

**Сатова К.М.<sup>1</sup>, Жумадина Ш.М.<sup>2</sup>, Абилова Ш.Б.<sup>3</sup>,  
Акшабакова Ж.Е.<sup>4</sup>**

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,  
Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ.

## **ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫ БЕСҚАРАҒАЙ ОРМАН АЛҚАБЫ АҒАШ ӨСІМДІКТЕРІ ЖАПЫРАҚТАРЫНЫҢ АУЫР МЕТАЛДАРДЫ БИОАККУМУЛЯЦИЯЛАУЫ**

Мақалада Бесқарағай орман алқабы қарағай қылқандарының құрамындағы ауыр металдардың жылжымалы мөлшері және оның биоаккумуляциялануы туралы мағлұмат келтірілген. Онан басқа, элементтердің биотикалығы көрсеткішінің (ЭБК), жинақталу коэффициентінің  $K_{ж}$  және де орман экожүйесінің ластану деңгейін бағалау үшін қылқандардың жиынтық ластану көрсеткішінің және жапырақтар мен топырақтағы ауыр металдардың мөлшері арасындағы сызықтық қатынастың сипаттаушысы болып келетін Пирсонның корреляциялық коэффициенттерінің есептеулері көрсетілген. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, барлық аумақтардан алынған топырақ үлгілерінің ЭБК мәндері 0,03 төмен болып тұрған элементтер тек қобальт пен қорғаныс. Қалған элементтердің ЭБК мәндері жоғары. Ол жағдай бұл металдардың биогеохимиялық айналымындағы алатын орны. Бесқарағай орман экожүйесіндегі өнімділік үдерісі үшін өте маңызды екеніне нұсқайды. Пирсонның корреляциялық коэффициенті қарағай жапырақтарындағы ауыр металдар мөлшері олардың топырақтағы жылжымалы түрлерімен тығыз байланыста екендігін көрсетіп тұр. Бесқарағай орманында ағаш жапырақтарының ауыр металдармен ластану деңгейі төмен екендігі байқалды. Зерттеу нәтижелердің орман экожүйелерінде ауыр металдардың жөнқу ағындарын бағалаумен байланысты қоршаған орта күйінің мониторингтік биоиндикациялық зерттеулерін жүргізу кезінде пайдалануға болады.

**Түйін сөздер:** жолақты орман, қарағай қылқандары, ауыр металдар, биоаккумуляция, коэффициенттер, биотикалық, жинақталу, концентрация, Пирсон, жиынтық ластану көрсеткіші.

Satova K.M.<sup>1</sup>, Zhumadina Sh.M.<sup>2</sup>, Abilova Sh.B.<sup>3</sup>, Akshabakova J.E.<sup>4</sup>

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University,  
Kazakhstan, Nur-Sultan

### **Bioaccumulation of heavy metals in woody leaves of the Beskaragai forest area of the East Kazakhstan region**

The article provides information on the content of mobile heavy metals in the pine leaves of the Beskaragai forest and their bioaccumulation. In addition, the bioticity coefficient of elements (CBE), accumulation coefficient (KN) are calculated, and to estimate the degree of pollution of forest ecosystems, calculations are made of the total pollution of coniferous leaves and correlation Pearson coefficients describing the linear relationship between the content of heavy metals in the leaves and the soil. Cobalt and lead were detected in soil samples of the studied areas, the CBE value of which is below 0.03. In the rest of the elements, the CBE is higher, which indicates the significant role of the metal in the biochemical circulation of substances in the forest ecosystem of Beskaragai ribbon boron. It was revealed that the volume of heavy metals in woody leaves is closely related to the active types of soil metals. It is shown that the level of contamination by heavy metals of woody leaves in conditions of Beskaragai ribbon boron is low. The results of the study can be used in monitoring bioindicative studies of the state of the environment related to the assessment of migration flows of heavy metals in ecosystems.

**Key words:** tape forest, pine needles, heavy metals, bioaccumulation, coefficients, biotic, accumulation, concentration, Pearson, total pollution indicators.

Сатова К.М.<sup>1</sup>, Жумадина Ш.М.<sup>2</sup>, Абилова Ш.Б.<sup>3</sup>, Акшабакова Ж.Е.<sup>4</sup>  
Казахский агротехнический университет им С. Сейфуллина,  
Казахстан, г. Нур-Султан

### Биоаккумуляция тяжелых металлов в древесных листьях Бескарагайского лесного массива Восточно-Казахстанской области

В статье приводятся сведения о содержании тяжелых металлов в составе сосновых листьев Бескарагайского лесного массива и их биоаккумуляции. Рассчитаны коэффициент биотичности элементов (КБЭ), коэффициент накопления ( $K_n$ ), для оценки степени загрязнения лесных экосистем представлены расчеты суммарного загрязнения хвойных листьев и корреляционных коэффициентов Пирсона, описывающих линейное соотношение между содержанием тяжелых металлов в листьях и почве. Как показали результаты исследований в образцах почвы исследуемых участков, значение КБЭ составляет 0,03 только у кобальта и свинца. В остальных элементах КБЭ выше, что указывает на их важное значение в биохимическом круговороте для процесса продуктивности в Бескарагайской лесной экосистеме. Корреляционный коэффициент Пирсона показал, что содержание тяжелых металлов в листьях сосны тесно связано с их подвижными видами в почве. Выявлено, что уровень загрязнения тяжелыми металлами древесных листьев в условиях Бескарагайского ленточного бора низкий. Результаты исследования могут быть использованы в мониторинговых биоиндикационных исследованиях состояния окружающей среды, связанных с оценкой миграционных потоков тяжелых металлов в экосистемах.

**Ключевые слова:** ленточный бор, сосновые иглы, тяжелые металлы, биоаккумуляция, коэффициенты, биотические, накопление, концентрация, Пирсон, суммарные показатели загрязнения.

#### Кіріспе

Жақында индустрияның қарқынды дамуына байланысты қоршаған ортадағы ауыр металдар деңгейінің едәуір ұлғаюы байқалды. Топырақтағы ауыр металдардың концентрациясы биологиялық және геохимиялық белсенділігімен байланысты және антропогендік белсенділіктің әсеріне ұшырайды [1, 2]. Ауыр металдар маңызды ластанушы болып саналады, өйткені олар улы және ыдырайтын емес [3-7]. Топырақта ауыр металдардың жиналуы адам мен экожүйелерге үлкен қауіп төндіреді [8].

Қазақстандағы орман экожүйелерінің ауыр металдармен ластануы туралы әдебиеттік мәліметтер өте аз [9-14]. Сол экожүйенің бір бөлігі болып келетін «Семей орманы» резерватына қарасты Бескарагай орман жолақтарының ауыр металдармен ластануын қарастыру мәселесі сондықтан қазіргі таңда өзекті деп есептейміз.

