

## ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖАҒДАЙДА ЛАСТАНҒАН ТОПЫРАҚТАҒЫ ХИМИЯЛЫҚ ЭЛЕМЕНТТЕРДІҢ БИОИНДИКАТОР АҒЗАСЫНДА ЖИНАҚТАЛУЫ

\*А.Ш. Қыдырмолдина<sup>1</sup>, А.Ж. Абаева<sup>2</sup>, Е.М. Тұрсынхан<sup>3</sup>, Т.А. Амангелді<sup>3</sup>,  
Э.Қ. Омарханова<sup>1</sup>, Р.С. Жайрбаева<sup>1</sup>, Э.О. Кожаметова<sup>1</sup>, Л.А. Оберкулова<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Астана қаласындағы Физика-математика бағытындағы

Назарбаев зияткерлік мектебі, Астана қ.

<sup>2</sup>Назарбаев университеті, Астана қ.

<sup>3</sup>Riviera халықаралық мектебі, Астана қ.

<sup>4</sup>Семей қаласындағы Физика-математика бағытындағы

Назарбаев зияткерлік мектебі, Семей қ.

\*a\_kydyrmoldina@mail.ru

### Аңдатпа

Мақалада Өскемен қаласындағы Үлбі металлургиялық зауытының маңындағы топырақтың ластану деңгейі биоиндикациялық әдіспен анықталған. Зерттеу объектісі ретінде *Achatina fulica* ұлулары алынып, олардың ағзасындағы ауыр металдар мен макроэлементтердің өзара байланысы және жинақталу динамикасы бақыланған. Эксперименттік зерттеу жұмысы 40 ұлуда 48 күн бойы жүргізілген. Таңдалған жануарларға ауыр металдармен ластанған топырақ субстрат ретінде қолданылған. Олардан апта сайын биологиялық үлгілер алынып, ағзасындағы әртүрлі химиялық элементтердің мөлшерін анықтау үшін масс-спектрометриялық әдіспен элементтік талдау жүргізілген. Жиналған деректер арқылы топырақтағы ластанушы заттардың тірі ағзаға әсері мен жинақталу қарқыны талданған. Зерттеу нәтижелері биоиндикатор ағзаларды қоршаған ортаның мониторингін қолдану тиімділігін дәлелдейді.

**Түйінді сөздер:** ұлулар, *Achatina fulica*, биоиндикация, экологиялық мониторинг, ауыр металдар, макроэлементтер, топырақ ластануы.

**Кіріспе.** Қоршаған ортаның техногендік ластануы, әсіресе топырақ құрамындағы зиянды химиялық элементтердің артуы, қазіргі экология ғылымындағы күрделі мәселелердің бірі болып отыр. Бұл жағдайды бағалаудың тиімді әдістерінің бірі – биоиндикатор ағзаларды қолдану, себебі олар арқылы ластанушы заттардың тірі организмдерде

жинақталу деңгейін анықтап, экожүйедегі өзгерістерді бақылауға болады [1-4].

Дүниежүзілік Денсаулық Сақтау ұйымы берген мәлеметтерге сәйкес адам денсаулығы 20% қоршаған орта жағдайларына байланысты болып табылады [5,6].

Адамзат үнемі қоршаған ортаны ластайтын факторларының ықпалына ұшырап отырады. Қазіргі кезде ғылым-техникалық даму үдерісі адамзаттың ластану факторларының ықпалына ұшырауын жасанды көздерден де алатындай жағдайға жеткізді. Сондықтан да ауыр металдар өндірісінің әсерін медицина, әсіресе радиобиология салаларында зерттеу өте маңызды [7].

**А. Boluspaeva және әріптестері** Өскемен қаласының топырағы мен қар жамылғысындағы уран (U) және торий (Th) элементтерінің шоғырлануын зерттеген. Авторлар радионуклидтердің жоғары концентрациясы қаланың кейбір аумақтарында байқалатынын және бұл жағдай табиғи геохимиялық ерекшеліктер мен өнеркәсіптік факторлардың әсерінен болуы мүмкін екенін атап көрсеткен. Зерттеу нәтижесінде **Th/U қатынасы жоғары** екені анықталған, бұл **топырақта торийге бай минералдардың** барын білдіреді [8].

Жоғарыда аталған мәліметтер А.Р. Ялалтдинованың еңбегіндегі Үлбі металлургиялық зауыты маңындағы уран мен торийдің жоғары деңгейі туралы деректерді толықтырады. Аталған зерттеу бойынша радионуклидтік ластану деңгейі жайлы ғылыми деректер 2016 жылы Томск қаласында өткен VI Халықаралық

конференцияда ұсынылған.

Кестеде көрсетілгендей, зауытқа жақын орналасқан аймақтарда уран (U) және торий (Th) элементтерінің шоғырлану деңгейі табиғи ортадағы көрсеткіштермен салыстырғанда айтарлықтай жоғары.

1-кестеде зауыт маңындағы топырақтағы уранның орташа мөлшері – 2,90 мг/кг, ал торий – 7,50 мг/кг екендігі көрсетілген. Бұл көрсеткіштер табиғи ортаға тән мәндермен салыстырғанда едәуір жоғары: 2-кестеге сәйкес, қаланың табиғи ортасындағы топырақта уран – 1,44 мг/кг, торий – 6,30 мг/кг. Сонымен қатар Th/U қатынасы зауыт маңында – 2,90 болса, табиғи ортада – 4,40-қа тең. Th/U қатынасының төмендеуі торийдің табиғи фонында уран мөлшерінің артып отырғанын, яғни уранмен ластану ықтималдығының жоғары екенін көрсетеді [9].

