

Министерства образования и науки Республики Казахстан  
КАРАГАНДИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ АКАДЕМИКА Е.А. БУКЕТОВА

Биолого-географический факультет

Конкабаева А.Е., Ишмуратова М.Ю.

**ОЦЕНКА НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ,  
ВОДЕ И РАСТЕНИЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ  
КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

(МОНОГРАФИЯ)

Караганда 2016

УДК 631.95  
ББК 41.2  
К 64

**Рецензенты:**

**Мукашева М.А.** – профессор кафедры физиологии Карагандинского государственного университета имени академика Е.А. Букетова, доктор биологических наук

**Дюсембаева Н.К.** – руководитель лаборатории экологической эпидемиологии Национального центра гигиены труда и профессиональных заболеваний, доктор медицинских наук

**Тажбаев Е.М.** – декан химического факультета Карагандинского государственного университета имени академика Е.А. Букетова, доктор химических наук, профессор

**К 64.** Оценка накопления тяжелых металлов в почве, воде и растениях промышленных регионов Карагандинской области. Монография / **А.Е. Конкабаева, М.Ю. Ишмуратова.** - Караганда: Изд-во ТОО «Полиграфист», 2016. – 112 с.

ISBN 978-601-7555-31-3

В монографии представлены результаты теоретических и практических исследований о загрязнении тяжелыми металлами природных объектов Центрального Казахстана вследствие функционирования промышленных предприятий цветной и черной металлургии. Освещены вопросы загрязненности тяжелыми металлами и их влияние на природные водные объекты, почвы, культурные и дикорастущие растения и растительные сообщества, произрастающие в промышленных городах Карагандинской области (г. Балхаш, Жезказган и Темиртау).

Монография предназначена для студентов, магистрантов, докторантов и преподавателей, а также специалистов в области экологии, урбоэкологии, промышленной экологии, биологии и санитарии.

Монография обсуждена и утверждена на заседании Ученого совета КарГУ им. академика Е.А. Букетова (протокол № 14 от 23.06.2016).

ISBN 978-601-7555-31-3

© Конкабаева А.Е., Ишмуратова М.Ю.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 НАКОПЛЕНИЕ, ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ.....	7
1.1 Антропогенные причины накопления тяжелых металлов в природных водах.....	7
1.2 Формы нахождения и распределение тяжелых металлов в природных водах.....	10
2 СОДЕРЖАНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ.....	16
3 ПУТИ ПОСТУПЛЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТЕНИЯХ.....	21
4 ГЕОГРАФИЯ, КЛИМАТ И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАЗАХСТАН).....	28
4.1 Климатическая характеристика промышленных центров Карагандинской области.....	28
4.2 Экология промышленных центров Карагандинской области.....	38
5 АНАЛИЗ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМЕ ВОДА-ПОЧВА-РАСТЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	44
5.1 Результаты исследований снежного покрова и проб воды.....	44
5.2 Результаты исследования почвенных проб.....	55
5.3 Результаты исследования культурных растительных проб.....	60
6 ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДОВ КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	66
6.1 Изучение флуктуирующей асимметрии листовых пластин.....	71
6.2 Состояние растительных сообществ вокруг промышленных городов Карагандинской области.....	77
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	99
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	100
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	110

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время человечество в полной мере ощутило глобальный экологический кризис, который однозначно указывает на антропогенную интоксикацию биосферы, быстрое сокращение биоразнообразия, деградацию природных экосистем на огромных пространствах. По имеющимся данным, в процессе дальнейшего развития производительных сил антропогенная нагрузка на окружающую среду может удваиваться каждые 10-15 лет. Хищническая эксплуатация природных ресурсов привела к повсеместному заражению вредными веществами огромных территорий, уничтожению миллионов гектаров плодородных почв, истреблению больших площадей леса и общей деградации биосистемы [1]. Важно отметить, что с экологических позиций те или иные компоненты вносятся не просто в воду, атмосферный воздух или почву – объектом загрязнения всегда является экосистема (биогеоценоз). Избыток одних веществ в природной среде или просто наличие в ней других веществ (новых примесей) означает изменение режимов экологических факторов. При этом нарушаются процессы обмена веществ, снижается интенсивность ассимиляции продуцентов, а значит, и продуктивность биоценоза в целом [2]. Накопление токсичных соединений осуществляется по закону прогрессивного накопления токсичных веществ в трофических цепях: концентрирование вещества в экосистеме или пищевой цепи возрастает на высших трофических уровнях по сравнению с низшими уровнями [3, 4]. Начальным элементом этой цепи является техногенная деятельность человека, затем почва, которая аккумулирует в себе экотоксиканты. Далее они могут мигрировать в растения (корма), затем в организм животных и в конечном итоге накапливаться в продукции животноводства [5-9].

Миграция металлосодержащих веществ в объекты окружающей среды осуществляется многими путями. Она начинается с момента диспергирования оксидов, оседания на разных поверхностях почвы и далее включает исчезновение из биосферы. Перенос веществ в самой биосфере осуществляется, прежде всего, такими «транспортными» средствами, как воздух и вода. В различных средах типы взаимодействия металл-организм имеют общие механизмы: фотолит, гидролиз, окисление, восстановление, образование других форм, разложение под влиянием микроорганизмов и др. Прямая и обратная миграция тяжелых металлов (ТМ) из почвы в сопряженные среды в значительной мере определяется процессами, происходящими на границах разных сред – сорбция и десорбция, испарение и вторичное оседание на поверхности, накопление в иле, переход в воду и др. В последнем случае миграция в более глубокие слои приводит к загрязнению грунтовых вод, что ведет к опасному проникновению стойких ТМ в межпластовые водоносные горизонты.

Источники поступления ТМ в окружающую среду весьма разнообразны: предприятия цветной и черной металлургии, электростанции, сжигающие уголь и нефть, автотранспорт, отходы животноводческих комплексов, осадки сточных вод, минеральные и органические удобрения, горнодобывающая, химическая промышленность и другие.

Изучению тяжелых металлов в почвах и растениях в настоящее время уделяется повышенное, но все же недостаточное внимание. Так, результаты мониторинга, проведенного Государственным комитетом санитарно-эпидемиологического надзора России, свидетельствуют о том, что в 4 % изученных проб пищевых продуктов наблюдалось превышение содержания ТМ, в том числе по свинцу, кадмию и ртути, особенно значительное накопление отмечено в корнеплодах [10]. За последние 10 лет количество нестандартных проб пищевого сырья и продуктов питания, загрязненных кадмием, свинцом и мышьяком, возросло с 1 до 1,5% по всей группе продукции [11].

В соответствии с международными требованиями, разработанными объединенной комиссией ФАО/ВОЗ, необходим контроль, в первую очередь, за содержанием в пищевых продуктах восьми микроэлементов: ртути, кадмия, свинца, мышьяка, цинка, меди, олова и железа [12,13]. Следует отметить, что ртуть, мышьяк, кадмий и свинец входят в первую группу особо опасных веществ, относимых к приоритетным экотоксикантам. Такие элементы, как цинк и медь, будучи биогенными, в больших концентрациях также оказывают выраженное токсическое действие [14]. Распределение свинца в растениях неравномерное: наибольшая концентрация обычно наблюдается в корнях, меньше - в вегетативных частях растений, а наименьшее его содержание отмечается в репродуктивных органах - плодах, семенах [15]. В корнеплодах и капусте, выращенных вблизи автомагистралей, количество свинца в 5-10 раз превышает предельно допустимую суточную норму [16]. Значительное увеличение концентрации свинца обнаруживается также в овощах, выращенных на пригородных участках, удаленных от крупных городов на расстоянии до 25 км [17].

С экотоксикологической точки зрения, ионы ТМ не исчезают из биологического круговорота, их токсичность не уменьшается, а, наоборот, по мере увеличения концентрации возрастает. Они обладают высокой кумулятивной способностью, поэтому их опасность заключается в возможных отдаленных последствиях, которые могут быть инициированы или спровоцированы опосредованным влиянием накопления металлов [18-21].

Для того чтобы оценить практический ущерб такого воздействия и его экологические последствия необходимо экспериментально изучить закономерности реакций организмов при поступлении токсикантов через дикие и культурные растительные объекты, как в натуральных исследованиях, так и в эксперименте. Поскольку в настоящее время этот вопрос разработан крайне слабо, эта задача являлась основной целью нашего исследования.

Почвенно-агротехнические исследования на техногенно-загрязненных территориях приобретают значимость, особенно в местах, где население пользуется в течение многих лет преимущественно продуктами местного растениеводства и животноводства. Поступившие в организм человека и животных ТМ, выводятся очень медленно. Они способны к накоплению, главным образом, в почках и печени. В связи с этим, растительная продукция даже со слабо загрязненных почв способна вызвать кумулятивный эффект - постепенное увеличение содержания тяжелых металлов у животных и человека.

Таким образом, выполнение научных исследований по изучению накопления и динамики тяжелых металлов в системе вода-почва-растения-животные является важным и актуальным направлением современности. Значимость проблемы в национальном и международном масштабе заключается в практической реализации концепции экологической безопасности Республики Казахстан, которая предполагает сохранение и устойчивое использование биологических ресурсов страны.

Научные исследования выполнены в рамках грантового финансирования КН МОН РК (2015 г.).

Репозиторий КАРГУ

# 1 НАКОПЛЕНИЕ, ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

## 1.1 Антропогенные причины накопления тяжелых металлов в природных водах

Одними из самых опасных загрязнителей экосистемы являются тяжелые металлы. Термин «тяжелые металлы», характеризующий широкую группу загрязняющих веществ, получил в последнее время значительное распространение. В различных научных и прикладных работах авторы по-разному трактуют значение этого понятия. В связи с этим, количество элементов, относимых к группе ТМ, изменяется в широких пределах. В качестве критериев принадлежности используются многочисленные характеристики: атомная масса, плотность, токсичность, распространенность в природной среде, степень вовлеченности в природные и техногенные циклы. В некоторых случаях под определение тяжелых металлов попадают элементы, относящиеся к «хрупким» (например, висмут) или металлоидам (например, мышьяк) [22].

В работах [23, 24, 25], посвященных проблемам загрязнения окружающей природной среды и экологического мониторинга, к тяжелым металлам относят более 40 элементов периодической системы Д.И. Менделеева с атомной массой свыше 50 атомных единиц: V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi и др. При этом немаловажную роль в категорировании тяжелых металлов играют следующие условия: их высокая токсичность для живых организмов в относительно низких концентрациях, а также способность к биоаккумуляции и биомагнификации. Практически все металлы, попадающие под это определение (за исключением свинца, ртути, кадмия и висмута, биологическая роль, которых на настоящий момент не ясна), активно участвуют в биологических процессах, входят в состав многих ферментов.

По Ю.В. Алексееву, тяжелые металлы - это группа химических элементов, имеющих плотность более 5 г/см<sup>3</sup>, однако для биологической классификации выбирают обычно атомную массу и к тяжелым металлам относят все металлы с атомной массой более 40 (марганец, железо, кобальт, медь, цинк, молибден, кадмий, ртуть, свинец) [26].

Несколько иначе выглядит определение ТМ и микроэлементов у В.Б. Ильина (1991), который относит к тяжелым металлам химические элементы с атомной массой свыше 50, со свойствами металлов и металлоидов. Очень токсичными из них он считает кобальт, никель, медь, цинк, селен, железо, теллур, свинец, серебро, кадмий, золото, ртуть, сурьму, бериллий, платину [27].

По биологической классификации химических элементов ТМ принадлежат к группам микро- и ультрамикроэлементов [28]. Тяжелые металлы при избыточном попадании в объекты окружающей среды ведут себя как токсиканты и экотоксиканты. Специалистами по охране окружающей среды

среди металлов-токсикантов выделена приоритетная группа. В нее входят кадмий, медь, мышьяк, никель, ртуть, свинец, цинк и хром как наиболее опасные для здоровья человека и животных. Из них ртуть, свинец и кадмий наиболее токсичны.

Прежде всего, представляют интерес те металлы, которые наиболее широко и в значительных объемах используются в промышленной деятельности и в результате накопления во внешней среде представляют серьезную опасность с точки зрения их биологической активности и токсических свойств. К таким металлам относят молибден, хром, свинец, цинк, ртуть, кадмий, медь, никель, кобальт, висмут, олово, ванадий [29].

По опасности для здоровья человека тяжелые металлы делятся на следующие классы:

1-й класс (высоко опасные): Cd, Hg, Se, Pb, Zn;

2-й класс: Co, Ni, Cu, Mo, Sb, Cr;

3-й класс: Ba, V, W, Mn, Sr.

Загрязнение окружающей среды, в том числе гидросферы тяжелыми металлами носит антропогенный характер и обусловлено активной деятельностью человека. Известно значительное число источников непосредственного загрязнения водоема металлами как природного, так и антропогенного происхождения при бытовой и производственной деятельности человека. Такими источниками тяжелых металлов в водных системах являются атмосферные осадки, промышленные отходы, естественная эрозия, стоки с почв, сбросные воды ирригационных систем, городские, промышленные и бытовые стоки, добыча и выплавка металлов, ископаемое топливо, процессы горения (при котором выделяется свинец и другие металлы), рециркуляция твердых отходов [30-35].

В концепции экологической безопасности Республики Казахстан отмечается необходимость мониторинга окружающей среды, включая водные объекты страны. Такой интерес к проблеме мониторинга водных объектов не случаен, т.к. в последнее время проблемы чистой воды и охраны водных экосистем становятся все более острыми и глобальными. На современном этапе увеличение антропогенной и техногенной деятельности неизбежно приводит к нарушению равновесия в водных экосистемах. Многими авторами в многочисленных исследованиях показана проблема загрязненности ТМ водных объектов Казахстана. Пресные воды по сравнению с другими компонентами биосферы в наибольшей степени подвержены загрязнению ТМ - Cu, Zn, Cd, Pb, Cr. Они поступают при прямом сбросе недоочищенных стоков, с осадками из атмосферы, из загрязненных почв и вследствие антропогенной деятельности.

Так, авторами, исследовавшими водоемы Урало-Каспийского бассейна, зарегистрировано превышение ПДК по металлам первой категории опасности, таким как медь, свинец и хром [36]. Установлена сезонная динамика содержания тяжелых металлов в водах Северо-восточного Каспия, при этом выяснено, что в паводковый период увеличиваются поступления этих токсикантов в водоемы.

