/мин жылдамдықта 5 минут бойы центрифугаланды. Түзілген жасушалық тұнба 200 мкл автоклавталған дистилденген суда ресуспензияланып, термоблокта 100 °С температурада 10 минут қайнатылды. Одан кейін үлгілер қайта центрифугаланып, алынған супернатант зерттелетін бактериялық өсірінділердің тотальды ДНҚ көзі ретінде пайдаланылды. Экстракцияланған ДНҚ –20 °С температурада мұздатқыш камерада сақталды [12, 3818-б.; 13, 257-б.].

Электрофорез 1× трис-ацетат (ТАЕ) буферінде дайындалған 1 % агарозды геледе жүргізілді. Флуоресцентті бояғыш ретінде этидий бромиді ($C_{21}H_{20}BrN_3$) қолданылды. ДНҚ фрагменттерін бөлу процесі 30 минут бойы жүзеге асырылды.

Бөлініп алынған бактериялық штаммдардың антибиотиктерге төзімділігін анықтау үшін әртүрлі концентрациядағы антибиотиктік дискілер (Condalab) пайдаланылды, олардың қатарында: ампициллин (10 мкг), амоксициллин (25 мкг), оксациллин (1 мкг), пенициллин G (6 мкг), энрофлоксацин (5 мкг), норфлоксацин (10 мкг), цефазолин (30 мкг), гентамицин (10 мкг), стрептомицин (10 мкг), нитрофурантоин (300 мкг), тетрациклин (30 мкг), окситетрациклин (30 мкг), эритромицин (15 мкг), линкомицин (2 мкг), рифампицин (5 мкг), новобиоцин (30 мкг), хлорамфеникол (15 мкг), флорфеникол (30 мкг), триметоприм + сульфаметоксазол (25 мкг) болды. Антибиотиктік дискілерді қолдану арқылы бактериялардың антибиотиктерге резистенттілігі тиісті әдістемелік ұсынымдарға сәйкес анықталды [14, 2-б.; 15, 295-б.].

Зерттеу нәтижелері

Мұратсай су қоймасы Батыс Қазақстан облысы, Бөкей ордасы ауданындағы Мұратсай ауылының 0,5 км қашықтығында орналасқан, су қоймасының ауданы 172 га (49.072995° с.е., 47.235762° ш.б.) [16, 2-б.].

Сынама алу нүктелері адам мен су қоймасының ең тығыз байланысы аймағында таңдалды, бұл антропогендік әсердің ең жоғары деңгейін анықтау мақсатында жасалды (2-сурет).



2-сурет – Мұратсай су қоймасына антропогендік әсер: 1 – пластикалық пакеттер, 2 – ірі қара малдың нәжісі

Зерттеу нәтижесінде су айдыны айтарлықтай антропогендік әсерге ұшырайтыны анықталды, бұл суда пластикалық пакеттер мен ірі қара малдың нәжісінің болуымен расталады. Аталған ластағыштар тұрмыстық қалдықтардың рұқсатсыз тасталатынын және ауыл шаруашылығы жерлерінен ағынды сулар арқылы су сапасының бұзылатынын көрсетеді, бұл су экожүйесіне теріс әсер етіп, судың сапасын нашарлатады, биологиялық тепе-теңдіктің бұзылуына және су организмдерінің денсаулығына қауіп төндіруі мүмкін, сондай-ақ халық үшін қауіпті болып табылады.

Антибиотиктерге төзімді бактериялардың судың құрамында бар-жоғын талдау үшін 1-кестеде көрсетілген нүктелерден су сынамалары алынды.

1-кесте – Су сынамаларын алу нүктелерінің координаттары

Станциялар	Координаттары		№	Сынаманы алу қабаты
	с.е.	ш.б.		
1 станция	49°03.722'	47°16.577'	1.3	Беткі қабат
			1.3	Тереңдік
2 станция	49°03.627'	47°16.349'	2.3	Беткі қабат
			2.3	Тереңдік
3 станция	49°03.503'	49°03.497'	3.3	Беткі қабат
			3.3	Тереңдік

Сынамалар су қоймасының беткі қабатынан және тереңдігінен алынған, нәтижесінде су қоймасының беткі қабатынан да, тереңдігінен де барлығы 6 сынама алынған.

Су сынамаларын алу барысында негізгі гидрохимиялық көрсеткіштер зерттелді, олар 2-кестеде көрсетілген.

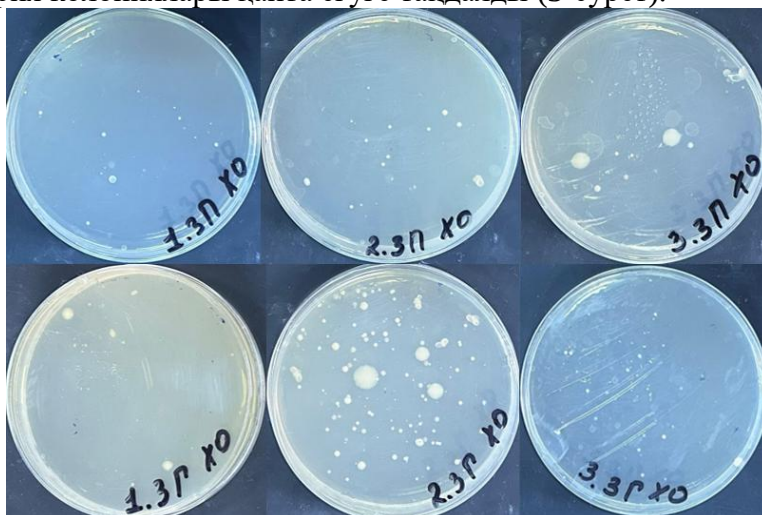
2-кесте – Су сынамаларын алу кезінде су қоймасының гидрохимиялық көрсеткіштері