Биоиндикация әдістері әртүрлі организмдерге негізделуі мүмкін. Мысалы, өсімдіктер, саңырауқұлақтар, топырақтағы микроағзалар және ұлулар ауыр металдардың жинақталуына сезімтал болып келеді. S. Ghannem және әріптестерінің зерттеуінде топырақ пен шөгінділерде тіршілік ететін өсімдіктер мен микроағзалардың ауыр металдарға биоиндикатор ретіндегі жауаптары талданған. Зерттеуде атом-абсорбциялық спектроскопия және рентгенофлуоресценция әдістері қолданылып, ауыр металдар топырақта артқан сайын, ағзалардың

тіндерінде жинақталатынын, биоиндикатор ағзалар қоршаған орта ластануын ерте кезеңде анықтауға мүмкіндік беретін тиімді құрал екенін көрсетті [10].

Бірқатар авторлар *Contectiana listeri*, *Lymnaea stagnalis*, *Bithynia tentaculata* ұлуларын қолданып, Оралдың оңтүстігіндегі екі көлдегі ауыр металдар (Cu, Zn, Mn, Fe) жинақталуын X-ray fluorescence (XRF) спектрометриялық әдісінің көмегімен зерттеген. Зерттеу барысында ұлулардың жұмсартылған тіндерінде **мырыш (Zn) мен мыс (Cu)** жоғары концентрацияда жиналған, ал бұл биоаккумуляция коэффициенттерінің жоғары болуымен байланысты делінген. Сонымен қатар ұлу қабықтарында да белгілі дәрежеде элементтер кездескен және су ортасындағы метал концентрациясы мен ұлу ағзасындағы метал концентрациясы арасында статистикалық маңызы бар корреляция бар екені анықталған [11,12].

Сонымен бірге R. Scheifler және авторластарының еңбегінде зерттеу барысында *Helix aspersa* ұлуларының ағзасында ауыр металдардың жинақталуы Ливанның ауылшаруашылық және өнеркәсіптік аймақтарында зерттелген. Элементтердің ұлу денесі мен қабыршағында жинақталу ерекшелігі анықталған. Мырыш (Zn) пен мыс (Cu) жұмсақ тіндерде жоғары концентрацияда анықталып, бұл ұлулардың аталған металдар бойынша макроаккумулятор екенін дәлелдеген [13].

1-кесте. Өскемен қаласының зауыт маңындағы уран және торий, уран-торий қатынасы

| Өлшемі                 | U, мг\кг | Th, мг/кг | Th/U |
|------------------------|----------|-----------|------|
| Топырақ жа-<br>мылғысы | 2,90     | 7,50      | 2,90 |

2-кесте. Өскемен қаласының табиғи ортасындағы уран және торий, уран-торий қатынасы

| Өлшемі                 | U, мг\кг | Th, мг/кг | Th/U |
|------------------------|----------|-----------|------|
| Топырақ жа-<br>мылғысы | 1,44     | 6,30      | 4,40 |

Соңғы жылдары әлемде **ұлуларға деген сұраныс тұрақты түрде артып келеді**. Сарапшылардың мәліметіне сүйенсек, қазіргі уақытта **жыл сайын 420–450 мың тонна ұлулар саудаға түседі**, бұл нарықтың жалпы көлемі шамамен **10 миллиард еуроны құрайды**. Франция өз қажеттілігінің **80%-ын**, ал Италия шамамен **60%-ын** импорт арқылы қамтамасыз етеді. Ұлулардың **экспорттық әлеуеті шамамен 200 миллион еуро** деп бағаланады [14].

Украинадағы «Здравлик» сияқты ұлу фермалары биоиндикатор ағза ретінде өсірілетін моллюскаларды **құстар үшін ақуыз көзі** ретінде пайдаланады. Бұл жағдай ауыр металдармен ластанған аймақтарда өсірілетін ұлулар арқылы **зиянды заттардың қоректік тізбек арқылы жануарлар мен адамдарға өту қаупін** арттырады. Сондықтан осындай аймақтарда өсірілген биоиндикатор ағзалар арқылы **химиялық ластанудың таралу жолдарын** зерттеу маңызды экологиялық және санитарлық мәнге ие [15].

Аталмыш әдебиеттерден субстраттағы ауыр металдар мен макроэлементтердің ұлулар ағзасында жинақталуы туралы зерттелгенін анықтай аламыз. Алайда Өскемен қаласының ауыр металл өндірісімен айналысатын Үлбі металлургиялық зауытының маңындағы топырақ химиялық элементтерінің жануарлар ағзасында белгілі бір уақыт аралығында жинақталу динамикасын зерттеу аясында жұмыстар жүргізілмеген. Сондықтан зерттеу жұмысы осы қаланың топырағында тіршілік еткен ұлулар денесіндегі химиялық элементтердің жиналуын анықтауға бағытталған. Зерттеу мақсатында қолданылған субстрат аталған қаладағы уран, берилий, торий сияқты ауыр металдарды өңдейтін Үлбі металлургиялық зауытының маңайынан алынды. Зауыттың маңайынан алынған топырақ жануарлар ағзаларында химиялық элементтердің жинақталуын айқын, әрі толық зерттеуге мүмкіндік береді.