По данным мониторинга поверхностных вод Ульбы и Иртыша в пределах города Усть-Каменогорска основными загрязнителями являются цинк и медь, где загрязнения обусловлены большим количеством сбрасываемых промышленных отходов. Загрязнение подземных и поверхностных вод Восточно-Казахстанской области тяжелыми металлами обусловлено наличием многих крупных предприятий горно-металлургического комплекса. Ситуация усугубляется стоками Левобережных очистных сооружений ГКП «Оскемен-Водоканал», состав осадков по набору в них тяжелых металлов хорошо отражает специфику промышленного производства [37].

В исследованиях Свицерского А.К. (2002) показано, что концентрация в воде растворимых форм Cd, Zn, Pb, Cr, Cu превышает соответствующие кларковые значения в речном стоке и выше эталона незагрязненных пресных вод. В донных отложениях валовое содержание ТМ превышает мировое фоновое содержание [38]. Анализ распределения тяжелых металлов в воде и донных отложениях оз. Балхаш в пространственно-временной динамике подтверждает существование прямого влияния на состояние донных отложений источников техногенного загрязнения в районах с повышенной промышленной нагрузкой. Отмечается, что среднее содержание меди, цинка, свинца в донных осадках отдельных районов выше, чем в фоновых. Локальная зона повышенного содержания ТМ обнаружена в IV гидрохимическом районе (бухта Бертыс, залив Торангалык), где расположены основные источники поступления токсикантов - промышленные предприятия г. Балхаш [39].

В исследованиях уровня загрязненности реки Ишим в пределах города Астана за 2009- 2010 гг., обусловленного сбросами АО «Литмаш»; ливневой канализацией и другими источниками, показано ухудшение гидрохимических характеристик и качества воды в результате длительного и продолжительного антропогенного воздействия [40]. В работах российских авторов А.В. Пузанова, Т.А. Рождественской, И.В. Горбачева, было продемонстрировано, что воды озер, геохимически сопряженных с хвостохранилищами Алтайского горно-обогатительного комбината, в котором в течение 50 лет перерабатывали полиметаллические руды и получали концентраты цветных металлов, могут содержать тяжелые металлы в количествах, превышающих 1000 ПДК [41]. В исследованиях проведенных А.Н. Небольсиным и др., рассчитано процентное соотношение загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами промышленными предприятиями. Так на долю горнодобывающих и металлургических заводов приходится в среднем - 35% от общего объема загрязнений, тепловых электростанций - 27%, нефтеперерабатывающих предприятий - 15% и строительных организаций - 8% [42]. Таким образом, активная деятельность промышленных предприятий, приводит к мощному поступлению в окружающую среду тяжелых металлов, в том числе в водные объекты, находящиеся в непосредственной близости от источника загрязнения. Вследствие этого, концентрация металлов на территориях, прилегающих к промышленным предприятиям, значительно превышает предельно допустимые дозы [43].

## 1. 2 Формы нахождения и распределение тяжелых металлов в природных водах

Содержание тяжелых металлов в водоемах определяется разнообразным количеством факторов. Под факторами формирования химического состава природных вод понимают причины, обуславливающие течение разнообразных процессов, которые вызывают изменения минерализации и химического состава воды. Эти факторы разделяются на: физико-географические, физико-химические, физические, биологические и искусственные [44, 45]. Высокая динамичность химического состава природных вод определяется не только поступлением тяжелых металлов в воду от различных источников загрязнения, но и процессами миграции, трансформации веществ на границе вода - донные отложения. Процессы миграции, распределения и накопления тяжелых металлов зависят от воздействия физико-химических факторов среды.

Особенность поведения тяжелых металлов в поверхностных водах состоит в том, что они не подвергаются процессу естественного разрушения в результате химических, физических и биологических процессов, как это происходит в случае некоторых других продуктов техногенеза. Тяжелые металлы могут только участвовать во взаимодействии с остальными компонентами вод, включаться в разные циклы [46].

Процесс формирования химического состава природных вод очень сложен и зависит от множества факторов. Факторы, определяющие современные условия формирования химического состава природных вод, можно условно разбить на две основные группы [47, 48].

1) Косвенные факторы определяют условия, в которых протекает взаимодействие веществ с водой. К ним можно отнести климат, растительность, рельеф, водный режим, гидрогеологические и гидродинамические условия и др.

2) Прямые факторы, непосредственно воздействующие на воду, обогащая ее растворимыми соединениями или, наоборот, вызывая образование осадков, состоящих из компонентов, входящих в состав вод. К таким факторам можно отнести литологию вмещающих пород, почвы, живые организмы и деятельность человека.

Металл-токсикант, попав в природные воды, распределяется между компонентами этой водной экосистемы. Основными компонентами водной экосистемы являются: вода (водный раствор); взвешенные вещества; сообщества фито- и зообентоса и фито- и зоопланктона; донные отложения (ДО). При оценке способности экосистемы сопротивляться внешнему токсическому воздействию принято говорить о буферной емкости экосистемы. Так, под буферной емкостью пресноводных экосистем по отношению к тяжелым металлам понимают такое количество металла-токсиканта, поступление которого существенно не нарушает естественного характера функционирования всей изучаемой экосистемы. При этом, металл-токсикант распределяется на следующие составляющие:

1) металл в растворенной форме;

2) сорбированный и аккумулярованный фитопланктоном, то есть растительными микроорганизмами;

3) удерживаемый донными отложениями в результате седиментации взвешенных органических и минеральных частиц из водной среды;

4) адсорбированный на поверхности донных отложений из водной среды в растворимой форме;

5) находящийся в адсорбированной форме на частицах взвеси.

Важную роль в биогеохимических процессах, протекающих в экосистеме водоема, играет форма нахождения элементов. Термин «форма нахождения» был предложен В. И. Вернадским в 1922 г., который под данным термином понимал физико-химическое состояние металлов в определенных условиях физико-химической обстановки. В зависимости от условий среды (рН, окислительно-восстановительный потенциал, наличие лигандов) ионы ТМ могут существовать в разных степенях окисления и входить в состав разнообразных неорганических и металлоорганических соединений.

Существующими формами нахождения элементов принято называть полный спектр равновесно-устойчивых, сосуществующих форм в водной экосистеме [49-54]. Формы существования металла в природных водоемах определяются влиянием большого количества факторов и процессов, которые определяют поступление [55-59], содержание и пространственно-временное распределение металлов по компонентам водных экосистем [60-66]. Физические формы миграции металлов в водном объекте можно классифицировать по их агрегатному состоянию [67, 68]:

– грубодисперсные (взвешенные формы, включающие органические и неорганические соединения металлов, сорбированные на взвешенных веществах или входящие в его состав, химически связанные с ним);

– мелкодисперсные (коллоидные формы, которые выделяют, как промежуточные формы между растворенной и взвешенной), образующие с грубодисперсными формами гетерогенные системы;

– истинно растворенные формы, образующие гомогенные системы.

– входящие в состав донных отложений, которые включают соединения металлов, связанные с твердой фазой или растворенные в поверхностном веществе донных отложений.

В природных пресных водах ТМ существуют в разных формах и различных степенях окисления. Эти процессы условно можно разделить на: физические, химические и биологические. Физические процессы (разбавление, испарение, оседание) приводят к изменению концентрации и перераспределению металлов в водных экосистемах, не уменьшая их абсолютного количества. При протекании химических процессов, таких как комплексообразование, гидролиз, сорбция, коагуляция, и биологических процессов (поглощение живыми организмами) изменяется не только концентрация металлов, но и их абсолютное количество в водных экосистемах. Поэтому эти процессы являются часто определяющими в общем процессе формирования качества природных вод, токсичности и биодоступности металлов для гидробионтов.

Окислительно-восстановительные реакции в природных водах

определяются наличием в них окислителей, например кислорода, и восстановителей, например водорода. Многие элементы (железо, марганец, хром, сера, кобальт и др.) способны изменять свою валентность, поэтому реакции окисления и восстановления играют значительную роль, переводя растворимые соединения в нерастворимые и наоборот. Следовательно, при изменении условий окружающей среды изменяются и формы нахождения химических элементов.

Токсичность металлов в природной водной среде зависит не от общей концентрации, а от форм нахождения ТМ [69].

На рис.1 представлена схема ранжирования форм существования металлов в поверхностных водах в зависимости от их токсичности для водных организмов.

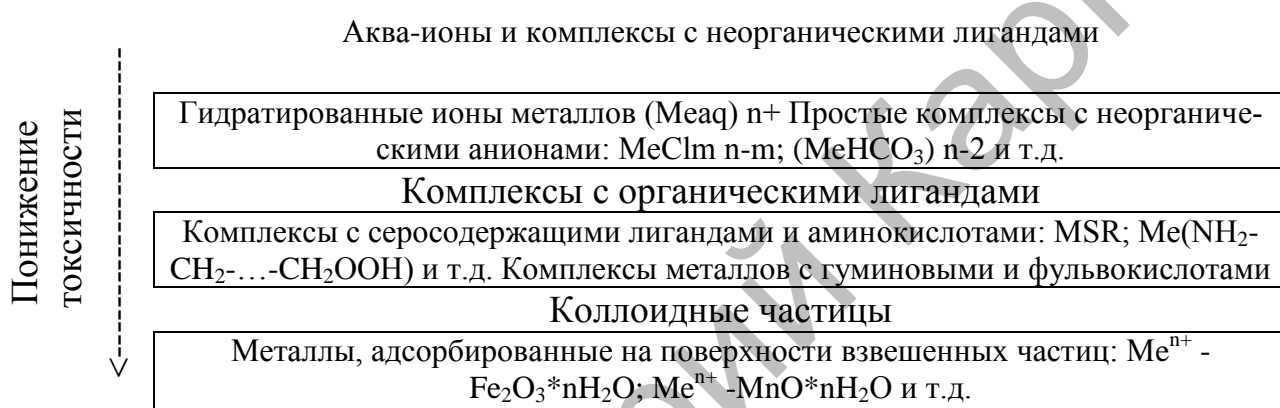


Рисунок 1. Характеристика степени токсичности тяжелых металлов в зависимости от их форм существования в поверхностных водах по Будникову Г.К. [70]

Наибольшую токсичность для водных организмов проявляют свободные (гидратированные) ионы металлов и их гидрокомплексы, составляющие так называемую лабильную фракцию. К ней часто относят еще и слабоустойчивые комплексы металлов с природными органическими лигандами, способными к диссоциации в приэлектродном пространстве при определении металлов полярографическими методами [71].

Ксенобиотики (ТМ) в водной среде подвергаются химической трансформации [72]. Одним из видов трансформации ТМ в водной среде является процесс гидролиза. Гидролизуясь они могут образовывать нерастворимые гидроксиды в интервале рН природных вод (в пределах 6,5÷8,5).

Так, в отсутствие комплексообразователей содержание растворенных форм железа и алюминия в речных экосистемах будет определяться константой устойчивости их гидроксидов [73]. Для Cr, Cu, Ni, Pb, Zn соотношение растворенных и взвешенных форм зависит от существующих в реке кислотно-щелочных условий, при изменении рН среды может произойти переход этих металлов в раствор или наоборот их сорбция в виде нерастворимых гидроксидов [74].

В водной среде процессы комплексообразования выступают в качестве процессов, конкурирующих гидролизу и осаждению металла. Гидролиз приводит к образованию малорастворимых соединений - гидроксидов металлов и их основных солей, а комплексообразование, к связыванию ионов металлов в растворимые соединения и удерживанию их в водной толще речного потока [75-79]. Основными неорганическими комплексообразователями ТМ в поверхностных водах являются ионы  $\text{OH}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{Cl}^-$ , а также встречающиеся в муниципальных стоках  $\text{F}^-$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{SCN}^-$  [80-84].

Некоторые металлы образуют прочные комплексы с органическим веществом, которые являются одной из важнейших форм миграции элементов в природных мало минерализованных водах. Большинство органических комплексов образуются по хелатному циклу и являются устойчивыми. Комплексы, образуемые почвенными кислотами с солями ТМ, хорошо растворимы в условиях нейтральной, слабокислой и слабощелочной средах. Поэтому металлорганические комплексы способны мигрировать в природных водах на весьма значительные расстояния [77-79].

Органические вещества в речных водах присутствуют в виде смываемых с почв и болот веществ гумусового происхождения и продуктов распада различных органических веществ, преимущественно растительного происхождения. К органическим комплексообразователям ТМ относят ароматические и аминокислоты, входящие в состав растворимых органических веществ, природного происхождения – фульвокислоты, а также встречающиеся в промышленных стоках растворимые органические кислоты – карбоновую, уксусную, глутаминовую, салициловую, фталевую, глюциновую и тартратовую [82, 85, 86].

Взвешенным веществом водоемов называют суспензированные в водном потоке твердые частицы размером больше 0,45 мкм. Для большинства микроэлементов в водных экосистемах характерно преобладание взвешенной формы над растворенной. Это обусловлено способностью ионов ТМ сорбироваться твердыми частицами. В зависимости от размера связанной ТМ фракции, принята схема деления: <0,001 мкм – истинно растворенные формы; 0,001-1 мкм – коллоидные формы и >1 мкм взвешенные формы. Следует отметить, что в интервал коллоидных фракций 0,001 – 1 мкм по размеру попадают также комплексы ТМ с высокомолекулярными органическими соединениями гумусовой основы.

Потенциальная опасность тяжелых металлов для водных организмов напрямую зависит от химических форм существования металлов в водном растворе, а также их биодоступности. Из анализа литературных данных следует, что наиболее доступными для гидробионтов являются комплексные соединения металлов с органическими веществами с низкой и средней молекулярной массой, а также свободные гидратированные ионы металлов и их соединения с неорганическими лигандами [87-90, 69]. Высокомолекулярные комплексные соединения металлов, по мнению ряда исследователей, биологически неактивны [82].

Фоновая концентрация микроэлементов и тяжелых металлов в поверхностных водах обусловлена многочисленными факторами. Приоритетными загрязнителями поверхностных вод Центрального Казахстана являются медь, цинк, свинец, в меньшей степени никель, марганец и кобальт, что обусловлено деятельностью промышленных предприятий этого региона.

Основным источником поступления меди в природные воды являются предприятия цветной металлургии, транспорт, пестициды, удобрение и др. В водной среде медь находится в трех основных формах: взвешенной, коллоидной и растворенной. Растворенная форма включает свободные ионы и комплексные соединения меди с органическими и неорганическими лигандами. Содержание связанной с твердыми частицами меди может составлять 12-97% от общего его содержания в речных водах. В незагрязненных пресных водоемах содержание растворимых форм меди колеблется от 0,5 до 2 мкг/л в городских районах. Донные отложения содержат не более 20 мг/кг. Десорбция меди из осадков зависит от рН, природных и синтетических хелатов [91].