Көрсеткіштер	1 станция	2 станция	3 станция
Еріген оттегі (мг/л)	11,9±0,5	11,7±0,1	11,9±0,1
Оттегімен қанықтылығы (%)	98,6±3,1	97,4±0,2	99±0,5
Температурасы (°C)	8,1±0,2	8,1±0,1	8,1±0,1
pH	8,5	8,5	8,5
Электр өткізгіштігі (мкСм/см)	3,1	3,1	3,2
Мөлдірлік (м)	0,6	0,6	0,6
Тереңдік (м)	7±0,2	6,3±0,2	6,3±0,2
Шөктің типі	Саз, құм	Саз, құм	Саз, құм



2-кестенің нәтижелері бойынша, барлық үш станцияда су ортасының физико-химиялық сипаттамалары ұқсас болып отыр. Еритін оттегі деңгейі жоғары және тұрақты (шамамен 11,7–11,9 мг/л), ал судың оттегімен қанықтылығы 97–99% құрайды, бұл жақсы ауа алмасуды және су организмдері үшін қолайлы жағдайларды көрсетеді. Су температурасы барлық станцияларда бірдей (8,1 °C), pH мәні 8,5 болып, орта әлсіз сілтілі реакцияға ие екендігін білдіреді. Электр өткізгіштік аздап өзгеріп, 3,1–3,2 мкСм/см аралығында болған, бұл суда еріген тұздардың төмен мөлшерін көрсетеді. Судың мөлдірлігі 0,6 м, ал тереңдігі 6,3–7 м аралығында өзгереді. Барлық станцияларда түпкі шөктің типі бірдей – саз бен құмның қоспасы, бұл зерттелген аймақтағы геологиялық және гидродинамикалық жағдайлардың ұқсастығын көрсетеді.

Су сынамаларын қатты қоректік орталарға егудің нәтижесінде бөлек «таза» бактериялық өсірінділер алынды. Кейінгі зерттеу үшін Петри табақшаларынан ең көп таралған бактерия колониялары қайта егуге таңдалды (3-сурет).



3-сурет – ЛБ қатты қоректік ортасында бактерия колонияларының өсу нәтижелері
Өсіру барысында алынған бактерия колонияларының морфо-биологиялық сипаттамалары 3-кестеде көрсетілген.

3-кесте – Су сынамаларынан бөлінген бактерия колонияларының морфо-биологиялық сипаттамаларының талдауы

№	Сынама- ныалуқа баты	Бактерия колонияларының сипаттамасы								
		Пішіні	Өлше- мі, мм	Беті	Профилі	Мөлдір- лігі	Түсі	Шеті	Құры- лым ы	Консистен- циясы
1.3	Беткіқаба- т	Дөңге- лек	2	Тегіс	Шығыңқы	Жарты- лай мөлдір	Ашықсұр	Түзу	Бір- келкі	Жұмсақ
1.3	Тереңдік	Дөңге- лек	4,5	Тегіс	Шығыңқы	Мөлдір емес	Сары- қоңыр	Толкынт әрізді	Бір- келкі	Жұмсақ
2.3	Беткіқаба- т	Дөңге- лек	2,5	Тегіс	Шығыңқы	Мөлдір емес	Ашықсұр	Түзу	Бір- келкі	Жұмсақ
2.3	Тереңдік	Дөңге- лек	6	Тегіс	Шығыңқы	Мөлдір емес	Сары- қоңыр	Толкынт әрізді	Бір- келкі	Жұмсақ
3.3	Беткіқаба- т	Дөңге- лек	5,5	Тегіс	Шығыңқы	Мөлдір емес	Сары- қоңыр	Толкынт әрізді	Бір- келкі	Жұмсақ
3.3	Тереңдік	Дөңге- лек	2,5	Тегіс	Шығыңқы	Мөлдір емес	Сары- қоңыр	Түзу	Бір- келкі	Жұмсақ



3-кесте бактериялық колониялардың морфологиялық сипаттамаларын, зерттелген сынамалардан беткі қабаттан және тереңдіктен алынғандарды, толық сипаттайды. Барлық колониялар дөңгелек формада, тегіс бетке, домалақ профильге және біркелкі жұмсақ консистенцияға ие, бұл олардың өсу түрінің ұқсастығын және құрылым бойынша айқын ерекшеленбейтіндігін көрсетеді.

Алайда өлшемдері бойынша айырмашылықтар байқалады: беткі қабаттағы колониялар әдетте кішірек – 2–5,5 мм аралығында, ал тереңдік колониялары ірі болып, 6 мм дейін жетеді. Колониялардың түсі беткі колонияларда ашық сұрдан, ал тереңдік сынамаларында сары-қоңырға дейін өзгереді, ал мөлдірлік жағынан беткі колониялар жартылай мөлдір, тереңдік колониялары мөлдір емес болып келеді. Шеттерінің формасы да әр түрлі: беткі колонияларда түзу тегіс шеттер болса, тереңдік колонияларында – толқын тәрізді, бұл орта жағдайлары мен қоректік заттардың қолжетімділігін көрсетеді.

Барлық сынамаларда құрылымның біркелкілігі мен жұмсақ консистенциясы бактериялардың өсуінің тұрақтылығын және жасушалардың айқын мутациясы немесе зақымдануы жоқ екенін білдіреді. Беткі және тереңдік колониялар арасындағы айырмашылықтар орта жағдайларының әсерін, мысалы, оттегіге, қоректік заттарға қолжетімділік пен физикалық әсердің бактериялардың морфологиялық көрінісіне әсер етуін көрсетуі мүмкін.

4-кестеде зерттелген сынамалардан бөлінген алты бактериялық изоляттың морфо-биохимиялық сипаттамалары берілген. Барлық алты штамм – грам теріс, қозғалғыш таяқша түріндегі бактериялар, бұл олардың грам теріс аэробтық немесе факультативті анаэробтық бактериялар тобына жататынын көрсетеді. Барлық үлгілерде оксидазаға оң реакция байқалады, бұл цитохромоксидаза ферментінің болуын және тыныс алу процесінде оттегіні пайдалану қабілетін көрсетеді. Сонымен қатар, барлық штаммдар желатинді гидролиздеуге қабілетті болып, олардың протеолитикалық белсенділігін және ақуыз қосылыстарын ыдырату қабілетін дәлелдейді.

