

М.Н. Темирбекова<sup>1</sup> , З.А. Туkenova<sup>2</sup>  Д.О. Тамабай<sup>3\*</sup> 

<sup>1</sup>Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>Институт зоологии КН МНВО РК, Казахстан, г. Алматы

<sup>3</sup>Национальная инженерная академия РК, Казахстан, г. Алматы

\*e-mail: dtamabay@gmail.com

## ХИМИКО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ И БИОИНДИКАТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И ПОЧВ ГОРОДА АЛМАТЫ

Для улучшения состояния воды и почвы в Республике Казахстан необходимо регулярно проводить мониторинг. Статья содержит обзор, анализ и оценку состояния водных ресурсов и почвенного покрова г. Алматы. Проведено химико-аналитическое и биоиндикационное исследование водных ресурсов и почв в г. Алматы для оценки экологического состояния города. В работе использовался химико-аналитический метод исследования снежного покрова с выявлением наиболее загрязненных точек города; метод проращивания кресс-салата, в целях индикации воды и почвы. Проведение исследований водных ресурсов и почв в г. Алматы и их мониторинг позволят получить картину состояния окружающей среды, выявить потенциальные проблемы и принять меры для улучшения качества водных ресурсов и почв. Наилучшие показатели роста кресс-салата наблюдаются на исследуемой фоновой точке Медеу. По результатам исследования установлено критическое состояние воды, почвы в нижней части города и в местах высокой концентрации транспорта. Высокие концентрации взвешенных частиц, диоксида углерода и нефтепродуктов выявлены в районе Аль-Фараби, с большим потоком автомашин в течение суток. Результаты могут быть использованы при мониторинге окружающей среды и разработке мер по снижению загрязнения воды и почвенного покрова как в г. Алматы, так и в республике.

**Ключевые слова:** водные ресурсы, мониторинг объектов окружающей среды, химико-аналитическое исследование, биоиндикативное исследование.

M. Temirbekova<sup>1</sup>, Z. Tukenova<sup>2</sup>, D. Tamabay<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Almaty University of power engineering and telecommunications named after G. Daukeev, Kazakhstan, Almaty

<sup>2</sup>Institute of Zoology of the Ministry of Higher Education and Science of the RK, Kazakhstan, Almaty

<sup>3</sup>National Engineering Academy of the RK, Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: dtamabay@gmail.com

## Chemical-analytical and bioindication study of water resources and soils of Almaty

To improve the condition of water and soil in the Republic of Kazakhstan, it is necessary to conduct regular monitoring. The article contains an overview, analysis and assessment of the state of water resources and soil cover of Almaty. A chemical-analytical and bioindication study of water resources and soils in Almaty was conducted to assess the ecological state of the city. The work used a chemical-analytical method of studying the snow cover with the identification of the most polluted points of the city; the method of sprouting watercress, in order to indicate water and soil. Conducting studies of water resources and soils in Almaty and monitoring them will allow to get a view of the state of the environment, identify potential problems and take measures to improve the quality of water resources and soils. The best growth rates of watercress are observed at the studied background point of Medeu. According to the results of the study, the critical condition of water, soil in the lower part of the city and in places of high concentration of transport was established. High concentrations of suspended particles, carbon dioxide and petroleum products were detected in the Al-Farabi area, with a large flow of cars during the day. The results can be used in environmental monitoring and the development of measures to reduce water and soil pollution both in Almaty and in the republic.

**Key words:** water resources, monitoring of environmental objects, chemical-analytical research, bioindicative research.

М.Н. Темирбекова<sup>1</sup>, З.А. Туkenова<sup>2</sup> Д.О. Тамабай<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Г. Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>2</sup> ҚР ЖБҒМ ҒК Зоология институты, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>3</sup> ҚР Ұлттық инженерлік академиясы, Қазақстан, Алматы қ.

\*e-mail: dtamabay@gmail.com

### Алматы қаласының су ресурстары мен топырағын химиялық-талдамалық және биоиндикациялық зерттеу

Қазақстан Республикасындағы су мен топырақтың жай-күйін жақсарту үшін үнемі мониторинг жүргізу қажет. Мақалада Алматы қаласының су ресурстары мен топырақ жамылғысының жай-күйіне шолу, талдау және бағалау қамтылған. Қаланың экологиялық жағдайын бағалау үшін Алматы қаласындағы су ресурстары мен топырақтарға химиялық-талдамалық және биоиндикациялық зерттеу жүргізілді. Жұмыста қаланың ең ластанған нүктелерін анықтай отырып, қар жамылғысын зерттеудің химиялық-аналитикалық әдісі қолданылды; су мен топырақ индикациясын көрсету мақсатында кресс-салат өсіру әдісі қолданылды. Алматы қаласында су ресурстары мен топырақтарға зерттеулер жүргізу және олардың мониторингі қоршаған ортаның жай-күйінің сипаттамасын алуға, ықтимал мәселелерді анықтауға және су ресурстары мен топырақтың сапасын жақсарту үшін шаралар қабылдауға мүмкіндік береді. Кресс-салаттың ең жақсы өсу қарқыны зерттелетін Медеудің фондық нүктесінде байқалады. Зерттеу нәтижелері бойынша қаланың төменгі бөлігінде және көліктің жоғары шоғырланған жерлерінде судың, топырақтың сыни жағдайы анықталды. Салмақты бөлшектердің, көмірқышқыл газының және мұнай өнімдерінің жоғары концентрациясы әл-Фараби ауданында тәулік ішінде автомобильдердің үлкен ағынымен анықталды. Нәтижелер қоршаған ортаны мониторингілеу және Алматы қаласында да, республикада да су мен топырақ жамылғысының ластануын төмендету жөніндегі шараларды әзірлеу кезінде пайдаланылуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** Су ресурстары, қоршаған орта объектілерінің мониторингісі, химиялық-аналитикалық зерттеу, биоиндикативті зерттеу.

## Введение

Казахстан внутриконтинентальная страна с ресурсоориентированной экономикой, которая является наиболее уязвимой. Антропогенные и климатические факторы оказывают влияние на ресурсы речных водоемов, и за период с 1974 по 2008 год они сократились на 23,8 кубических километров в год (что составляет 21%). К 2030 году нехватка водных ресурсов может достигнуть 9 кубических километров в год, а к 2050 году – до 19 кубических километров в год. Перемены климатических условий, активное таяние ледников и интенсивная хозяйственная деятельность в трансграничных бассейнах приводят к различным факторам дестабилизации. На данный момент около 180 миллионов гектаров территории страны, из общей площади 272,5 миллиона гектаров, подвергаются различным степеням опустынивания, а 27,1 миллиона гектаров из них являются пастбищами, которые могут быть крайне деградированы [1]. Анализ состояния почвенного покрова показывает, что происходит интенсивный процесс деградации почв по всей территории Казахстана, что отрицательно сказывается на экологии почвенного покрова. В целом, биоиндикаторное исследование позволяет получить более полную картину экологиче-

ского состояния водных и почвенных ресурсов г. Алматы, что может помочь в принятии решений по охране окружающей среды и устойчивому использованию природных ресурсов.