Распределение и миграция свинца в природных водах обусловлена интенсивностью осаждения и комплексообразованием. С твердым взвешенным веществом может быть связано от 15-83% валового содержания свинца. Существенная часть свинца связана с коллоидами. Содержание растворенного свинца не превышает 3 мкг/л [92]. В незагрязненных донных отложениях содержание свинца колеблется в пределах 2-50 мг/кг.

Цинк является важным в биологическом отношении элементом. В воде цинк присутствует в двухвалентной форме при нейтральной среде, доступной для сорбции коллоидами и органическим веществом. Доля цинка связанного с взвешенными твердыми частицами составляет от 10 до 78 % по данным о реках мира [93]. Менее 5 % цинка в отложениях связано органическим веществом. Биодоступность цинка в донных отложениях возрастает в порядке: обменные > карбонатные > связанные с оксидами Fe и Mn > органические > нерастворимые. Содержание растворенного цинка в незагрязненных водоемах колеблется от 0,5 до 15 мкг/л. Вместе с тем, в зоне влияния промышленных объектов концентрация цинка может превышать 100 мкг/л [94].

Марганец встречается в 3 валентных состояниях. Двухвалентный марганец существует только в растворенном состоянии. В водных растворах незакомплексованный ион марганца (III) неустойчив. Он окисляет воду, образуя марганец (II) и кислород. Быстрое бактериальное окисление марганца (II) до марганца (IV) объясняет преобладание марганца (IV) в водных средах. Ион марганца, находясь в растворе, является слабым восстановителем. В водном растворе двуокись марганца формирует относительно стабильный гидроокисный коллоид игольчатой формы. В морских и пресноводных отложениях нередко встречается карбонат марганца. Все морские поровые воды перенасыщены по отношению к  $MnS_2$ . Концентрация марганца в поровом растворе разных водоемов изменяется в диапазоне 0,04-74,5 мг/л<sup>-1</sup>. Показано, что относительное содержание аморфного марганца составляет 22-26 % от общего, а в илах содержание связанного с органическим веществом марганца составляет 9-35 % [95].

На процессы распределения ТМ между компонентами – вода, донные от-

ложения и биота, оказывают влияние такие факторы, как температура, рН и карбонатная жесткость, а также сезонная динамика. Установлена зависимость между повышением значений рН, температуры, карбонатной жесткости и активизацией сорбционных процессов ТМ в донные отложения [96].

Так, в многолетних исследованиях распределения ТМ в водах Северного Каспия была выявлена сезонная изменчивость ионных форм меди, цинка, свинца, кадмия и марганца, выражающаяся в возрастании концентраций в конце лета и начале осени. Динамика взвешенных форм характеризовалось возрастанием концентраций цинка, меди и свинца, снижением содержания марганца и железа. При этом, изменчивость концентраций взвешенных форм железа находилось в прямой зависимости от речного стока. Коэффициенты донной аккумуляции ТМ в Северном Каспии были связаны с формой миграции ТМ. Взвешенная форма металла способствовала ускорению процессов седиментации [97].

В многолетних исследованиях Чухлебовой Л.М. и Бердникова Н.В. показано, что в контактных зонах вода-взвешенное вещество, вода - донные отложения существуют сезонные изменения в миграции ТМ. В летнее время вследствие разбавления талыми водами и биоаккумуляции гидробионтами содержание ТМ в воде значительно снижается. Соединения цинка, меди и свинца во взвесах со временем оседают на дно и аккумулируются в донных осадках [98].

Многие физические и химические процессы, связанные с поступлением, содержанием и распределением ТМ в водных экосистемах регулируются и биотическими факторами, включающими все виды организмов, населяющих водоемы.

## 2 СОДЕРЖАНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ

Содержание ТМ в окружающей среде имеет два аспекта: *экотоксикологический и биохимический (физиологический)*. При высоких концентрациях ТМ вызывают загрязнение объектов окружающей среды, вредно воздействуют на экосистемы, при низких – играют важную роль в обменных процессах и жизненно необходимы для организма в качестве микроэлементов.

Выявление опасных концентраций химических элементов на городских и прилегающих к крупным предприятиям территориях способствует выработке мер направленных на снижение риска интоксикации этими элементами населения. Для решения этой проблемы можно использовать доступный природный материал – почву, растения, животных [99, 100].

Почва обладает высокой сорбционной и аккумулирующей способностью. Накапливая ТМ, она нарушает геохимическую информацию, заложенную природой, (т.е. содержание в норме Ni, Cu, Zn, Mn, Cd, Co, Pb в минеральной части почвы - фон), которая в значительной степени определяется составом почвообразующих пород [101].

Наиболее неравномерно в почвах могут распределяться Pb, Mo, Cu, Cr, Ni, Zn, Mn, Zr. Это элементы, которые соответствуют современному уровню науки и техники, т.е. наиболее часто используются человеком [102].

Информация о степени загрязнения почвы, ее физико-химических свойствах, параметрах и степени токсичности металлов необходима для прогнозирования поведения ТМ в почве, что дает сведения о переходе металлов в продукты питания [103].

Опасность загрязнения почвы, как фактора риска для здоровья населения, определяется ее функциональным использованием. В городах эта опасность связана в основном с загрязнением почв тяжелыми металлами. Многолетняя деятельность промышленных предприятий отрицательно сказывается на состоянии почвенного покрова. Почва является одним из главных объектов окружающей среды, центральным связующим звеном биосферы. Гигиеническими исследованиями установлены количественные связи между содержанием тяжелых металлов в атмосферном воздухе и выпадением их на территории городов, что фиксируется аномалиями на почве. ТМ, поступающие на поверхность почвы, накапливаются в почвенной толще, особенно в верхних гумусовых горизонтах, и медленно удаляются при выщелачивании, потреблении растениями, эрозии и дефляции. Первый период полуудаления (т.е. удаления половины от начальной концентрации) ТМ значительно варьирует для различных элементов и составляет весьма продолжительные периоды времени: для Zn – от 70 до 510 лет; для Cd – от 13 до 110; для Cu – от 310 до 1500 и для Pb – от 740 до 5900 лет, т.е. практически невозможна [103,104]. Среднее содержание ТМ в земной коре и почве представлено в таблице 1.

Судьба поступающих в почвы техногенных химических веществ различна. Наиболее устойчивые в данных биоклиматических условиях накапливаются в малоподвижных формах (процесс аккумуляции).

Таблица 1. Среднее (кларковое) содержание тяжелых металлов в литосфере и почве, вес. % (А.П. Виноградов, 1987)

Элемент	Литосфера	Почва
Pb	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$
Hg	$8,3 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$
Cd	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$
Mo	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$
As	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$
Zn	$8,5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$
Cu	$4,7 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$
Co	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$
Mn	$1 \cdot 10^{-1}$	$8,5 \cdot 10^{-2}$
Cr	$8,3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2}$
V	$9 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$

Другие, претерпев ряд химических превращений и вступая в реакции с органическими и минеральными соединениями почвы, образуют так называемые подвижные соединения, сохраняющиеся в почвах, и при соответствующих условиях становятся доступными для биоты (процесс трансформации). Третья группа химических соединений – самая подвижная, образующая истинные или коллоидные растворы, выносятся за пределы почвенной толщи и образуют локальные очаги загрязнения (процесс рассеяния). В зависимости от свойств почв и характера поступающих загрязнителей, соотношение процессов аккумуляции, трансформации и рассеяния изменяются. Именно поэтому при картировании техногенного загрязнения территорий нельзя ограничиваться изучением валового количества загрязняющих веществ, в том числе тяжелых металлов. Серьезное внимание следует уделять подвижным формам и их фазовому составу [105-107].

Чтобы оценить эколого-геохимическое состояние почв изучаемых регионов, необходимо сравнивать его с определенным эталоном. Таким эталоном при целом ряде исследований могут быть кларковые содержания химических элементов, установленные для почв Земли.

Проблема ТМ связана преимущественно с их техногенным поступлением в почвы, что в дополнение к геохимическому фону вызывает не только снижение плодородия почв, но и создает непосредственную угрозу для биоты региона, как в настоящее время, так и в перспективе. Такие металлы как цинк, медь, магний, молибден и некоторые другие, выполняют функции жизненно необходимых элементов, в частности, входя в состав ферментов, однако их избыточная концентрация в почвах негативно отражается на общем состоянии экосистем. Как токсичные элементы ТМ и некоторые другие, включая радиоактивные, отличаются тем, что их обезвреживание не может основываться на деструктивных процессах, а требуется их локализация и удаление. В природных средах ТМ включаются в различные биогеохимические циклы, что приводит к

их различным трансформациям, в том числе и накоплению в грибах, растениях, организме животных и человека в значительных концентрациях. Учитывая существенную роль биогенных циклов в общем объеме миграции химических элементов в естественных условиях, можно рассчитывать на их успешную реализацию в виде биотехнологических приемов улучшения состава почв за счет удаления из них ТМ, радионуклидов и других химических элементов, вызывающих сильное токсическое действие [108].

Из ТМ, в качестве наиболее масштабных загрязнителей почв в Казахстане выделяются медь, цинк, свинец, кадмий, марганец и ртуть. ТМ были привнесены в почвы в результате деятельности различных предприятий горнодобывающей и тепловой отраслей промышленности, черной и цветной металлургии и т.д. за счет газовых выбросов, сброса сточных вод, распространения отходов, золоотвалов и т.п. При этом почвы, в отличие от других природных сред, являются преимущественно средой кумуляции, что приводит к формированию искусственных геохимических провинций. Данный процесс ускоряется тем фактором, что металлы в почвы поступают в виде тонкодисперсных фракций или активных соединений типа оксидов, что обеспечивает быстрое их вовлечение в биохимические процессы. Обоганительные фабрики загрязняют почвы при пылении хвостохранилищ, где частицы горных пород находятся в состоянии близком к аморфному, и их реакционная способность определяется преимущественно данным параметром, а не свойствами исходных рудных минералов, которыми чаще всего бывают сульфиды. Выбросы металлургических предприятий, помимо комплекса металлов и мышьяка, содержат значительные количества сернистых ангидридов, что в целом увеличивает подвижность ТМ в почвах [109].

Дальнейшее поведение ТМ в почвах в значительной степени зависит от структуры почв, наличия и состава ее органической и неорганической фракций, от климатических факторов и характера биоты. Помимо микроорганизмов, вовлекающих ТМ в окислительно-восстановительные процессы, важная роль в миграции ТМ принадлежит микоризным грибам и растения. Гифы и корневая система их не только обеспечивает поступление питательных элементов в организмы, но и может активно воздействовать на состав почв за счет выделения химически активных веществ или изменений ионного состава [110, 111].

Формы нахождения металлов в почвенном растворе весьма разнообразны (табл. 2). Обобщение теоретического и экспериментального анализа соединений химических элементов почвы (В. И. Вернадский, А.П. Виноградов, R.L. Mitchell, H.Hodgson, Н.Г. Зырин, Г.В.Мовтузова и др.) позволяет выделить следующие главнейшие группы форм соединений ТМ в почвах: а) прочносвязанные соединения в составе твердых фаз почвы; б) подвижные соединения в составе твердых фаз почвы; в) соединения в составе почвенного раствора; г) в составе почвенного воздуха; д) в составе живого вещества. Каждая из названных групп содержит большой набор химических веществ [101, 112].

Таблица 2. Формы соединений металлов в почвенных растворах (Г.В. Мотузова, Н.Ю. Барсова, 2002)

Коллоиды	Свободные ионы	Истинный гидроксо-комплексы	Раствор комплексы с неорганическими лигандами	Комплексы с органическими лигандами
Частицы размером 0,1-0,001 мкм	$Me^{2+}$	$Me(OH)^+$ $Me(OH)_2^0$ $Me(OH)_3$	$MeSO_4$ $Me(H_2PO_4)^+$ $Me(HPO_4)^0$	$MeAcet^+$ $MeOx$ , $MeFA$ $Me(OH)FA^-$

Прочносвязанные соединения представлены химическими веществами первичных минералов исходных пород, вторичных минералов силикатной и несиликатной природы, труднорастворимыми солями, органическими и органоминеральными веществами. К подвижным соединениям твердых фаз почвы относятся способные к обмену ионы почвенного поглощающего комплекса, рыхлосвязанные соединения, представленные легко- и среднерастворимыми солями и комплексами. В почвенном растворе химические элементы присутствуют в форме свободных ионов и продуктов их взаимодействия с водой, молекулами и ионами других химических элементов раствора [107].

Многими исследователями отмечено, что в трактовке перечисленных понятий, а также в методах их определения заложено довольно много неопределенности и противоречивости. Как правило, подвижные соединения любых химических элементов извлекают из почв различными вытяжками (водные, солевые, слабокислотные, слабощелочные, буферные и др.). Многочисленные вытяжки в той или иной мере, может быть, и свидетельствуют о доступности растениям тех или иных элементов, но они действительны только для конкретных почвенных выделов, зон, даже определенных культур; в то же время большинство вытяжек не позволяет оценивать подвижность упоминаемых соединений. В научной литературе в термины «подвижность», «подвижные соединения» вкладывают самый различный смысл, причем, часто не давая им обоснования. Единого определения подвижности пока нет, и это очень мешает разработке важнейших основ химии почв. В то же время вряд ли можно считать допустимым, когда для нахождения однотипных параметров применяют различающиеся растворители или этим термином обозначают неодинаковые по природе группы соединений [105, 113].

Поэтому необходимо проследить весь путь поступления подвижных форм металлов от промышленных выбросов до накопления в живых организмах (органах-мишенях).

В зависимости от свойств почв и характера поступающих загрязнителей, соотношение процессов аккумуляции, трансформации и рассеяния изменяются. Именно поэтому при картировании техногенного загрязнения территорий нельзя ограничиваться изучением валового количества загрязняющих веществ, в

том числе ТМ. Серьезное внимание следует уделять подвижным формам и их фазовому составу. Такой подход позволит проводить прогнозные оценки влияния загрязненных почв на контактирующие с ними среды, поскольку почва депонирующий компонент окружающей среды, отражающий загрязнение атмосферного воздуха за многолетний период. Это касается и накопления подвижных форм металлов в организме растений и животных.

Отличие ТМ от многих других загрязняющих веществ состоит в том, что к ним в принципе неприменимо понятие «самоочищение». В итоге всех процессов миграции и рассеяния происходит необратимое увеличение концентраций металла в воде, почве, воздухе и пище, т.е. происходит загрязнение природных сред и биоты.