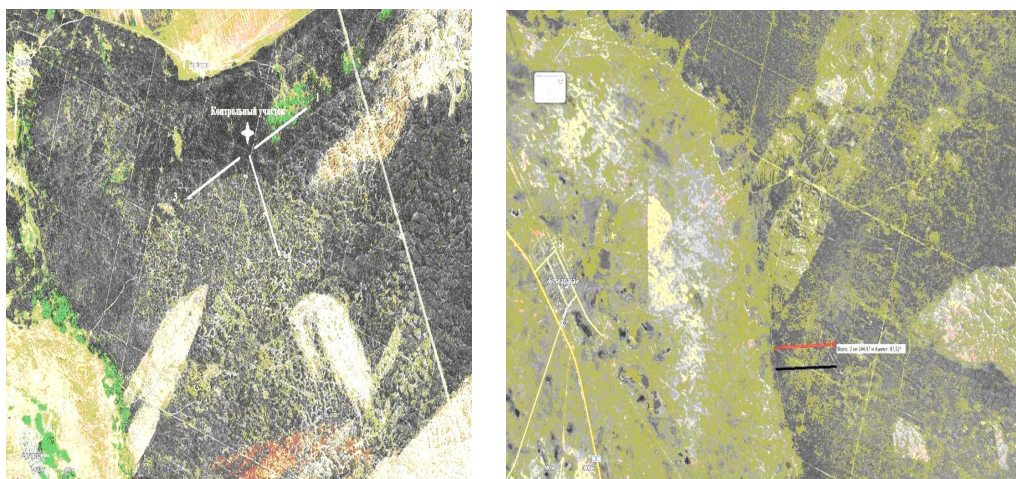
Соңғы жүз жылдықта биосфераның зиянды заттармен ластануының неғұрлым қуатты көздері болып табылатын өнеркәсіп пен көлік кешенінің қарқынды дамуы елеулі экологиялық проблема туғызды. Адамның іс-әрекеті нәтижесінде пайда болған бейорганикалық ксенобиотиктер арасында ауыр металдардың қауіптілігі өте жоғары және олардың қоршаған ортадағы көлемі қарқынды түрде өсіп жатыр.

Зерттеу нәтижелері экожүйедегі ауыр металдардың жөнкі ағындарын бағалаумен, өсімдік ағзалары тіршілік жай-күйінің бұзылуын диагностикалаумен байланысты болғандықтан, жұмыстың тәжірибелік маңыздылығын жоғары деп бағалаймыз.

Зерттеу нысаны болып келетіні Шығыс Қазақстан облысындағы «Семей орманы» резерватына қарасты құрғақ далалық Бескарагай жолақты орманының қарағай жапырақтары. Бұл алаңдардың бейнесі 1-суретте келтірілген.

Зерттеу мақсаты: орманның қарағай жапырақтарындағы ауыр металдар мөлшерін анықтап, олардың биоаккумуляциялану үдерісін зерделеу.

Ағаш өсімдіктерінің жапырақтары әртүрлі элементтерді топырақтан суырып алып, өздерінің ұлпаларында жинақтайтын болғандықтан, оларды техногендік ластану барысында ауыр металдардың аккумуляциялану деңгейін анықтау үшін пайдаланады. Ауыр металдардың көп мөлшері өсімдіктердің тамырында, онан соң сабақтары мен жапырақтарында қалып қояды, тек аз дәрежеде гүлдерінде, дәндерінде және жемістерінде болады [15-17]. Ауыр металдардың топырақтан өсімдікке өтіп, онда жинақталуының негізгі факторлары болып келетіндері – ол элементтің өзі және оның топырақ ерітіндісіндегі концентрациясы, топырақтың рН және өсімдіктің түрі [18].



А

Б

**1-сурет** –Бесқарағай аумақтарының сынақ алаңдары  
А – табиғи жағдайлар, Б – антропогендік жағдайлар

### Зерттеу материалдары және әдістері

Қарағай жапырақтары орман алқабының төрт нүктесіндегі қарағайлардан жиналды: бархандар, табиғи жазықтар аумағынан, автокөлік және ыза жолдар бойынан. Антропогендік әсерге аз ұшырыған табиғи жазықтардағы ағаштардан қылқандар жинау үшін орман шетіне жақын орналасқан елді мекеннен 15 км ара-қашықтықтағы аумақ таңдалды. Жапырақ үлгілерін олардың өсуі тоқтағаннан кейін (шілденің ортасынан әрі қарай) және генеративті жас шамасына жеткен ағаштардан жинадық. Жапырақтарды тасымалдау және сақтауды ғылыми зерттеулерде қолданылатын көпке белгілі әдістер бойынша жүргіздік. Қазіргі заманда өсімдіктерді температуралық бекіту және лиофильдік әдіспен кептіру қолданылады, сондай жағдайда өсімдік ферменттері белсенді күйде сақталады, ал ақуыздар құрылымы бұзылмайды.

Жапырақтардың температуралық бекітуін алдын ала 105-110°C дейін қыздырылған желдеткіші бар кептіру шкафында жүргіздік. Жапырақтарды кептіру шкафтарына салғаннан кейін өсімдік материалының қасиеттеріне байланысты 10-20 мин аралығында 90-95°C температурада ұстадық. Бекітудің аяқталғанын келесі жолмен біледі: үлгілерді шкафтан алғаннан кейін олар ылғалды әрі жұмсақ болып, өз түсін сақтап қалуы қажет, яғни сарғаймау керек. Әрі қарай үлгілерді ашық қапшықтарда 3-4 сағат бойы 50-60°C температурада кептірдік. Осы температура мен уақыт аралығын қатаң

сақтау қажет. Егер үлгілерде тек химиялық элементтер жиынтығы ғана анықталса, онда оларды бекітпей, бөлме температурасында да кептіруге болады. Алайда өсімдік материалдарын температурасы 40-60°C термостаттарда кептірген жөн, себебі бөлме температурасында шіру үдерісі жүруі және атмосферадағы шанды бөлшектермен ластануы мүмкін. Талдау үшін зертханаға жібермес бұрын кепкен қылқандарды електен өткізе отырып, ешбір бөлігін тастамай, тұрмыстық ұнтақтағыштарда үгіп, мұқият араластырдық.

