

Б. Н. МЫҢБАЕВА, А. ҚАЗЫМҰРАТҚЫЗЫ

(Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан)

АЛМАТЫ ҚАЛАСЫНДАҒЫ ӨЗЕНДЕРДІҢ АУЫР МЕТАЛДАРМЕН ЛАСТАНУ МОНИТОРИНГІ ЖҮЙЕСІНІҢ МАҒЫНАЛЫЛЫҒЫ МЕН ЭФФЕКТИВТІЛІГІ

Аннотация. 2010-2013 жж. аралығында Алматы қаласындағы 3 өзеннің мыспен Cu және білінбес қорға-сынмен Pb ластануы көрінді, ал қалған ауыр металдармен (Zn және Cd) ластану қауіп төндірген жоқ. Сонымен қатар, авторлар химиялық спектральды анализ жасай отырып, «Microsoft Excel» бағдарламасының көмегімен өзендердің ауыр металдармен жыл бойы ластануының орташа есебін анықтады. Мақалада «TotalComander 6.53-Sam» и «Mathcad» бағдарламаларының көмегімен математикалық әдісті қолдану арқылы корреляциондық-регрессиондық және бытыраңқы анализ жасай отырып болжамды моделдері қарастырылады. Зерттеу үшін Кіші Алматы өзенінің орта бөлігі (Жүнкомбинат ауданы), Есентай өзені үшін жоғарғы бөлігі, Үлкен Алматы өзенінің барлық бөліктері Pb және Zn үшін эмприкалық моделдері алынды. Зерттеудің негізгі тұжырымдары болып Алматы өзендерінің мониторинг жүйесінің жақсаруына нұсқау-лықтар, яғни судағы ауыр металдарды анықтау үшін химиялық анализдерді өткізудің сапасы және су бекеттерінің санын көбейтуді ұсынады.

Тірек сөздер: экологиялық мониторинг, ауыр металдар, гидрологиялық бекет, корреляция-регрессиялық анализ, бытыраңқы анализ, болжамды қалып.

Ключевые слова: экологический мониторинг, тяжелые металлы, гидрологический пост, корреляционно-регрессионный анализ, дисперсионный анализ, прогнозная модель.

Keywords: environmental monitoring, heavy metals, hydrological station, correlation and regression analysis, analysis of variance, a forecast model.

Кіріспе. Қаладағы шаруашылық жұмыстардың кешені қалалық су қоймасының сапалы су шығаруға әсер ететіні жалпыға белгілі: судың ластану көздері, су шығару көлемі, су тазалау құралдарының болуы немесе болмауы және т.б. Қазақстан Республикасында 1972 жылдан бастап судың қаншалықты ластануына мониторинг жүргізіліп келеді. 2000-2014 жылдар аралығында Қазақстандағы өзендерінің көпшілігінде шаруашылық жұмыстарының қысқаруы нәтижесінде судың ластану индексінің көрсеткіші төмендеді [1]. Семей және Павлодар қалаларындағы су қоймасының (өзен, көл, су сақтау қойма) ластануы туралы зерттеген болатын [2, 3].

Қоршаған ортаның локалдық және аймақтық ластану мониторинг жүйесінің талдамасын, ауаның, өсімдіктердің, топырақтың, қар қабатының, су нысандарының ластануын эксперимент жасау үшін көптеген зерттеушілер қолданды, соның ішінде: Ю. А. Израэль [4], Э. Ю. Безуглая [5], А. П. Бояркина [6], Г. С. Фомин [7] және т.б.

Регрессиялық қалыптардың қолдану және экологиялық ақпараттардың (медицина аймағында) пайдалану мүмкіншіліктері А. Н. Вараксиннің [8] монографиясында көрініс тапты.

Бұрынырақта Алматы қаласындағы өзен қабатының ауыр металдармен ластануы туралы мәселе қойылған.

Ұзақ зерттеудің мақсатында математикалық (корреляция-регрессиялық анализ) анализ жасау әдісінің көмегімен қала өзендерінің ластануының эффективтік мониторинг жүйесін танып білу пайда болды.