Репозиторий КарГУ

### 3 ПУТИ ПОСТУПЛЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТЕНИЯХ

Живой организм поддерживает концентрацию любых химических веществ в оптимальном интервале посредством комплекса физиологических процессов, называемого гомеостазом. Концентрация всех без исключения необходимых ионов металлов находится под строгим контролем гомеостаза.

В настоящее время многие исследователи отдают приоритет в поступлении ТМ в окружающую среду биологическим процессам. По мнению ряда авторов, биологическое происхождение имеют 30-50% поступающих в атмосферу кадмия, меди, цинка, марганца, свинца, кобальта, мышьяка и сурьмы, и свыше 50% селена и молибдена. К биологическим источникам относят процессы транспирации растений, поступление в атмосферу пыльцы и спор растений. ТМ поступают в окружающую среду из зеленых органов растений в форме легколетучих комплексов с терпенами, изопреном, пиненом и др. [114].

В атмосфере количество ТМ, имеющих биопроисхождение, вероятно, зависит и от антропогенного загрязнения среды, поскольку, чем больше ТМ поступают в ткани растений, тем больше загрязнены транспирационные воды и другие продукты их жизнедеятельности. Накопление в природных объектах за счет увеличения антропогенных нагрузок также должно приводить к возрастающему количеству метилированных соединений ТМ в атмосфере.

Растительная пища является основным источником поступления ТМ в организм человека и животных. По разным данным [105, 108, 115], с ней поступает от 40 до 80% ТМ, и только 20-40 % - с воздухом и водой. Поэтому от уровня накопления металлов в растениях, используемых в пищу, в значительной степени зависит здоровье населения. Многие виды растений способны накапливать ТМ, причем их содержание в органах растений может в десятки и даже сотни раз превышать их содержание в окружающей среде. По способности к аккумуляции ТМ выделяют две группы растений: исключатели, у которых ТМ накапливаются в корневой системе, и аккумуляторы, накапливающие ТМ в надземных органах.

Химический состав растений, как известно, отражает элементный состав почв. Поэтому избыточное накопление ТМ растениями обусловлено, прежде всего, их высокими концентрациями в почвах. В своей жизнедеятельности растения контактируют только с доступными формами ТМ, количество которых, в свою очередь, тесно связано с буферностью почв. Однако, способность почв связывать и инактивировать ТМ имеет свои пределы, и когда они уже не справляются с поступающим потоком металлов, важное значение приобретает наличие у самих растений физиолого-биохимических механизмов, препятствующих их поступлению [115].

Механизмы устойчивости растений к избытку ТМ могут проявляться по разным направлениям: одни виды способны накапливать высокие концентрации ТМ, но проявлять к ним толерантность; другие стремятся снизить их поступление путем максимального использования своих барьерных функций. Для большинства растений первым барьерным уровнем являются корни, где задер-

живается наибольшее количество ТМ, следующий – стебли и листья, и, наконец, последний – органы и части растений, отвечающие за воспроизводительные функции (чаще всего семена и плоды, а также корне- и клубнеплоды и др.) [103, 108, 116]. Наряду с этим, показано отсутствие физиологических барьеров в меристеме корня для ионов ТМ, передвигающихся по симпласту и апопласту, а также роль тканей растений в передвижении и накоплении ТМ для разных металлов [117]. Так, основную барьерную функцию по снижению поступления цинка в растениях выполняют корни. При проникновении металла в корни растений происходит его хелатирование и уменьшение подвижности. Предполагается, что защитную функцию в корнях могут выполнять клетки пояса Каспари, препятствующие движению вещества по межклеточному пространству и ограничивающие его переход в проводящие ткани [118].

В корнях гипераккумуляторов отсутствуют барьерные ткани, в результате чего их корневая система, в отличие от исключателей, не ограничивает поступления ТМ в побег [117].

Уровень накопления ТМ разными растениями различен в зависимости от их генетических и видовых особенностей при одинаковом содержании ТМ в почвах. Однако, не всегда эти закономерности повторяются, что, вероятно, связано с условиями произрастания растений и их генетической спецификой. Отмечаются случаи, когда разные сорта одной культуры, произрастающие на одинаково загрязненной почве, содержали различное количество ТМ. Данный факт, по-видимому, обусловлен присущим всем живым организмам внутривидовым полиморфизмом, способным проявить себя и при техногенном загрязнении природной среды. Это свойство у растений может стать основой генетико-селекционных исследований с целью создания сортов с повышенными защитными возможностями по отношению к избыточным концентрациям ТМ [108].

Несмотря на существенную изменчивость растений к накоплению ТМ, биоаккумуляция элементов имеет определенную тенденцию, позволяющую упорядочить их в несколько групп: 1) Cd, Cs, Rb – элементы интенсивного поглощения; 2) Zn, Mo, Cu, Pb, As, Co – средней степени поглощения; 3) Mn, Ni, Cr – слабого поглощения и 4) Se, Fe, Ba, Te – элементы, труднодоступные растениям [119].

Другой путь поступления ТМ в растения – некорневое поглощение из воздушных потоков. Оно имеет место при значительном выпадении металлов из атмосферы на листовую аппарат, чаще всего вблизи крупных промышленных предприятий. Поступление элементов в растения через листья (или фоллиарное поглощение) происходит, главным образом, путем неметаболического проникновения через кутикулу. ТМ, поглощенные листьями, могут переноситься в другие органы и ткани и включаться в обмен веществ. Не представляют опасности для человека металлы, осаждающиеся с пылевыми выбросами на листьях и стеблях, если перед употреблением в пищу, растения тщательно промываются. Однако животные, поедающие такую растительность, могут получить большое количество ТМ [120].

По мере роста растений элементы перераспределяются по их органам. При этом для меди и цинка устанавливается следующая закономерность по их со-

держанию: корни > зерно > солома. Для свинца, кадмия и стронция она имеет другой вид: корни > солома > зерно. Известно, что наряду с видовой специфичностью растений в отношении накопления ТМ существуют и определенные общие закономерности. Например, наиболее высокое содержание ТМ обнаружено в листовых овощах и силосных культурах, а наименьшее – в бобовых, злаковых и технических культурах [121].

В основном ТМ проникают в растение через корневую систему, причем элементы, которые входят в состав жизненно важных соединений поглощаются из почвы растениями избирательно. Накоплен определенный фактический материал, касающийся поступления ТМ в растения, распределения их по органам, влияния на урожай и его качество. Однако эти сведения разрознены, а зачастую противоречивы [100, 115]. Установлено, что между концентрацией металлов в почвенных растворах и их поглощением корнями растений существует прямая линейная зависимость. Доступность элементов для растений определяется водорастворимостью и наличием подвижных форм ТМ в почве. По скорости накопления в растениях с ростом концентрации элемента в почвенном растворе ТМ составляют следующий ряд: Cd>Zn>Cu>Pb.

Интенсивность этого процесса зависит от уровня реакции среды. Изменение рН почвы с 4,5 до 7 в десятки раз снижало содержание ТМ в растениях при высоком их содержании в почве.

Органическое вещество почвы, также как и емкость катинного обмена, играет большую роль в снижении доступности ТМ для растений [122].

Микроорганизмы играют большую роль в миграции ТМ в почве. В процессе жизнедеятельности они выступают в роли продуцентов, потребителей и транспортирующих агентов в почвенной экосистеме. Многие почвенные грибы проявляют способность к иммобилизации ТМ, закрепляя их в мицелии и временно исключая их из круговорота. Кроме того, грибы, выделяя органические кислоты, нейтрализуют действие этих элементов, образуя с ними компоненты, менее токсичные и доступные для растений, чем свободные ионы [112, 115].

Многочисленные данные, накопленные гигиенистами, геохимиками, физиологами растений еще в середине прошлого века не оставляют сомнений в том, что растения могут поглощать из наружной среды и накапливать в своих тканях самые различные микроэлементы. Известны виды, роды, семейства и даже более крупные таксономические единицы, для которых характерно концентрирование определенных микроэлементов. Например, виды родов *Astragalus*, *Oenopsis* концентрируют селен, представители семейства *Leguminosae* накапливают молибден, пасленовые род *Lycium* концентрируют литий и т.д. [111].

Основным источником поступления ТМ в растения являются почвы, в которых всегда содержатся их подвижные формы (рис. 2). По способности накапливать тяжелые элементы ткани основных органов растений можно расположить в следующем порядке: корни > листья > семена (плоды). Сравнительный анализ способности накапливать растениями тяжёлые металлы показал, что больше всего в них содержится меди, свинца и никеля.

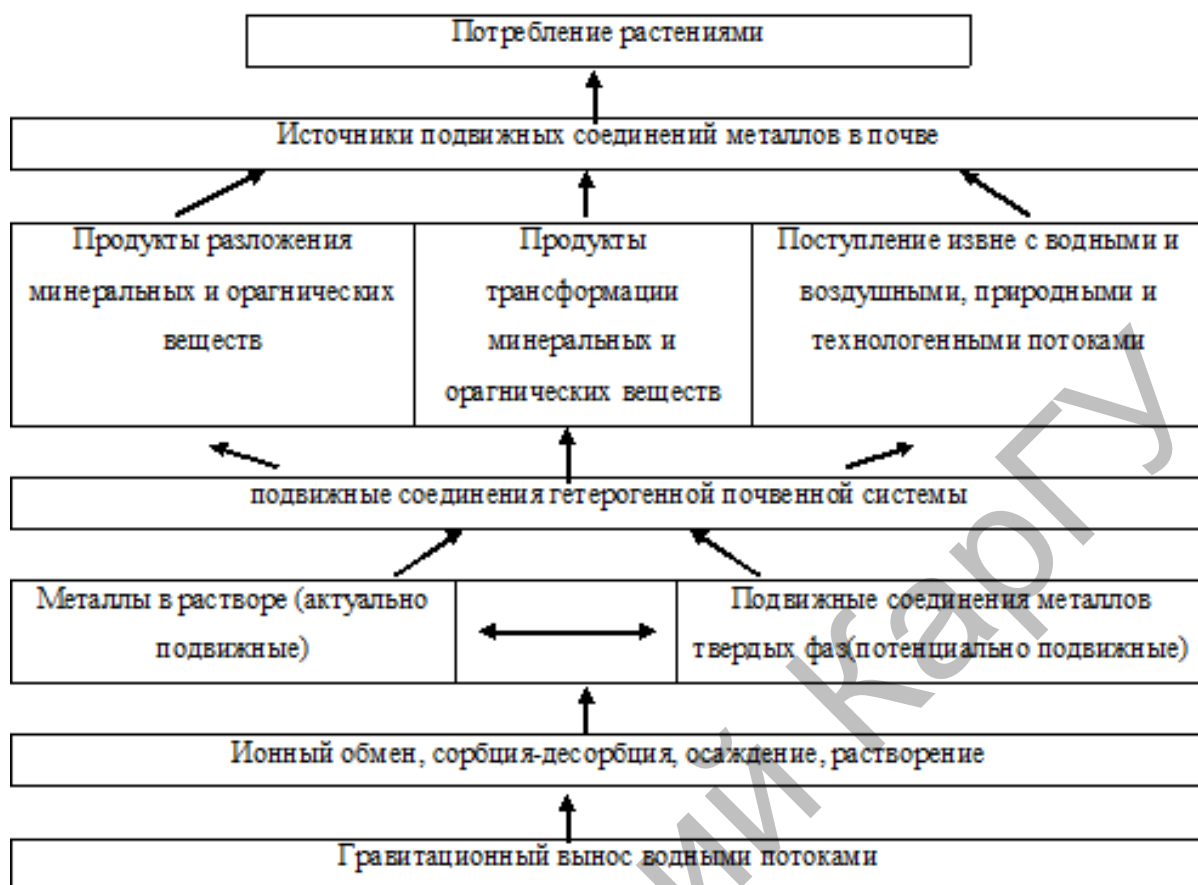


Рисунок 2. Пути поступления подвижных форм металлов в почвенные системы

Способность к накоплению кобальта у бобовых выше, чем у злаковых и овощных растений. В связи с высокой способностью к концентрации кобальта морские водоросли по его содержанию мало отличаются от наземных растений, хотя в морской воде кобальта значительно меньше, чем в почвах [123].

Растения обладают способностью в случаях очень сильного загрязнения почвы формировать защитную систему, путем развития и усиления емкости корневой системы. В этом случае многократно возрастают защитные возможности корневой системы, однако, они тоже имеют определенный предел. При постоянно возрастающей концентрации токсиканта в почве или другом питательном субстрате происходит разрушение защитного барьера – корень-стебель и вредные вещества начинают проникать в надземные части растения. Происходит «сброс» депонирования излишков веществ в листья, а затем и этот защитный барьер разрушается. По достижении определенной концентрации ТМ в надземной части растения и при росте концентрации металлов в почве происходит их проникновение в репродуктивные органы растения – плоды и семена [124]. Отсюда эти вещества поступают дальше по пищевой цепи, и в конечном итоге попадают в организм человека.

Диапазон нормальных концентраций ТМ в растительной массе довольно широк, еще шире диапазон концентраций, при которых растения могут нормально функционировать (табл. 3).

Таблица 3. Содержание ТМ в растениях, мг/кг воздушно-сухой массы (без учета растений аккумуляторов)

Элемент	Содержание тяжелых металлов, мг/кг	
	Нормальное	предположительно максимальное
Цинк	15-150	300-400
Кадмий	0,05-0,2	0,3-0,5
Свинец	0,1-5,0	6,0-10,0
Медь	3-40	150-200
Марганец	2-60	100-200
Кобальт	0,2-8,0	10,0-15,0
Никель	0,5-4,0	5,0-8,0

Избыточное количество ионов тяжелых металлов является причиной обеднения флоры и фауны, вследствие исчезновения более чувствительных видов. При этом вблизи промышленных предприятий вместо естественного биоценоза возникает современная «техногенная экосистема». Высокие дозы микроэлементов у растений вызывают целый ряд нарушений жизнедеятельности: происходят разнообразные морфологические нарушения, отмирают точки роста и корневые волоски, поражается репродуктивная система, растения начинают повреждаться различными патогенными организмами и на загрязненных территориях большая часть их постепенно исчезает. При высоком содержании ионов ТМ в воздухе, почве и воде, из богатого разнообразия видов остаются только устойчивые [125]. В местах сильного загрязнения тяжелыми металлами значительно возрастает устойчивость, живущих там видов растений, и полностью исчезают неустойчивые и слабоустойчивые формы. Растения, наследственно концентрирующие какие-либо химические элементы, легче переносят их избыток в среде по сравнению с другими, которым эти элементы мало нужны [111].