**Материалдар мен әдістері.** Биообъектілердің қолжетімді болуы зерттеу жұмысын бірнеше рет жүргізуге мүмкіндік беретіндіктен зерттеу обь-

ектісі ретінде салмақтары  $18 \pm 2$  грамм, ұзындықтары  $4 \pm 0.5$  см, биіктіктері 2 см 40 гермафродит *Achatina Fulica* ұлулары таңдалды.

Былықылдақ денелілердің бұл түрі - күй талғамайтын омыртқасыз жәндіктердің бірі. Оларды тамақтандыру, белгілі бір орнынға орналастыру аса қиындық тудармайды. Зертханалық жағдайларға бейімделу үшін ұлулар қиярдың тек бір сортымен қоректендірілді.

Ұзындығы 25 см, ені 15 см болатын әр контейнерге 5 зерттеу объектісінен орналастырылды. Эксперименттік зерттеу жағдайларына бейімделу мақсатында биообъектілер 14 күн бойы топырақсыз, қиярдың тек бір сортымен қоректендірілді.

Эвтаназия жұмыстарының жүргізілу барысы 2016 жылы ғалымдар Cody R. Gilbertson және Jeffrey D. Wyatt ұсынып отырған зерттеу әдістемесі арқылы жүзеге асырылды. Берілген зерттеу жұмысында 63 *Succinea putris* ұлуларына 4,74%, 5%, 70%, 90% этил спиртінің ерітінділері мен дистилденген суда анестезия жүргізген. Ұлулардың тіршілік әрекетінде көпіршіктердің пайда болуы, ұлу денесінің тартылуы мен дефекация, шырыштың пайда болуы сияқты реакциялардың болуын зерттеу арқылы 4,74% мен 5% этиль спиртінің ерітінділері эвтаназия жұмыстарын этикалық принциптерге сай жүргізілуіне қолайлы екені анықталған.

Ұлулардың организміндегі ауыр металдардың мөлшерін анықтау мақсатында талдауға дейін екі сатылы эвтаназия жұмыстары жүргізілді. Биоэтикалық жағдайлар мен этикалық нормалардың сақталуы үшін биообъектілер 5% этил спиртінің ерітіндісіне енгізілді. Нәтижесінде олар қозғалмалы қасиетінен айырылып, сыртқы тітіркендіргіштерге, мысалы инъекция жұмыстарына реакциясын жоғалтады. Алайда бұл манипуляциядан соң бір сағат көлемінде қайтадан өз қалпына келе алады. Жоғарыда аталған әдіс бойынша ұлулар концентрлі этил спиртіне салынса, қиналмай, бұлшықеттері сіреспей тіршілігін тоқтатады. Бұл зерттеу жұмысын ары қарай жалғастыруға мүмкіндік береді [16].

|                                                                                                                         |                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>Бақылау тобында зерттелетін ұлулар | <br>Алғашқы 4 күнде зерттелетін ұлулар                       |
| <br>8 күнде зерттелетін ұлулар         | <br>16 күнде зерттелетін ұлулар                              |
| <br>32 күнде зерттелетін ұлулар        | <br>40 күнде зерттелетін ұлулар                              |
| <br>48 күнде зерттелетін ұлулар        | <br>48 күнде зерттелетін субстратқа орналастырылмаған ұлулар |

1-сурет. Зерттеу диаграммасы

Зерттеу әдістемесіне сәйкес топырақтың құрамы мен ұлу ағзасындағы ауыр металдар мен макроэлементтердің мөлшерін анықтау үшін Абай облысы Курчатов қаласындағы «Радиациялық Қауіпсіздік және Экология институты» білім орталығында элементтік талдау зертханасындағы масс-спектрометрия талдауы жүргізілді. Талдау барысында 14 химиялық элемент мөлшері анықталды. Олардың ішінде, ауыр металдар тобы: V, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb, Cr, Cu, Sr, Cd, U және макроэлементтер тобы: K, Ca, Mg, Na.

Элементтік талдау зертханасы «Сынақ және калибреу зертханаларының құзіреттілігіне қойылатын жалпы талаптар» МемСТ ИСО/МЭК 17025-2009 талаптарына сәйкес Қазақстан Республикасының аккредиттеу жүйесінде аккредиттелген.

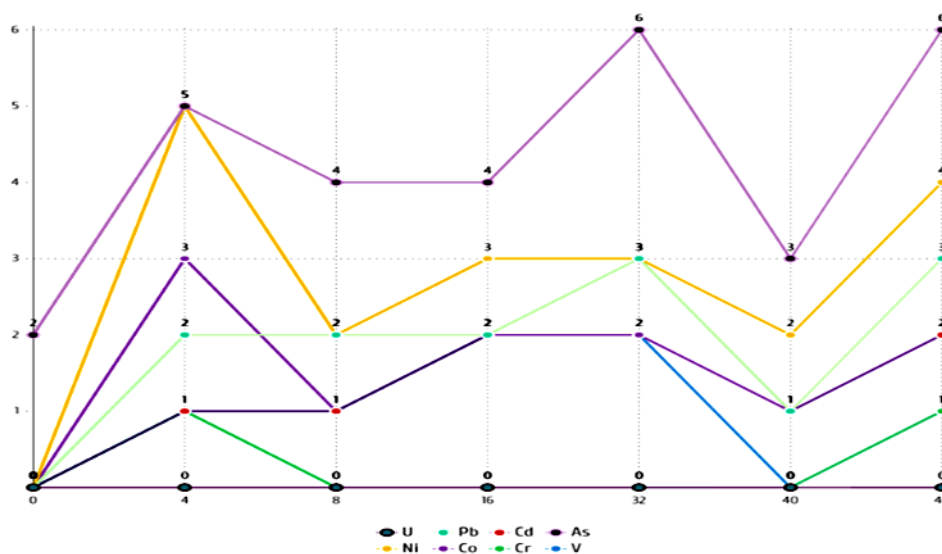
**Нәтижелер мен талқылау.** Жұмыс барысында нәтижесі 2,3-суреттерде көрсетілгендей биоиндикаторлардың ағзасындағы ауыр металдар мен макро-