В современном обществе вода играет ключевую роль в обеспечении устойчивого развития сельского хозяйства, энергетического сектора и промышленного сектора, а также сохранении окружающей природы. Исследование, проведенное Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), показывает, что недостаток и загрязнение питьевой воды являются основными факторами, влияющими на ухудшение здоровья людей по всему миру. Быстрый рост населения создает дополнительные проблемы при обеспечении устойчивого доступа к питьевой воде и ставит перед нами экономические вызовы. На конференции Организации Объединенных Наций по защите окружающей среде в 1992 году, которая проходила в Рио-де-Жанейро, международное сообщество придало приоритет управлению водными ресурсами и осознало важность этих ресурсов в преддверии нового столетия.

В Республике Казахстан существуют значительные проблемы, связанные с дефицитом воды, который может быть вызван колебаниями в зависимости от сезона, а также по территориальным признакам водных ресурсах. Казахстан

находится на нижнем течении основных трансграничных водных бассейнов, что существенно влияет на его водные ресурсы. Половина поверхностных водных ресурсов Казахстана поступает с территорий Китая, Узбекистана, Кыргызстана и России. Недостаток водных ресурсов во многих речных бассейнах привел к полному истощению водных ресурсов, которые полностью используются для хозяйственных нужд. При текущем уровне потребления воды в ближайшем будущем ожидается постоянный дефицит водных ресурсов. В Стратегии по развитию Республики Казахстана до 2030 года приоритетным становится решение проблемы обеспечения водоснабжения. В настоящее время особое значение придается межгосударственному сотрудничеству с целью совместного и целесообразного использования рек прилегающих к трансграничной зоне, а также бассейнов Аральского и Каспийского морей. В связи с высоким спросом на водные ресурсы и также с высоким ростом потребностей существует необходимость разработки целенаправленной и основополагающей политики регулирования водного потенциала, которая будет учитывать разные аспекты водоснабжения населения, разнообразных отраслей экономики страны и природных комплексов. Данные аспекты имеют большую важность, потому как использование водных ресурсов часто сталкивается с многочисленными противоречиями, которые могут возникать на межотраслевом уровне, а также территориальным и межгосударственным особенностям. Вопросы, связанные с обеспечением водоснабжения, тесно связаны с проблемами межгосударственного использования трансграничных ресурсов поверхностных и подземных вод. Также важны риски, связанные с конфликтами в области гидроэнергетики и ирригации, а также недостаточная система управления водными ресурсами. На данный момент необходимо проводить междисциплинарные исследования водных объектов в Казахстане с учетом экологических составляющих. Для анализа состояния водной инфраструктуры, включая поверхностные водные ресурсы, необходимо провести обновление и актуализацию с использованием современных методов математического моделирования и планирования. Специалисты, занимающиеся водным хозяйством в республике, сталкиваются с проблемой отсутствия информации о конкретных реках и их характеристиках, поэтому требуется проведение детальной паспортизации всех водных объектов. Важной задачей для гидрометеорологической науки

становится тщательный мониторинг, оценка и прогнозирование состояния водных ресурсов [2].

Практика регулирования показывает, что задачи, которые затрагивает дефицит водных ресурсов становятся все более комплексными и тесно взаимодействуют и с другими важными отраслями, в число которых относятся сельское хозяйство, энергетический сектор, промышленное производство, транспорт, коммуникации и связь. Социальный сектор, включая образование, окружающую среду, здравоохранение и сельское или региональное развитие также имеют прямое отношение к данной проблеме [3-4].

В прошлом веке в Алматинской области были построены несколько гидротехнических сооружений, таких как Капшагайская ГЭС, Большой Алматинский канал и плотина на реке Карагайлы. Однако в настоящее время эти сооружения находятся в плачевном состоянии. Капшагайская ГЭС была построена в 1980 году и имеет установленную мощность 364 МВт (после перемаркировки в 1994 году). Однако из-за экологических и хозяйственных ограничений, связанных с объемами сбросов воды в нижний бьеф, ГЭС не может полностью использовать свой потенциал по мощности и производству электроэнергии. Капшагайская ГЭС является плотинного типа.

Проблемы водных ресурсов в Алматы всегда стояли на заднем плане по сравнению с проблемами воздуха, почвы и озеленения. Однако неправильное строительство, воздействие человеческого фактора и производственные процессы приводят к загрязнению воды и угрозе здоровью горожан. Плохое качество воды становится причиной различных заболеваний, таких как анемия, диарея, гепатит Е и А, а также ботулизм. Для обеспечения водой орошаемых земель и освоения новых территорий в Алматинской области был создан Большой Алматинский канал. В начале 1980-х годов канал был полностью введен в эксплуатацию и являлся последним крупномасштабным проектом советского периода в Казахстане. Его протяженность составляет 168 км. Однако на данный момент Большой Алматинский канал находится в ужасном состоянии: его территория застроена частными домами, а система водоотведения забита илом уже более 30 лет.

В настоящее время канал не служит для доставки воды в город, а стал простым местом для сброса бытовых отходов. Таким образом, Большой Алматинский канал, который изначально

был предназначен для решения проблемы нехватки воды в Алматинской области, превратился в проблему, не выполняющую свою функцию, и стал местом накопления больших объемов бытовых отходов.

В верхней части города Алматы находится гидротехническое сооружение – Карагайлы (Каргалинка) Дамба. Длина дамбы составляет 57 км, когда как водосборная площадь составляет – 98 км<sup>2</sup>. Река Каргалинка имеет 15 небольших притоков, общей протяженностью 27 км, которые питаются из родников. В настоящее время из-за селя 2015 года это дамба не функционирует и санитарное состояние реки оценивается как неудовлетворительное. Из-за отсутствия плотины изменился климат в Наурызбайском районе, стало заметно теплее и появились комары [4].

В рамках выполняемого авторами ПЦФ №BR18574148 «Развитие геоинформационных систем и мониторинга объектов окружающей среды» используются математическое и компьютерное моделирование экологических ситуаций, который является важным инструментом в современном проектировании гидротехнических сооружений. Разрабатываемая ГИС способствует более глубокому пониманию экологических взаимосвязей и принятию обоснованных решений для сохранения природной среды. Наряду с проблемами технологического обслуживания

крупных водоресурсных сооружений, существует проблема техногенного загрязнения воды и почвы от тяжелых аэрозолей выделяемых ТЭЦ, промышленных предприятий, строительства, автотранспорта. Данная статья является одной из задач выполняемой программы и содержит результаты изучения загрязнения водных ресурсов и почвенного состава. Было проведено два эксперимента, где были рассмотрены химико-аналитическое исследование снежного покрова и проращивание кресс-салата.

