

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІ**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**

**«XVI ТОРАЙҒЫРОВ ОҚУЛАРЫ» АТТЫ
ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК
КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ
МАТЕРИАЛДАРЫ**

**МАТЕРИАЛЫ
МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«XVI ТОРАЙҒЫРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ»**

ТОМ 1

**ПАВЛОДАР
2024**

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ГОРОДА ПАВЛОДАР С ПРИМЕНЕНИЕМ ЕДИНИЧНЫХ И КОМПЛЕКСНЫХ ИНДЕКСОВ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

ФАУРАТ А. А.

постдокторант с ученой степенью, Торайгыров университет, г. Павлодар

ТОКТАРБЕКОВА А. Б.

преподаватель, Торайгыров университет, г. Павлодар

Загрязнение городских почв является серьезной экологической проблемой из-за накопления различных загрязняющих веществ в результате промышленной деятельности, выбросов от транспорта и других источников [1]. Загрязнение городских почв усугубляется такими факторами, как низкое содержание воды и питательных веществ, плохая структура почвы, накопление промышленных отходов и бытового мусора [2]. Индексы загрязнения являются ценными инструментами для оценки уровней загрязнения почвы. Единичные индексы, такие как коэффициент загрязнения (PI), индекс геоаккумуляции (Igeo), обеспечивают комплексную оценку степени загрязнения почвы. [3,4]. Они помогают выявлять источники загрязнения, особенно в результате антропогенной деятельности в городских и промышленных зонах [5].

Город Павлодар представляет собой высокопромышленный центр Казахстана. В городе расположены 2 крупные промышленные зоны с нефтехимическим заводом, производством алюминия, химическим, металлургическим, энергетическим производством, следовательно загрязнение почв является актуальной проблемой города. Цель исследования: выявление загрязнения тяжелыми металлами, используя единичные и комплексные индексы загрязнения. Задачи: определение общих концентраций загрязнения тяжелыми металлами почв города (1); использование единичных и суммарных коэффициентов для оценки загрязнения почв (2).

Отбор проб почвы проводился в 2023 году в г. Павлодар. В пределах города пробы почв отбирались в зонах влияния крупных предприятий и объектов теплоснабжения. Пробы почв также отбирались на землях садово-дачных кооперативов и приусадебных участках, расположенных в городской черте. Анализ содержания химических элементов в почве проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой [6, 7].

Для выявления наиболее опасного для почвенной среды тяжелого металла часто использовался индекс геоаккумуляции (Igeo) и индекс загрязнения Немерова (Varol, 2011).

Индекс геоаккумуляции I_{geo}

Индекс (Igeo) предоставляет возможность оценки уровня загрязнения почвы тяжелыми металлами на основе содержания этих элементов в горизонтах А или О, связанных с определенным геохимическим фоном (Müller, 1969).

$$I_{geo} = \log_2 Cn * 1.5GB$$

Формула 1 – Индекс геоаккумуляции

где Cn – концентрация отдельных тяжелых металлов, GB – величина геохимического фона и 1,5 – константа, позволяющая проводить анализ изменчивости тяжелых металлов в результате природных процессов.

Индекс загрязнения Немерова (PI Nemerow) позволяет оценить общую степень загрязнения почвы и включает содержание всех анализируемых тяжелых металлов (Gong et al., 2008). Он рассчитывается по следующей формуле:

$$PI_{Nemerow} = \sqrt{\frac{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n PI\right)^2 + PI_{max}^2}{n}},$$

Формула 2 – Индекс загрязнения Немерова

где PI — расчетные значения единичного индекса загрязнения, PI max — максимальное значение единичного индекса загрязнения всеми тяжелыми металлами и n — количество тяжелых металлов.

$$PI = \frac{Cn}{Bg},$$

Формула 3 – расчетные значения единичного индекса загрязнения

где C_n — содержание тяжелых металлов в почве, B_g — содержание тяжелых металлов в фоновых образцах.

Ряд по среднему содержанию элементов в целом по городу имеет следующие значения: $Al\ 41531,3 > Mn\ 21837,5 > Fe\ 19875 > Zn\ 202,6 > Cr\ 130,6 > V\ 55,3 > Cu\ 26,1 > Ni\ 22,8 > Pb\ 20,3 > As\ 8,5 > Co\ 7,3 > Cd\ 0,2$. Металлы с самыми высокими концентрациями по городу являются алюминий, марганец и железо, их содержание очень высокое и превышает 20000 мг/кг. Далее следует цинк, диапазон содержания, которого очень большой от 72 до 1150 мг/кг. Хром занимает 5 место с содержанием в целом по городу и в северной промышленной зоне 130,6 мг/кг, в восточной промышленной зоне – 125 мг/кг, и в центре города его значения достигали 140 мг/кг.