В органо-минеральном субстрате рекультивированных участков подвижные формы тяжелых металлов содержатся в установленных ранее пределах: концентрация кобальта, хрома и марганца – ниже и на уровне ПДК; никеля и свинца – соответственно в 1,13 – 1,5 и 1,3 – 2 раза выше ПДК; цинка, меди и кадмия – на уровне фоновых концентраций, в хвостах, значительно превышающих ПДК в 2,7 – 6,7 раза по цинку; в 6,7 – 8 ПДК – по меди; в 9,2 раза – по кадмию. Анализ химического состава опытных растений, проводимый в связи с возможным выносом токсичных элементов в формирующийся ценоз, показал, что содержание токсичных мышьяка и кадмия в растениях не обнаружено, несмотря на существенную их концентрацию в субстрате. Отмечено снижение содержания ряда исследуемых токсичных элементов по сравнению с предыду-

щими периодами, однако, установлено их накопление в семенах относительно содержания в стеблях и листьях, в том числе кобальта и никеля, вероятно, в результате воздушного переноса пылевидных частиц [126].

Медь относится к числу активных микроэлементов, участвующих в процессе фотосинтеза и влияющих на усвоение азота растениями. Недостаточное содержание меди в почвах отрицательно влияет на синтез белков, жиров и витаминов и способствует бесплодию растительных организмов.

Свинец вызывает ингибирование дыхания и подавление процесса фотосинтеза, иногда увеличение содержания кадмия и снижение поступления цинка, кальция, фосфора, серы, снижение урожайности, ухудшение качества растениеводческой продукции. Внешние симптомы – появление темно-зеленых листьев, скручивание старых листьев, чахлая листва. Цинк вызывает хлороз молодых листьев. Высокие дозы никеля подавляют процессы фотосинтеза и транспирации, вызывают появление признаков хлороза.

Влияние кадмия на растения недостаточно изучено, имеются только отдельные исследования по изменению морфологических признаков и возникновению нарушений в биохимическом обмене у растений, получавших избыток кадмия в почве. Отмечено нарушение активности ферментов, процессов транспирации и фиксации  $\text{CO}_2$ , торможение фотосинтеза, ингибирование биологического восстановления  $\text{NO}_2$  до  $\text{NO}$ , затруднение поступления и метаболизма в растениях ряда элементов питания. Внешние симптомы - задержка роста, повреждение корневой системы, хлороз листьев [127].

Анализ химического состава опытных растений на площадках рекультивации с использованием осадков сточных вод показал, что у большинства исследуемых растений происходит накопление цинка, меди. Высокое содержание никеля, бария и стронция по сравнению с фоновым обнаружено у сныти, щирцы и полыни. Ни в одном из исследованных растений не обнаружен кадмий. Высокая концентрация кобальта относительно его содержания в органоминеральном субстрате вероятно вследствие загрязнения надземной части растений частицами, приносимыми ветром, и оседающими (налипающими) на опушенные листья и соцветия [128].

Среди устойчивых к воздействию металлов видов растений различают металлофиты, произрастающие в богатых тяжелыми металлами биогеохимических провинциях в течение длительного исторического периода, и псевдометаллофиты, накапливающие металлы только при попадании на обогащенный ими субстрат. Примером известного металлофита может служить *Silene retense* With., накапливающая огромные количества цинка. Примерами псевдометаллофитов являются такие злаки, как *Festuca avinaf* L., *Agrostis tenuis* Sibth., *A. Stolonifera* L., образующие устойчивые к действию свинца, кадмия и цинка популяции. Наиболее распространенные дикие злаки, произрастающие на территории Казахстана – *Agropyron* (пырей), *Festuca* (овсяница), *Bromus* (костер), *Poa* (мятлик), *Alopecurus* (лисохвост), *Phleum* (тимофеевка), *Agrostis* (полевица), *Dactylis* (ежа) – могут стать объектами исследований для выявления устойчивых растений гипераккумуляторов тех или иных металлов [115]. Поэтому ус-

тойчивые виды растений необходимо включать в исследования при оценке загрязнения окружающей среды [129].

Растения - накопители тяжелых металлов могут быть использованы для фиторемедиации почв. Известно, что растения – *Ambrosia artemisiifolia* (амброзия полыннолистная), *Thlaspi caerulescens*, *Thlaspi rotundifolium* (ярутка) являются гипераккумуляторами и поглощают Zn, Pb, Cd, а *Arabidopsis* аккумулирует никель в вегетативных органах. Предполагают, что в этих растениях образуются нерастворимые комплексные соединения металлов с белками, обогащенными глицином, цистеином, глутаминовой кислотой в различных соотношениях. Гипераккумулянты в основном низкорослые сорняки с невысоким урожаем. Доктор R. Chaney с помощью биоинженерии растений создал вид *Alpine renouctress*, который может поглощать около 500кг/га Zn и 6-8 кг/га Cd. Проростки индийской горчицы (*Brassica juncea*), выращенные на воде, могут накапливать ионы тяжелых металлов в концентрации превышающей в 1000-10000 раз уровень их содержания в чистой воде [130].

Вместе с тем, многие аспекты данной проблемы недостаточно исследованы. В связи с этим оценка качества распространенных растений, загрязненных ТМ и разработка механизмов, способствующих улучшению их экологического состояния, выяснение степени риска передачи ТМ по пищевым цепям, представляет собой весьма важную научную и практическую задачу.

## **4 ГЕОГРАФИЯ, КЛИМАТ И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАЗАХСТАН)**

### **4.1 Климатическая характеристика промышленных центров Карагандинской области**

Территория Центрального Казахстана (Карагандинская область) расположена в пределах континентальной Западно-Сибирской степной зоны и занимает срединное положение в республике, гранича на севере с Акмолинской и Павлодарской, северо-западе – Кустанайской, востоке – Восточно-Казахстанской, на юге – Жамбылской и Южно-Казахстанской, на юго-западе – Кызылординской областями. Площадь региона составляет 428 тысяч км<sup>2</sup>. Территория вытянута с севера на юг на 1300 км, с востока на запад на 700 км [131].

Отрицательные стороны географического положения Карагандинской области [132] выражаются в засушливости климата, малом количестве осадков (из-за равно удаленности от всех четырех океанов). Общим и типичным признаком для климата Республики и, в частности, Карагандинской области, является материковый режим температуры воздуха, для которого характерна большая контрастность, резкие сезонные и межгодовые колебания.

Климат Центрального Казахстана резко-континентальный [131, 132]. Лето жаркое и сухое, зима малоснежная, суровая, с ветрами и буранами. Территория области почти круглый год находится в области высокого давления. Зимой здесь проходит западный отрог Сибирского антициклона, который летом полностью разрушается и замещается восточным отрогом Азорского максимума. Поэтому в течение всего года почти повсеместно преобладает ясная погода – морозная зимой и жаркая летом. На территорию области поступают 3 основных типа воздушных масс: арктический, полярный, тропический. Арктические воздушные массы, вторгаясь в Центральный Казахстан, вызывают понижение температуры до 30-40°С. В теплый период года область находится под воздействием туранского и иранского тропического воздуха. Для этого периода характерны высокая температура воздуха, незначительные осадки и довольно большая относительная сухость воздуха.

Продолжительность солнечного сияния, основного климатообразующего фактора, составляет 2300-2400 ч/год. Максимум его приходится на июль. Продолжительность вегетационного периода в Карагандинской области достигает 180-210 дней. За это время солнечного тепла поступает столько, сколько и на юге Республики. Однако возделывание теплолюбивых культур невозможно из-за недостатка влаги. Кроме того, даже в самом жарком месяце – июле, температура воздуха может понизиться до 10-15 градусов тепла. Поздневесенние и раннеосенние заморозки сокращают продолжительность безморозного периода до 130-140 дней. Наибольшая облачность отмечается в зимние месяцы, вероятность пасмурных дней в это время 35-60 %. Для теплого периода, особенно для лета, характерна незначительная облачность. Вероятность ясных дней в летний период 50-70 %.

Среднегодовая температура воздуха по области повышается с севера на юг от +2 до +6. Средняя температура самого холодного месяца – января – 16-17 °С. Абсолютный минимум температур в отдельные годы достигает 42-45 градусов мороза. Весной среднесуточная температура воздуха переходит через 0°С в сторону положительных температур в среднем 7-8 апреля, а через + 5 °С – 21-23 апреля.

Самый теплый месяц – июль. Средняя температура месяца по области составляет +20-25. Абсолютный максимум температуры в июле – +37-40°С. Лето в целом жаркое и сухое. Проникновение континентального тропического воздуха из южного Казахстана, Средней Азии и даже Ирана часто сопровождается суховеями.

Осенью переход среднесуточных температур через 0°С наблюдается 22-25 октября. Уже в конце сентября бывают первые осенние заморозки, в конце октября – начале ноября устанавливаются морозы и образуется снежный покров. Осень отличается большей сухостью, чем лето. Амплитуда колебаний среднемесячных температур достигает 34-39°С, абсолютная годовая амплитуда достигает 80-90°С.

Среднегодовое количество осадков по области – 300-400 мм. Наибольшая сумма осадков приходится на летние месяцы (июнь-июль) – 41-57 мм. Наименьшее количество осадков выпадает обычно в феврале – марте и ноябре-декабре. В целом, за зиму выпадает 35-37 % годовой суммы осадков в виде снега. Суммы осадков из года в год колеблются в больших пределах. Во влажные годы выпадает до 400-450 мм осадков. В сухие годы – 90-170мм. Засушливость климата проявляется также в большой продолжительности периода без осадков. В отдельные годы осадков не бывает 50-60 дней. Бездождным чаще всего бывают август – сентябрь, нередко июль. Дожди с малой суммой осадков в летние время слабо увлажняют почву, поэтому продолжительность засушливого периода значительно увеличивается. Самые ранние снегопады наблюдаются в конце августа, устойчивый снежный покров образуется в среднем 11-22 ноября. Иногда образование снежного покрова затягивается до конца декабря. Продолжительность залегания снежного покрова колеблется от 100 до 175 дней. Накопление снега на большей части территории идет постепенно, достигая максимума в I декаде марта. Запасы воды в снеге в этот период самые высокие (40-60 мм), затем они начинают убывать вследствие испарения и вымораживания.

Средняя из наибольших высот снежного покрова составляет 25-30 см. В малоснежные зимы высота снежного покрова перед началом снеготаяния не превышает 10 см. В многоснежные зимы максимальная высота снежного покрова достигает 45-55 см. Таяние снежного покрова весной начинается в конце марта. Сход снежного покрова на большей части области происходит 5-10 апреля.

Недостаточная увлажненность территории области проявляется не только в малом количестве атмосферных осадков, но и низкой влажности воздуха. Среднегодовая абсолютная влажность воздуха изменяется от 5,5 до 6,1 мб. Годовая амплитуда абсолютной влажности воздуха – 10-12мб. Наибольшая относительная влажность воздуха не превышает 30 %. В Карагандинской области

на испарение расходуется большая часть выпадающих осадков. Суммарное годовое испарение изменяется в среднем от 300 до 350 мм. Величина испарения в теплое время года определяется весенними влагозапасами в почве и количеством атмосферных осадков. Поэтому большая часть суммарного испарения приходится на весенний период. В июле испарение не превышает величины выпавших осадков, а, начиная с августа, суммарное испарение уменьшается, и атмосферные осадки идут на накопление влаги в почве. В зимний период испаряется в среднем 20-30 мм, в весенний -120-150 мм. Среднегодовой дефицит влажности воздуха – 4,5-5,5 мб. В зимнее время на большей части территории он равен 0,3-0,5 мб. В теплое время года дефицит колеблется от 0,6-1 мб в марте до 12-15 мб в июле.

Незащищенность территории от проникновения в ее пределы воздушных масс различного происхождения благоприятствует интенсивной ветровой деятельности. Средняя годовая скорость ветра – 3,5-5,5 м/с. Дни со штилем бывают редко. В зимний период на территории области преобладают юго-западные ветры повторяемостью 20-25 %. Преобладают ветры северных направлений. Наибольшие скорости ветра, как правило, наблюдаются во второй половине зимы и весной, достигая 25-30 м/с.

По сравнению со степной полупустынная зона получает большее количество солнечной радиации и значительно меньше осадков. Повышаются температуры, в особенности летние, увеличивается испаряемость, резко возрастает недостаток влаги. Еще более усиливается континентальность климата. Зима здесь суровая (средняя температура января 16 °С мороза, иногда морозы достигают 40°), лето жаркое (средние температуры июля 23-26° на западе и 18-23° на востоке). Годовое количество осадков составляет всего 200-225 мм, лишь в отдельных районах достигая 250-275 мм. Максимум осадков приходится на май. Лето жаркое и сухое. Это усиливает процессы физического выветривания и оказывает решающее влияние на развитие почвенного покрова и растительности. Из-за малого количества зимних осадков толщина снежного покрова здесь еще меньше, чем в степной зоне (около 20 см); почва зимой промерзает.

Полупустынная зона располагается в основном к югу от оси отрога зимнего азиатского антициклона, поэтому зимой в ней господствуют не юго-западные ветры, как в степной зоне, а северо-восточные. Они достигают большой силы, вызывая перераспределение снежного покрова. Снег сдувается в понижения рельефа, в лоцины, долины, откуда весной влага выносится в реки. Таким образом, накопившиеся за зиму осадки теряются для почвы и растений, что усиливает общий недостаток влаги. Сильные ветры дуют и в теплое время года.

Таким образом, резко-континентальный климат Центрального Казахстана характеризуется резкими перепадами температур, как по сезонам года, так и во время суток, малым количеством осадков, активным режимом ветров.

В Карагандинской области наблюдается последовательная смена зональных полос растительности - от разнотравно-ковыльных до южных опустыненных полынно-ковыльных степей, что определяется климатом и почвенно-

грунтовыми условиями [133]. Представлены следующие типы растительности: степной, полупустынный, лесной, кустарниковый, луговой и болотный.

Балхаш - город областного подчинения в Карагандинской области Казахстана (до мая 1997 года в Жезказганской области). Город расположен на северном побережье озера Балхаш, у бухты Бертыс, в южной части Центрально-Казахстанского мелкосопочника. Рождение и развитие города стало результатом обнаружения богатых залежей медной руды в 1928 году.