## Результаты и обсуждение

### 1. Химико-аналитическое исследование снежного покрова

В работах по анализу химико-географического состоянию снега и снежного покрова показано, что при выпадении снега количественные показатели концентрации веществ, которые относятся к классу «загрязнители» обычно на 2-3 порядка больше, чем в атмосфере, таким образом химические анализы на наличие данных веществ с высокой степенью точности были проведены в лаборатории химико-аналитических исследований ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина. Численной обработкой результатов химического анализа получена оцифрованная карта распространения вредных веществ на территории города.

Таблица 1 – Методы химических анализов

| Наименование химического вещества | Единица измерения  | Метод испытания      |
|-----------------------------------|--------------------|----------------------|
| Водородный показатель             | единицы pH         | СТ РК ISO 10523-2013 |
| Взвешенные вещества               | мг/дм <sup>3</sup> | СТ РК 2015-2010      |
| Диоксид углерода*                 | мг/дм <sup>3</sup> | ГОСТ 26449.3-85      |
| Сероводород                       | мг/дм <sup>3</sup> | ГОСТ 26449.3-85; п.3 |
| Нефтепродукты, суммарно           | мг/дм <sup>3</sup> | KZ.07.00.01667-2017  |
| Нитриты                           | мг/дм <sup>3</sup> | ГОСТ 33045-2014      |
| Сульфаты                          | мг/дм <sup>3</sup> | СТ РК 1015-2000      |
| Свинец (Pb, суммарно)             | мг/дм <sup>3</sup> | СТ РК ИСО 8288-2005  |
| Цинк (Zn <sup>2+</sup> )          | мг/дм <sup>3</sup> | СТ РК ИСО 8288-2005  |
| Медь (Cu, суммарно)               | мг/дм <sup>3</sup> | СТ РК ИСО 8288-2005  |
| Кадмий (Cd, суммарно)             | мг/дм <sup>3</sup> | СТ РК ИСО 8288-2005  |
| Кобальт (Co)                      | мг/дм <sup>3</sup> | СТ РК ИСО 8288-2005  |
| Никель (Ni, суммарно)             | мг/дм <sup>3</sup> | СТ РК ИСО 8288-2005  |

В Таблице 1 представлены методы химических анализов, которые применялись для каждого компонента.

Снег выпал в г. Алматы 10 января 2023 года. Пробы репрезентативного вида «лежащего» снега были отобраны 20-21 января 2023 года в 22 точках города. 20 точек отбора сне-

га соответствуют расположению автоматизированных станций мониторинга (АСМ) ТОО «Экосервис-С» (таблица 2). ТОО «Экосервис-С» имеет всего 20 экологических постов АСМ (таблица 1) в городе Алматы, данные которых размещаются на сайте <http://185.125.44.116:8085/Maps/AlmatyFree>.

**Таблица 2** – Адреса постов АСМ, расположенные по городу Алматы, по которым собирались образцы снежного покрова

| №   | Адреса расположения постов АСМ    | №   | Адреса расположения постов АСМ                                              |
|-----|-----------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------|
| 001 | Ясли-сад №130                     | 012 | ул. Бокейханова 97                                                          |
| 002 | Ясли-сад №11                      | 013 | ул. Павлодарская 33                                                         |
| 003 | Ясли-сад № 184                    | 014 | ул. Сагадад Нурмагамбетова 150, НТА                                         |
| 004 | Кладбище Кенсай 1                 | 015 | ул. Садуакасулы, д. 47, шк. №176                                            |
| 005 | Школа №52                         | 016 | Алгабас, ул. Алдияра 16 (шк. № 185)                                         |
| 006 | Ясли-сад №149                     | 017 | КазНМУ, Толе би                                                             |
| 007 | Школа №150                        | 018 | Керей Жанибек Хандар 276                                                    |
| 008 | Школа №144                        | 019 | ул. Татибекова, д. 27 (Библиотека им. С. Сейфуллина)                        |
| 009 | Школа №86                         | 020 | на территории природного парка Медеу, возле въездной группы Медеу, Шымбулак |
| 010 | Ясли-сад №66                      | 021 | Известковый                                                                 |
| 011 | Кульдзинский тракт, Экопост Думан | 022 | Вдоль проспекта аль-Фараби                                                  |

Для фоновой концентрации выбран район Известковый выше г. Каскелен (таблица 2). Для сравнительного анализа отбор снежного покрова проведен в наиболее загрязненном районе по проспекту Аль-Фараби перед Казахфильмом (таблица 2). Отбор снега проводился из площади 1м<sup>2</sup> пластмассовой лопаткой. Пробы снежного покрова таяли при комнатной температуре, далее талую воду отфильтровывали.

Стандарт СТ РК ISO 10523-2013 в точности соответствует международному стандарту ISO 10523:2008, который относится к качеству воды и определению pH. Международный стандарт ISO 10523:2008 был разработан Техническим комитетом ISO/TK 147, известным как «Качество воды», в рамках Международной организации по стандартизации (ISO). Настоящий стандарт устанавливает процедуру определения уровней pH в различных источниках воды, включая дождевую воду, питьевую воду, мине-

ральную воду, воду в плавательных бассейнах, поверхностные воды, грунтовые воды, городские сточные воды, промышленные сточные воды и загрязненную воду. Диапазон pH, охватываемый настоящим стандартом, составляет от 2 до 12 pH, при ионной силе раствора ниже или равной 0,3 моль/кг. Электропроводность должна быть менее 2000 МКС/м при 25°C. Диапазон температур для анализа составляет от 0°C до 50°C. Определение pH достигается путем измерения разности потенциалов гальванического элемента с помощью подходящего pH-метра. Важно отметить, что из-за равновесия диссоциации на значение pH образца влияет температура. Следовательно, наряду с измерением pH всегда определяется температура образца. Стоит отметить, что все другие методы химического анализа различных компонентов, описанные в настоящем стандарте, также соответствуют международным стандартам.