При сравнении с другими исследованиями, проведенными в Казахстане на сельскохозяйственных землях (Zhyrgalova, et al., 2024), выявлено, что содержание никеля в нашем исследовании превышает незначительно концентрацию этого металла в сельскохозяйственных почвах (в 1,3 раза), значительное превышение наблюдается для мышьяка, свинца и цинка (в 2,4–2,6 раз). Однако содержание меди и кадмия в нашем исследовании имеют меньшие значения (в 1,2–1,8 раз). Исследование содержания тяжелых металлов в городах Казахстана, выявили, что наиболее загрязненные почвы в 4 городах страны (Balkhash, Ust-Kamenogorsk, Ridder, and Shymkent) со средними концентрациями изучаемых металлов варьируемыми между 251 and 442 mg/kg for Pb, 5–9 mg/kg for Cd, 8–138 mg/kg for Cu, 87–178 mg/kg for Zn, and 2–5 mg/kg for Cr [8]. Для хрома и цинка значения в городе Павлодар превышают значение наиболее загрязненных городов страны.

Для расчета индекса геоаккумуляции были использованы значения кларка (геохимического фона) тяжелых металлов, полученные из литературных источников [9]. Данный индекс показывает насколько данная почва обогащена металлом по сравнению с геохимическим фоном, принятым на данной территории. При расчетах учитывался поправочный коэффициент, который учитывает естественные колебания фона под воздействием естественных факторов. В целом по городу значения индекса аккумуляции варьировались для V от -0,83 до -0,14, Cr от 0,62–1,92, Mn от -0,66 до -0,21, Fe от -0,71 до -0,21, Co от -1,7 до 0,52, Ni от -1,38 до 0,05, Cu от -1,03 до 2,19, Zn от 0,18–4,18, As от -5,49 до 0,08, Cd от -1,66 до 0,81, Pb от -1,7 до 1,88, Al от -1,02 до -0,3.

Согласно расчетам большая часть тяжелых металлов, кроме цинка, хрома и в некоторых зонах свинца, не оказывают влияние на загрязнение почвы по сравнению с принятым геохимическим фоном (кларком) (Рисунок 1).

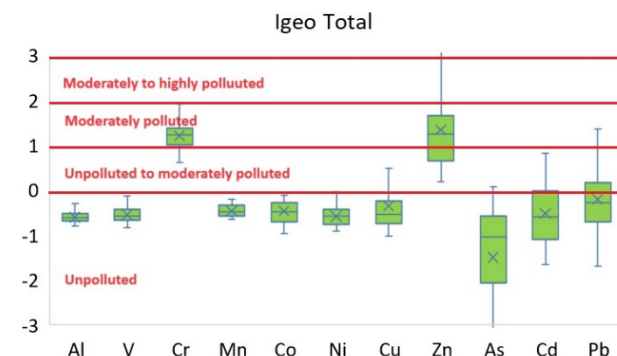


Рисунок 1 – Индекс геоаккумуляции тяжелых металлов в почве г.Павлодар

Высокий индекс аккумуляции имеют цинк и хром и относятся к умеренному уровню загрязнения. Однако цинк также имеет средний и высокие уровни загрязнения на отдельных участках. К высокому загрязнению цинка относятся точки 26 – южная часть золоотвала ТЭЦ восточной промышленной зоны ($I_{geo}=4,18$), а также на участках с печным отоплением и выхлопами автотранспорта точки 11, 15, 19 с индексом геоаккумуляции 2,24; 2,65 и 3,14 соответственно. Северная промышленная зона загрязнена только хромом и цинком в отношении геохимического фона, в то время как значения остальных металлов ниже 0. В восточной зоне помимо хрома и цинка, значения I_{geo} увеличиваются для кадмия и свинца на некоторых участках. На территории центра, жилой зоны города такие металлы как медь (максимальное значение в точке 15 $I_{geo}=2,19$), кадмий (точка 19 $I_{geo}=0,46$) и свинец (точка 15 $I_{geo}=1,88$) являются загрязнителями почвы на участках с печным отоплением и выхлопами автотранспорта.