Зерттеу нысаны мен әдістері

Зерттеу нысаны ретінде 4 жыл (2010-2013) ішінде 8 гидрологиялық бекеттердің ластануын қадағалау барысындағы Алматы қаласының 3 өзеніндегі (Кіші Алматы ө., Есентай ө. және Үлкен Алматы ө.) ауыр металдар (Pb, Cd, Cu, Zn) бойынша ақпараттар базасы алынды. Кіші Алматы ө. суындағы ауыр металдарды анализдеу 3 су бекеті бойынша жүргізілді: 1СБ (су бекеті) –Жүнкомбинатынан 0,5 км төмен, 2СБ – қаладан 2 км жоғары, 3СБ – Алматы қаласынан 4,0 км төмен. Есентай өзенінің суындағы ауыр металды анықтау үшін аль-Фараби даңғылы (4 СБ) мен Рысқұлов

көшесінің (5СБ) қиылысындағы өзеннен алынды. Үлкен Алматы өзені үшін бақылау 3 жерде өткізілді: 6 СБ – қаладан 9,1 км жоғары, 7 СБ – Алматы мақтақағаз комбинатынан 0,5 км төмен орналасқан, 8 СБ – қаладан 0,5 км төмен.

Судағы Zn металының қалдығын анықтау үшін 100 мл фильтрленбеген суға 2 мл HNO₃ қосып, 5 мл-ге дейін булап, суытып, 100 мл колбаға ауыстырып белгіге дейін дистилденген су құйып, атомды-адсорбционды әдіспен спектрофотометр өлшеуіште Zn металының қаншалықты екенін өлшедік [9].

Судағы Cd, Pb, Cu қалдықтарын анықтау. 100 мл фильтрленбеген суға 2 мл HNO₃ (конц., ОХЧ) қосып, 5 мл-ге дейін булап, суытып, 100 мл колбаға ауыстырып белгіге дейін дистилденген су құйып, электротермиялық атомизациямен АА-6650 атомды-адсорбционды әдіспен спектрофотометр өлшеуіште Cd, Pb, Cu металының қаншалықты екенін өлшедік [10].

Өзен суының ауыр металдармен бір жылдағы орташа ластануын анықтау үшін алынған нәтижелерді бірінші «Microsoft Excel» бағдарламасында есептеп алдық. Болжамды қалыптарды құру үшін «TotalComander 6.53-Sam» и «Mathcad» бағдарламасының көмегімен корреляциондық-регрессиялық және бытыраңқы анализдер математикалық әдіспен жасалынды.

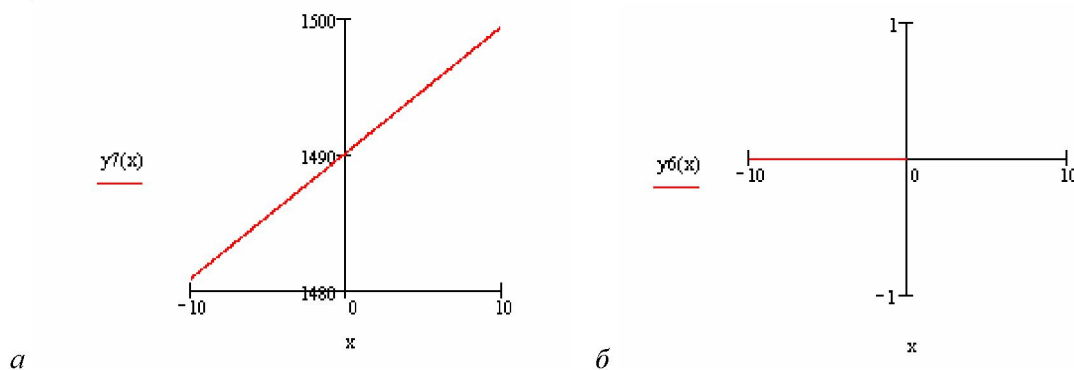
Зерттеу нәтижелері

Сонымен Алматы қаласындағы 3 өзендегі ауыр металмен ластану нәтижелері анықталды: Cu металымен ластану қауіптірек болды: жыл бойы зерттеуде 8,5-нан 12 ПДК дейін, Pb ластану Кіші Алматы (1,1 ПДК) и Үлкен Алматы (1,9 ПДК) өзендерінде белгілі болды; қалған ауыр металдар төмен болды. Есентай өзеніне қарағанда Үлкен Алматы өзенінде ауыр металдармен ластану көбірек екені байқалды. Сонымен, Есентай және Үлкен Алматы өзендерінің суы ішу үшін қолданылып отырғандықтан ауыр металдармен ластануы адам денсаулығына және су пайдаланушыларға үлкен қауіп төніп тұрғандығы белгілі болды.