4-кесте – Бөлінген бактериялардың морфо-мәдени және физиолого-биохимиялық сипаттамаларының салыстырмалы талдауы

№	Сипаттамалар	1	2	3	4	5	6
1	Грам бойынша боялу	-	-	-	-	-	-
2	Морфология	таяқша	Таяқша	таяқша	таяқша	таяқша	таяқша
3	Қозғалғыштық	+	+	+	+	+	+
4	Оксидаза	+	+	+	+	+	+
5	О/Ф тест	Ф	О	Ф	О	Ф	Ф
6	Желатинді гидролиз	+	+	+	+	+	+
7	Лизин-декарбоксилаза	-	-	-	-	-	-
8	Орнитин-декарбоксилаза	-	-	-	-	-	-
9	Аргинин дигидролаза	+	+	+	+	+	+
Шартты жағдайда өсу							
10	0% NaCl	+	+	+	+	+	+
11	1% NaCl	+	+	+	+	+	+
12	2% NaCl	+	+	+	+	+	+
13	3% NaCl	+	+	+	+	+	+
14	4% NaCl	+	-	+	+	-	+
15	5% NaCl	-	-	-	-	-	-
16	10°C	+	+	+	+	+	+
17	30°C	+	+	+	+	+	+
18	37°C	+	+	+	+	+	+
19	pH 3,0	-	-	-	-	-	-



20	pH 5,0	-	-	-	-	-	-
21	pH 7,0	+	+	+	+	+	-
22	pH 9,0	+	+	+	+	+	+
Ескерту: Ф – ферментация, О – оксидтеу, «+» – оң реакция, «-» – теріс реакция							

О/Ф-тестінің нәтижелері бойынша штамдардың басым көпшілігі (1, 3, 5, 6) метаболизмнің ферментативтік типімен (Ф) сипатталады, бұл олардың көмірсуларды анаэробты ашыту арқылы ыдырату қабілетін көрсетеді. Ал 2 және 4-штамдар облигатты аэробтарға тән тотығу типін (О) көрсетеді.

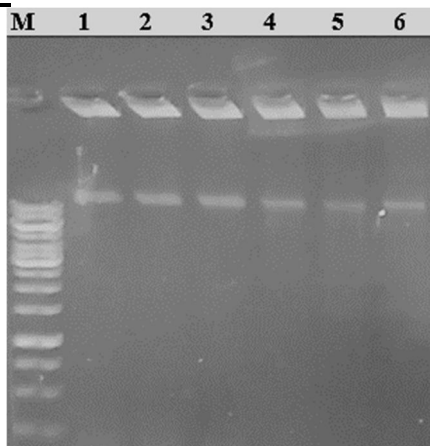
Декарбоксилазалық белсенділікті анықтау кезінде барлық изоляттар лизин- және орнитиндекарбоксилаза бойынша теріс нәтиже көрсетті, алайда аргининдигидролаза бойынша оң нәтиже байқалды. Бұл аргининнің гидролизіне қатысатын ферменттік жүйенің бар екенін және бактериялардың ортаның ерекше жағдайларына бейімделу мүмкіндігін дәлелдейді.

Өртүрлі тұз концентрацияларының әсерін зерттеу бактериялардың 0–3 % NaCl жағдайында өсе алатынын көрсетті, бұл олардың орташа тұзға төзімді екенін және тұзсүйгіш емес немесе әлсіз галофильді түрлерге жататынын білдіреді. 4 % NaCl кезінде барлық штамдарда бірдей өсу байқалмайды, ал 5 % NaCl жағдайында өсу толықтай тоқтайды, бұл олардың жоғары тұзды ортада тіршілік ету қабілетінің шектеулі екенін көрсетеді.

Температуралық фактордың әсері бойынша бактериялардың өсуі үшін оңтайлы жағдайлар 10–37 °C аралығында анықталды, бұл оларды қоңыржай климатта тіршілік ете алатын мезофильді микроорганизмдер қатарына жатқызуға мүмкіндік береді. Орта реакциясы да өсуге елеулі ықпал етеді: pH 3,0 және 5,0 кезінде өсу байқалмайды, яғни бактериялар қышқыл ортада тіршілік ете алмайды. Ең қарқынды өсу pH 7,0 және 9,0 жағдайында байқалды, бұл олардың сілтісүйгіш қасиеттерін және бейтарап немесе әлсіз сілтілі ортаны қолайлы көретінін көрсетеді.

Алынған мәліметтер зерттелген изоляттардың грамтеріс, қозғалмалы, оксидазаға оң реакция беретін мезофильді таяқша тәрізді бактериялар екенін, ферментативтік белсенділікке және ақуыздарды гидролиздеу қабілетіне ие екенін көрсетеді. Олар әлсіз тұздық әсерге төзімді және бейтарап әрі сілтілі ортада дами алады. Белгілердің жиынтығы бұл бактериялардың су экожүйелерінде кең таралған және жоғары экологиялық икемділігімен сипатталатын *Pseudomonas* туысына немесе оған жақын түрлерге жатуы мүмкін екенін меңзейді.