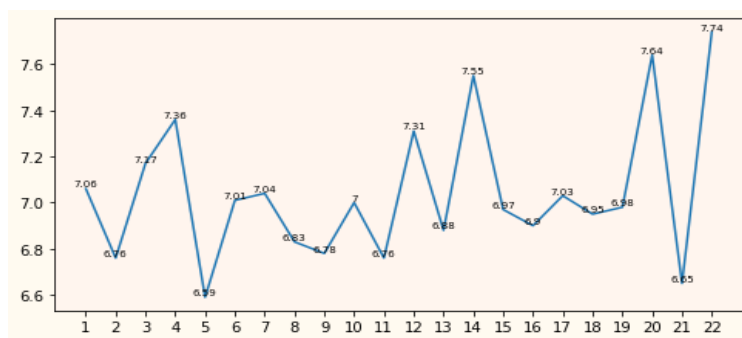


Рисунок 1 – Водородный показатель (pH)

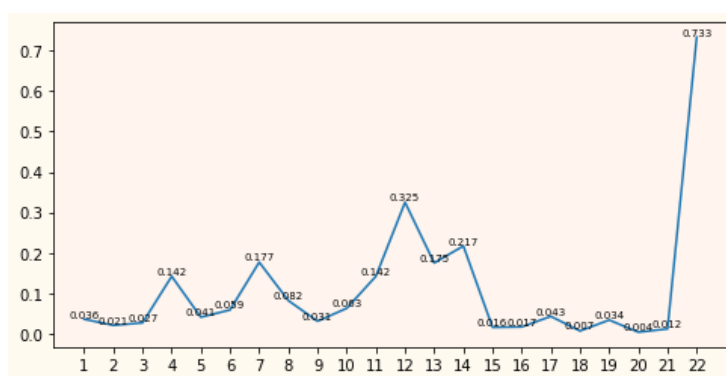


Рисунок 2 – Показатель взвешенных частиц ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ),  $mg/dm^3$

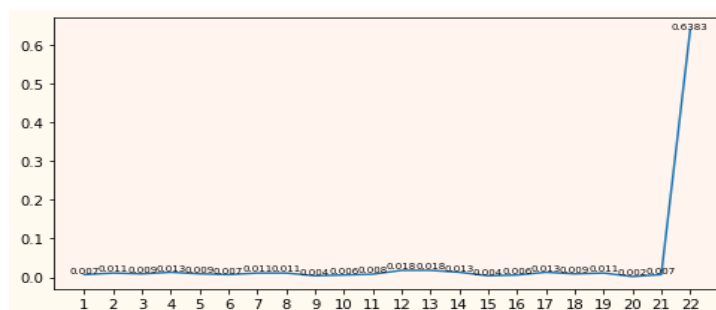


Рисунок 3 – Показатель диоксида углерода ( $CO_2$ ),  $mg/dm^3$

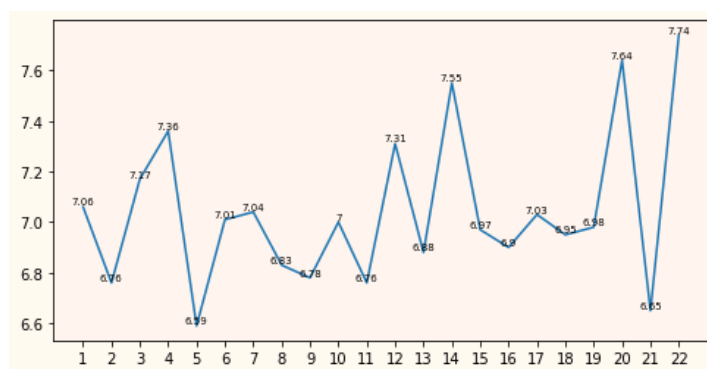


Рисунок 4 – Показатель нефтепродуктов,  $mg/dm^3$

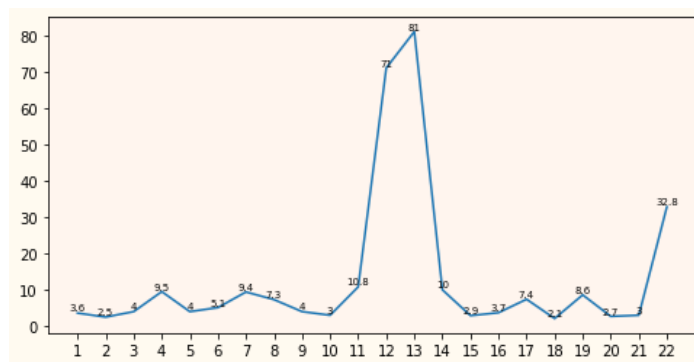


Рисунок 5 – Показатель сульфатов, мг/дм³

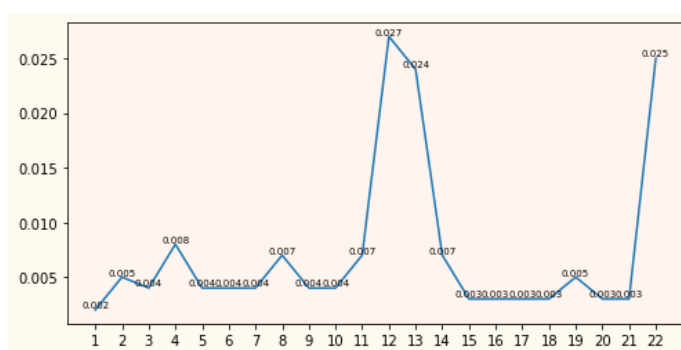


Рисунок 6 – Показатель свинца (Pb), мг/дм³

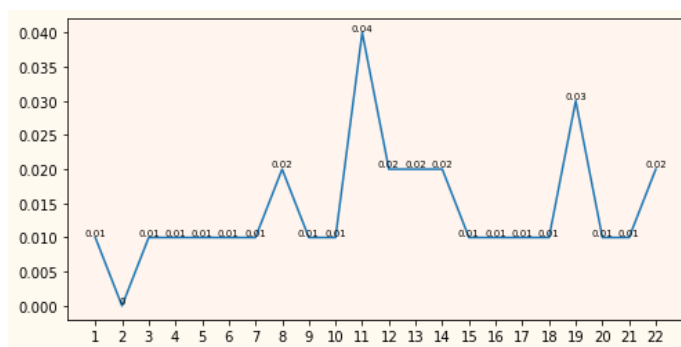


Рисунок 7 – Показатель цинка (Zn), мг/дм³

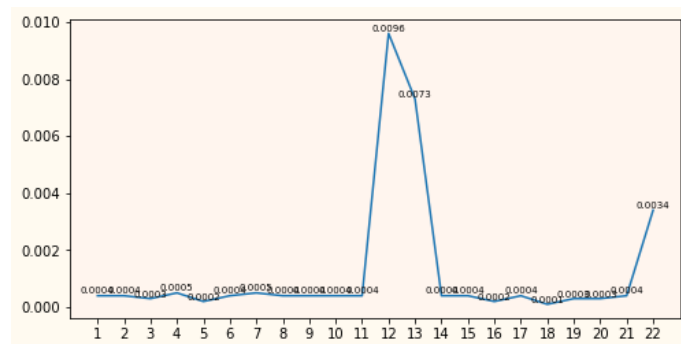


Рисунок 8 – Показатель кадмия (Cd), мг/дм³

На графиках (рисунки 1–8) представлены результаты химико-аналитических исследований, направленных на определение уровня различных загрязняющих веществ, включая взвешенные вещества, диоксид углерода, нефтепродукты, сульфаты, свинец (Pb), цинк ( $Zn^{2+}$ ), кадмий (Cd) и другие. Данные показателей, таких как сероводород, нитриты и тяжелые металлы медь (Cu), кобальт (Co) и никель (Ni), либо не были обнаружены, либо были обнаружены в небольших и безопасных количествах. Гидрохимический анализ показал, что уровень загрязняющих веществ в снежном покрове, собранном у автоматизированных станций мониторинга на некоторых улицах города, был значительно выше, чем в других точках сбора. Однако на улицах, таких как Садуакасулы 47 (шк. №176), Керей Жанибек Хандар 276 и в природном парке Медеу, были получены низкие показатели загрязняющих веществ.