элементтердің жинақталу динамикасы зерттелді. Бірінші және екінші графиктерге сәйкес, ауыр металдар 0-4 күн аралығында ұлулардың ағзасына сіңіріледі, себебі берілген мөлшері бақылау тобынан жоғарырақ ( $p < 0.001$ ) екенін байқауға болады.

Алайда кейінгі 8 күнге дейін мөлшері төмендеп, ұлу ағзасы ауыр металдардың артық мөлшерінен арылуға тырысатынын атап өтуге болады. Ауыр металдардың 16 күнге дейінгі аралықта қайта артып, ұлу ағзасында жинақталып отыратынын аңғарамыз. Бірінші графикте ұсынылған 32 күн аралығында биообъект денесіндегі ауыр металдар мөлшеріне сәйкес қызықты мәліметтерді аңғаруға болады: 32 күнге сәйкес көрсеткіштер графиктегі ең жоғары мәндерді қабылдайды. Ең көп мөлшерде жинақталатын ауыр металдардың бірі - Zn 32 күнде ( $p < 0.001$ )  $50.0 \pm 8.00$  мг/кг-нан  $180 \pm 27.0$  мг/кг жетіп, айтарлықтай жоғары мәнді көрсеткен.

3-кесте. Субстратқа орналастырылмаған ұлулар ағзасындағы химиялық элементтердің мөлшері, мг/кг

| Химиялық элементтер                                                                                                                                                                                                                 | V                  | Cr                 | Co                 | Ni                 | Cu              | Zn                 | As            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|--------------------|---------------|
| 48-күн                                                                                                                                                                                                                              | 0.25±0.04<br>** oo | 2.20±0.35*<br>* oo | 0.26±0.04<br>** oo | 1.00±0.16<br>** oo | 39.00±6.00** o  | 120.00±18.00**     | 4.60±0.73**   |
|                                                                                                                                                                                                                                     | Cd                 | Pb                 | U                  | K                  | Na              | Mg                 | Ca            |
|                                                                                                                                                                                                                                     | 1.30±0.21<br>** oo | 0.70±0.11<br>oo    | 0.09±0.01<br>** o  | 7300±110<br>o o    | 3900±59<br>o* o | 6600±99<br>o** o o | 20.0±3.00** o |
| *- бақылау тобына сай айырмашылық нақтылығы(p<0.05)<br>** - бақылау тобына сай айырмашылық нақтылығы(p<0. 0.001)<br>o - 48-күн тобына сай айырмашылық нақтылығы(p<0.05)<br>oo - 48-күн тобына сай айырмашылық нақтылығы(p<0. 0.001) |                    |                    |                    |                    |                 |                    |               |

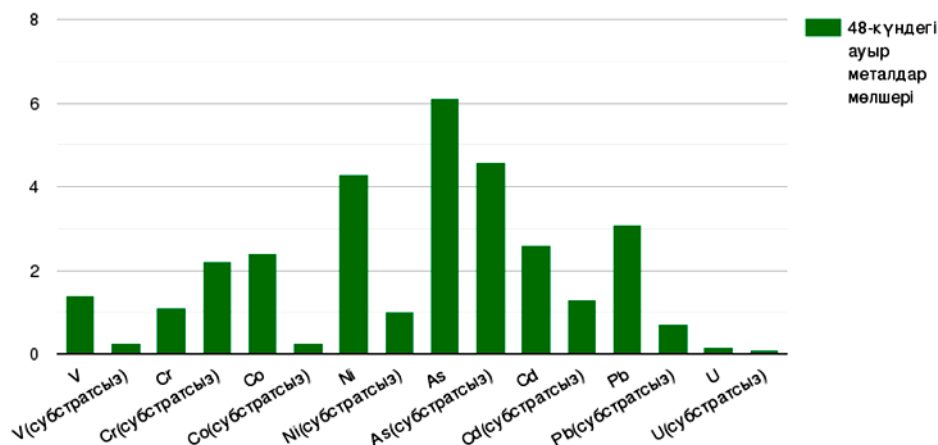


2-сурет. Ауыр металдардың жинақталу динамикасы

Кейін 40-күнге келгенде ауыр металдар мөлшері қайта азайған, алайда ауыр металдар мөлшері бастапқы бақылау тобынан жоғары мәнге ие болды. Бақылау тобының көрсеткіштерінде кобальт элементінің мөлшері  $0.12 \pm 0.02$  мг/кг құраса, 40 күн ішінде  $0.88$  мг/кг арта түскен. Алайда 48-күнге келгенде мөлшері қайта арта түседі, алайда мөлшері 32 күннен қарағанда әлдеқайда төменірек мәнді қабылдайды. Мәселен, кадмий мөлшері 32 күнде ең жоғарғы көрсеткіш  $3.20 \pm 0.05$  мг/кг көрсетсе, 48 күнде  $2.60 \pm 0.42$  мг/кг құрайды.