Ауыр металдар мөлшерлері SPECTRO ARCOS (Германия) индуктивті байланысқан плазмасы бар оптикалық эмиссиялық спектрометрде анықталды. Элементтердің массалық үлесін өлшеу барысындағы салыстырмалы рұқсат етілетін қателіктің шектері  $\pm 5\%$  құрайды. Ауыр металдың жалпы мөлшері топырақтың жалпы ластануын сипаттайды, бірақ өсімдіктер үшін элементтердің қол жетімділік дәрежесін көрсетпейді. Тірі ағза құрамының биосферамен биогеохимиялық байланысының тығыздығын бағалау үшін жапырақтардағы элемент мөлшерінің жер қыртысының кларкына қатынасын (1-кесте) білдіретін элементтер биотикалығының көрсеткішін (ЭБК) есептедік [19].

$$\text{ЭБК} = C_o / K_{\text{лит}}, \quad (1)$$

$C_o$  – өсімдіктегі жалпы мөлшері, мг/кг  
 $K_{\text{лит}}$  – элементтің литосферадағы кларкі, мг/кг (А.П. Виноградов бойынша, 1 кесте).

**1-кесте** – Элементтердің литосферадағы кларкі

Элемент	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
Элементтің кларкі	0,13	30,00	200,00	47,00	900,00	80,00	16,00	83,00

Элементтердің тірі зат пен абиотикалық ортада таралуын сипаттау үшін жинақталу коэффициенттерін ( $K_{ж}$ ) анықтадық.  $K_{ж}$  – өсімдіктердің құрғақ массасындағы ауыр металдардың концентрациясының (мг/кг) топырақтағы ауыр металдардың белсенді түрлерінің концентрациясына қатынасын (мг/кг) көрсетеді [20].

$$K_{ж} = C_o / C_T, \quad (2)$$

$C_o$  – өсімдіктердің құрғақ массасындағы ауыр металдардың концентрациясы, мг/кг;

$C_T$  – топырақтағы ауыр металдардың жылжымалы түрлерінің концентрациясы, мг/кг.

Орман экожүйесінің ластану деңгейін бағалау үшін Ю.Е.Сагет [21] ұсынған өрнек бойынша қылқандардың жиынтық ластану көрсеткішін есептедік:

$$Z_c = \sum K_c - (n - 1), \quad (1)$$

бұл жерде  $K_c$  – концентрациялар коэффициенті;  
 $n$  – лаस्ताушы заттардың саны.

$K_c$  мәнін келесі өрнек бойынша есептеді:

$$K_c = C_i / C_{\Phi i}, \quad (2)$$

$C_i$  – химиялық элементтің мөлшері;

$C_{\Phi i}$  – элементтердің фондық аумағындағы мөлшері.

$C_{\Phi i}$  ретінде антропогендік әсерге аз ұшыраған бархандар аумағында өскен қарағайлар қылқандарының құрамындағы металдар мөлшерін қабылдадық.

Элементтердің уыттылығын ескерген жағдайдағы жиынтық ластану көрсеткіші Ю.Н. Водяницкий [22] бойынша есептедік:

$$Z_c = \sum (K_c * K_{\pi}) - (n - 1), \quad (3)$$

бұл жерде  $K_{\pi}$  – і элементінің уыттылық коэффициенті.

Элементтердің уыттылық коэффициенттері мәнімен қауіптілік тобы арасындағы байланыс 2 кестеде келтірілген.

**2-кесте** – Элементтердің уыттылық коэффициенттерінің мәні

Қауіптілік тобы	Уыттылық коэффициентінің мәні	Химиялық элементтер
1	1,5	As, Cd, Hg, Se, Pb, Zn
2	1,0	Co, Ni, Mo, Cu, Sb, Cr
3	0,5	Ba, V, W, Mn, Sr

Ауыр металдардың жапырақтардағы және топырақтағы мөлшері арасындағы сызықтық қатынасты сипаттауды біз Пирсонның корреляциялық коэффициенттері [23] арқылы жүргіздік, ол үшін біз элементтердің топырақ (X) пен жапырақтардағы (Y) мөлшерлері мәндерінің жалпы қосындысын  $X_i$  және  $Y_i$  шығардық. Есептеулер келесі сатылардан құралды:

1.  $X_i$  және  $Y_i$  арифметикалық орташасын есептедік ( $X_i^-$ ;  $Y_i^-$ );

2. Әр элемент мәнінің арифметикалық орташасына айырмасын шығардық ( $X_i^- - X$ ;  $Y_i^- - Y$ );

3. Әр айырманың квадраттарын есептедік [ $(X_i^- - X)^2$ ;  $(Y_i^- - Y)^2$ ];

4. Айырманың квадраттарының қосындысын есептедік:  $\sum (X_i^- - X)^2$  және  $\sum (Y_i^- - Y)^2$ ;

5. Онан соң арифметикалық орташасы мен әр элемент арасындағы айырмашылықтарды көбейттік  $(X_i^- - X) * (Y_i^- - Y)$ ;

6.  $\sum (X_i^- - X) * (Y_i^- - Y)$ ;

$$r_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) * (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 * \sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad (4)$$

7. Шыққан мәндерді келесі өрнекке салдық:

**Зерттеу нәтижелері және оларды талдау**

*Ағаш өсімдіктері жапырақтарының ауыр металдарды биоаккумуляциялауы.* Бұл зерттеулердің нәтижелері 3-кестеде және 2-суретте көрсетілген.

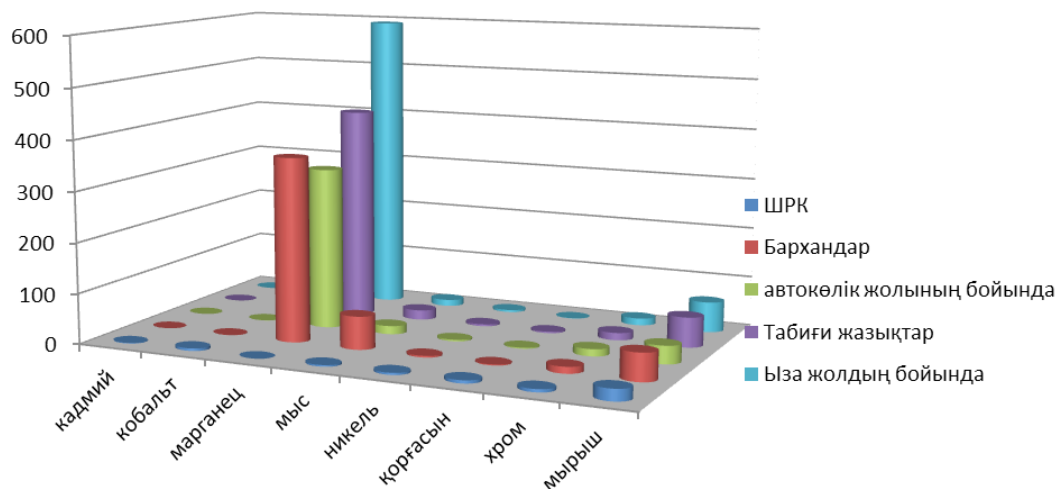
3-кестедегі мәліметтерден көрініп тұрғандай, барлық аумақтардағы ауыр металдардың мөл-

шерін талдағанда кадмий, кобальт, никель және қорғасынның мәнделері ШРК аспағанын, ал мыс, хром және мырыштікінің артып тұранын байқауға болады. Мысалы, мыстың мөлшері автокөлік жолындағы, табиғи жазықтар мен ыза жолындағы қарағай қылқандарында сәйкесінше

5,5; 6,4; 4,2 ШРК құрап тұр. Ал фондық аумақ қылқандарында мыстың мөлшері 21,7 ШРК жетіп тұр. Хромның мөлшері барлық аумақтарда 2,2–2,4 ШРК, мырыштікі 1,5– 2,6 ШРК құраған. Енді үш аумақ қылқандарындағы металдар мөлшерлерін фондық аумақтағымен салыстырып көрейік.