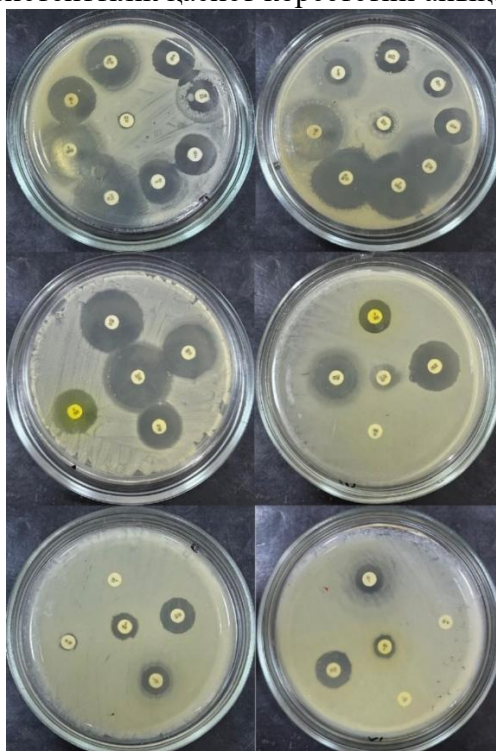
Молекулалық-генетикалық әдістермен талдау жүргізу үшін зерттелген бактерия колонияларының үлгілерінен ДНҚ бөлініп алынды. Ұсынылған электрофореграммада зерттелген үлгілерден алынған тоталды ДНҚ айқын көрінеді (4-сурет). 1–6 жолақтарда гельдің жоғарғы бөлігінде орналасқан айқын әрі жарық жолақтар байқалады, бұл жоғары молекулалық геномдық ДНҚ-ға сәйкес келеді. Мұндай орналасу молекулалардың ірі екенін және олардың фрагментация дәрежесінің төмендігін көрсетеді. Айқын жағылу немесе диффузды аймақтардың болмауы, бөлініп алынған материалдың сапасының жоғары екенін және ДНҚ-ның нуклеазалар немесе сыртқы факторлар әсерінен деградацияға ұшырамағанын дәлелдейді.



4-сурет – Бактериялардың алты изолятынан бөлініп алынған ДНҚ-ның гельдік электрофорездегі визуализациясы

Әртүрлі жолақтардағы жарқыраудың біркелкі интенсивтілігі ДНҚ-ны бөліп алу үдерісінің мұқият жүргізілгенін және барлық үлгілер үшін бірдей жағдайлар сақталғанын көрсетеді. Бұл сондай-ақ экстракция әдісінің тұрақтылығын және үлгілер арасында ДНҚ концентрациясы мен тазалығы бойынша елеулі айырмашылықтардың жоқ екенін дәлелдейді. Электрофорез нәтижелері алынған үлгілердің сапалы, зақымдалмаған геномдық ДНҚ-ны қамтитынын растайды, ол ПТР-талдау, жекелеген гендерді амплификациялау, секвенирлеу немесе микроорганизмдердің таксономиялық тиесілігін анықтау сияқты кейінгі молекулалық-генетикалық зерттеулер жүргізуге толық жарамды.

Жүргізілген резистенттік талдау нәтижесінде бөлініп алынған бактерия штамдарының мультирезистенттілік қасиет көрсететіні анықталды (5-сурет).



5-сурет – Кирби–Бауэр әдісі (дискті-диффузиялық әдіс) бойынша антибиотиктерге резистенттілікті талдау



Алты бактериялық колонияның антибиотиктерге сезімталдығын зерттеу әртүрлі класстарға жататын препараттарға олардың реакциясында айқын айырмашылықтардың бар екенін көрсетті (5-кесте). Жалпы алғанда, ең жоғары сезімталдықты №1 колония көрсетті: ол антибиотиктердің басым көпшілігінің әсерінен өсуінің айқын тежелуімен сипатталды, әсіресе хинолондар тобына (энрофлоксацин, норфлоксацин), аминогликозидтерге (гентамицин, стрептомицин), рифампицинге және біріктірілген триметоприм + сульфаметоксазол препаратына жоғары сезімталдық танытты. Сонымен қатар, №1 колония β -лактамы антибиотиктердің бірқатарына – цефазолинге, оксациллинге, сондай-ақ амфениколдар тобына төзімділік көрсетті, бұл β -лактамаза белсенділігімен байланысты резистенттік механизмдерінің болуы мүмкін екенін аңғартады.

5-кесте – Муратсай су қоймасының су үлгілерінен бөлініп алынған бактерия колонияларының антибиотиктерге төзімділік нәтижелері

№	Антибиотиктер	Ингибирленген аймақтың диаметрі (мм)					
		№1 колония	№2 колония	№3 колония	№4 колония	№5 колония	№6 колония
Пенициллиндер							
1	Оксациллин (ОХ, 1 мкг)	С (18,3±0,2)	Т (7,2±0,1)	Т (0)	Т (6,2±0,1)	Т (6,1±0,2)	Т (6)
2	Ампициллин (АМ, 10 мкг)	С (29±0,2)	Т (6,3±0,2)	Т (9,3±0,1)	Т (6±0,3)	Т (6±0,2)	Т (6,3±0,2)
3	Амоксициллин (АХ, 10 мкг)	С (20±0,3)	Т (9)	Т (0)	Т (6)	Т (6,3±0,2)	Т (6,5±0,4)
4	Пенициллин G (Р, 10 мкг)	С (27,5±0,4)	Т (9,4±0,3)	О (13,3±0,4)	Т (6,3±0,4)	Т (6)	Т (6±0,2)
Хинолондар							
5	Энрофлоксацин (ENR,5 мкг)	С (30,1±0,1)	С (29,1±0,1)	С (28,2±0,3)	С (23,3±0,1)	С (21,3±0,4)	С (23,2±0,1)
6	Норфлоксацин (NOR, 10 мкг)	С (25,5±0,4)	С (23,3±0,2)	С (29±0,2)	С (25±0,2)	С (23,3±0,1)	Т (0)
Цефалоспориндер							
7	Цефазолин (CZ, 30 мкг)	Т (0)	Т (0)	О (15,2±0,1)	Т (10,3±0,1)	Т (6,2±0,1)	Т (7,3±0,3)
Аминогликозидтер							
8	Гентамицин (CN, 10 мкг)	С (28±0,1)	Т (0)	С (21,2±0,2)	Т (0)	С (17,3±0,2)	С (17)
9	Стрептомицин (S, 10 мкг)	Т (0)	С (20,3±0,5)	С (16,1±0,3)	С (20,2±0,3)	С (18,2±0,3)	С (20,4±0,1)
Нитрофурандар							
10	Нитрофурантоин (F, 300 мкг)	С (20,1±0,2)	Т (12,1±0,14)	С (17,2±0,1)	О (15,3±0,4)	Т (13,1±0,2)	Т (13,3±0,2)
Тетрациклиндер							
11	Тетрациклин (TE, 30 мкг)	С (20,1±0,3)	С (20±0,4)	С (27,3±0,2)	С (21,3±0,1)	Т (12)	Т (12,5±0,2)
12	Окситетрациклин (Т, 30 мкг)	Т (0)	О (21,8±0,2)	О (28,2±0,4)	О (21)	Т (10,5±0,4)	Т (9,2±0,3)
Макролидтер							
13	Эритромицин (Е, 15 мкг)	Т (0)	О (20,1±0,2)	Т (0)	Т (0)	О (13,1±0,2)	О (17)
Линкомицины							
14	Линкомицин (L, 10 мкг)	О (15,1±0,1)	О (19,3±0,3)	Т (8)	Т (0)	Т (0)	Т (13,2±0,1)
Рифамициндер							