Для речной воды водородный показатель (pH) варьируется между значениями 6,5–8,5, в дождевой воде и талом снеге – 4,6–6,1, в болотной жидкости – 5,5–6,0, в морской воде – 7,9–8,3. Показатели pH свидетельствуют о том, что вода нейтральная.

Показатель взвешенных частиц (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>), диоксида углерода ( $CO_2$ ) и нефтепродуктов имеет высокую концентрацию в районе проспекта Аль-Фараби (Казахфильм), где уровень машин значительно высокий в часы пик. Среднесуточная предельно допустимая концентрация (ПДК) составляет 0,035 мг/м<sup>3</sup> (PM<sub>2.5</sub>) и 0,06 мг/м<sup>3</sup> (PM<sub>10</sub>); максимальная разовая – 0,16 мг/м<sup>3</sup> и 0,3 мг/м<sup>3</sup>; среднегодовая – 0,025 мг/м<sup>3</sup> и 0,04 мг/м<sup>3</sup> соответственно, согласно графику, концентрация составляет 0,7 мг/дм<sup>3</sup>.

Показатели нефтепродуктов имеют достаточно высокие концентрации в точках природного парка Медеу, ул. Сагадад Нурмагамбетова, Кладбище Кенсай. Высокие концентрации сульфатов и кадмия наблюдаются в точках 12 и 13 (ул. Бокейханова 97 и ул. Павлодарская 33 соответственно), уровень свинца в снежном покрове в данных точках тоже значительно высокий в отличие от других точек. Показатели свинца в точке вдоль проспекта Аль-Фараби тоже имеет достаточно высокий показатель. На точках сбора снежного покрова Кульджинского тракта и Библиотеки им. С. Сейфуллина наблюдаются высокие концентрации цинка.

## 2. Загрязнение почв

Химико-аналитическое и биоиндикативное исследование почв г. Алматы имеет важное значение для охраны здоровья населения.

Если почвы загрязнены, это может привести к неблагоприятным последствиям для здоровья человека, таким как ухудшение качества питьевой воды, риски заболевания раком и другими заболеваниями.

Основной целью химико-аналитического и биоиндикативного исследования почвы является определение уровня загрязнения различными веществами, такими как тяжелые металлы, пестициды, гербициды и другие химические соединения, которые могут оказывать существенное влияние на состояние человека и экосистему в целом.

Человеческое здоровье зависит от окружающей среды, в которой мы живем. Мы обычно обращаем внимание на качество питьевой воды и атмосферного воздуха, которыми пользуемся, но редко задумываемся о влиянии состояния почвы на наше здоровье. Почва является важным элементом в биогеохимической пищевой цепи и первым этапом передачи тяжелых металлов в системе, где цепочка может быть представлена в следующем виде «почва – растение – животное – пища – человек». Почва и ее состояние может оказывать существенное влияние на здоровье человека, поскольку является основополагающим ресурсом в сельском хозяйстве, а также оказывает влияние как на растительную продукцию и животноводство[5].

Существует безусловная связь между состоянием почвы и здоровьем человека. Почвы являются основной средой для накопления тяжелых металлов, которые поступают из атмосферы, опадов, растительных и животных остатков и других источников. В отличие от воздуха и воды, почвы подвержены сильному воздействию городской среды и быстро поглощают загрязнители [6,7].

Загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами, особенно в больших городах и быстро развивающихся промышленных центрах, является одной из актуальных проблем Казахстана экологического характера. Тяжелые металлы имеют адсорбционные способности и активно взаимодействуют с органической частью почвы, образуя при этом соединения малорастворимого характера. Большая часть металлов в почвах может наблюдаться на расстоянии 1–3 км [8].

Транспортные средства играют огромную роль в загрязнении почвенного покрова городов, количество которого в с каждым годом значительно увеличивается. Основные очаги сильного загрязнения почв от работы промышленных предприятий сформировались в окрестностях



городов Алматы и Усть-Каменогорска. В данных городах содержание свинца, меди, цинка и кадмия в почве в несколько раз превышают предельно допустимую концентрацию (ПДК) [9].

Проведенный анализ текущего состояния почвенного покрова свидетельствует о интенсивных процессах деградации и ухудшении экологии почв на всей территории Казахстана. Согласно оценке качества земель, в Республике Казахстан, более 90 миллионов гектаров земель подвержены эрозии и эрозионной опасности, из которых фактически эродированными являются 29,3 миллиона гектаров. Под воздействием ветровой эрозии (дефляции) находится 24,2 миллиона гектаров или 11,3% сельскохозяйственных угодий [10].

Основными источниками антропогенного загрязнения города тяжелыми металлами являются промышленные предприятия, тепловые электростанции, автотранспорт, химические средства для защиты сельскохозяйственных угодий от вредителей, а также различные отходы. Только за последний год в атмосферу городов было выброшено более 107 тысяч тонн загрязняющих веществ. При этом менее 50% выбросов приходится на автотранспорт, около 46% связано с деятельностью ТЭЦ-2, ТЭЦ-3 и других предприятий, а 4,3% приходится на частный сектор. На данный момент в городе Алматы действует около 1,5 тысячи промышленных предприятий [11].

Исходя из имеющихся данных, очевидно, что антропогенная деятельность человека оказывает значительное воздействие на окружающую среду. На долю техногенных источников приходится 94-97% выбросов свинца, 84-89% выбросов кадмия, 56-87% выбросов меди, 66-75% выбросов никеля и 58% выбросов ртути, а остальная часть поступает из природных источников. Основным источником загрязнения атмосферы и почвы, как упоминалось ранее, является деятельность автотранспорта. Промышленные выбросы выделяют тяжелые металлы в окружающую среду, и эти соединения часто более растворимы, чем их природные аналоги [12–13]. Следовательно, когда эти химические соединения попадают в почву, они накапливаются и постепенно изменяют химические и физические свойства почвы. Это накопление также приводит к сокращению биологического разнообразия и снижению рождаемости [14]. Более того, эти тяжелые металлы попадают в растения, животных и, в конечном счете, в организм человека, что приводит к отравлениям и различным заболеваниям. Хотя степень роли животных в

транспортировке веществ в наземных экосистемах еще не до конца понята, в последнее время особое внимание уделяется изучению мезофауны. Исследователи признали важность мезофауны для оценки почвенных условий [15].