3-кесте – Өртүрлі аумақтан алынған қарағай жапырақтарындағы ауыр металдардың мөлшері

Ауыр металл	Мөлшері, мг/кг				
	ШРК	бархандар	автокөлік жолы	табиғи жазықтар	ыза жолы
кадмий	1,0	0,08	0,11	0,10	0,07
кобальт	5,0	0,30	0,20	0,30	0,20
марганец	-	363,30	320,6	420,00	593,30
мыс	3,0	65,20	16,40	19,10	12,50
никель	4,0	3,20	3,00	3,80	4,00
қорғасын	6,0	1,80	1,90	2,70	0,50
хром	6,0	13,10	14,10	14,60	13,70
мырыш	23,0	54,80	35,60	59,40	60,40



2-сурет – Қарағай жапырақтарындағы ауыр металдар мөлшерінің сипаты

2-суреттегі диаграммаларға қарап барлық аумақтардың ағаш жапырақтарында кадмий мен кобальттың мөлшерлері жақын екенін көруге болады (сәйкесінше 0,07–0,11 және 0,2–0,3 мг/кг аумағында). Марганецтің мөлшері фондық аумақта 363,3 мг/кг көрсетіп тұрса, автожол маңындағы жапырақта 42,7 мг/кг азайып, табиғи жазық пен ыза жол бойында өскен қарағай

қылқандарында сәйкесінше 15,6 және 63,3% артқан (3-кесте, 2-сурет).

Мыстың мөлшері фондықтан басқа аумақтарда 12,5–19,1 мг/кг аралығында, ол фондық аумақ жапырақтағыдан (65,2 мг/кг) 5,2–3,4 есе кем. Никельдің мөлшері фондық аумақтан алынған ағаш жапырақтарында 3,2 мг/кг құраса, қалған аумақтар жапырақтарында

оның концентрациясы 3,0–4,0 мг/кг ауқымында тұр. Қорғасын мен хром бархандар аумағындағы қарағай қылқандарында сәйкесінше 1,8 және 13,1мг/кг құрап тұр. Қорғасын мөлшері тек ыза жол бойындағы қылқандарда 1,3 мг/кг азайып, табиғи жазықтарда 0,9 мг/кг артқан, автокөлік жолы бойында оның мөлшері фондық аумақтағымен шамалас (1,9 және 1,8 мг/кг). Фондық аумақтағыға қарағанда, қалған антропогендік аумақтарда хром мөлшері ептеп артып, 13,7-14,6 мг/кг аралығында орналасқан. Мырыштың мөлшері автокөлік жолындағы қылқандарда 19,2 мг/кг азайып, табиғи жазықтар мен ыза жолдары бойындағы қылқандарда сәйкесінше 4,6-5,6 мг/кг артқан.

**Элементтердің топырақта және *Pinus sylvestris* L. қылқан жапырақтарында таралуы арасындығы байланысты анықтау**

Микроэлементтердің жеткілікті мөлшерде болуы өсімдіктің қалыпты өсуі мен дамуы үшін қажет. Зерттеліп отырған қылқан жапырақтардағы микроэлементтердің концентрациясын А. Кабата-Пендиас бойынша өсімдіктің өсуі мен дамуы үшін қалыпты (жеткілікті) микроэлементтер концентрациясымен салыстыру 4-кестеде келтірілген [24].

4-кестедегі мәліметтер бойынша марганец пен мыс мөлшерлері өсімдік үшін қалыпты деңгейден асып тұрғандықтан (орташа мөлшері 424,3 және 28,3 мг/кг), олардың сол мөлшерлері уытты деп есептедік. Зерттелген үлгілердегі мырыш пен кобальт мөлшерлері А. Кабата-Пендиас және S. Messenger and M. W. Stelford еңбектерінің мәліметтеріндегі көрсеткіштермен салыстырғанда өсімдіктер үшін жеткілікті болып келеді [24,25].

Элементтердің топырақта және *Pinus sylvestris* L. қылқан жапырақтарында таралу сипаты жинақталу коэффициенттерін ( $K_{ж}$ ) анықтау нәтижелері 5-кестеде және 3-суретте көрсетілген. Егер жинақталу коэффициенті бірден кем болса, онда ластану көзі – топырақ болып табылады. Яғни элементтер өсімдіктермен селқос сіңіріледі, себебі оларды белсенді жинақтайтын механизм жоқ. Егер жинақталу коэффициенті бірден жоғары болса, ауыр металдар өсімдіктерге атмосферадан да түседі [28].

5-кесте бойынша әртүрлі аумақтардағы ағаш жапырақтарында ауыр металдардың жинақталу коэффициентінің мәндері бірден кем болып келгендері келесідегідей: ыза жолдар бойынан алынған үлгілердегі кобальттың  $K_{ж} = 0,82$ ; қорғасын үшін – 0,67; автокөлік жолы бойынан алынған үлгілер құрамындағы кобальт үшін  $K_{ж} = 0,78$ ; кадмий үшін – 0,35.