Климатическая характеристика города полностью зависит от озера. Озеро Балхаш лежит в наиболее глубокой части обширной Балхаш-Алакольской котловины, которая образовалась в результате пологого прогиба Туранской плиты в неоген-четвертичное время и впоследствии заполнилась песчаными речными отложениями (рис. 3).



Рисунок 3. Космический снимок Балхашского региона

Котловина входит в систему разломов Джунгарского Алатау, в которых также расположены озёра Сасыкколь, Алаколь и озеро Эби-Нур (за Джунгарскими воротами). Эти озёра являются остатками древнего Ханхайского моря, некогда занимавшего всю Балхаш-Алакольскую впадину, но не соединявшегося с Арало-Каспийским бассейном [131].

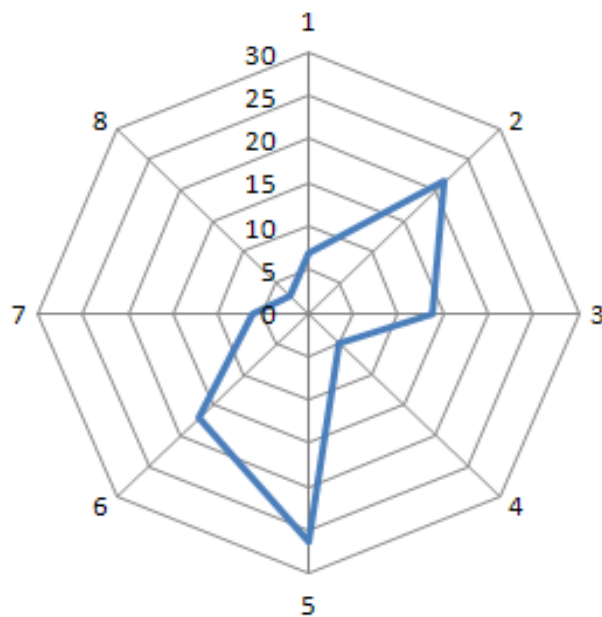
Озеро относится к числу бессточных водоемов; приход складывается из притоков рек, среди которых основное значение имеет Или (80 % площади водосбора озера), стока поверхностных вод с прибрежной полосы, грунтового питания и сравнительно небольшого количества атмосферных осадков, выпадающих на поверхности озера. Вся поступающая в озеро вода расходуется на испарение.

Климат в районе озера пустынный. Средняя температура июля составляет около 30°C, января - около 14 °С. Осадков в среднем выпадает 131 мм в год. Относительная влажность воздуха в районе озера составляет примерно 60 %. Ветра, сухой климат и температура приводят к высокой скорости испарения воды - в прохладные годы норма составляет от 950 мм, а в засушливые доходит до 1200 мм. Средняя годовая скорость ветра около 4,5-4,8 м/с, причём в западной части озера ветер дует преимущественно на юг, а в восточной части - на юго-запад (табл. 4).

Таблица 4. Среднегодовые климатические показатели в г. Балхаш

Показатель	Месяцы												Среднее за год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Абсолютный максимум, °С	4,0	6,1	24,5	32,5	34,4	37,6	41,9	39,5	37,6	27,2	17,4	8,5	41,9
Средний максимум, °С	-8,7	-6,7	1,7	14,3	22,1	27,9	29,6	28,1	21,7	12,9	3,0	-5,2	11,7
Средняя температура, °С	-13,2	-12,1	-3,6	8,3	16,4	22,3	24,2	22,4	15,6	7,1	-1,8	-9,7	6,3
Средний минимум, °С	-17,6	-16,8	-8,2	3,1	10,7	16,3	18,5	16,3	9,3	2,0	-5,7	-13,7	1,2
Абсолютный минимум, °С	-40,2	-40,2	-30,8	-14,2	-5,5	4,0	6,9	3,7	-4,7	-14,8	-32,7	-41,2	-41,2
Норма осадков, мм	13	11	12	10	15	12	14	9	3	9	16	13	137

Ветер вызывает на озере сильное волнение (высота волны может достигать 2-3,5 м), в западной части наблюдается постоянное круговое течение, направленное по часовой стрелке (рис. 4). Наибольшая активность ветра наблюдается в северо-восточном и южном направлении.



Румбы: 1 – север, 2 – северо-восток, 3 – восток, 4 – юго-восток, 5 – юг, 6 – юго-запад, 7 – запад, 8 – северо-запад

Рисунок 4. Направления розы ветров в г. Балхаш

Число солнечных дней составляет 110-130 в год, энергетическая освещённость - 15,9 МДж на м<sup>2</sup> в день. Балхаш принадлежит к числу тёплых, хорошо прогреваемых озёр. Температура воды на поверхности озера изменяется от 0°C в декабре до 28°C в июле. Среднегодовая температура западной части озера составляет 10°C, восточной - 9°C. Озеро ежегодно замерзает, и лёд обычно держится с ноября до начала апреля, причём сход оледенения с восточной части происходит с задержкой на 10-15 дней.

Средние месячные температуры на поверхности воды составляют в мае 14,6, в июне 20,0, в июле 22,3, в августе 22,5, и в сентябре 14,7. При небольших глубинах и ветром перемешивании резко выраженной температурой стратификации не отмечается; разница температур поверхностных и природных слоев даже в глубоких местах не превышает 5-8. Максимальная температура воды на поверхности достигает 27-28, а на мелководных прибрежных участках доходит 30-31.

Несмотря на сравнительно суровые зимы с морозами, достигающими иногда до 45, полное замерзание озера происходит не ежегодно. Замерзает озеро в ноябре, вскрывается в первой половине апреля, причем вскрытие в восточной части запаздывает на одну-полторы декады. Это объясняет, по-видимому, меньшим притоком поверхностных вод в восточную часть и соответственно меньшим поступлением тепла за счет стока вод.

В растительном мире в природной зоне Балхашского бассейна преобладает пустынно - степная камнелюбивая растительность. Большие площади полупустыни заняты слабо-закрепленными и развиваемыми грядово-бугристыми песками, на которых разрежено растут песчаная полынь, житняк сибирский, колосняк гигантский, кусты джужгуна и другие песколюбы.

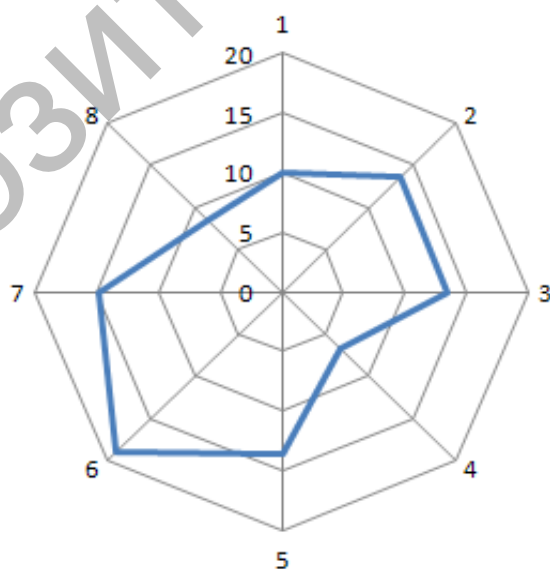
В районе пустынно - степные пространства используется, главным образом, как пастбища, особенно в северных и западных районах. Наиболее типичны для них полынно-злаковые растительные сообщества, состоящие из ковылей, типчака, полыней и т.д. Зональные почвы здесь светло - каштановые. Однако они редко образуют большие однородные массивы. Часто встречается солончаки, на которых произрастают черная полынь, прутняк, биюргун, кокпек.

В долинах рек, на низких террасах и в озерных котловинах с неглубоко лежащими засоленными грунтовыми водами, сложенными соленосными глинами в изобилии встречаются целые массивы солонцов со свойственными им солелюбивой растительностью (полыни, солянки). Естественными оазисами предстают тугайные заросли с густыми, непроходимыми кустами лоха серебристого, облепихи, ивы, тополя.

Г. Темиртау - город областного подчинения в Карагандинской области. Расположен в 35 км от г. Караганды на обоих берегах Самаркандского водохранилища.

Город Темиртау имеет умеренно-холодный климат. В городе Темиртау в течение года выпадает значительное количество осадков – до 509 мм. Среднегодовая температура в городе Темиртау – 1,5 °С. Самый теплый месяц года - июль со средней температурой 19.1 °С. Средняя температура в январе -16.5 °С. Разница между количеством осадков между самым сухим и самым влажным месяцем - 64 мм. Средняя температура меняется в течение года на 35.6 °С. Водохранилище начинает замерзать в ноябре, к середине декабря формируется устойчивый лед. Весенний период начинается в конце марта – начале апреля.

Ветровая деятельность наблюдается на протяжении всего периода. Наибольшие ветра наблюдаются в юго-западном направлении (табл. 5, рис. 5).



Румбы: 1 – север, 2 – северо-восток, 3 – восток, 4 – юго-восток, 5 – юг, 6 – юго-запад, 7 – запад, 8 – северо-запад

Рисунок 5. Направления розы ветров в г. Темиртау

Таблица 5. Среднегодовые климатические показатели в г. Темиртау

Показатель	Месяцы												Среднее за год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Средний максимум, °С	-8	-7,0	0	14	22	29	31	29	22	12	0	-5	2,1
Средняя температура, °С	-16,5	-15,3	-7,3	2,8	10,9	17,0	19,1	16,4	10,6	2,2	-7,6	-14,5	2,3
Средний минимум, °С	-16	-16	-10	2	9	14	17	14	8	1	-6	-13	6,8
Норма осадков, мм	25	21	23	28	30	29	23	17	14	20	24	26	509

Осенью переход среднесуточных температур через 0 °С наблюдается 22-25 октября. Уже в конце сентября бывают первые осенние заморозки, в конце октября – начале ноября устанавливаются морозы и образуется снежный покров. Осень отличается большей сухостью, чем лето. Амплитуда колебаний среднемесячных температур достигает 34-39 °С, абсолютная годовая амплитуда достигает 80-90 °С.

Г. Жезказган расположен в центре Казахстана, юго-восточнее гор Улытау, на северо-западном конце пустыни Бетпақдала [134]. До мая 1997 года был центром впоследствии упразднённой Жезказганской области, ныне — город областного подчинения Карагандинской области, ныне- город областного подчинения в Карагандинской области.

Город расположен на условной границе пустынной и полупустынной зон. Главными водными ресурсами Жезказгана являются Кенгирское водохранилище (37 км<sup>2</sup>) на реке Кара-Кенгир и Жездинское водохранилище к югу от города. Географическое положение: 47,47 градусов северной широты и 67,42 градуса восточной долготы.

Город Жезказган с северо-восточной и южной стороны окружен промышленными отвалами-хвостохранилищами обогатительных фабрик, шлакоотвалом медеплавильного завода, золонакопителями ТЭЦ и другими отвалами, которые занимают более 2000 гектаров. В составе воздуха содержатся крайне вредные для организма кремнивые соединения, концентрация которых намного превышают установленные предельно-допустимые нормы. Почвы района озеленения характеризуются засоленностью, бедны органическими веществами. Грунтовые воды залегают на глубине 1,4-3 м, отличаются высокой минерализацией от 2-4 грамм солей на 1 литр. Причем в составе присутствуют вредные для растений хлоридные соли.

Климат полупустынный (резко-континентальный), сухой. Территория подвержена воздействию пыльных бурь. Зима холодная, а лето жаркое и сухое. Короткая весна и долгая и сухая осень. Высокая степень континентальности и резко выраженная сухость объясняются, прежде всего, удаленностью от океанов и морей. Амплитуда температуры воздуха достигает 80 °С. Зимний период ограничивается периодом от декабря до середины марта. Наибольшие отклонения температур наблюдаются осенью и весной. Началом теплого сезона можно считать 1 апреля, его концом – 1 ноября. Средняя продолжительность теплого сезона 214 дней. Средняя температура самого теплого месяца 24 °С тепла, самого холодного 16,1 °С мороза. В отдельные годы отмечено понижение температуры до 50 °С мороза и ее повышение до 47 °С тепла.

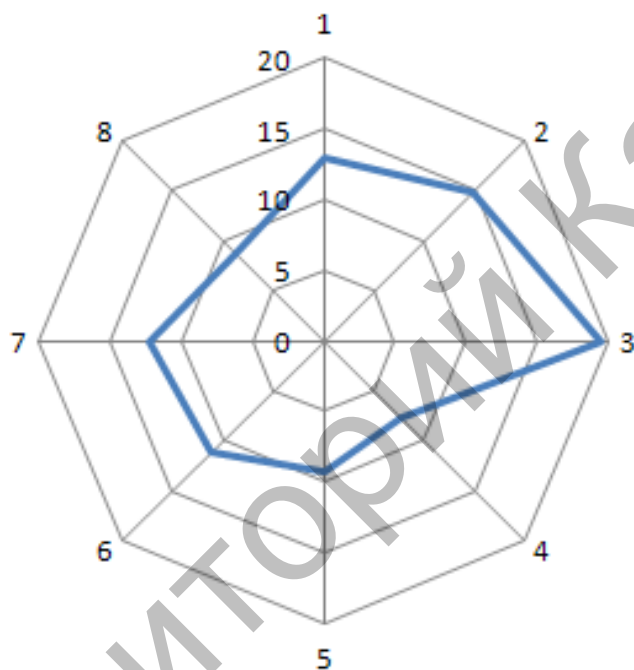
Суммы осадков из года в год колеблются в больших пределах. Во влажные годы выпадает до 400-450 мм осадков. В сухие годы – 90-170 мм. Засушливость климата проявляется также в большой продолжительности периода без осадков. В отдельные годы осадков не бывает 50-60 дней. Бездождным чаще всего бывают август – сентябрь, нередко июль. Дожди с малой суммой осадков в летние время слабо увлажняют почву, поэтому продолжительность засушливого периода значительно увеличивается. Самые ранние снегопады наблюдаются в конце августа, устойчивый снежный покров образуется в среднем 11-22 ноября. Иногда образование снежного покрова затягивается до конца декабря. Продолжительность залегания снежного покрова колеблется от 100 до 175 дней. Накопление снега идет постепенно, достигая максимума в 1-ой декаде марта. Запасы воды в снеге в этот период самые высокие (40-60 мм), затем они начинают убывать вследствие испарения и вымораживания (табл. 6).