Благополучие в области безопасности пищевых продуктов и глобальной экологии напрямую связано с состоянием почвы. Именно при потреблении пищи тяжелые металлы в первую очередь попадают в организм человека и животных. Различные источники указывают, что от 40 до 80% потребления тяжелых металлов происходит с пищей, в то время, как только 20-40% поступает из атмосферного воздуха и водных ресурсов [16]. Следовательно, уровень накопления тяжелых металлов в растениях, используемых в пищу, играет решающую роль в определении состояния здоровья населения. Когда химические соединения попадают в почву, они накапливаются и постепенно вызывают изменения в ее химических и физических свойствах. Это накопление также приводит к снижению биологического разнообразия и фертильности [14]. Учитывая, что почва является важным компонентом природных экосистем, становится необходимым исследовать изменения в ее нынешнем состоянии в результате деятельности человека.

Использование комбинации химико-аналитических и биоиндикаторных методов позволяет получить более полное представление о состоянии почвы и оценить его воздействие на экосистему в целом. Применение таких методов может быть полезным для разработки стратегий сохранения и управления почвенными ресурсами.

Биоиндикативные методы включают использование живых организмов, таких как растения, бактерии и насекомые, для определения уровня загрязнения почвы. Один из примеров биоиндикаторов, используемых в химико-аналитическом и биоиндикативном исследовании почв, — это кресс-салат, который можно выращивать в почвах, чтобы оценить уровень загрязнения почвы.

Таким образом, химико-аналитическое и биоиндикативное исследование почв является важным инструментом для оценки качества почвенной среды и определения ее влияния на экосистему и здоровье населения. Оно позволяет выявлять проблемы, связанные с загрязнением почвы, и разрабатывать меры по ее улучшению.

### 3. Эксперимент с кресс-салатом

Химико-аналитическое и биоиндикативное исследование водных ресурсов и почв г. Алматы было связано с исследованием кресс-салата (*Lepidium Savitum* L.), который является одним из

видов растений, часто используемых в качестве биоиндикаторов для оценки качества водных ресурсов и почв, эксперимент проводился в лабораторных условиях. В качестве биотеста использовали растения кресс-салата. Кресс-салат – это травянистое растение с годичным жизненным циклом, характеризующееся невысоким ростом от 20 до 50 см в фазе созревания. Его листья имеют перисто-рассеченную структуру, при этом верхние листья кажутся прямыми. Растение обладает тонким стержневым корнем.

Кресс-салат (*Lepidium Savitum* L.), обладает особенной чувствительностью к загрязнению воды и почвы и может быть использован для оценки уровня загрязнения различными веществами, такими как тяжелые металлы, пестициды и другие химические соединения. В качестве биоиндикатора кресс-салат используется для сбора данных о концентрации различных загрязнителей в окружающей среде.

Лабораторный эксперимент проводился в условиях естественного освещения при температуре от +23°C до +25°C. Его целью было изучить влияние уровней загрязнения талой воды в различных местах Алматы на прорастание семян кресс-салата (*Lepidium sativum* L.). Образцы

снега были собраны в 22 точках Алматы и впоследствии подвергнуты химическому анализу в лаборатории ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина».

Эксперимент включал помещение по 10 семян кресс-салата в каждую из медицинских стеклянных банок вместе с 30 мл талой воды. Девять образцов были подготовлены и исследованы 22 января 2023 года, в то время как 14 образцов были подготовлены и исследованы 23 января 2023 года. Семенам кресс-салата давали прорасти в талой снеговой воде из разных мест сбора в течение 7 дней. Параметры, оцененные в ходе эксперимента, включали общее количество посеянных семян, обозначенное как 100%, и процент проросших семян, представленный как X%. Были исследованы саженцы из соответствующих проб талой воды. Примечательно, что семена начали прорастать уже на третий день эксперимента, а зарегистрированные количества были задокументированы и показаны на рисунке 9. Кроме того, были измерены и сравнены длины как саженцев, так и корней растений, как показано на рисунке 10. В качестве контрольной точки в этом эксперименте рассматривался образец 23.