**4-кесте** – Зерттеліп отырған қылқандардағы микроэлементтердің мөлшері

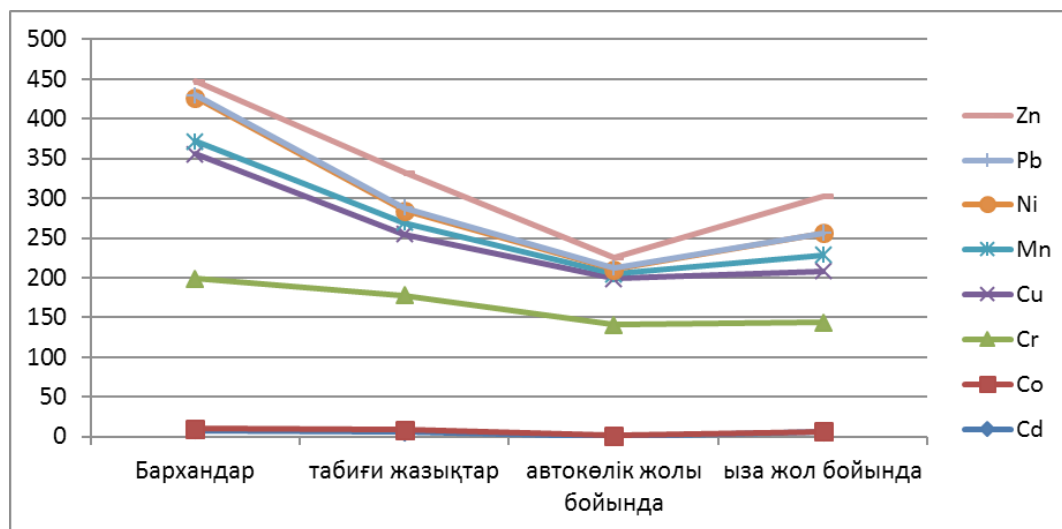
Микро элемент	Қылқандардағы элементтің мөлшері, мг/кг			
	орташа	максималды	минималды	қалыпты (жеткілікті)
Cu	28,3	65,20	12,50	2-20
Mn	424,3	593,30	320,6	20-300
Zn	52,55	60,40	35,60	27-100 (10-62*)
Co	0,25	0,30	0,20	0,02-1

\* S. Messenger and M. W. Stelford еңбектерінің мәліметтері бойынша (1997)

**5-кесте** – Бесқарағай орманынан алынған үлгілердегі ауыр металдардың жинақталу коэффициенті

Ауыр металл	$K_{ж}$ мәндері			
	Бархандар	Табиғи жазықтар	Автокөлік жолы бойында	Ыза жолдар бойында
Cd	8	5,88	0,35	5,83
Co	1,93	2,5	0,78	0,82
Cr	189	169,7	139,6	137
Cu	157	76,7	57,95	64,4
Mn	15,9	14,69	5,97	20,8

Ауыр металл	К <sub>ж</sub> мәндері			
	Бархандар	Табиғи жазықтар	Автокөлік жолы бойында	Ыза жолдар бойында
Ni	55	15,2	5,64	27
Pb	3	3,4	2,39	0,67
Zn	17,28	44,3	13,3	46



3-сурет – Бесқарағай орманынан алынған үлгілердегі элементтердің жинақталу коэффициенті

Демек, жоғарыда аталған элементтерді орман ағаштары топырақтан сіңірсе, қалған металдарды атмосфера арқылы жинақтайды. Бархандар, табиғи жазықтар, ыза жолдың бойындағы ағаш жапырақтарында кадмийдің жинақталу коэффициенті 8,0; 5,9 және 5,8 мәнін көрсетіп тұр, осыдан бұл аумақтардағы ағаштарға кадмий негізінен атмосферадан келіп түскен деп айтуға болады.

Бархандар мен табиғи жазықтардың қарағай қылқандарында кобальттың жинақталу коэффициенті 1,93 және 2,5 құрады. Хромның жинақталу коэффициенті барлық үлгілерде өте жоғары болып шықты: бархандардағы қарағай жапырақтарында 189; табиғи жазықтардан алынған үлгілерде 169,7; автокөлік жолы бойында 139,6; ыза жолдың бойында 137 санын құрады. Мыстың да хром сияқты жинақталу коэффициентінің мәндері барлық үлгілерде өте жоғары: бархандардан алынған қарағай қылқандарында 157; табиғи жазықтардан алынған үлгілерде 76,7; автокөлік жолы бойындағы ағаш жапырақтарында 57,95 және ыза жолдың

бойынан алынған жапырақтарда 64,4. Барлық аумақтарда жинақталу коэффициентінің мәндеріне қарап, марганец негізінен атмосферадан келіп түскенін байқауға болады. Бархандардан алынған үлгілерде оның мәні 15,9 болса, табиғи жазықтардан алынған жапырақтарда – 14,7; автокөлік жолы бойындағы ағаш жапырақтарында – 6,0; ыза жолдың бойындағы қарағай қылқандарында – 20,8 болып шықты.

Барлық үлгілерде жинақталу коэффициенті бірден жоғары болып шыққан металл – никель. Оның бархандардан алынған үлгілердегі  $K_{ж} = 15,9$ ; табиғи жазықтарда алынған жапырақтардағы  $K_{ж} = 14,69$ ; автокөлік жолы бойындағы ағаш жапырақтарында – 5,97 және ыза жолдың бойындағы қылқандарда – 27 санын құрады.

Бархандардан алынған үлгілерде қорғасынның жинақталу коэффициенті 3, табиғи жазықтардағы ағаш жапырақтарында – 3,4 және автокөлік жолы бойындағы қарағай қылқандарында 2,39 тең болды.

Бархандардан жиналған ағаш жапырақтарында мырыштың жинақталу коэффициенті 17,3

болып шықты. Табиғи жазықтардағы жапырақ үлгілерінде мырыштың  $K_{ж} = 44,3$  болса, ыза жолдың бойындағы қарағай қылқандарында 46 тең болды. Ал автокөлік жолы бойындағы қарағай жапырақтарында оның жинақталу коэффициенті 13,3 құрады.

3-суретте көрсетілгендей, бархандардан алынған үлгілердегі ауыр металдар келесі ретпен орналасады:  $Cr > Cu > Ni > Zn > Mn > Cd > Pb > Co$ . Табиғи жазықтардан алынған жапырақ үлгілеріндегі металдар жинақталу коэффициенттері бойынша былай орналасқан:  $Cr > Cu > Zn > Ni > Mn > Cd > Pb > Co$ . Автокөлік жолы бойында алынған үлгілердегі ауыр металдардың орналасуы келесідей:  $Cr > Cu > Zn > Mn > Ni > Pb > Co > Cd$ . Ыза жолдар

бойындағы қарағай жапырақтарында ауыр металдардың жинақталу ретінің бейнесі мынандай:  $Cr > Cu > Zn > Mn > Ni > Cd > Co > Pb$ .

Тірі ағза құрамының биосферамен биогеохимиялық байланысының тығыздығын бағалау үшін элементтің биотикалығының көрсеткіштерінің мәндері 6-кестеде және 4-суретте келтірілген. Оны есептеу арқылы біз кәдімгі қарағай ағаштарының жер үсті фитомассасының биогеохимиялық айналымына қатысқан ауыр металдардың массасын анықтадық. ЭБК өсімдіктердің элементтерді сіңіру қарқындылығына тура пропорционал.  $ЭБК \geq 0,3$  элементтер орман экожүйелеріндегі заттардың биогеохимиялық айналымында үлкен қызмет атқарады.