Кіші Алматы өзені. Ауыр металдардың функционалды концентрацияларын зерттеуде Cu мен Zn (қалыпты жағдай және орта мағына) және Pb (қауіптің жоғары сатысы) бойынша жүргіздік. Жүнкомбинаты ауданындағы Кіші Алматы өзенінде ластану бойынша корреляциондық-регрессиялық тәуелділігінде Pb және Zn металдары екені анықталды: сонда төмендегідей эмприкалық теңдеу шықты:

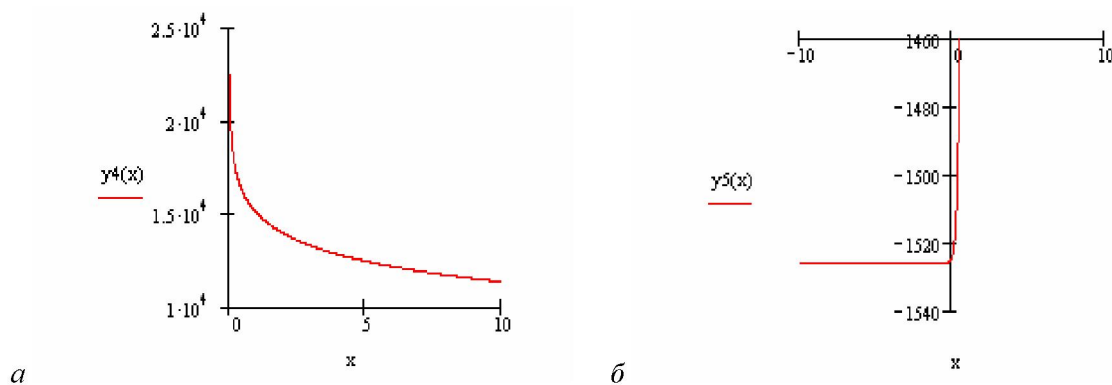
$$Y = 1490.138 + 928 \cdot x \quad (1)$$

ауыр металл концентрациясын дәл өлшеуде жетерлік санымен, функционалды корреляциондық байланыспен, мағына қатарынан Pb-ның өсуіндегі пропорционалды өзгерістер (1а-сурет). Pb және Zn-пен ластануының сақталу жағдайында 1-2 жыл өзен ластануының қазіргі деңгейі сақталатын болатыны қарастырылды. Сонымен қатар, Pb бойынша болжамды Zn концентрациясын анықтау үшін қолдануға болады. Статистикалық берілгендер судың Zn және Cu ластануы бойынша қаладан 4 км төменде анықталып отырған ауыр металдар қалдығының өзгерісімен 20 % аясында сәйкес келетінін көрсетті, яғни басқа факторлармен байланыс 80%-ға қарағанда, қайта айналым регрессиясы көп болады (1б-сурет). Бұл берілгендер Zn және Cu бір-біріне қаншалықты тәуелді екенін анықтауға мүмкіндік бермеді.



1-сурет – Жүнкомбинаты ауданындағы Кіші Алматы өзеніндегі Pb дан Zn концентрацияларының корреляциондық-регрессиялық тәуелділігі (а) және қаладан 4 км төмен Cu (б)

Аралық бойынша Кіші Алматы өзен қандай жоғары болса, Си-нан Pb артқа сызықтық емес корреляциондық-регрессиондық тәуелділігі қаладан сондай төмен; судағы Си қандай жоғары болса, Pb сондай төмен екені белгілі болды (2а,б-суреттер). Бірақ, жағымсыз мағыналы t-критерилі және сенімділік интервалы бойынша сенімділік аймағы белгілі болмады, яғни бұл берілгендерге қарағанда сенімсіздік көбірек.