3-суреттен 48 күнге дейін топырақта тіршілік еткен және топырақсыз

өмір сүрген ұлулар организміндегі ауыр металдардың көрсеткіштеріндегі айтарлықтай айырмашылықты байқай аламыз. Субстратсыз тіршілік еткен ұлулар организміндегі ауыр металдардың мөлшері 48 күн бойы топырақта өмір сүрген ұлулардың организмінде жинақталған ауыр металдар мөлшерінен төмен көрсеткішті қабылдайды. Мысалы, субстраттағы ағзалар денесінде никель 48-күнде  $4.30 \pm 0.68$  мг/кг болса, субстратсыз тіршілік еткен ұлулар организміндегі никель мөлшері шамамен 4 есе аз, яғни  $1.00 \pm 0.16$  мг/кг ғана құрайды ( $p < 0.001$ ).



3-сурет. Субстратта тіршілік еткен және етпеген ұлулардың ағзасындағы ауыр металдардың жинақталу динамикасының айырмашылығы

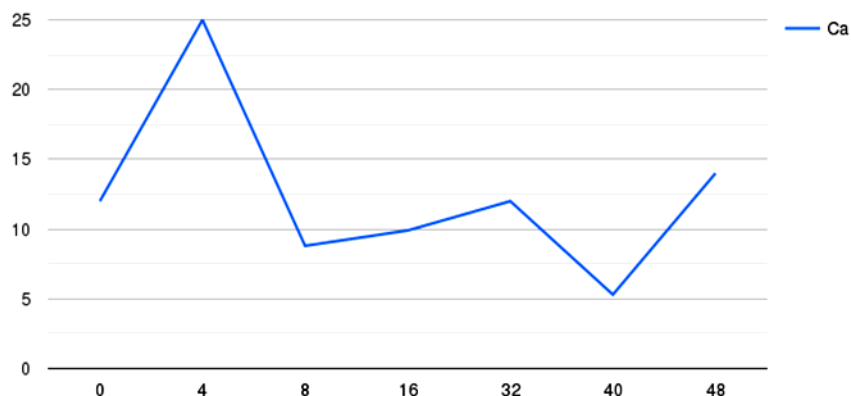
3-графиктен 48 күнге дейін топырақта тіршілік еткен және топырақсыз өмір сүрген ұлулар организміндегі ауыр металдардың көрсеткіштеріндегі айтарлықтай айырмашылықты байқай аламыз. Субстратсыз тіршілік еткен ұлулар организміндегі ауыр металдардың мөлшері 48 күн бойы топырақта өмір сүрген ұлулардың организмінде жинақталған ауыр металдар мөлшерінен төмен көрсеткішті қабылдайды. Мысалы, субстраттағы ағзалар денесінде никель 48-күнде  $4.30 \pm 0.68$  мг/кг болса, субстратсыз тіршілік еткен ұлулар организміндегі никель мөлшері шамамен 4 есе аз, яғни  $1.00 \pm 0.16$  мг/кг ғана құрайды ( $p < 0.001$ ).

3-графикте көрініп тұрғандай, кальций элементінің мөлшері 48 күндік эксперимент барысында айтарлықтай ауытқуларға ұшыраған. Алғашқыда, кальций мөлшері орташа деңгейде басталды (~12 мг/кг шамасында). **4-күні** бұл көрсеткіш күрт өсіп, **ең жоғарғы деңгейге (шамамен 23–24 мг/кг)** жетті. Мұндай нәтиже ұлулардың бастапқы кезеңде кальцийді белсенді сіңіргенін көрсетеді. **8–16 күндері** кальций деңгейінің күрт төмендегені (~12–13 мг/кг) ағзадағы гомеостаздық механизмдерінің іске қосылғанын немесе субстраттағы кальций жетіспеушілігін білдіруі мүмкін. **32-күні** шамамен бір

деңгейде сақталып тұрса, **40-күні кальцийдің ең төменгі деңгейі (~8 мг/кг)** тіркелді.

**48-күні** кальций мөлшері қайтадан артқаны байқалады (~15 мг/кг). Бұл ағзаның сыртқы жағдайға бейімделуінің немесе субстрат құрамының өзгеруінің белгісі болуы мүмкін. Егер де 32 күн бойы субстратта тіршілік еткен ұлулар тобының көрсеткіштерінде ұлу бақалшығына аса қажетті әрі маңызды кальций элементінің мөлшері 12.0 мг/кг құраса, 48 күнде 14 мг/кг дейін жоғарылай түскен. Жалпы айтқанда, кальций элементінің жинақталуы **максимумға 4-күні** жетіп, **минимумға 40-күні** төмендеген. Мұндай ауытқулар биобақылау объектісі ретінде *Achatina fulica* ұлуларының кальцийді белсенді сіңіріп, кейіннен реттеу процесіне бейімделгенін көрсетеді. Бұл динамика ауыр металдар сияқты басқа элементтердің де әсерін көрсетуі мүмкін, өйткені кальций метаболизмі көбінесе басқа элементтермен антагонистік немесе синергистік байланыста жүреді.