15	Рифампицин (RA, 5 мкг)	С (35±0,1)	Т (13,1±0,3)	О (17,2±0,2)	Т (10,5±0,3)	Т (8,2±0,4)	Т (9,1±0,2)
Кумариндер							
16	Новобиоцин (NV, 30 мкг)	О (20,3±0,2)	Т (16)	С (23,2±0,1)	О (18,2±0,1)	Т (15)	Т (16,3±0,1)
Амфениколдар							
17	Хлорамфеникол (С, 10 мкг)	Т (0)	С (19)	Т (12)	О (15,5±0,4)	О (16,2±0,1)	О (17,4±0,2)
18	Флорфеникол (FFC, 30 мкг)	Т (0)	С (33±0,1)	С (25,4±0,1)	С (25,1±0,2)	С (30)	С (30,3±0,2)
«Фоллий қышқылы синтезін тежейтін заттар»							
19	Триметоприм + сульфаметоксазол (SXT, 25 мкг)	С (30)	О (11,7±0,4)	Т (0)	О (12,2±0,2)	Т (10)	О (10,3±0,1)

Ескертпе: Т – төзімді, О – орташа төзімді, С – сезімтал, $\bar{X} \pm s$ – орташа мән және стандартты ауытқу.

№2 және №3 колониялар аралық сезімталдық көрсетті: олар пенициллиндерге және цефалоспориндерге төзімді болып, бірақ хинолондар, тетрациклиндер, аминогликозидтер және әсіресе флорфениколға сезімталдық танытты. Бұл олардың белок пен ДНҚ синтезіне әсер ететін препараттарға сезімталдығын сақтайтынын көрсетеді. №4–№6 колониялар айқын көп дәрілік төзімділікті көрсетті, тек кейбір хинолондарға, амфениколдарға және жеке жағдайларда аминогликозидтерге сезімталдық танытты. Бұл көп механизмді қорғауға ие төзімді штаммдардың болуы ықтималдығын білдіреді. Жалпы деректер бойынша ең белсенді антибиотиктер хинолондар (энрофлоксацин, норфлоксацин) және флорфеникол болып шықты, олар дерлік барлық колониялардың өсуін тиімді тежеді. Ең аз тиімді болғандар – пенициллиндер мен цефалоспориндер тобының өкілдері, бұл микроорганизмдердің β-лактамадарға кең тараған төзімділігін растайды. Алынған нәтижелер қоздырғышқа тән ерекшеліктерді және оның төзімділігін ескере отырып, антибиотиктерді рационалды таңдау қажеттілігін көрсетеді, сондай-ақ көп дәрілік антибиотикорезистенттіліктің дамуын болдырмау үшін антимикробты сезімталдықты мониторингтеудің маңызды екенін атап көрсетеді.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеу нәтижесінде Батыс Қазақстан облысындағы Муратсай су қоймасының суында антибиотиктерге төзімді бактериялардың таралуына кешенді бағалау жасалды. Су қоймасының адам әрекетімен байланысты айқын антропогендік әсерге ұшырайтыны анықталды, бұл жағалауда тұрмыстық қалдықтар мен малдардың нәжістері бар болуымен расталады. Аталған факторлар су экожүйесінде антибиотиктерге төзімді микроорганизмдердің қалыптасуы мен жиналуына қолайлы жағдай жасайды.

Микробиологиялық талдау барысында су сынамаларынан морфологиялық және культуралық сипаттамалары ұқсас грам-теріс қозғалмалы бактериялар бөлініп алынды. Биохимиялық тесттер изоляттардың оксидаза оң, желатинді гидролиздей алатын және мезофилді өсу типіне ие екенін көрсетті, бұл олардың су ортасына жоғары бейімделгіштігін білдіреді. Алынған белгілердің жиынтығы бөлінген штаммдарды табиғи су қоймаларында кең тараған *Pseudomonas* тобына жатқызуға мүмкіндік береді.

Антибиотикке сезімталдықты зерттеу барысында көп дәрілік төзімді штаммдардың бар екені анықталды. Ең жоғары төзімділік β-лактамадық антибиотиктерге тән болса, хинолондар мен амфениколдар дерлік барлық изоляттарға қатысты жоғары тиімділігін сақтады. Полирезистентті бактериялардың анықталуы су



қоймасының әлеуетті эпидемиологиялық қаупін көрсетіп, су ортасының антибиотик төзімділік гендерінің резервуары ретіндегі рөлін атап көрсетеді.

Алынған нәтижелер су объектілерінің, әсіресе тұрғындар пайдаланатын шаруашылық және рекреациялық мақсаттағы судың микробиологиялық жағдайын тұрақты мониторингтеудің қажеттілігін растайды. Экологиялық, микробиологиялық және молекулярлық-генетикалық әдістердің кешенді үйлесімі антибиотиктерге төзімділіктің таралу қаупін бағалауға және экологиялық әрі санитарлық-эпидемиологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету шараларын әзірлеуге перспективалық тәсіл болып табылады.