**6-кесте** – Элементтердің биотикалық көрсеткіші

Ауыр металл	Телімдердегі ЭБК			
	бархандар	табиғи жазықтар	автокөлік жол бойында	ыза жолдар бойында
Cd	0,651	0,769	0,84	0,53
Co	0,01	0,01	0,006	0,006
Cr	0,065	0,073	0,07	0,068
Cu	1,38	0,406	0,34	0,265
Mn	1,81	0,466	0,35	0,659
Ni	0,04	0,047	0,037	0,05
Pb	0,11	0,16	0,118	0,031
Zn	0,66	0,715	0,42	0,73

6-кестеде және 4-суретте келтірілгендей барлық үлгілердегі кадмий, марганец, мырыш пен бархандар, табиғи жазықтардан, автокөлік жолы бойынан алынған үлгілердегі мыстың биотикалық көрсеткіші  $\geq 0,3$ . Ол көрсеткіш бархандарда өсетін қарағайлардан алынған жапырақтарда 1,38 құрады; табиғи жазықтардағы қарағай жапырақтарында – 0,406; автокөлік жолы бойындағы қарағай қылқандарында ЭБК = 0,34.

Кадмийдің биотикалық көрсеткіші (ЭБК) мәндері бархандарда өсетін орман қылқандарында 0,65, ал табиғи жазықтықтарда 0,79 құраған; автокөлік жолы бойында ЭБК = 0,84; ыза жолдар бойында – 0,53 көрсетіп тұр.

Зерттелген орман экожүйесінің биогеохимиялық айналымына қатысқан марганецтің мөлшері бархандардағы ағаш жапырақтарында 1,81 мәнін көрсетіп тұр, табиғи жазықтардағы

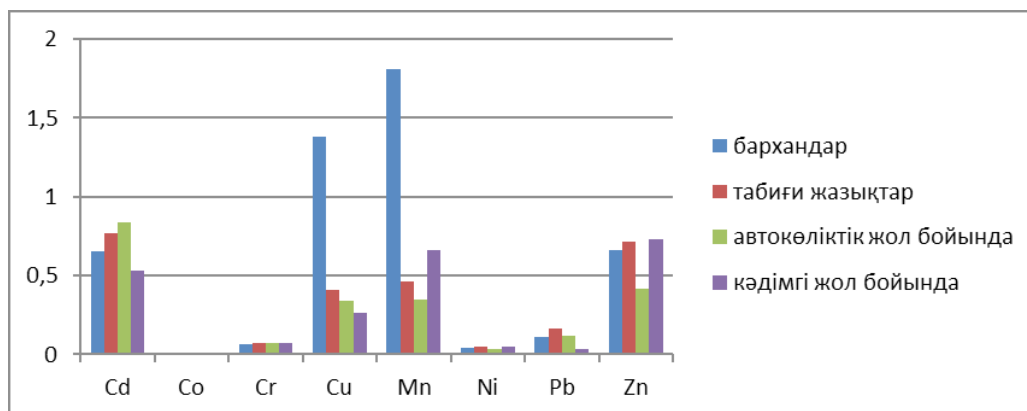
қарағай қылқандарында – 0,47, автокөлік жолы бойынан алынған үлгілерде 0,35 және ыза жолдыр бойындағы ағаш жапырақтарында 0,66 құрады.

Бархандар, табиғи жазықтар, автокөлік және ыза жолдары аумақтарында өсетін ағаш жапырақтарында мырыштың биотикалық көрсеткіші сәйкесінше 0,66; 0,715; 0,42; 0,73 тең.

Келтірілген сандардың мәндері Бесқарағай орман экожүйесіндегі өнімділік үдерісі үшін бұл элементтердің биогеохимиялық айналымындағы алатын орны өте маңызды екенін көрсетеді.

Ауыр металдардың жапырақтарындағы және топырақтағы мөлшерлері арасындағы сызықтық қатынасты сипаттау үшін Пирсонның корреляциялық коэффициенті -1 және +1 аралығындағы мәндерін қабылдайды. Белгілер арасындағы байланыс 7-кестеде көрсетілген Чеддок шкаласы бойынша бағаланады.





4-сурет – Элементтердің биотикалығының көрсеткіштерін салыстыру

7-кесте – Сызықтық байланыс коэффициенттерінің Чеддок шкаласы бойынша бағалануы

$r_{xy}$ мәні	Байланыстың бағалануы
0,1 – 0,3	әлсіз
0,3 – 0,5	орташа
0,5 – 0,7	айқын
0,7 – 0,9	жоғары
0,9 – 1	өте жоғары

Пирсонның корреляциялық коэффициенті зерттелген қарағай жапырақтарындағы ауыр металдар мөлшері олардың топырақтағы белсенді түрлерімен тығыз байланыста екендігін көрсетті (барлық аймақтарда  $r_{xy} = 1$ ).

Ластану көрсеткіштерін анықтау. Ауыр металдар концентрацияларының коэффициенттері

( $K_c$ ) зерттелетін телімдердегі қарағайдың ассимиляциялық аппаратындағы химиялық элементтердің салыстырмалы ластанбаған телімде өсетін қылқан жапырақты элементтің фондық мөлшеріне қатынасын көрсетеді.  $K_c > 1$  болған сайын қылқан жапырақтарының элементпен ластануы артады.

Ауыр металдар Ксесептеу нәтижелері 8 кестеде көрсетілген. Есептеулерге қажет бархандардан алынған қарағай қылқандары ауыр металдардарының фондық мөлшерлерін 1 кестеден қарау қажет.

Кадмий, хром және қорғасын үшін  $K_c > 1$ . Ал ыза жолдың бойындағы  $K_c > 1$  элементтер келесілер: марганец (1,63), никель (1,25), хром (1,04), мырыш (1,01).

Бесқарағай орманы қарағай жапырақтарының жиынтық ластануын есептеу нәтижелері 9 және 10-кестелерде көрсетілген.

8-кесте – Зерттелген элементтер концентрацияларының коэффициенттері

Телімдер	Ауыр металдардың $K_c$ мәндері							
	Cd	Co	Mn	Cu	Ni	Cr	Pb	Zn
табиғи жазықтар	0,13	1,00	1,15	0,29	1,18	1,11	1,5	0,99
автокөлік жолы бойында	1,38	0,66	0,8	0,25	0,93	1,07	1,05	0,59
ыза жолы бойында	0,88	0,66	1,63	0,19	1,25	1,04	0,27	1,01

9-кесте – Металдардың уыттылығын ескермегендегі ағаш жапырақтары ластануының жиынтық көрсеткіші

Телім	$Z_c$
табиғи жазықтар	1,94
автокөлік жолы бойында	1,49
ыза жолы бойында	1,93

9-кестеден көріп отырғанымыздай, ауыр металдардың уыттылығын ескермегендегі ластанудың жиынтық көрсеткіші табиғи жазықтардағы қарағай жапырақтарында  $Z_c = 1,94$ , автокөлік жолы бойындағы қылқындандарда оның мәні 1,49 тең, ыза жолдың бойындағы ағаш жапырақтарында – 1,93.