Таблица 6. Основные климатические показатели Жезказганского региона

Месяцы	Показатели		
	Средняя температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Осадки, мм
Январь	-16,1	80	23
Февраль	-14,6	80	22
Март	7,2	80	23
Апрель	6,2	61	17
Май	15,5	47	13
Июнь	21,5	42	20
Июль	24,0	40	18
Август	21,2	42	13
Сентябрь	14,4	47	10
Октябрь	4,8	61	15
Ноябрь	-5,1	78	14
Декабрь	-12,0	80	20
Среднее за год	4,3	62	208

Средняя из наибольших высот снежного покрова составляет 25-30 см. В малоснежные зимы высота снежного покрова перед началом снеготаяния не превышает 10 см. Таяние снежного покрова весной начинается в конце марта. Сход снежного покрова и происходит 5-10 апреля.

Незащищенность территории от проникновения в ее пределы воздушных масс различного происхождения благоприятствует интенсивной ветровой деятельности. Средняя годовая скорость ветра – 3,5-5,5 м/с. Дни со штилем бывают редко. В зимний период на территории области преобладают юго-западные ветры повторяемостью 20-25 %. Преобладают ветры северных направлений (рис. 6). Наибольшие скорости ветра, как правило, наблюдаются во второй половине зимы и весной, достигая 25-30 м/с.



Румбы: 1 – север, 2 – северо-восток, 3 – восток, 4 – юго-восток, 5 – юг, 6 – юго-запад, 7 – запад, 8 – северо-запад

Рисунок 6. Направления розы ветров в г. Жезказган

Ветра северо-восточного направления вызывают перераспределение снежного покрова. Снег сдувается в понижения рельефа, в лощины, долины, откуда весной влага выносится в реки. Таким образом, накопившиеся за зиму осадки теряются для почвы и растений, что усиливает общий недостаток влаги. Сильные ветры дуют и в теплое время года.

Это район медного оруднения. В растительном покрове сочетаются злаково-полынные, полынные и полынно-солянковые комплексы на светлокаштановых и бурых почвах.

Стоит отметить, что в целом климат Карагандинской области характеризуется засушливостью, низкой активностью почвенных организмов из-за дефицита осадков, слабой устойчивостью окружающей среды к действию антропоген-

ных факторов. Загрязнение окружающей среды ТМ и их накопление в почве и растительном покрове усиливается факторами ветровой активности, что способствует разнесению газовых выбросов промышленных предприятий на большие расстояния. Низкое количество осадков в летний период, особенно в городах Балхаш и Жезказган, и глинистые подстилающие породы приводят к отсутствию миграции ТМ в более низкие почвенные горизонты, то есть их основное количество сосредоточено в слое земли до 20 см – основному корнеобразующему слою. С одной стороны, этот фактор ограничивает загрязнение ТМ грунтовых вод, с другой стороны, ведет к активному их поглощению корневыми системами растений.

Дефицит осадков и низкая влажность почвы вызывает очень низкую активность ассоциации почвенных организмов, которые могли бы ограничивать всасывание корнями растений ТМ, переводить их в менее токсические формы.

Основным режимом питания водоемов Карагандинской области является снеговой, что ведет к постоянной миграции ТМ из снегового покрова.

Таким образом, аридность климата городов Жезказган и Балхаш способствует усилению действия загрязнения окружающей среды ТМ. В городе Темиртау выбросы ТМ в большей степени компенсируются высокой влагообеспеченностью и активной миграцией элементов в нижние слои почвы.

#### **4.2 Экология промышленных центров Карагандинской области**

На территории Карагандинской области расположено большое количество промышленных предприятий [135-137]. В регионе работают такие основные горнодобывающие и перерабатывающие предприятия как "Арселор Миттал Темиртау", ТОО "Корпорация "Казахмыс", ОА "Жайремский ГОК", ТОО СП "Nova-цинк", ОАО "ГРК АБС-Балхаш", ОАО "Разрез Шубаркольский" и многие другие.

В целом в горнодобывающем и перерабатывающем комплексе Центрального Казахстана насчитывается 35 крупных предприятий, разрабатывающих месторождения республиканского значения, работает 31 обогатительная фабрика и 9 перерабатывающих заводов. На территории сосредоточено 68 % угля республики, в том числе все 100 % коксующегося угля. Удельный вес цветной металлургии в общем объеме промышленного производства превышает 12 %. Из извлекаемых руд производятся медь, свинец, цинк, титан, магний, редкие и редкоземельные металлы, прокат на основе меди, свинца и т.д. Из 8,7 млрд. тонн железной руды 73,3 % запасов являются легко добываемыми. Более 70 % добываемой в стране железной руды уходит на экспорт. Черная металлургия Центрального Казахстана производит более 12,5 % республиканского объема промышленной продукции. Карагандинская область богата запасами меди и вольфрама, а также крупными месторождениями угля, свинца, цинка, железа, марганца, редких металлов. Карагандинский угольный бассейн является основным поставщиком коксующегося угля для предприятий металлургической промышленности республики. В области действует крупнейшее предприятие металлургической промышленности Казахстана - Карагандинский металлургиче-

ский комбинат, который производит 100 % чугуна и готового проката черных металлов и более 90% стали республики. АО "Жайремский горно-обогатительный комбинат" производит высококачественные малофосфористые марганцевые концентраты из окисленных марганцевых и железомарганцевых руд.

Балхашский горно-металлургический комбинат является сильнейшим загрязнителем окружающей среды в регионе. Комбинат расположен в непосредственной близости от жилых кварталов города Балхаш. Руда на комбинат доставляется с разных рудников. Самый крупный - Коунрадский рудник. Самый удаленный Саякский рудник - 250 км на восток. В состав балхашской руды входит множество элементов таблицы Менделеева. Содержание меди в ней, по некоторым данным, около 60 %. Руда содержит также драгоценные металлы: золото, серебро, магний, кремний и др.

Комбинат «Жезказганцветмет» включает в себя две обогатительные фабрики, медеплавильный завод, литейно-механический завод. Вокруг города, в предгорьях Улытау, разрабатываются богатейшие месторождения меди, богатые примесями редкоземельных, рассеянных и благородных металлов. Помимо этого добываются марганцевые руды, а в 2006-ом году началась разработка железных руд месторождения Жаман-Айбат. Жезказганская корпорация «Казахмыс», которой принадлежат все предприятия тяжелой промышленности в городе, занимает восьмое место среди медедобывающих компаний мира.

Карагайлинская обогатительная фабрика филиала ТОО Корпорация «Казахмыс» занимается переработкой руды месторождения «Абыз», «Акбастау», «Космурун» и выпуску медно-пиритного и цинкового концентратов для поставки на металлургические предприятия. В процессе производственной деятельности КОФ используются, хранятся и образуются следующие опасные вещества: медь, цинк, свинец и др. Пыль тяжелых металлов входит в состав исходной руды и выделяется в атмосферу вместе с другими видами неорганической пыли (в основном пыль кремнезема) при доставке на обогатительную фабрику, переработке и транспортировке руды между производственными участками. В 120 км от пгт. Карагайлы с 1980 года работает рудник «Кентобе», занимающийся добычей железной руды открытым способом и ее переработкой, используемой в производстве Карагандинского металлургического комбината.

В состав угольного департамента АО «АрселорМиттал Темиртау» входят: шахта «Абайская», «Саранская», «Казахстанская», «Шахтинская», «Тентекская», «им.Костенко», «им. Ленина», «Кузембаева», «ЦОФ Восточная». Кроме этого, 10 вспомогательных предприятий поверхности, расположенных на территории Карагандинской области (в городах Караганда, Сарань, Абай, Шахтинск).

Однако, все промышленные города Карагандинской области, в том числе Темиртау, Балхаш и Жезказган, являются населенными пунктами с сильно нарушенной экологией.

Город Балхаш: на территории города расположены свыше 400 предприятий, в числе которых металлургический комбинат ПО «Балхашцветмет» ТОО «Корпорация Казахмыс» и горнодобывающие организации. Имеется «Завод по

обработке цветных металлов», который специализируется на выпуске плоского и круглого проката на основе медных сплавов (рис. 7).



Рисунок 7. Балхашский медеплавильный комбинат ПО «Балхашцветмет» - филиал ТОО «Корпорация «Казахмыс»

Имеется «Завод по обработке цветных металлов», который специализируется на выпуске плоского и круглого проката на основе медных сплавов. Основные потребители продукции - монетные дворы. Из проката, выпускаемого АО «ЗОЦМ», изготовлены монеты Казахстана, России, Германии, Индии и других стран. Действует много строительных организаций - АО «Механомонтаж», АО «Электромонтаж», ТОО «Мирас-Бизнес Сервис», ТОО «Самал-Сервис» и другие. В городе работают предприятия пищевой промышленности - ТОО «Балхаш-Нан», ТОО «Балкашсүт», обеспечивающие своей продукцией весь Балхашский район. В городе функционирует предприятие «Балхашбалык», которое обеспечивает рыбой область. Функционируют локомотивное и вагонное депо, обеспечивающие движение на линии Балхаш - Саяк, Балхаш-Моинты. Водоснабжение г.Балхаша осуществляется от подземных вод реки Токрау, эксплуатация ведется с 1967 года [138].

Стоит отметить, что в городе Балхаш и на озере Балхаш сложилась тяжелая экологическая ситуация [139]. Основной загрязнитель Балхаша – это комбинат «Балхашцветмет», точнее его отходы. Главный «убийственный» компонент – диоксид серы, не считая девяти других компонентов тяжелых металлов, содержащихся в выбросах. В отличие от Жезказганского завода, где перерабатывается высококачественное сырье, здесь работают на низкосортной руде с высоким содержанием серы. Потому и количество выбросов серных ангидридов на первом заводе - 75 тысяч тонн, на втором - 750 тысяч.

Основными загрязнителями озера Балхаш являются тяжёлые металлы (медь и цинк), а также нефтепродукты, фенолы и фториды. Стоит отметить, что г. Балхаш относится ко 2-ой группе по степени промышленного воздействия на окружающую среду [140, 141]. Жезказган находится в IV группе со слабым

воздействием на окружающую среду, Темиртау – в III группе с умеренным влиянием (табл. 7).

Таблица 7. Динамика рейтинга городов Казахстана по степени промышленного воздействия на природную среду

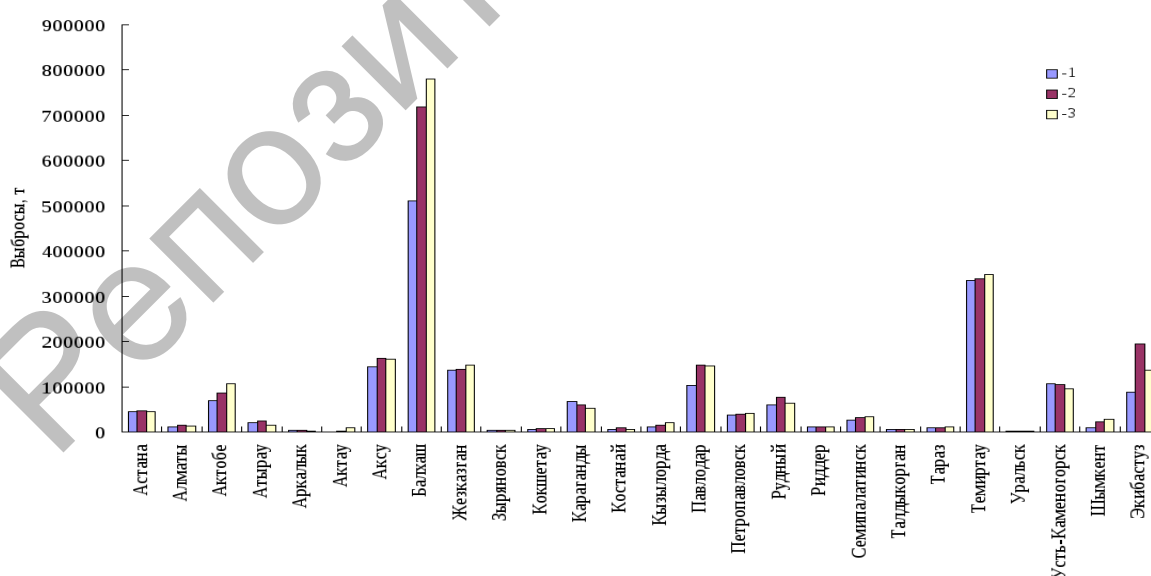
Группы городов по степени промышленного воздействия на природную среду	Рейтинг	Города	
		1999 г.	2009 г.
IV группа: слабое воздействие	1	Алматы	Кызылорда
	2	Шымкент	Жезказган
	3	Актобе	Семей
	4	Темиртау	Астана
	5	Караганда	Актау
III группа: умеренное воздействие	6	Уральск	Темиртау
	7	Риддер	Караганда
	8	Усть-Каменогорск	Уральск
	9	Кызылорда	Риддер
	10	Жезказган	Усть-Каменогорск
II группа: сильное воздействие	11	Семей	Семей
	12	Астана	Астана
	13	Актау	Актау
	14	Петропавловск	Петропавловск
	15	Балхаш	Балхаш
I группа: очень сильное воздействие	16	Костанай	Алматы
	17	пос. Глубокое	Шымкент
	18	Атырау	Актобе
	19	Павлодар	Темиртау
	20	Екибастуз	Караганда

По состоянию на 2009 год ситуация меняется. Город Жезказган перемещается в IV группу со слабым воздействием на окружающую среду, Караганда в III группу с умеренным влиянием, Темиртау – в I группу с очень сильным воздействием. Балхаш остается на прежней позиции. В 90-ые годы в городах Караганды и Темиртау наблюдалось значительное снижение промышленных объемов производства, закрытие и приостановка ряда предприятий, что в значительной степени уменьшило нагрузку на окружающую среду. К концу нулевых годов снова происходит рост промышленного производства и выбросов в городах Темиртау, Караганда, Балхаш, тогда как в городе Жезказган наблюдается постепенное сокращение производства из-за истощения запасов жезказганита.

Статистические данные показывают, что максимальные приземные концентрации основных загрязнителей, поступающих в атмосферный воздух от действующих производств медеплавильного комбината, превышают ПДК для воздуха населённых мест. Основные загрязнители, их приземная концентрация в долях ПДК и ПДК данных веществ. Наибольший вклад в общий вал загрязнителей вносит пыль (взвешенные неорганические вещества), а также сернистый ангидрид ( $\text{SO}_2$ ) (рис. 8).

Город Жезказган. Основой промышленности Жезказгана является металлургия меди. Здесь работает один из мощнейших медных комбинатов бывшего Советского Союза «Жезказганцветмет», включающий в себя две обогатительные фабрики, медеплавильный завод, литейно-механический завод, предприятие промышленного железнодорожного транспорта [135-137].