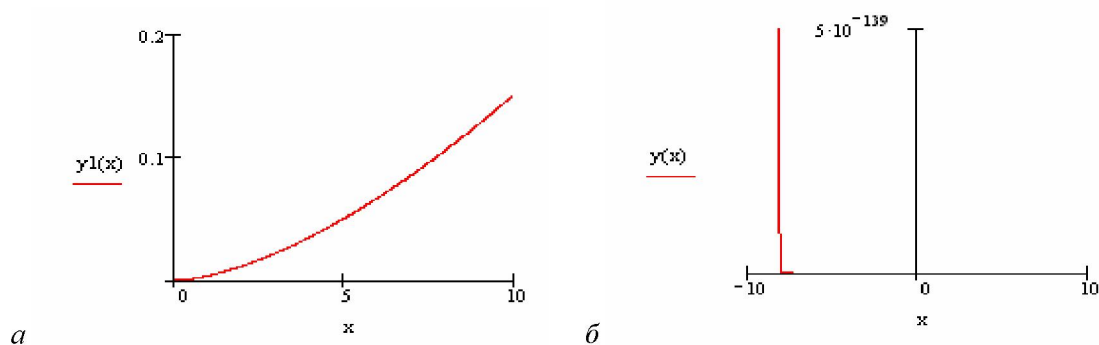
2-сурет – Қаладан 2 км жоғары Кіші Алматы өзеніндегі Си дан Pb концентрацияларының корреляциондық-регрессиондық тәуелділігі (а) және қаладан 4 км төмен Си (б)

Жүнкомбинаты ауданындағы регрессия сызығына сәйкестенетін, Кіші Алматы өзені бойынша Pb (Y) мен Zn (X) концентрациялары арасындағы эмпирикалық модель орнатылғандығын бытыраңқы тексеру растады; басқа орындарда судың құрамындағы Pb бойынша ауыр металдар концентрациясын анықтау үшін қайта жүретін және сызықтық емес күрделі эмпирикалық теңдеулер болды. Біз жүнкомбинаты ауданындағы өзен аумағында шамамен 1,5-2 жылға мағыналы регрессияның мүмкін болатын болжамды моделін жасадық.

Сонымен, Кіші Алматы өзенінің ауыр металмен ластануы бойынша алынған математикалық берілгендердің экологиялық мағынасы мынадай: Си жалпы табиғи ластану және Pb және Си графигі бойынша Zn-пен қамтылуы орнатылды (Кіші Алматы өзенінің барлық ағысы бойынша анықталғандығына қарай).

Есентай өзені. Есентай өзенінде ауыр металдардың функционалды концентрацияларын зерттеуді Си мен Zn және Pb бойынша жүргіздік. Нәтижесінде аль-Фараби даңғылымен қиылысқан жеріндегі Есентай өзенінде Zn және Pb арасындағы жоғары қақтығыстармен корреляциялық тәуелділіктер алынды (3а-сурет): сызықтық корреляцияның жақсы коэффициентімен регрессияның эмпирикалық моделі пайда болды:

$$Y = .004 \cdot x^{1.581} \quad (2)$$



3 сурет – аль-Фараби даңғылымен қиылысқан жеріндегі Есентай өзенінің Zn дан Pb(а) және Си (б) арасындағы жоғары қақтығыстармен корреляциялық тәуелділіктер (4 СБ)

Сондай-ақ, аль-Фараби даңғылымен қиылысқан жеріндегі Есентай өзенінде Си нан Pb байланыс регрессияның күрделі эмпирикалық теңдеуімен бірге кері сызықтық тәуелділігіне (3б-сурет) ие болған:

$$Y = 691.087 \cdot 10^{(1157.053/x)} \quad (3)$$

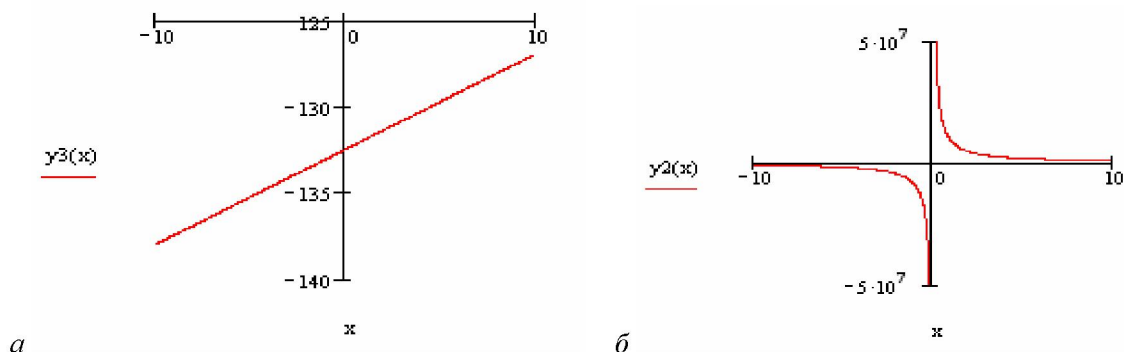
Сондықтан біз өлшеу санын көбейтуді ұсынамыз.