Комплексные индексы загрязнения, к которым относятся сумма загрязнений, индекс нагрузки загрязнения, и индекс загрязнения Немерова, в целом, характеризуют загрязнение почв Павлодара как

низкое, с небольшим увеличением в центре города и наименьшим в северной промышленной зоне (Таблица 1).

Таблица 1 – Комплексные индексы загрязнения почв города Павлодар

Индексы/зона	Город	Север	Восток	Центр
Индекс загрязнения Немерова	1,4	1,09	1,45	1,67

Согласно критериям оценки, представленной в [10] индекс нагрузки загрязнений севера, востока и города в целом относится к moderately polluted to unpolluted, в то время как центр города относится к moderately polluted зоне.

В ходе исследования загрязнения почвенного покрова города Павлодар тяжелыми металлами, использовались различные индексы, характеризующие степень загрязнения. Были получены следующие результаты:

В целом по городу убывающий ряд содержание тяжелых металлов имеет вид: Al 41531,3>Mn21837,5>Fe 19875>Zn202,6>Cr 130,6>V55,3>Cu26,1>Ni22,8>Pb20,3>As8,5>Co7,3>Cd0,2.

При расчете индекса геоаккумуляции (Igeo) выявлено, что в целом по городу, почвы, по большинству исследуемых тяжелых металлов, относятся к незагрязненным либо к умеренно-загрязненным. Высокий индекс аккумуляции имеют цинк и хром во всех зонах города [11,12].

Комплексные индексы загрязнения, такие как сумма загрязнений, индекс нагрузки загрязнения и индекс загрязнения Немерова, в целом свидетельствуют о низком уровне загрязнения почв в Павлодаре, с небольшим повышением в центре города и наименьшим уровнем в северной промышленной зоне.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Wang, C., Wu, S., Zhou, S., Wang, H., Li, B., Chen, H., ... & Shi, Y. (2015). Polycyclic aromatic hydrocarbons in soils from urban to rural areas in nanjing: concentration, source, spatial distribution, and potential human health risk. *The Science of the Total Environment*, 527–528, 375–383. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.025>
- 2 Ma, G., Han, X., Zhao, W., Cao, J., & Li, M. (2020). Pollution characteristics of toxic metals in topsoil of small and medium-sized cities in mountainous areas of loess plateau in china a case study of

guyuan. *E3s Web of Conferences*, 218, 03034. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021803034>.

3 Kowalska, J., Mazurek, R., Gąsiorek, M., & Zaleski, T. (2018). Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination—a review. *Environmental Geochemistry and Health*, 40(6), 2395–2420. <https://doi.org/10.1007/s10653-018-0106-z>

4 Kowalska, J., Nicia, P., Gąsiorek, M., Zadrozny, P., Węgrzyn, M., & Waroszewski, J. (2022). Are natural or anthropogenic factors influencing potentially toxic elements' enrichment in soils in proglacial zones? an example from kaffiøyra (oscar ii land, spitsbergen). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(20), 13703. <https://doi.org/10.3390/ijerph192013703>

5 Weissmannová, H. and Pavlovský, J. (2017). Indices of soil contamination by heavy metals – methodology of calculation for pollution assessment (minireview). *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(12). <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6340-5>

6 Zhang, X., Zhong, T., Liu, L., & Ouyang, X. (2015). Impact of soil heavy metal pollution on food safety in china. *Plos One*, 10(8), e0135182. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135182>

7 Varol, M. (2011). Assessment of heavy metal contamination in sediments of the Tigris River (Turkey) using pollution indices and multivariate statistical techniques. *Journal of Hazardous Materials*, 195, 355–364.