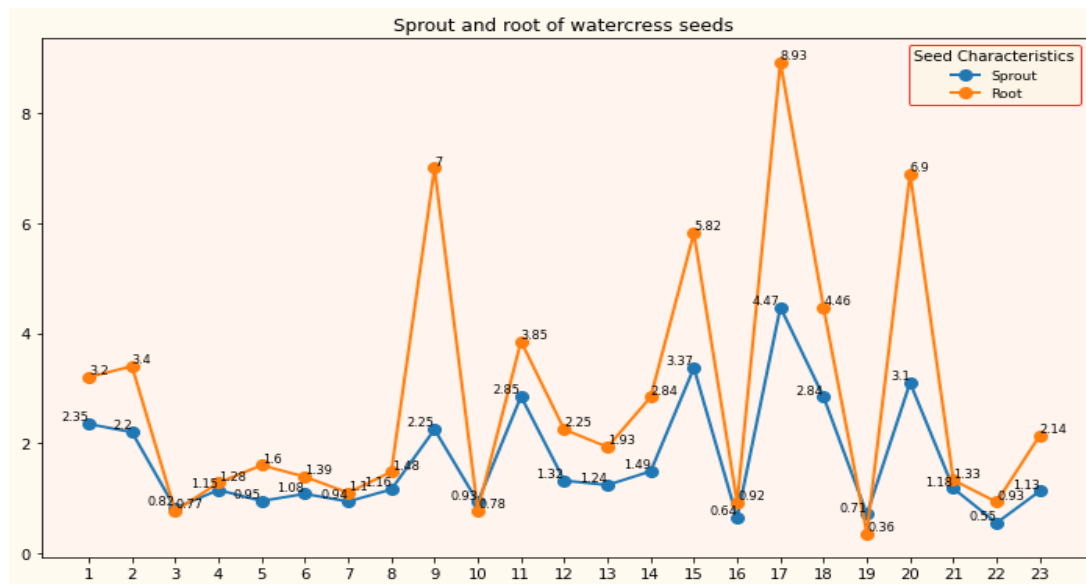


Рисунок 9 – Количество выращенных листьев кресс-салата по 23 образцам воды

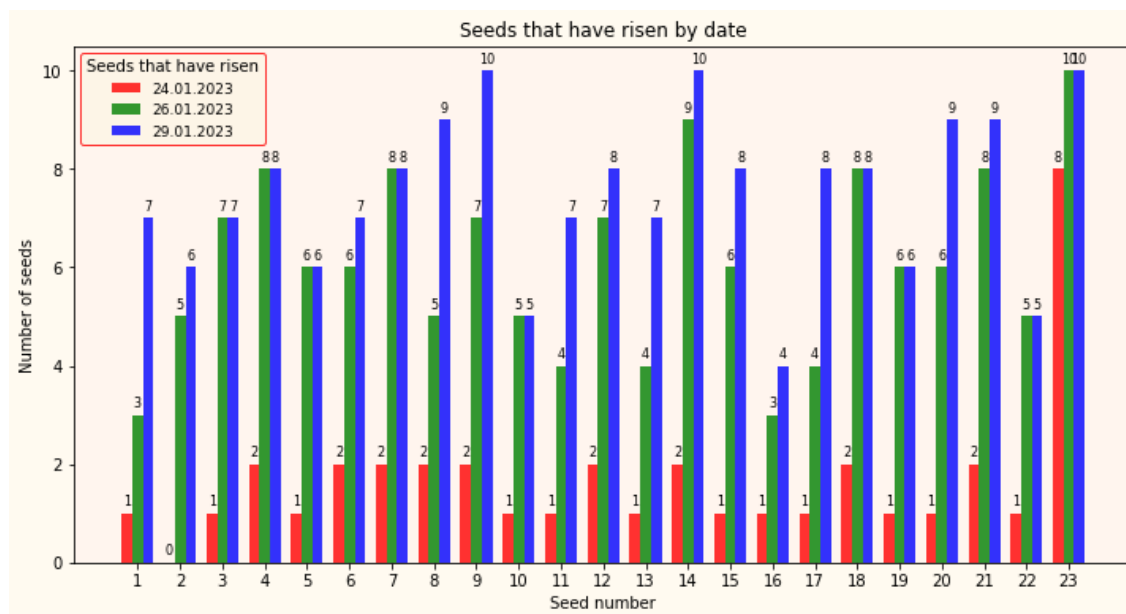


Рисунок 10 – Длины проростков и корней кресс-салата по 23 образцам воды

В результате эксперимента, исходя из таблицы прорастания семян, выявлено что, наилучшие показатели роста семян кресс-салата наблюдаются на территории Медеу и 009 Школы 86. Далее 80% прорастания выявлены в точках 018 Керей и Жанибек Хандар, 015 ул. Садуакасулы д.47,шк. №176, 017 КазНМУ. 70% проросших семян наблюдаются в точках 013 ул. Павлодарская 33, 001 Кульджинский тракт, 001 Ясли-сад №130. Самые низкие показатели прорастания как видно из таблицы наблюдаются в районе 002 Ясли-Сад №11.

В ходе наблюдения следующих 14 проб, можно сделать следующие выводы: наилучшие показатели прорастания семян наблюдались в контрольной пробе и в пробе с точки 014 Сагадат Нурмагамбетова. 90% проросших семян в пробах 021 Известковый и 008 Школа №144. Показатели проросших семян в пробах 012 Бокейханова, 007 Школа №150, 004 Кладбище Кенсай 1 составили 80%. В двух пробах 006 Ясли-сад №149 и 003 Ясли-сад №184 процент проросших семян – 70%. 60% семян проросли в пробах 005 Школа №52 и 019 Татибекова. Прорастание семян в образцах 010 Ясли-сад №66 и 022 пр. Аль-Фараби всего 50%. Наименьший показатель прорастания салата выявлен в пробе 016 Алгабас (40%).

Таким образом, химико-аналитическое и биоиндикативное исследование водных ресурсов и почв г. Алматы, в том числе использование

кресс-салата как биоиндикатора, является важным этапом в изучении экологического состояния данного региона. Эти исследования могут быть использованы для разработки стратегий по охране окружающей среды, а также для контроля за загрязнением водных ресурсов и почв г. Алматы.

Это исследование важно для мониторинга и оценки экологического состояния водных ресурсов и почв г. Алматы, так как кресс-салат является чувствительным к изменениям окружающей среды и может быть использован в качестве индикатора загрязнения водных и почвенных ресурсов. Данные исследования могут быть использованы в разработке мер по снижению загрязнения водных ресурсов и почв г. Алматы, а также в контроле за соблюдением стандартов экологической безопасности.

### Заключение

Ресурсы воды и их рациональное использование, напрямую влияет на благополучие, поддержку природного потенциала и большую часть вклада в национальный доход страны.

В результате проведенных экспериментов, можно сделать вывод что в целом экологическая ситуация водных ресурсов и почвенного покрова в городе Алматы неудовлетворительная. Согласно химико-аналитическому анализу на различных точках (таблица 1), где были отобраны

пробы, уровень загрязнения высокий. В зависимости от точек сбора снежного покрова, уровень загрязняющих веществ разнится, допустим высокие концентрации взвешенных частиц, диоксида углерода и нефтепродуктов наблюдаются в районе проспекта Аль-Фараби, что можно связать с большой плотностью машин в течение суток.

В ходе биоиндикативного эксперимента с кресс-салатом выявлены точки наиболее благоприятного состава снежного покрова (талой воды), где количество проросших семян имеет высокие показатели, согласно результатам это территория Медеу и Школы №86, наименьшее количество проросших семян в точке сбора снежного покрова Алгабас, что свидетельствует об уровне загрязнения воды в данных районах.

Химико-аналитическое и биоиндикативное исследование водных ресурсов и почв г. Алматы является важным инструментом для оценки экологической ситуации в регионе и разработки стратегий по ее улучшению. Однако для достижения реальных изменений необходимо не только проводить исследования, но и принимать меры на государственном уровне для сокращения выбросов загрязняющих веществ и защиты окружающей среды.

### Благодарность

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства высшего образования и науки Республики Казахстан (грант № BR18574148 «Развитие геоинформационных систем и мониторинга объектов окружающей среды»).