10-кестеде көрсетілгендей бірінші уыттылық тобындағы металдармен автокөлік жолы бойындағы орман жапырақтары ластанған ( $Z_c = 2,64$ ), одан кейін табиғи жазықтардағы ( $Z_c = 2,25$ ), ыза жолдардың бойындағы ағаш жапырақтарының  $Z_c = 1,5$  тең. Екінші уыттылық

тобына жататын металдар табиғи жазықтар мен ыза жолдар бойындағы қылқандарды ластаған,  $Z_c = 1,29$ . Автокөлік жолы бойындағы қарағай қылқандарында  $Z_c = 1,07$ .

Табиғи жазықтардағы қарағай жапырақтарында  $Z_c = 0,575$  және ыза жол бойындағы қылқандарда – 0,815. Барлық зерттеліп отырған аумақтарда ластану негізінен бірінші уыттылық тобындағы ауыр металдар есебінен жүрген.

10-кестемәндерін 11-кестеде көрсетілген шектермен салыстырғанда, қауіптілік деңгейі бойынша  $Z_c < 16$  болғандықтан, зерттеліп отырған орманда ластану деңгейі төмен деп айтуға болады.

**10-кесте** – Үлгілер алынған телімдердегі элементтердің уыттылығын ескергендегі ластанудың жиынтық көрсеткіші

Телімдер	Элементтердің уыттылығын ескергендегі $Z_c$ мәндері		
	I топ	II топ	III топ
табиғи жазықтар	2,25	1,29	0,575
автокөлік жолы бойында	2,64	1,07	-
ыза жол бойында	1,5	1,29	0,815

**11-кесте** – Ластанудың жиынтық көрсеткіші мәндерінің шектері

$Z_c$ мәні	Ластану деңгейі
< 16	төмен
16-32	орташа қауіпті
32-128	қауіпті
> 128	төтенше қауіпті

## Қорытынды

Барлық телімдердің ағаш жапырақтарында кадмий мен кобальттың мөлшерлері жақын аумақта жатыр. Фондық аумақта, басқа металдарға қарағанда, марганец, мыс және мырыш мөлшерінің көрсеткіші жоғары. Басқа аумақтардағы никельдің концентрациясы фондық аумақтағыға жақын, тек табиғи жазық пен ыза жол жапырақтарында ептеп асып тұр. Автокөлік жолы бойында өскен қарағай қылқандарында қорғасынның мөлшері фондыққа тақау, ал табиғи жазықтағыда артып, ыза жолы бойында қайтадан төмендеген. Хромның мөлшері бархандарда 13,1, ал қалған аумақтарда 13,7-14,6 мг/кг аумағында орналасқан.

Әртүрлі аумақтардағы ағаш жапырақтарында ауыр металдардың жинақталу коэффи-

циенттерінің мәндері бірден кем болып келгендері: ыза жолдар бойынан алынған үлгідегі кобальт пен қорғасын, автокөлік жолы бойынан алынған үлгідегі кобальт пен кадмий үшін. Қалған металдардың  $K_{ж} > 1$ . Барлық аумақтарда бұл көрсеткіштің мәні өте жоғары болып келетін металдар Cr, Cu, Mn, Ni және Zn. Сонда бұл металдарды орман ағаштары әрі топырақтан, әрі атмосфера арқылы жинақтайды. Негізі Бес-қарағай орманының ластануына оның бұрынғы Семей ядролық сынақ полигонына жақын орналасуы және Өскемен өңірінің түсті металлургия орталығы болуымен себептеледі. Тағы өз үлесін Семей және Өскемен цемент зауыттары да қосатыны белгілі.

Барлық аумақтардан алынған топырақ үлгілерінің ЭБК мәндері 0,03 төмен болып тұрған элементтер кобальт пен қорғасын. Қалған

элементтердің ЭБК  $> 0,03$ . Ол жағдай бұл металдардың биогеохимиялық айналымындағы алатын орны Бесқарағай орман экожүйесіндегі өнімділік үдерісі үшін өте маңызды екенін көрсетеді.

Пирсонның корреляциялық коэффициенті қарағай жапырақтарындағы ауыр металдар мөлшері олардың топырақтағы белсенді түрлерімен тығыз байланыста екендігін көрсетті ( $r_{xy} = 1$ ).

Табиғи жазықтарда  $K_c > 1$  элементтерге марганец, никель, қорғасын жатады; автокөлік жолының бойында  $K_c$  мәні  $> 1$  болып келетін металдар кадмий, хром және қорғасын; ал ыза жолдың бойындағы қарағайлар қылқандарын ластаушы металдар болып келетіндері марганец, никель және мырыш, өйткені осы элементтер үшін ғана  $K_c > 1$ .

Ауыр металдардың уыттылығын ескермеген және ескерген жағдайдағы  $Z_c < 16$ , сондықтан зерттеліп отырған Бесқарағай орманында ластану деңгейі төмен деп айтуға болады.

*Жұмыс ҚР БҒМ 055 Бюджеттік бағдарлама (2018-2020 жж.) шеңберінде «Қазақстанның*

*далалық аймағындағы орман жүйесінің жай – күйіне экологиялық факторлардың әсерін зерттеу» жобасы бойынша орындалады. Мемтіркеу № 0118 РК 00610.*

### Қысқартулар

ЭБК – элементтер биотикалығының көрсеткіші

$C_o$  – өсімдіктердің құрғақ массасындағы ауыр металдардың концентрациясы, мг/кг;

$C_T$  – топырақтағы ауыр металдардың жылжымалы түрлерінің концентрациясы, мг/кг.

$K_c$  – концентрациялар коэффициенті;

$n$  – ластаушы заттардың саны.

$K_c$  мәні келесі өрнек бойынша есептелді:

$C_i$  – химиялық элементтің мөлшері;

$C_{\Phi i}$  – элементтердің фондық аумағындағы мөлшері.

$C_{\Phi i}$  – ретінде антропогендік әсерге аз ұшыраған бархандар аумағында өскен қарағайлар қылқандарының құрамындағы металдар мөлшерін қабылдадық.