8 Elmira Ramazanova, Seung Hwan Lee, Woojin Lee, Stochastic risk assessment of urban soils contaminated by heavy metals in Kazakhstan, *Science of The Total Environment*, Volume 750, 2021, 141535, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141535>

9 Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных пород земной коры // *Геохимия*. 1962. № 7. С. 555—571. (in Russian)

10 Tomlinson D.L, J.G. Wilson, C.R. Harris, D.V. Jeffrey (1980).,Problems in Assessment of Heavy Metals in Estuaries and the Formation of Pollution Index. *Helgolander Meeresunters* 33, 566–575

11 Müller, G. (1969). Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. *GeoJournal*, 2, 108–118.

12 Zhyrgalova, A., Yelemessov, S., Ablakhan, B., Aitkhozhayeva, G., & Zhildikbayeva, A.. (2024). Assessment of potential ecological risk of heavy metal contamination of agricultural soils in Kazakhstan. *Brazilian Journal of Biology*, 84, e280583. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.280583>

Нурулдаева Г. Ж., Есенкулов Е. С., Мұқатай А. Ж.	
Механизмы внедрения цифровых технологий	
в области промышленной безопасности и охраны труда	153
Таштиева Ы. Ж., Айткожина К. Т.	
Электронные сигареты-проблема современной молодежи	158

Секция 3

Географиялық зерттеулердің қазіргі модернизациялық аспектілері Современные аспекты модернизации в географических исследованиях

Асылбеков Е. К., Отто О. В., Гаврилова Т. В.	
Павлодар облысын сумен қамтамасыз ету мәселелері бойынша	
жарияланған мақалаларға шолу жасау	164
Имангазина А. Б., Фаурат А. А.	
Инновационная модель обучения «перевернутый класс»	
в условиях современного образования	170
Садуақасова А. М.	
Краеведческая работа в школе.	
«Перспективы развития экотуризма в Центральном Казахстане»	
(Карагандинская область, город Каркаралинск).....	177
Bakytova A. N., Temirkhanova A. R., Novoselova E. A.	
Therapeutic and health-improving factors influencing	
the dynamics of cultural landscape	186
Фаурат А. А., Токтарбекова А. Б.	
Оценка уровня загрязнения почв города павлодар с применением	
единичных и комплексных индексов загрязнений	190

Секция 4

Туризм ел дамуындағы перспективтік салалардың бірі ретінде Туризм как одна из перспективных отраслей В развитии страны

Белов Д. Е., Айсаұлы Ж., Шахметов С. Т.	
«Жемчужина Павлодарской области»	196
Зинченко Д. Н., Грибоножко В. Н., Баймұхамбетов Б. В.	
Туризм как одна из перспективных отраслей в развитии	
Казахстана (С фокусом на Павлодарскую область)	200
Хайрош Ж., Серикова А. А.	
Еліміздің туризм саласындағы деңгейі.....	205
Щеголькова В., Мотылёва О. П.	
Туризм как одна из отраслей в развитии страны	211

Секция 5

Химия және химия өнеркәсібінің қазіргі жағдайы Современное состояние химии и химической отрасли

Акулов Д. В., Акимтаева А. А., Аспанова Г. С.	
Универсальная защитная пленка ксиломида	217
Гуртовая А. И., Касанова А. Ж.	
Реакции азосочетания и получения триазенов	
на основе пиридина, имидазола, пиразола	221
Ибраев М. К., Усенова М. С., Шамшиева И. С.	
Исследование реакции N-фенацилирования пиразола.....	227
Клишевский Д. В., Рахмаш И. А., Нурмаканов Т. А., Касанова А. Ж.	
Различные биоактивные гетероциклические соединения	
на основе пиридинового кольца	233
Кайролдин С. А., Атамкулова Н. Г., Мерхатұлы Н.	
Синтез новых сопряженных Пирроло-азуленовых со-олигомеров	238
Мардамшинова К. Р., Меньшикова К. А., Касанова А. Ж.	
Проблема восстановления нитрогруппы	
в ароматических соединениях	242
Масакбаева С. Р., Арынов Е. Д.	
Современное состояние процессов гидроочистки	
нефтяного сырья на павлодарском нефтехимическом заводе	247
Мусаева А. К., Тукенова С. М.	
Негативное влияние пальмового масла на здоровье человека	251
Мухамедьярова А. И., Смоляников Н. А.	
Современное состояние химии и химической	
отрасли в Казахстане	258
Сулейменов Б. А., Аймаш Р. М.	
Фосфор қышқылының а дәрежесін алу процесін	
оңтайлы бақылау мәселесін қою	262
Төлеген Ә. К., Алманов Ә. А., Машенцева А. А.	
Графен оксидімен легирленген трек мембраналарын алу	
және олардың құрылымын зерттеу	270
Тұтқышбаева А. Н., Касанова А. Ж.	
Мембраны из металл-органических полимеров и их применение в	
химической промышленности	276