Алғыстар

Ғылыми зерттеулер Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің 2025-2027 жылдарға арналған ғылыми және (немесе) ғылыми-техникалық жобалар бойынша жас ғалымдарды гранттық қаржыландыруаясында AP27510713 «Жер үсті және жер асты суларының экожүйелерінде антибиотикрезистентті шартты-патогенді бактериялардың таралуын бағалау» тақырыбы бойынша жүргізілді.

ӘДЕБИЕТ

[1] Hendriksen R. S., Munk P., Njage P., van Bunnik B., McNally L., Lukjancenko O., Röder T., Nieuwenhuijse D., Pedersen S. K., Kjeldgaard J., Kaas R. S., Clausen P. T. L. C., Vogt J. K., Leekitcharoenphon P., van de Schans M. G. M., Zuidema T., de Roda Husman A. M., Rasmussen S., Petersen B., Wagenaar J. A., Heederik D., Aarestrup F. M. Қалалық кәріз суларына метагеномдық талдау негізінде микробқа қарсы төзімділікті жаһандық мониторингтеу / R. S. Hendriksen, P. Munk, P. Njage [et al.] // Nature Communications. – 2019. – Vol. 10. – Article No. 1124. – P. 1–12.

[2] Karkman A., Pärnänen K., Larsson D. G. J. Фекальды ластану антропогендік әсерге ұшыраған ортада антибиотикке төзімділік гендерінің молдығын түсіндіре алу / A. Karkman, K. Pärnänen, D. G. J. Larsson // Nature Communications. – 2019. – Vol. 10. – Article No. 80. – P. 1–8.

[3] Rizzo L., Manaia C., Merlin C., Schwartz T., Dagot C., Ploy M. C., Michael I., Fatta-Kassinos D. Қалалық ағынды суларды тазарту құрылыстары антибиотикке төзімді бактериялар мен гендердің қоршаған ортаға таралуының «ыстық нүктелері» ретінде: шолу / L. Rizzo, C. Manaia, C. Merlin [et al.] // Science of the Total Environment. – 2013. – Vol. 447. – P. 345–360.

[4] Berendonk T. U., Manaia C. M., Merlin C., Fatta-Kassinos D., Cytryn E., Walsh F., Bürgmann H., Sørum H., Norström M., Pons M. N., Kreuzinger N., Huovinen P., Stefani S., Schwartz T., Kisand V., Baquero F., Martinez J. L. Антибиотикке төзімділікпен күрес: экологиялық негіздеме / T. U. Berendonk, C. M. Manaia, C. Merlin [et al.] // Nature Reviews Microbiology. – 2015. – Vol. 13, № 5. – P. 310–317.

[5] Zhang Y., Li A., Dai T., Li F., Xiong W., Li Y., Wang P., He Z., Zhou J., Hu H. Ағынды суларды тазарту құрылыстарында антибиотикке төзімділік гендерінің кездесуі және жойылуы: жүйелі шолу / Y. Zhang, A. Li, T. Dai [et al.] // Water Research. – 2020. – Vol. 185. – Article No. 116290. – P. 1–12.

[6] Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы. Микробқа қарсы төзімділік: қадағалау жөніндегі жаһандық есеп, 2014 / WHO // World Health Organization Press. – Женева, 2014. – 256 б.



[7] Bertani G. Лизогенезді зерттеу. I. Лизогенді *Escherichia coli* бактериясынан фагтың босап шығу механизмі // *J. bacteriol.* – 1951. – Vol. 62, № 3. – P. 293–300. – DOI: 10.1128/JB.62.3.293-300.1951.

[8] Берджи бактериялар анықтағышы. 2 томда. Т. 1: Ағылшын тілінен ауд. / Дж. Хоулт, Н. Криг, П. Снит, Дж. Стейли, С. Уилльямс ред. – М.: Мир, 1997. – 432 б.

[9] El-Barbary M., Hal A. Египеттегі Эль-Серв балық фермасында кейбір бактериялық патогендерді бөліп алу және молекулалық сипаттау // *Egypt. J. Aqua. Bio. Fish.* – 2016. – Vol. 20. – P. 115–127. – DOI: 10.21608/ejabf.2016.11183.

[10] Влодавец В.В., Трухина Г.М., Смирнова М.Н., Колкер И.И., Борисова О.К., Гаврилова Н.В., Белокрысенко С.С., Канарейкина С.К., Якименко В.В. Ауруханаішілік инфекция қоздырғыштары болып табылатын грамтеріс әлеуетті патогенді бактерияларды анықтау. – Әдістемелік ұсынымдар (жергілікті денсаулық сақтау органдарының қайта басып шығару құқығымен), Мәскеу, М.Ф. Владимирский атындағы МОНИКИ, 1986. – 37 б.

[11] Gufe C., Hodobo T. C., Mbonjani B., Majonga O., Marumure J., Musari S., Gilbert J., Pious V. M., Jairus M. Зимбабвенің Муфакосе ауданындағы бей ресми нарықтас атылатын балықтан бөлініп алынған бактериялардың микробқа қарсы профилі // *Int. J. Microbiol.* – 2019. – P. 1–7. – DOI: 10.1155/2019/8759636.

[12] Johnsen K., Andersen S., Jacobsen C. S. Фенантрендідырататын флуоресцентті *Pseudomonas* биотиптерінің фенотиптік және генотиптік сипаттамасы // *Appl. Environ. Microbiol.* – 1996. – Vol. 62, № 10. – P. 3818–3825.

[13] Scarpellini M., Franzetti L., Galli A. *Pseudomonas fluorescens* және оның биотипін сәйкестендіруге арналған ПТР-тесті әзірлеу // *FEMS Microbiol. Lett.* – 2004. – Vol. 236, № 2. – P. 257–260. – DOI: 10.1016/j.femsle.2004.05.043.

[14] Hudzicki J. Кирби–Бауэр дискілік диффузиялық әдісімен сезімталдықты анықтау хаттамасы // *A. S. M.* – 2009. – P. 1–23.