Графиктерден бір ай аралығында ауыр металл мен макроэлемент мөлшері алғашында кеміп, кейін ең үлкен мәндерге жететінін айтуға болады. Алайда бір ай уақыт аралығынан кейін ауыр металдар мөлшері төмендеп отыратынын байқай аламыз. Мысалы, аса қауіпті кад-



3-график. Кальций элементінің жинақталу динамикасы

мий мөлшері ұлу ағзасында қалыпты жағдайда  $0.65 \pm 0.11$  мг/кг көрсетсе, кейін 32 күні ең жоғарғы көрсеткіш 3,20 мг/кг қалыптастырады. Ең қызықтысы, 48 күн аралығында 2,60 мг/кг дейін төмендейді. Ал ұлулардың ағзаларына маңызды макроэлементтердің мөлшері керісінше арта түседі. Мәселен, ұлу бақалшығын негізгі түзуші компонент кальций мөлшері қалыпты жағдайда  $12.0 \pm 1.8$  мг/кг құраса, ал 48 күн аралығында ауыр металдар мөлшері төмендеуіне байланысты  $14.0 \pm 2.1$  мг/кг арта түскен. Сонымен қатар әлемдік ғалымдардың зерттеулерінің нәтижесіне назар аударсақ, біршама ауыр металдардың, айта кетсек, Pb мен Cd артық мөлшері макроэлементтердің мөлшеріне кері әсер ететіні дәлелденген. Мысалы, кадмий элементінің артық мөлшері кальций иондарының сіңірілуін бұзады, ал темір мен кальций элементтерінің жетіспеушілігі қорғасынның уыттылығын арттырады. Сәйкесінше бақылау тобында 32 күн және 48 күндер аралығында ауыр металдар мөлшері 40 күннен кейін біртіндеп төмендесе, ал макроэлемент мөлшерінің керісінше ағзада жинақталуы байқалды.

**Қорытынды.** Ұлулар ағзасында химиялық элементтердің динамикасы бастапқы интервал аралығында артып, кейін күрт төмендейді, алайда мөлшері қалыпты жағдайдан, яғни бақылау тобынан жоғары мәнді көрсетеді. 48 күнде *Achatina Fulica* ұлуларының денесінде ауыр металдар мөлшері ең жоғары

көрсеткішке жетіп, салыстырмалы түрде төмендеп отырса, макроэлементтер мөлшері керісінше артық болатынын айтуға болады. Сонымен қатар жануарлар ағзасында жинақталатын ауыр металдар мен макроэлементтер мөлшері уақытқа байланысты тәуелділікте екені байқалды.

Биообъектілердің бойында жинақталатын ауыр металдар мен макроэлементтердің корреляциясы анықталды. Толығырақ айтсақ, макроэлемент пен ауыр металдар мөлшері бір ай уақыт арасында бір-біріне пропорционалды өзгеріске ұшырап отырады, егер ауыр металдар мөлшері артса, сәйкесінше макроэлементтердің де мөлшері артады. Мәселен, Cr мен Na элементтері арасында жоғары байланыс анықталды: 8-16 және 16-32 күндері аралығында Cr мөлшерінің азайып отыруы, макроэлементтер динамикасының графигіндегі натрий элементінің де төмендеуіне алып келетіні айқындалды. Алайда 40 күннен кейін, макроэлемент мөлшерін арттыру арқылы ұлу ағзасы ауыр металдардың артық мөлшерінен арылуға бейімделетіні анықталды.

# **Пайдаланылган әдебиеттер тізімі**

1. Bioindicators and human biomarkers as alternative approaches for cost-effective assessment of air pollution exposure / *Frontiers in Environmental Engineering* (ed.). – 2024. – Art. 134686.

2. Udu Nwagu Ch., Azubuike E. Анализ содержания тяжёлых металлов в *Archachatina marginata* и *Achatina fulica*, обитающих в Южной Нигерии // *Archives of Earth and Environmental Sciences*. – 2021. – Т. 1, № 1. – 1–7 б.

3. Swain, C. K. Environmental pollution indices: a review on concentration of heavy metals in air, water, and soil near industrialization and urbanisation // *Discover Environment*. – 2024, Т. 2, № 5. – 5 б.

4. Saidu, I. A., Mohammed, A. A. Bioaccumulation of heavy metals in *Achatina achatina* and its implications for public health in Nigeria / I. A. Saidu, A. A. Mohammed // *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*. – 2022. – Т. 18. – Art. 100714.

5. World Health Organization. Estimating environmental health impacts: methods and 2024 update. – Geneva: WHO, 2024. – 14 б.

6. World Health Organization. Environmental health: Estimations of attributable burden of disease due to a risk factor / WHO. – Geneva: WHO, 2024. – 12 б.

7. In situ biological monitoring of radioactivity and metal pollution in terrestrial snails *Helix aspersa* from a semiarid ecosystem [Электрондық ресурс] / *Semantic Scholar*. – 2002. – Кіру режимі: <https://www.semanticscholar.org/paper/In-situ-biological-monitoring-of-radioactivity-and-GasoSegovia/f88f7960e75363a2c924dc8344c664f941c87f65> (қаралған күні: 11.04. 2022).

8. Boluspaeva, A., Zhakenova, A., Isaeva, M. Radioactive background and radionuclide content in soil and snow cover of Ust-Kamenogorsk urban area / A. Boluspaeva, A. Zhakenova, M. Isaeva // *Vestnik NNC RK*. – 2024. – № 2 (98). – 45–52 б.