Есентай өзенінің Рысқұлов көшесімен қиылысында (5СБ) жоғарыдағы Pb, Cu және Zn сипаттамасына жақын, яғни араларында корреляциондық-регрессиондық тығыз байланыс бар екені анықталды. Мысалы, Zn и Pb үшін (4а-сурет) эмприаклық модель орнатылды:

$$Y = -132.469 + .554 \cdot x \quad (4)$$

Есентай өзеніндегі 2 СБ-де Cu дан Pb кері регрессиясы көрінген: регрессияның эмприкалық теңдеуі тығыз функционалды байланысты көрсетті. (4б-сурет):

$$Y = 160.702 + 9164543/x \quad (5)$$



4-сурет – Рысқұлов көшесімен қиылысқан Есентай өзеніндегі Zn тан Pb концентрацияларының корреляционды-регрессионды тәуелділіктері (6 СБ)

Аль-Фараби даңғылымен қиылысқан жерінде қаралған Zn (X) және Pb (Y) концентрациялары арасында эмприкалық моделі жасалынған Есентай өзенінің ластануы бойынша біз қосымша бытыранқы тексеруді қолдандық, себебі ауыр металдар арасында мағынасы және мінездемесі бойынша әртүрлі қисық тәуелділіктер алынды. Зерттеуде, біз метамтикалық әдістер көмегімен аль-Фараби ауданындағы Есентай өзені үшін ластанудан 2 жыл сақтану деңгейінің божамды моделін жасадық.

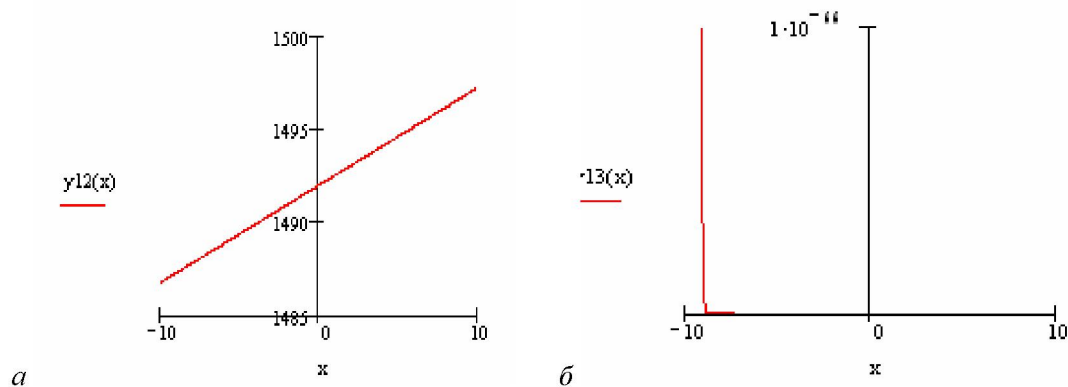
Осындай үлгімен, Есентай өзенінің барлық ағысында Zn дан Pb ға түзу және кері функционалды байланысы белгіленді.

Үлкен Алматы өзені. Үлкен Алматы өзен суының ауыр металдармен ластануының корреляциондық-регрессиондық байланысын анықтау барысында қаланың жоғарғы жағында Pb және Zn арасында тәуелділік бары байқалды: регрессияның эмприкалық теңдеуі корреляцияның өте жоғары коэффициентін көрсетті. $r = .933$ (5а-сурет):

$$Y = 1491.981 + .523 \cdot x \quad (6)$$

сонымен қатар, Zn концентрациясы арқылы Pb қалдығын бөліп ала алады.

Қала бойынша және қала сыртындағы су ағыстарынан Cu және Pb арасындағы сәйкес келетін тәуелділік алынды (5б-сурет).