[15] Клиникалық және зертханалық стандарттар институты (CLSI). Микробқа қарсы сезімталдықты анықтау бойынша тиімділік стандарттары. 32-басылым. CLSI қосымшасы M100 (ISBN 978-1-68440-134-5 [Print]; ISBN 978-1-68440-135-2 [Electronic]). – Clinical and Laboratory Standards Institute, АҚШ, 2022. – 362 б.

[16] «Әділет» ақпараттық-құқықтық жүйесі. Қазақстан Республикасының нормативтік-құқықтық актісі № V14Z0003781. URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V14Z0003781> (қолданылған күні: 03.11.2025).

REFERENCES

[1] Hendriksen, R. S., Munk, P., Njage, P., van Bunnik, B., McNally, L., Lukjancenko, O., Röder, T., Nieuwenhuijse, D., Pedersen, S. K., Kjeldgaard, J., Kaas, R. S., Clausen, P. T. L. C., Vogt, J. K., Leekitcharoenphon, P., van de Schans, M. G. M., Zuidema, T., de Roda Husman, A. M., Rasmussen, S., Petersen, B., Wagenaar, J. A., Heederik, D., Aarestrup, F. M. (2019). Global monitoring of antimicrobial resistance based on metagenomics analyses of urban sewage. *Nature Communications*, [Qalalyq káriz sularına metagenomdyq taldaу negizinde mikroqqa qarsy tözimdilikti jahandyq monitoringteu] 10, 1124, 1–12 [in English].

[2] Karkman, A., Pärnänen, K., Larsson, D. G. J. (2019). Fecal pollution can explain antibiotic resistance gene abundances in anthropogenically impacted environments. *Nature Communications*, [Fekaldyq lastanu antropogendik áserge úsyraǵan ortada antibiotikke tözimdilik genderiniń moldyǵyn túsindire alady] 10, 80, 1–8 [in English].



[3] Rizzo, L., Manaia, C., Merlin, C., Schwartz, T., Dagot, C., Ploy, M. C., Michael, I., Fatta-Kassinos, D. (2013). Urban wastewater treatment plants as hotspots for antibiotic resistant bacteria and genes spread into the environment: a review. *Science of the Total Environment*, [Qalalyq aғынды sulardy tazartu qurylystary antibiotikke tözimdi bakteriyalar men genderdiń qorshaǵan ortaǵa taraluynyń “ystyq núkteleri” retinde: sholu] 447, 345–360 [in English].

[4] Berendonk, T. U., Manaia, C. M., Merlin, C., Fatta-Kassinos, D., Cytryn, E., Walsh, F., Bürgmann, H., Sørum, H., Norström, M., Pons, M. N., Kreuzinger, N., Huovinen, P., Stefani, S., Schwartz, T., Kisand, V., Baquero, F., Martinez, J. L. (2015). Tackling antibiotic resistance: the environmental framework. *Nature Reviews Microbiology*, [Antibiotikke tözimdikpen kúres: ekologialyq negizdeme] 13, 5, 310–317 [in English].

[5] Zhang, Y., Li, A., Dai, T., Li, F., Xiong, W., Li, Y., Wang, P., He, Z., Zhou, J., Hu, H. (2020). Occurrence and removal of antibiotic resistance genes in wastewater treatment plants: a systematic review, *Water Research*, [Aғынды sulardy tazartu qurylystarynda antibiotikke tözimdik genderiniń kezdesui jáne joıyluy: júielik sholu] 185, 1–12 [in English].

[6] World Health Organization. (2014). Antimicrobial resistance: global report on surveillance. *World Health Organization Press*, [Mikrobqa qarsy tözimdik: qadaǵalau jónindegi jahandyq esep, 2014] 256 [in English].

[7] Bertani, G. (1951). Studies on lysogenesis. I. The mode of phage liberation by lysogenic *Escherichia coli*. *J. bacteriol.*, [Lizogenezdi zertteu. I. Lizogendi *Escherichia coli* bakteriasyn anfaqtyń bosapshyǵu mehanizmi] 62, 3, 293–300 [in English].

[8] Bergy, D. P., Holt, J. G., Krieg, N. R., Sneath, P. H., Staley, J. T., Williams, S. T. (1997). *Opredelitel’ bakterij Berji: [Berdji bakteriyalar anyqtaǵyshy] v 2 t. T. 1 [Bergey’s (1997) Manual of Determinative Bacteriology: v 2 t. T. 1]: Mir, 432 [in Russian].*

[9] El-Barbary, M., Hal A. (2016). Isolation and molecular characterization of some bacterial pathogens in El-Serw fish farm, *[Egipettegi El-Serv balyq fermasynda keibir bakterialyq patogenderdi bólib alu jáne molekualyq sipattau]* Egypt. *Egypt. J. Aqua. Bio. Fish.*, 20, 115–127 [in English].

[10] Vlodavets, V. V., Trukhina, G. M., Smirnova, M. N., Kolker, I. I., Borisova, O. K., Gavrilova, N. V., Belokrysenko, S. S., Kanareikina, S. K., Yakimenko, V. V. (1986). *Opreделение gramotritsatel’nykh potentsial’no patogennykh bakterij – vzbuditelej vnutribol’nichnykh infekcij: metodicheskie rekomendacii (s pravom pereizdaniya mestnymi organami zdravookhraneniya) [Determination of Gram-negative Potentially Pathogenic Bacteria – Causative Agents of Nosocomial Infections: Methodological Guidelines (with the Right for Reissue by Local Health Authorities)] [Auruhanaiishilik infekcia qozdyrgyshtary bolyp tabylatyn gramteris áleuetti patogendi bakterialardy anyqtau]* Moscow: MONIKI named after M. F. Vladimirovsky, 37 [in Russian].

[11] Gufe, C., Hodobo, T. C., Mbonjani, B., Majonga, O., Marumure, J., Musari, S., Gilbert, J., Pious, V. M., Jairus, M. (2019). Antimicrobial profiling of bacteria isolated from fish sold at informal market in Mufakose, [Zimbabveniń Mufakose audanyndaǵy beiresemi naryqta satylatyn balyqtan bólinip alǵan bakterialardyń mikrobqa qarsy profili] Zimbabwe. *Int. J. Microbiol.*, 1–7 [in English].