9. Ялалтдинова, А.Р. У и Тн в природных средах г. Усть-Каменогорска (Республика Казахстан) / А.Р. Ялалтдинова. – г. Томск : - 2016. – 754-758 б.

10. Ghannem, S., Bacha, O., Fkiri, S., Kanzari, S., Aydi, A., Touaylia, S. Soil and Sediment Organisms as Bioindicators of

Pollution / S. Ghannem, O. Bacha, S. Fkiri, S. Kanzari, A. Aydi, S. Touaylia // *Ecologies*. – 2024. – Т. 5, № 4. – 679–696 б.

11. Krupnova T.G., Mashkova I.V., Kostryukova A. M., Schelkanova E.E., Gavrilkina S.V. Gastropods as potential biomonitors of contamination caused by heavy metals in South Ural lakes, Russia // *Ecological Indicators*. – 2018. – Т. 95. – 1001–1007 б.

12. Сағындықов Ш. С., Маханбетова Л.М. Ауыр металдардың тірі ағзаларға әсері // ҚазҰУ хабаршысы. Экология сериясы. – 2018. – №2(56). – Б. 85–90.

13. Scheifler R., Ben Brahim M., Gomot-de Vaufleury A. Field evaluation of metal bioaccumulation in the gastropod *Helix aspersa* at agricultural and industrial sites in Lebanon // *Environmental Monitoring and Assessment*. – 2022. – Т. 194, No. 142. – 20 б.

14. Pal, R., Mukhopadhyay, S. The global market demand and farming potential of edible land snails // *Journal of Molluscan Research*. – 2023. – Vol. 12, № 1. – Б. 45–52.

15. FAO. Edible snails market trends and farming systems in Europe and Asia. – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2024. – 36 б.

16. Evaluation of Euthanasia Techniques for an Invertebrate Species, Land Snails (*Succinea putris*) / The Institute of Radiation Safety and Ecology, Republic of Kazakhstan, Elemental Analysis Laboratory. – Kurchatov, 2018.

## **References**

1. Bioindicators and human biomarkers as alternative approaches for cost-effective assessment of air pollution exposure / *Frontiers in Environmental Engineering* (ed.). – 2024. – Art. 134686.

2. Udu Nwagu Ch., Azubuike E. Analiz soderzhaniya tyazhëlykh metallov v *Archachatina marginata* i *Achatina fulica*, obitayushchikh v Yuzhnoy Nigerii // *Archives of Earth and Environmental Sciences*. – 2021. – Т. 1, № 1. – С. 1–7

3. Swain, C. K. Environmental pollution indices: a review on concentration of heavy metals in air, water, and soil near industrialization and urbanisation // *Discover Environment*. – 2024, Vol. 2, № 5. – 5 p.

- 4.Saidu, I. A., Mohammed, A. A. Bioaccumulation of heavy metals in *Achatina achatina* and its implications for public health in Nigeria / I. A. Saidu, A. A. Mohammed // *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*. – 2022. – Vol. 18. – Art. 100714.
- 5.World Health Organization. Estimating environmental health impacts: methods and 2024 update. – Geneva: WHO, 2024. – 14 p.
- 6.World Health Organization. Environmental health: Estimations of attributable burden of disease due to a risk factor / WHO. – Geneva: WHO, 2024. – 12 p.
- 7.In situ biological monitoring of radioactivity and metal pollution in terrestrial snails *Helix aspersa* from a semiarid ecosystem [Electronic resource]. – Semantic Scholar, 2002. – Mode of access: <https://www.semanticscholar.org/paper/In-situ-biological-monitoring-of-radioactivity-and-Ga-soSegovia/f88f7960e75363a2c924dc8344c664f941c87f65> (accessed: 11.04.2025).
- 8.Boluspaeva, A., Zhakenova, A., Isaeva, M. Radioactive background and radionuclide content in soil and snow cover of Ust Kamenogorsk urban area / A. Boluspaeva, A. Zhakenova, M. Isaeva // *Vestnik NNC RK*. – 2024. – № 2 (98). – S. 45–52.
- 9.Yalaltdinova, A.R. U i Th v prirodnikh sredakh g.Ust-Kamenogorska (Respublika Kazakhstan) / A.R. Yalaltdinova. – g. Tomsk : , 2016. – 754-758 s.
- 10.Ghannem, S., Bacha, O., Fkiri, S., Kanzari, S., Aydi, A., Touaylia, S. Soil and Sediment Organisms as Bioindicators of Pollution / S. Ghannem, O. Bacha, S. Fkiri, S. Kanzari, A. Aydi, S. Touaylia // *Ecologies*. – 2024. – Vol. 5, № 4. – P. 679–696.
- 11.Krupnova T. G., Mashkova I. V., Kostryukova A. M., Schelkanova E. E., Gavrilkina S. V. Gastropods as potential biomonitors of contamination caused by heavy metals in South Ural lakes, Russia // *Ecological Indicators*. – 2018. – Vol. 95. – P. 1001–1007.
- 12.Sagyndykov Sh. S., Makhanbetova L. M. Auyr metallardyn tiri agzalarga æseri // *QazU khabarshysy. Ekologiya seriiasy*. – 2018. – № 2(56). – B. 85–90.
- 13.Scheifler R., Ben Brahim M., Gomot de Vaufleury A. Field evaluation of metal bioaccumulation in the gastropod *Helix aspersa* at agricultural and industrial sites in Lebanon // *Environmental Monitoring and Assessment*. – 2022. – Vol. 194, No. 142. – 20 pp
- 14.Pal, R., Mukhopadhyay, S. The global market demand and farming potential of edible land snails // *Journal of Molluscan Research*. – 2023. – Vol. 12, № 1. – P. 45–52.
- 15.FAO. Edible snails market trends and farming systems in Europe and Asia. – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2024. – 36 p.
- 16.Evaluation of Euthanasia Techniques for an Invertebrate Species, Land Snails (*Succinea putris*) / The Institute of Radiation Safety and Ecology, Republic of Kazakhstan, Elemental Analysis Laboratory. – Kurchatov, 2018.