### Литература

1. Алимкулов С.К., Турсунова А.А., Давлетгалиев С.К., Сапарова А.А. Ресурсы речного стока // Гидрометеорология и экология. – 2018. – №3 – С. 80-94.
2. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление: Т. VIII: Смоляр В. А. Ресурсы подземных вод Казахстана / Смоляр В. А., Буров Б. В., Мустафаев С. Т. – 634 с. ISBN 978-601-7150-36-5
3. <https://inbusiness.kz/ru/news/bak-im-d-kunaeva-chto-s-nim-stalo-36-let-spustya-fotoreportazh-inbusiness-kz>
4. Алма-Ата. Энциклопедия / Гл. ред. Козыбаев М. К. – Алма-Ата: Гл. ред. Казахской советской энциклопедии, 1983. – С. 293. – 608 с.
5. Аманжол И.А., Аманбекова А.У., Баттакова Ш.Б. и др. Современные проблемы экологически зависимых заболеваний населения урбанизированных территорий: монография. Караганда. – 2012. – 200 с.
6. Ревич Б.А., Сагит Ю.Е. и др. Геохимическая оценка загрязнения территорий городов химическими элементами. – М. – 1982. – 112 с.
7. Аммосова Я.М., Ладонин Д.В. Изучение уровня загрязнения городских почв тяжелыми металлами // Агрохимический вестник. – 2000. № 2. – С. 23-26.
8. Ильин В.Б. Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва-растение. – Новосибирск: Изд-во СО РАН., 2012. – 220 с.
9. Ильин В.Б. Мониторинг тяжёлых металлов применительно к крупным промышленным городам. // Агрохимия. – 2007. – № 4. – С. 81-86
10. Saparov A. Conception on sustainable development of control for anthropogenic degradation of soils in south Kazakhstan. The III International Scientific Conference «Modern tendencies of development of science in Central Asia». – Almaty. – 2019. – P.250-252.
11. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов (Национальный доклад), 2022.
12. Кузнецов А.В. Контроль техногенного загрязнения почв и растений // Агрохимический вестник. – 1997. – № 5. – С-9.
13. Минеев В.Г. Проблема тяжелых металлов в современном земледелии // Тяжелые металлы и радионуклиды. – М. – 1994. – С. 42-48.
14. Бутовский Р.О. Тяжелые металлы как техногенные химические загрязнители и их токсичность для почвенных беспозвоночных животных // Агрохимия – 2005. – № 4. – С. 73-91.
15. Tukenova Z., Alimzhanova M., Akylbekova T., Ashimuly K., Saparov A. Environmental assessment of the impact of technogenic factors on the soil mesofauna of the south-east of Kazakhstan and development bioindicative and indicative factors ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, V. 15, Issue 22, P. 2706 – 2712, 2020 <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85098718974&origin=resultslist>
16. Панин М.С. Химическая экология. – Семипалатинск, 2002. – 852 с.

## References

1. Alimkulov S.K., Tursunova A.A., Davletgaliev S.K., Saparova A.A. Resursy rechnogo stoka // *Gidrometeorologiya i ekologiya*. – 2018. – №3 – S. 80-94.
2. Vodnye resursy Kazakhstana: ochenka, prognoz, upravlenie: T. VIII: Smolyar V. A. Resursy podzemnykh vod Kazakhstana / Smolyar V. A., Burov B. V., Mustafaev S. T. – 634 s. ISBN 978-601-7150-36-5
3. <https://inbusiness.kz/ru/news/bak-im-d-kunaeva-chto-s-nim-stalo-36-let-spustya-fotoreportazh-inbusiness-kz>
4. Alma-Ata. Enciklopediya / Gl. red. Kozybaev M. K. – Alma-Ata: Gl. red. Kazahskoj sovetskoj enciklopedii, 1983. – S. 293. – 608 s.
5. Amanzhol I.A., Amanbekova A.U., Battakova Sh.B. i dr. Sovremennye problemy ekologicheski zavisimyyh zabolevaniy naseleniya urbanizirovannykh territorij: monografiya. Karaganda. – 2012. – 200 s.
6. Revich B.A., Saet Yu.E. i dr. Geohimicheskaya ochenka zagryazneniya territorij gorodov himicheskimi elementami. – M. – 1982. – 112 s.
7. Ammosova Ya.M., Ladonin D.V. Izuchenie urovnya zagryazneniya gorodskih pochv tyazhelymi metallami // *Agrohimicheskij vestnik*. – 2000. № 2. – S. 23-26.
8. Il'in V.B. Tyazhelye metally i nemetally v sisteme pochva-rastenie. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN., 2012. – 220 s.
9. Il'in V.B. Monitoring tyazhyolykh metallov primenitel'no k krupnym promyshlennym gorodam. // *Agrohimiya*. – 2007. – № 4. – S. 81-86
10. Saparov A. Conception on sustainable development of control for anthropogenic degradation of soils in south Kazakhstan. The III International Scientific Conference «Modern tendencies of development of science in Central Asia». – Almaty. – 2019. – P.250-252.
11. Nacional'nyj doklad o sostoyanii okruzhayushchej sredy i ob ispol'zovanii prirodnih resursov (Nacional'nyj doklad), 2022.
12. Kuznecov A.V. Kontrol' tekhnogennogo zagryazneniya pochv i rastenij // *Agrohimicheskij vestnik*. – 1997. – № 5. – S–9.
13. Mineev V.G. Problema tyazhelykh metallov v sovremennom zemledelii // *Tyazhelye metally i radionuklidy*. – M. – 1994. – S. 42–48.
14. Butovskij R.O. Tyazhelye metally kak tekhnogennye himicheskie zagryazniteli i ih toksichnost' dlya pochvennykh bespozvonochnykh zhivotnykh // *Agrohimiya* – 2005. – № 4. – S. 73-91.
15. Tukenova Z., Alimzhanova M., Akylbekova T., Ashimuly K., Saparov A. Environmental assessment of the impact of technogenic factors on the soil mesofauna of the south-east of Kazakhstan and development bioindicative and indicative factors // *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. – 2020. – V. 15, Issue 22, P. 2706 – 2712 <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85098718974&origin=resultslist>
16. Panin M.S. Himicheskaya ekologiya. – Semipalatinsk, 2002. – 852 s.

### **Авторлар туралы мәлімет:**

Темирбекова Маржан Нурлановна Г. Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, PhD (Алматы, Қазақстан, email: [m.temirbekova@aues.kz](mailto:m.temirbekova@aues.kz))

Туkenova Зулфия Айдуновна – Биология ғылымдарының кандидаты, ҚР ЖБФМ ҒК Зоология институты, доценті (Алматы, Қазақстан, email: [otdel\\_nauki8@mail.ru](mailto:otdel_nauki8@mail.ru))

Тамабай Динара Оразбекқызы (корреспондентный автор) ҚР Ұлттық инженерлік академиясының PhD докторанты (Алматы, Қазақстан, email: [dtaamabay@gmail.com](mailto:dtaamabay@gmail.com))

### **Information about authors:**

Temirbekova Marzhan Nurlanovna – Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, PhD (Almaty, Kazakhstan, email: [m.temirbekova@aues.kz](mailto:m.temirbekova@aues.kz))

Tukenova Zulfia Aidunovna – candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Institute of Zoology of the Ministry of education and science of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan, email: [otdel\\_nauki8@mail.ru](mailto:otdel_nauki8@mail.ru))

Tamabay Dinara Orazbekovna (corresponding author) – PhD student of the National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan, email: [dtaamabay@gmail.com](mailto:dtaamabay@gmail.com))

Поступила 28 июня 2023 года

Принята 18 марта 2024 года