[12] Johnsen, K., Andersen, S., Jacobsen, C.S. (1996). Phenotypic and genotypic characterization of phenanthrene-degrading fluorescent *Pseudomonas* biotypes [Fenantrendiydyratyn fluorescentti *Pseudomonas* biotipteriniń fenotiptik jáne genotiptik sipattamasy]. *Appl. Environ. Microbiol.*, 62, 10, 3818–3825 [in English].



[13] Scarpellini, M., Franzetti, L., Galli, A. (2004). Development of PCR assay to identify *Pseudomonas fluorescens* and its biotype. [*Pseudomonas fluorescens* және onyń biotipin sáikeslendiruge arnalǵan PTR-testin ázirleu] *FEMS Microbiol. Lett.*, 236, 2, 257-260[in English].

[14] Hudzicki, J. (2009) Kirby-Bauer disk diffusion susceptibility test protocol. [Kirbi–Bauer diskilik diffuzialyq ádisimen sezimtal dyqty anyqtau hattamasy] *A. S. M*, 1-23[in English].

[15] Clinical and laboratory standards institute. (2022). Performance standards for antimicrobial susceptibility testing. [Mikrobqa qarsy sezimtal dyqty anyqtau boiynsha tiimdilik standartary] 32nd ed. CLSI supplement M100 (ISBN 978-1-68440-134-5 [Print]; ISBN 978-1-68440-135-2 [Electronic]). *Clinical and laboratory standards institute, USA*, 362 [in English].

[16] Informatsionno-pravovaya sistema “Ádilet”. Normativno-pravovoy akt Respubliki Kazakhstan № V14Z0003781 [Information and legal system “Ádilet”. Normative legal act of the Republic of Kazakhstan № V14Z0003781]. [«Ádilet» aqparattyq-qúqyqty qjúiesi. Qazaqstan Respublikasynyń normativtik-qúqyqtyq aktisi] – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V14Z0003781> (accessed 03.11.2025) [in Russian].

**S.S.Bakiyev, M.G.Kakishev, A.A. Kabdrakhimov, T.A.Armanov, D.N.Dushchanova,
D.S.Taukhaeva**

ANALYSIS OF THE DISTRIBUTION OF ANTIBIOTIC-RESISTANT BACTERIA IN THE WATER OF THE MURATSAI RESERVOIR

Annotation. Antibiotic resistance of microorganisms in aquatic ecosystems is one of the most pressing environmental and biomedical challenges of modern times. Aquatic environments act as significant reservoirs for the accumulation and dissemination of antibiotic-resistant bacteria due to the extensive use of antimicrobial agents in human medicine, livestock production, and agriculture. The aim of this study was to assess the distribution and biological characteristics of antibiotic-resistant bacteria in the water of the Muratsai Reservoir (West Kazakhstan Region). Water samples were collected from surface and bottom layers at sites with the highest anthropogenic impact. Bacteriological analysis included cultivation of microorganisms on Luria–Bertani medium, examination of morphological and physiological-biochemical characteristics, and determination of antibiotic susceptibility using the disk diffusion method. In addition, total DNA was extracted from the isolated strains and visualized by agarose gel electrophoresis to confirm the suitability of the samples for molecular genetic studies. The results revealed Gram-negative, motile, oxidase-positive mesophilic bacteria exhibiting resistance to several β -lactam antibiotics and displaying features of multidrug resistance. Fluoroquinolones and amphenicols demonstrated the highest antibacterial activity, whereas penicillins and cephalosporins were the least effective. The findings indicate significant anthropogenic pressure on the reservoir and highlight the importance of continuous monitoring of antibiotic-resistant bacteria in surface water bodies to ensure environmental safety and public health protection.

Keywords: antibiotic resistance; aquatic ecosystems; surface waters; Gram-negative bacteria; Muratsai Reservoir.

**Бакиев С.С., Какишев М.Г., Кабдрахимов А.А., Арманов Т.А., Душанова Д.Н.,
Таухаева Д.С.**

АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ РЕЗИСТЕНТНЫХ К АНТИБИОТИКАМ БАКТЕРИЙ В ВОДЕ МУРАТСАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Аннотация. Антибиотикорезистентность микроорганизмов в водных экосистемах представляет собой одну из наиболее серьезных экологических и медико-биологических



проблем современности. Водная среда служит важным резервуаром накопления и распространения устойчивых к антибиотикам бактерий, что связано с интенсивным использованием антибактериальных препаратов в медицине, животноводстве и сельском хозяйстве. Целью настоящего исследования являлась оценка распространённости и биологических свойств антибиотикорезистентных бактерий в воде Муратсайского водохранилища (Западно-Казахстанская область). Отбор проб воды проводили с поверхности и глубины водоёма в зонах наибольшего антропогенного воздействия. Бактериологический анализ включал культивирование микроорганизмов на питательной среде Лурия–Бертани, изучение морфологических и физиолого-биохимических свойств, а также определение чувствительности выделенных штаммов к антибиотикам диско-диффузионным методом. Для подтверждения пригодности культур к молекулярно-генетическим исследованиям была проведена экстракция тотальной ДНК и её визуализация методом гель-электрофореза. В результате исследования выделены грамотрицательные, подвижные, оксидазоположительные бактерии мезофильного типа, устойчивые к ряду β -лактамовых антибиотиков и обладающие признаками множественной лекарственной устойчивости. Наиболее эффективными препаратами оказались хинолоны и амфениколы, тогда как пенициллины и цефалоспорины продемонстрировали низкую активность. Полученные данные свидетельствуют о значительном антропогенном влиянии на водоём и подчёркивают необходимость постоянного мониторинга антибиотикорезистентных бактерий в поверхностных водах.

Ключевые слова: антибиотикорезистентность; водные экосистемы; поверхностные воды; грамотрицательные бактерии; Муратсайское водохранилище.