**Мамеруал баспаға 11.05.25 мысми**

**Накопление химических элементов в организме биоиндикаторного организма в условиях загрязнённой почвы в лабораторном эксперименте**

**Accumulation of chemical elements in a bioindicator organism under laboratory conditions in contaminated soil**

**Аннотация**

В данной статье оценивается уровень загрязнения почвы в районе Ульбинского металлургического завода города Усть-Каменогорска с использованием биоиндикационного метода. В ходе работы изучена динамика накопления тяжёлых металлов и макроэлементов в организме улиток *Achatina fulica*. Эксперимент проводился в течение 48 дней на 40 особях. Выбранные моллюски содержались на субстрате, загрязнённом тяжёлыми металлами. Еженедельно отбирались биологические образцы, в которых анализировалось содержание различных химических элементов. На основе полученных данных установлены скорость и степень накопления загрязняющих веществ в организме живых существ. Результаты исследования подтверждают эффективность применения биоиндикаторных организмов для экологического мониторинга состояния окружающей среды, что позволяет более точно оценивать экологическую обстановку в зонах техногенного воздействия.

**Ключевые слова:** улитки, *Achatina fulica*, биоиндикация, экологический мониторинг, тяжёлые металлы, макроэлементы, загрязнение почвы.

**Материал поступил в редакцию**  
**11.05.2025**

**Summary**

This article evaluates the level of soil contamination near the Ulba Metallurgical Factory in the city of Ust-Kamenogorsk using a bioindication method. The research focused on the dynamics of accumulation of heavy metals and macroelements in the body of *Achatina fulica* snails. The experimental study was conducted over 48 days with 40 snails. The selected mollusks were fed with soil contaminated by heavy metals. Biological samples were taken weekly, and the concentrations of various chemical elements in their tissues were analyzed. The collected data allowed the determination of the accumulation rate and the impact of soil pollutants on living organisms. The results confirm the effectiveness of using bioindicator organisms for environmental monitoring.

**Keywords:** snails, *Achatina fulica*, bioindication, environmental monitoring, heavy metals, macroelements, soil contamination.

**Material received on 11.05.2025**

**Авторлардың үлесі.** Авторлар қосқан үлесіне сәйкес келесідей бөлінді:

**Тұрсынхан Ескендір Мақсатұлы, Амангелді Толғанай Амангелдіқызы, Абаева Аружан Жалыновна** – ғылыми жұмыстың негізгі орындаушылары. Зерттеу тақырыбын тандап, тәжірибелік жұмыстар жүргізді, деректерді жинап, бастапқы талдау жасады. Сонымен қатар, тәжірибе барысын құжаттаумен және бастапқы нұсқасын жазумен айналысты.

**Қыдырмолдина Айнұр Шаймұратқызы** – зерттеу жұмысының ғылыми жетекшісі. Жобаның идеялық бағытын анықтап, жалпы әдістемелік нұсқаулық берді. Зерттеу дизайнын құруға және нәтижелерді интерпретациялауға жетекшілік жасады. Мақаланың мазмұнын ғылыми тұрғыдан тексеріп, сараптамалық түзетулер енгізді.

**Омарханова Эльмира Қаирғазықызы** – жауапты автор. Ғылыми жұмыстың орындалуын үйлестірді, жазылған мақаланы толық өңдеп, құрылымын ретке келтірді. Авторлар арасындағы байланыс пен мақалаға соңғы редакция жүргізу ісін атқарды. Жұмысты

журналға тапсыру және жариялау процесіне жетекшілік етті.

**Жайрбаева Рысжан Сагдолдина** – зерттеу процесін ұйымдастыруға көмектесіп, тәжірибелердің жүргізілуін бақылап отырды. Оқушылармен күнделікті ғылыми кеңес жүргізіп, нәтижелерді бағалауға үлес қосты.

**Қожахметова Эльмира Ошановна** – тәжірибелік жұмысты жоспарлау мен зертханалық құралдарды қолдану бойынша кеңес берді. Деректерді жүйелеу мен қорытынды жасау барысында белсенді атсалысты.

**Оберкулова Ляззат Ахметуллаевна** – зерттеу нәтижелерін салыстырмалы түрде талдау және әдеби шолуды толықтыру бағытында жұмыс істеді. Ғылыми жұмыстың сапалы жазылуына үлес қосып, тілдік және мазмұндық редакциялауға көмектесті.

**Алғыс.** Зерттеу демеушіліксіз жүргізілді.

**Мүдделер қақтығысы.** Авторлар осы мақалада ашуды талап ететін мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.