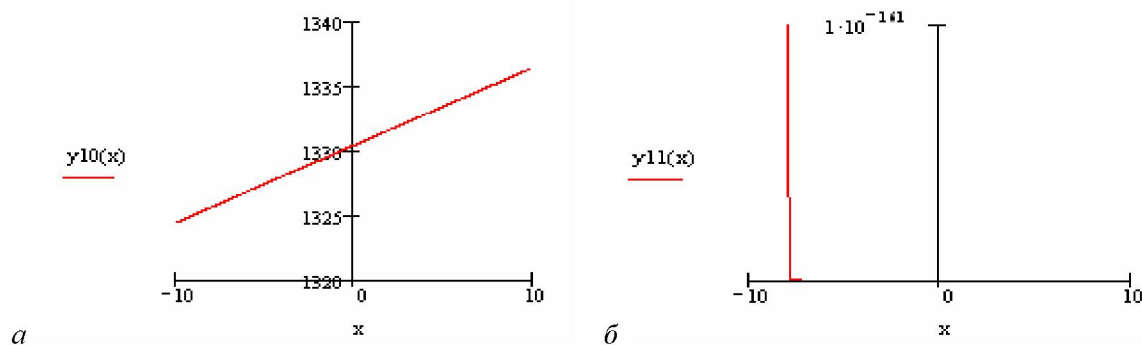
5-сурет – Үлкен Алматы өзеніндегі Pb дан, Cu-нан Zn концентрациясының корреляционды-регрессиондық тәуелділігі (6 СБ)

Pb және Zn арасындағы тәуелділік Үлкен Алматы өзенінің орта бөлігінен де табылды; тәуелділіктің нақты эмприкалық моделі жеткілікті алынды:

$$Y = 1330.402 + 599 \cdot x \quad (7)$$

яғни, сызба бойынша (6а сурет) Pb концентрациясын бөліп алуға болады. Модель құрастыруға мүмкіндік бермей-ақ, эмприкалық теңдеу бойынша Cu және Zn арасында кері корреляционды байланыс пайда болды (6б-сурет):

$$Y = 1174.017 \cdot 10^{(1302.033/x)} \quad (8)$$



6-сурет – Үлкен Алматы өзеніндегі Pb дан, Cu-нан Zn концентрациясының корреляционды-регрессиондық тәуелділігі (7 СБ)

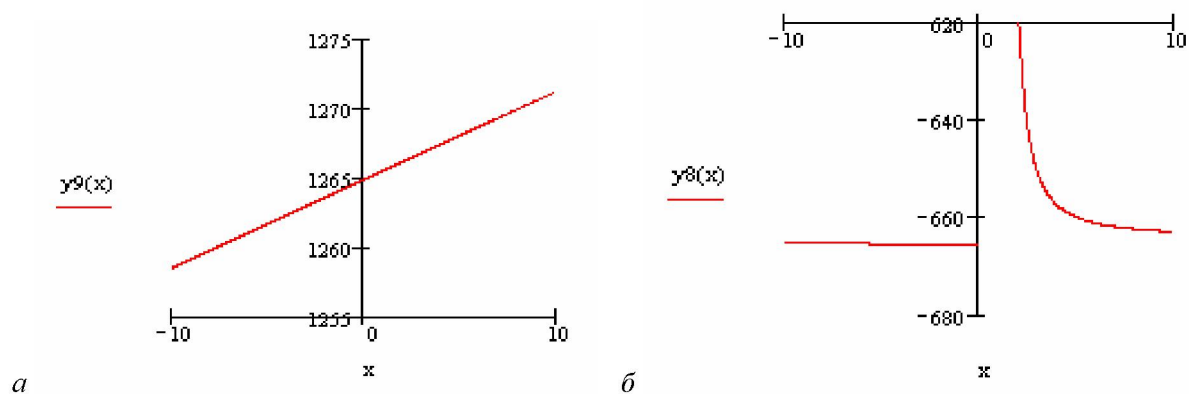
Қаладан жоғары Үлкен Алматы өзенінің ластануы Регрессияның эмприкалық теңдеуі бойынша корреляционды-регрессионды қорытындысы Pb және Zn (7а-сурет) концентрацияларының арасындағы байланыс тәуелділігін көрсетті:

$$Y = 1264.846 + 633 \cdot x \quad (9)$$

басқа сөзбен айтқанда, суда Zn бар, Pb мен ластанудың үлкен көрсеткіші де барын айтады. Эмприкалық модельге сәйкес, суда неғұрлым Pb көп болса, соғұрлым Cu аз болады:

$$Y = -665.854 + 1.433291E+0.7/x \quad (10)$$

Металл арасындағы әлсіз корреляционды байланысты берілген моделде көрсетілсе де (7б-сурет).