$K_{Ti}$  –  $i$  элементінің уыттылық коэффициенті

### Әдебиеттер

- 1 Ebong, G.A., Etuk, H.S and Johnson, A.S 2007. Heavy metals Accumulation by Talinum Triangulare Grown on Waste Dumpsites in Uyo Metropolis Akwa-Ibom State, Nigeria J. App. Sci., 7(10), 1404-1409.
- 2 Saedi M and Amini, H.R. 2007. Chemical, Physical, Mineralogical, Morphology and Leaching Characteristics of a Thermal Power Plant Air Heater Washing Waste. Int. J. Environ Res., 1(1), 74-79.
- 3 Tam, N.F.Y and Wong, Y.S 2000. Spatial variation of heavy metals ins urface sediments of Hong Kong mangrove swamps. Environ. Pollut; 100(2) 195-205.
- 4 Yuan, C.J Shi, B; He, J; Liu, L; Jiang, Go 2004 Speciation of heavy metals in marine sediments from the East Chino sea by ICP-MS with sequential extraction Environ. Int, 30(6) 769-783.
- 5 Nwuche, C.O., Ugoji, E.O. 2008. Effects of heavy metal pollution on the soil microbial activity. Int. J. Environ. Sci. Tech., 5(3) 409-414.
- 6 Aina, M., Matejka G., Mama, D., Yao, B., Moudachirou M. 2009. Chractrization of stabilized waste; Evaluation of pollution risk. Int. J. environ Sci. Tech, 6 (1), 159-165.
- 7 Mohiuddin, K.M., Zakir, H.M; Otomo, K., Sharmin S, Shikazono, N. 2010. Geochem distribution of trace metal pollutants in water and sediments of downstream of an urban river. Int. J. Environ Sci Tech. 7(1), 17-28.
- 8 Odoh R; Agbaji, E.B; Kagbu, J.A; Thomas, S.A. 2011. Heavy metal speciation in agricultural farmland in some selected local government areas of Benue state, Nigeria. Archives of Applied Science Research, 3(3), 560-573.
- 9 Panin M.S. Akkumulyaciya tyazhelyh metallov rasteniyami Semipalatinskogo Priirtysh'ya. – Semipalatinsk: Izd. gos. univ-er. 1999. — s.308.
- 10 Sibirkina, A.R. Soderzhanie Cr v peskah osnovogo bora Semipalatinskogo Priirtysh'ya Respubliki Kazahstan / A.R. Sibirkina // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2012. – № 4; URL: www.science-education.ru/104-6477 (Data publikacii: 19.06.2012).
- 11 Cibipkina A.P. Biogeoximicheskie ocobennosti nakopleniya tyazhelyx metallov pacteniyami cocnovogo bopa Cemipalatinskogo Ppiirtysh'ya // Voprosy obpazovaniya i nayki v XXI veke: Сbopnik naychnyx tpydov po matepialam Mezhdynapodnoj naychno-ppakticheskoj konfepencii 29 appelya 2013 g.: v 11 chactyax. СHact' 8; Minicteпctvo obp. inayki PF. Tambov: Izd-vo TPOO «Biznes –Nayka – Obshchestvo», 2013. – С.118-120.
- 12 Sibirkina, A.R. Biogeohimicheskie usloviya formirovaniya pochvennogo pokrova osnovogo bora Semipalatinskogo Priirtysh'ya // Aktual'nye voprosy v nauchnoj rabote i obrazovatel'noj deyatel'nosti: Sbornik nauchnyh trudov po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii 31 yanvarya 2013 g.: v 13 chastyah; CHast' 13; Ministerstvo obr. i nauki RF. Tambov: Izd-vo TROO «Biznes-Nauka-Obshchestvo», 2013. – S. 127-128.

- 13 Cibipkina A.P. Ocobennosti codepzhaniya cinka, ctronciya i manganca v opganax i tkanyax cocny obyknovennoj (PinussylvestrisL.) cocnovogo bopa Cemipalatinckogo Ppiptysh'ya (Pecpyblika Kazaxctan) // Vectnik IGPI im. P.P. Epshova. – 2014. – №4 (16). – C.97-100.
- 14 Sibirkina, A.R. Soderzhanie kadmiya v organah sosny obyknovennoj lentochnyh borov Priirtysh'ya Respubliki Kazahstan / A.R. Sibirkina // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Himiya. Biologiya. Farmaciya. – 2013. – № 2. – S. 130-137.
- 15 Popova L. F., Nakvacina E. N. Ekologicheskoe obocnovanie nopmipovaniya cinka i medi v pochvax Apxangel'cka // Vectnik TGPU (TSPU Bulletin). – 2015. – 155 c.
- 16 Evceeva T., YUpaneva I., Xpamova E. Mexanizmy poctypleniya, pacpedeleniya i detokcikacii tyazhelyx metallov y pachtenij // Fiziologiya pachtenij. – 2003. – T. 133. – C.218-229.
- 17 Panin M. C. Migpaciya tyazhelyx metallov i pyti poctypleniya ix v pachteniya // Akkymylyaciya tyazhelyx metallov pachteniyami Cemipalatinckogo Ppiptysh'ya. – 1999. – C.23-30.
- 18 18. Sibirkina A. R. Biogeoхимическая оценка содержания тяжелых металлов в сосновых борях семипалатинского Прииртыш'я. Dissertaciya na soiskanie uch. step. dokt. biol. nauk. Omsk, 2014.– 496s.
- 19 Saet YU.E. Geohimiya okruzhayushchej sredy / YU. E. Saet, B. A. Revich, E. P. YAnin i dr. M.: Nedra, 1990.335 s.:
- 20 Vodyanickij YU.N.<http://elibrary.ru/item.asp?id=17073847> Ob opacnyx tyazhelyx metallax/metalloidax v pochvax<http://elibrary.ru/item.asp?id=17073847> // Byulleten' Pochvennogo inctityta im. V.V. Dokychaeva. – 2011.– № 68. – C. 56-82.
- 21 Primer rascheta koefficienta korrelyacii Pirsona. Elektronnyj resurs.<https://statpsy.ru> › Korrelyaciya Pirsona
- 22 Kabata-Pendiac A., Pendiac X. Mikpoelementy v pochvax i pachteniyax. – M.: Mip, 1989. – 440c.
- 23 Messenger A., Stelford M. W. White pine chlorosis in northern Illinois: iron deficiency or not? // Journal of Arboriculture. – 1997. – V. 23(5). – P. 191.
- 24 Il'in V. B., Ctepanova M. D. Zashchitnye vozmozhnosti cictemy pochva-pachteniya ppi zagpyaznenii pochv TM // TM v okpyzhayushchej cpede. – M.: MGU, 1986. – C.80-85.
- 25 Il'in, V.B. Mikroelementy i tyazhelye metally v pochvah i rasteniyah / V.B. Il'in, A.I. Syso. – Novosibirsk: izd-vo SO RAN, 2001. – 229 s.