7-сурет – Үлкен Алматы өзеніндегі Pb дан, Cu-нан Zn концентрациясының корреляционды-регрессиондық тәуелділігі (8 СБ)

Берілгендер Үлкен Алматы өзені бойынша дисперсионды анализі Zn (X) және Pb (Y) үшін, онды t-критеридің мағынасын көрсетті, қарсыласу үшін сенімді аймақ жеткілікті мағыналы: 21 ден 40% дейін. Зерттеу барысында ластану деңгейін сақтау үшін, одан әріге бармас үшін, Pb және Zn бойынша барлық өзендердің 2 жылдық болжамды эмприкалық моделі құрастырылды.

Қорытынды. Сонымен, 2010-2013 жж. аралығында Алматы өзендерінің ауыр металдармен ластануы бойынша жеткілікті математикалық есептер көрсетілді. Регрессияның теориялық Y сызығынан X бойынша өзен мониторинг жүйесінің жақсаруы бойынша бірінші деңгейде көрсету

нұсқаулықтарын жасай алдық: су бекеттерінің санын көбейту, ауыр металдарды анықтау үшін химиялық әдістердің сапасын жақсарту. Сонымен қатар, біз судың экологиялық тазалығына ауыр металдардың әсерін анықтау үшін химиялық және метаматикалық әдістерді қолдануды қиын екенін айта аламыз.

ӘДЕБИЕТ

- 1 Рациональное использование природных ресурсов и охраны окружающей среды в Казахстане. – Алматы, 2009. – С. 173-180.
- 2 Панин М.С., Мусабекова А.В. Тяжелые металлы в питьевых водах города Семипалатинска // Тезисы докл. III межд. конф. «Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде». – Семипалатинск, 2004. – Т. 1. – С. 393-400.
- 3 Абдрашитова С.А., Айткельдиева С.А., Тлеулина Ж. и др. Механизмы взаимодействия бактерий, выделенных из пригорода Павлодара, с растворимыми формами ртути // Тезисы докл. III межд. конф. «Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде». – Семипалатинск, 2004. – Т. 1. – С. 10-14.
- 4 Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – М.: Гидрометеоздат, 1984. – 560 с.
- 5 Безуглая Э.Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. – Л.: Гидрометеоздат, 1986. – 199 с.
- 6 Бояркина А.П., Василенко В.Н. Назаров И.М. и др. Мониторинг загрязнения снежного покрова. – Л.: Гидрометеоздат, 1985.
- 7 Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Энциклопедический справочник. – М.: Протектор, 1995. – 624 с.
- 8 Вараксин А.Н. Статистические модели регрессионного типа в экологии и медицине: монография. – Екатеринбург, 2006. – 256 с.
- 9 МВИ М01-37-2006. Методика выполнения измерения массовой концентрации Zn, Al, Be, Mo в пробах природных и сточных вод. – СПб.: Изд-во стандартов, 2006. – 21 с.
- 10 МВИ М 01.29-98. Методика выполнения измерения Mn, Co, Cu, Fe, Cd, Pb, Ni в пробах природных и сточных вод атомно-адсорбционным методом на спектрофотометре фирмы «Shimadzu» с электротермической атомизацией. – СПб.: Изд-во стандартов, 1998. – 23 с.

REFERENCES

- 1 Rational'noe ispol'zovanie prirodnyh resursov i ohrany okruzhajushhej sredy v Kazahstane. Almaty. **2009**. 173-180 (in Russ.).
- 2 Panin M.S., Musabekova A.V. Tjzhelye metally v pit'evyh vodah goroda Semipalatinska. Tezisy dokl. III mezhd. konf. «Tjzhelye metally, radionuklidy i jelementy-biofily v okruzhajushhej srede». Semipalatinsk, **2004**. I. 393-400 (in Russ.).
- 3 Abdrashitova S.A., Ajtkel'dieva S.A., Tleulina Zh. i dr. Mehanizmy vzaimodejstvija bakterij, vydelennyh iz prigoroda Pavlodara, s rastvorimymi formami rtuti. Tezisy dokl. III mezhd. konf. «Tjzhelye metally, radionuklidy i jelementy-biofily v okruzhajushhej srede». Semipalatinsk. **2004**. I. 10-14 (in Russ.).
- 4 Izrajel' Ju.A. Jekologija i kontrol' sostojanija prirodnoj sredy. M.: Gidrometeoizdat. **1984**. 560 (in Russ.).
- 5 Bezuglaja Je.Ju. Monitoring sostojanija zagrjaznenija atmosfery v gorodah. L.: Gidrometeoizdat. **1986**. 199 (in Russ.).
- 6 Bojarkina A.P., Vasilenko V.N. Nazarov I.M. i dr. Monitoring zagrjaznenija snezhnogo pokrova. L.: Gidrometeoizdat. **1985** (in Russ.).
- 7 Fomin G.S. Voda. Kontrol' himicheskoj, bakterial'noj i radiacionnoj bezopasnosti po mezhdunarodnym standartam. Jenciklopedicheskij spravocchnik. M.: Protektor. **1995**. 624 (in Russ.).
- 8 Varaksin A.N. Statisticheskie modeli regressionnogo tipa v jekologii i medicine: monografija. Ekaterinburg. **2006**. 256 (in Russ.).
- 9 MVI M01-37-2006. Metodika vpolnenija izmerenija massovoj koncentracii Zn, Al, Ve, Mo v probah prirodnyh i stocnyh vod. SPb. Izd-vo standartov. **2006**. 21 (in Russ.).
- 10 MVI M 01.29-98. Metodika vpolnenija izmerenija Mn, Co, Cu, Fe, Cd, Pb, Ni v probah prirodnyh i stocnyh vod atomno-adsorbcionnym metodom na spektrofotometre firmy «Shimadzu» s jelektrotermicheskoj atomizaciej. SPb. Izd-vo standartov. **1998**. 23 (in Russ.).

Резюме

Б. Н. Мынбаева, А. Кажымуратқызы

(Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И СОДЕРЖАТЕЛЬНОСТЬ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА РЕК Г. АЛМАТЫ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

За период 2010-2013 гг. показано значительное загрязнение 3 рек г. Алматы медью Cu, незначительно – свинцом Pb, содержание остальных тяжелых металлов (цинком Zn и кадмием Cd) не представляло опасности. Химическими спектральными анализами авторы получили среднегодовые данные по загрязнению рек

г. Алматы тяжелыми металлами с помощью программы «Microsoft Excel». В статье представлены прогнозные модели, для составления которых были использованы математические методы корреляционно-регрессионного и дисперсионного анализов с помощью программ «TotalComander 6.53-Sam» и «Mathcad». Авторами получены эмпирические модели для Pb и Zn на всем протяжении р. Ұлкен Алматы, для р. Есентай – только в верхней части, для р. Кіші Алматы – в средней части (район Мехкомбината). Основными выводами исследования являются рекомендации по улучшению системы мониторинга рек г. Алматы, увеличению количества гидрологических постов и качества проведения химических анализов по определению содержания тяжелых металлов в воде.

Ключевые слова: экологический мониторинг, тяжелые металлы, гидрологический пост, корреляционно-регрессионный анализ, дисперсионный анализ, прогнозная модель.

Summary

B. N. Mynbayeva, A. Kazhymuratkyzy

(Kazakh national pedagogical university named after Abai, Almaty, Kazakhstan)

EFFECTIVENESS AND INCLUSIVENESS OF THE MONITORING'S SYSTEM FOR ALMATY CITY'S RIVERS, CONTAMINATED BY HEAVY METALS

It is shown the significant pollution of 3 Almaty city's rivers by copper (Cu), slightly – by lead (Pb) during the period 2010-2013; the content of other heavy metals (zinc Zn и cadmium Cd) no hazard. authors obtained data on average annual pollution of rivers Almaty by heavy metals using the «Microsoft Excel» by chemical spectral analyzes. This article presents the forecast models, for drawing up which were used mathematical correlation and regression methods and analysis of variance with using the programs «TotalComander 6.53-Sam» and «Mathcad». The authors have obtained the empirical models for Pb and Zn throughout Big Almaty river, for Esentay river – only in the upper part, for Small Almaty river – in the middle part (district Fur factory). The main conclusions of these research are the recommendations for improving the monitoring system of Almaty city's rivers, the increasing the number of hydrological stations and the quality of chemical analysis to determine the content of heavy metals in water.

Keywords: environmental monitoring, heavy metals, hydrological station, correlation and regression analysis, analysis of variance, a forecast model.