Вокруг города, в районе пос. Жезказган разрабатываются месторождения меди, богатые примесями редкоземельных, рассеянных и благородных металлов: золото, серебро, висмут, цинк, молибден, кадмий, рубидий, цезий, литий, таллий, кобальт, рений и изотоп осмия-187 (цена одного грамма от 10 до 40 тыс. \$), переработкой которых занимается предприятие «Жезказганредмет». Дальнейшая переработка меди осуществляется на заводе медной катанки. Помимо этого добываются марганцевые руды, а в 2006 году началась разработка медной руды на месторождении Жаман-Айбат. Жезказганская корпорация «Казакмыс» занимает десятое место среди медедобывающих компаний мира. Из предприятий лёгкой промышленности в городе функционируют несколько пошивочных, ремонтных и прочих мастерских. Энергетический комплекс представлен Жезказганской ТЭЦ.



1 – 2002 г., 2 – 2003 г., 3 – 2004 г.

Рисунок 8. Выбросы загрязняющих веществ ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{Pb}$ ) по городам Казахстана

Город Темиртау является крупным промышленным индустриальным центром Республики Казахстан. Объем производства промышленной продукции за 2009 год в стоимостном выражении составил 265,0 млрд тенге. Из них 86 % процентов принадлежит металлургическому гиганту «Arcelor Mittal Temirtau».

Другими крупными и средними предприятиями города являются: АО «CentralAsiaCement» (п. Актау) - выпуск цемента; АО «Карцемент» (п. Актау) - выпуск цемента; АО «КЗАЦИ» (п. Актау) - выпуск асбестоцементных изделий; ТОО «ТЭМК» - выпуск карбида кальция, ферросиликомарганца; ТОО ЗПХ «Техол» - завод промышленных холодильников, выпуск металлоконструкций; ТОО «Экоминералс» - производство алюмосиликатных микросфер; ТОО «Темиртауский кирпич»; ТОО «BasselGroup LLS» - производство электроэнергии.

Металлургический комбинат остается основным загрязнителем, на его долю в Темиртау приходится 95 % выбросов вредных веществ. Ежегодно предприятие выбрасывает в окружающую среду около 340 тыс. тонн отходов.

## 5 АНАЛИЗ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМЕ ВОДА-ПОЧВА-РАСТЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Высокий уровень загрязненности поверхностных, а в ряде случаев и подземных, водных ресурсов области связан с влиянием антропогенных источников. К основным источникам загрязнения рек и водоемов относятся: производственные и городские сточные воды, поверхностный сток с промплощадок, населенных мест и сельскохозяйственных угодий. Водные системы характеризуются большим разнообразием особенностей распределения и миграции химических элементов. Гидрохимические изменения водной среды нарушают условия существования организмов, что отражается на количественных показателях и структуре популяции, а также на изменении биогеохимического фона. Экологические факторы среды играют важную роль в процессах формирования ресурсного потенциала естественных водоемов. Изучение химического состава воды естественных водоемов и донных отложений имеет первостепенное значение при решении вопросов, связанных с преобразованием и комплексным использованием водоёмов. Одним из опасных видов загрязнителей являются тяжёлые металлы – продукты как естественного происхождения (растворенные и осадочные формы), так и привнесённые в виде компонентов промышленных отходов. В связи с этим, мы исследовали уровень загрязненности естественных водоемов Карагандинской области, расположенных в промышленных регионах.

### 5.1 Результаты исследования снежного покрова и проб воды

Отбор проб воды проводили с марта по сентябрь, отбор проб снегового покрова в марте месяце на территории г. Жезказган, Темиртау и Балхаш, а также г. Каркаралы (табл. 8, 9).

Таблица 8. Отбор проб снегового покрова

Регион	Дата отбора	Место отбора	Координаты (с.ш., в.д.)	Высота над уровнем моря, м
Жезказган	18.03.2015	Окр. Медного завода г. Жезказган	N 47,46507 E 67,43831	370,3
Балхаш	06.03.2015	Промышленная зона	N 46,51149 E 74,55368	369,0
Каркаралы	08.03.2015	Территория города с северной стороны	N 50,47276 E 75,42568	883,0
Темиртау	07.03.2015	Район автостанции	N 50,03982 E 72,57031	493,0

Таблица 9. Отбор проб водопроводной воды

Регион	Дата отбора	Место отбора
Жезказган	18.03.2015	Ул. Космонавтов
Балхаш	06.03.2015	Ул. Сейфуллина
Темиртау	07.03.2015	Пр. Республики
Каркаралы	08.03.2015	Колонка по ул. Косыбаева

Исследование снежного покрова является удобным и экономичным способом получения данных о поступлении загрязняющих веществ из атмосферы на подстилающую поверхность. Особый интерес снежный покров представляет при изучении процессов длительного загрязнения, поскольку как естественный планшет-накопитель дает действительную величину сухих и влажных выпадений в холодное время года. По составу снежного покрова можно выявлять территории в черте города, отвечающие наиболее неблагоприятным условиям для проживания его жителей. Снег как объект мониторинга незаменим при установлении источников загрязнения, а также при определении области влияния этих загрязнений.

Отбор проб проводили по направлению преобладающего сноса от автомагистрали по трем маршрутам с использованием пластмассовой трубы 45 мм на всю глубину снежного покрова. В качестве контроля использовали пробы снегового покрова из г.Каркаралинска, как экологически чистого региона. Отбор проб воды проводили возле берега и на удалении от 1 до 25 м.

Анализ снежных проб проводился в лаборатории после их топления по схемам в зависимости от природы определяемых компонентов. Химический анализ проб воды проводили в лаборатории «Физико-химических исследований» КарГУ им. Е.А.Букетова методом атомной абсорбции на пламенном атомно-абсорбционном спектрофотометре Varian AA 140 СТ РК ИСО 8288-2005; СТ РК ГОСТ Р 51309 – 2003. Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 2007. Полученные результаты подвергли параметрическому анализу. Определяли среднюю арифметическую ( $M$ ), среднюю ошибку средней арифметической ( $m$ ).

Исследование содержания тяжелых металлов (ТМ) в водопроводной воде и снеговом покрове, собранных из исследуемых промышленных регионов показало, что в водопроводной воде всех регионов не отмечено превышение норм предельно-допустимых концентраций (ПДК) (табл. 10).

Приведенные в таблице данные свидетельствуют о загрязнении снегового покрова в г. Балхаш медью, железом ( $p \leq 0,01$ ) и марганцем ( $p \leq 0,05$ ) при сравнении с фоновыми показателями г.Каркаралинска. В снеговом покрове г. Жезказгана обнаружено высокое содержание марганца ( $p \leq 0,01$ ), также как и в снеговом покрове г. Темиртау по сравнению с фоном. Снеговой покров г. Каркаралинск относительно чистый, и может считаться контрольным по отношению к другим населенным пунктам. В настоящее время уровни содержания загрязнителей в снежном покрове до сих пор не являются

нормируемой характеристикой и не позволяют судить о степени загрязнения атмосферного воздуха. Вместе с тем, до весеннего миграционного цикла загрязняющие вещества оказываются законсервированными в снежном покрове. В период весеннего половодья эти вещества поступают в природные среды, в основном воду и почву, загрязняя их. Следовательно, химический анализ снега позволяет предсказать состав будущих мигрантов в различных природных объектах городских ландшафтов.

Таблица 10. Содержание химических элементов в снеговом покрове и водопроводной воде исследуемых регионов

Наименование объекта	Содержание химических элементов, мг/л							
	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
ПДК в питьевой воде	0,1	0,3	0,1	0,1	1,0	5,0	0,001	0,03
г. Балхаш водопроводная вода	-	0,007± 0,0001	0,002± 0,0001	-	0,004± 0,0001	0,01± 0,005	-	-
г. Балхаш снеговой покров	1,26± 0,03**	0,94± 0,01**	0,001± 0,0001	-	1,71± 0,02*	0,01± 0,003	-	-
г. Жезказган водопроводная вода	-	0,006± 0,001	0,001± 0,0001	-	-	0,01± 0,002	-	-
г. Жезказган снеговой покров	0,58± 0,02**	0,17± 0,01	0,002± 0,0001	-	0,24± 0,01	0,02± 0,001	-	-
г. Темиртау водопроводная вода	-	0,009± 0,0003	0,002± 0,0001	0,001± 0,0001	-	0,02± 0,004	-	-
г. Темиртау снеговой покров	1,86± 0,03**	0,12± 0,01	0,002± 0,0001	0,001± 0,0001	-	0,02± 0,004	-	-
г. Каркаралинск водопроводная вода	-	0,004± 0,0002	0,002± 0,0001	-	-	0,008± 0,0002	-	-
г. Каркаралинск снеговой покров	0,01± 0,003	0,03± 0,003	0,002± 0,0001	-	-	0,006± 0,0001	-	-

*Примечание:* \*p<0,05, \*\*p<0,01, \*\*\*p<0,001

Превышение уровня ПДК по ТМ в пробах водопроводной воды во всех населенных пунктах не отмечено. Наряду с этим, при сопоставлении с пробами водопроводной воды из контрольных проб (г. Каркаралинск) имело место пре-

вышение содержания ТМ в 1,5 и 2 раза по железу и цинку наиболее выраженное в пробах воды из г. Темиртау.

Исследование содержания тяжелых металлов в пробах воды в районе городского пляжа г. Балхаш позволило выявить превышение ПДК по Mn, Cu, Fe. Так, у береговой линии достоверное превышение обнаружено по Mn, Cu и Fe ( $p < 0,01$ ) (рис. 9), что соответствует по индексу загрязнения воды (ИЗВ) к умеренно загрязненному по меди и загрязненным по железу и марганцу (ИЗВ=3,1 и 2,1 соответственно).

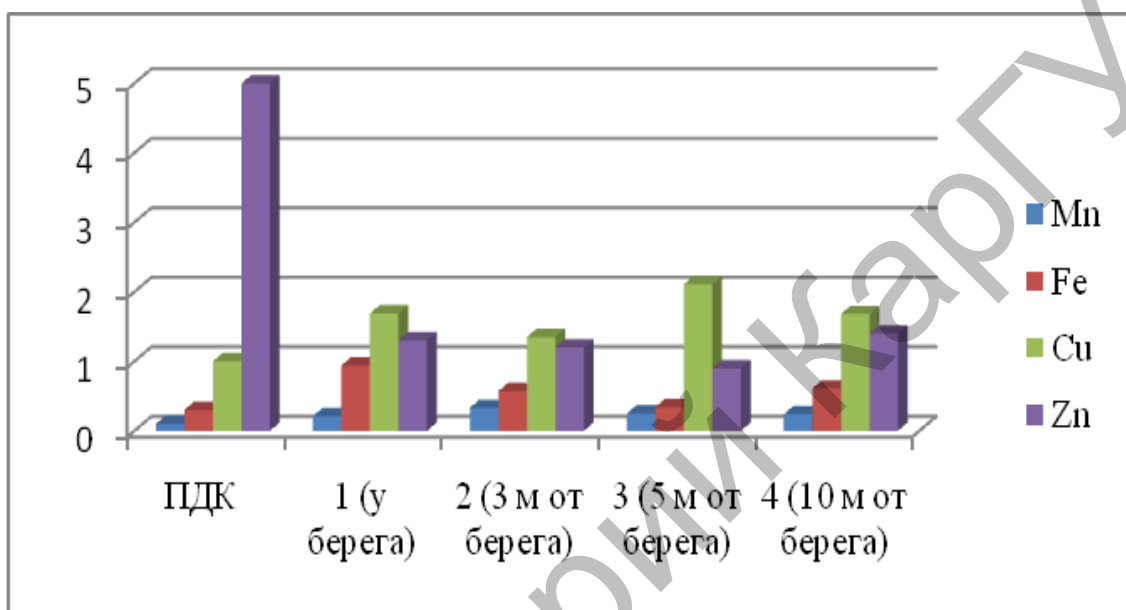


Рисунок 9. Содержание химических элементов (мг/л) в пробах воды из озера Балхаш в районе городского пляжа

На расстоянии 3 м от берега уровень Mn увеличился в 3 раза по сравнению с ПДК в питьевой воде, а Cu и Fe несколько снизилось, хотя и оставалось выше ПДК, что соответствует по ИЗВ по марганцу к загрязненному, а по меди и железу к умеренно загрязненному классу. На расстоянии 5 м от берега значительно повысился уровень Cu ( $p < 0,01$ ), а уровень Fe снизился. Содержание Mn оставалось высоким, что соответствует по ИЗВ по марганцу и меди к загрязненному классу, а по железу к умеренно загрязненному классу. На расстоянии 10 м от берега вновь повысился уровень Fe, а содержание Cu и Mn имело тенденцию к снижению.

Таким образом, содержание исследуемых ТМ в пробах воды в районе городского пляжа г. Балхаш было достоверно высоким, а распределение Mn, Cu, Fe имело мозаичный характер. Состояние качества воды при расчете ИЗВ относилось к умеренному и загрязненному классу.

Определение содержания ТМ в пробах воды из береговой линии района дачных массивов г. Балхаш не обнаружило значительного превышения ТМ (табл. 11), расчет индекса загрязненности проб воды свидетельствует об умеренной загрязненности по марганцу воды береговой линии.

Таблица 11. Содержание металлов в пробах воды из озера Балхаш в районе дачного массива

Наименование объекта	Содержание химических элементов, мг/л							
	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
ПДК в питьевой воде	0,1	0,3	0,1	0,1	1,0	5,0	0,001	0,03
Пробы воды, у берега	0,14± 0,01	0,24± 0,03	0,002± 0,0001	-	1,0± 0,1	0,4± 0,01	-	-
Пробы воды, 3 м от берега	0,07± 0,004	0,28± 0,01	0,002± 0,0001	-	1,0± 0,1	0,3± 0,01	-	-
Пробы воды, 5 м от берега	0,06± 0,003	0,21± 0,02	0,002± 0,0001	-	1,0± 0,1	0,5± 0,03	-	-
Пробы воды, 10 м от берега	0,05± 0,002	0,29± 0,02	0,002± 0,0001	-	1,1± 0,2	0,2± 0,01	-	-
г.Каркаралинск оз. Большое Каркаралинское	0,002± 0,0001	0,002± 0,0001	0,0001± 0,00001	-	-	0,01± 0,008	-	-
<i>Примечание: *p&lt;0,05, **p&lt;0,01, ***p&lt;0,001</i>								

В пробах воды, взятых из различных участков береговой линии оз.Балхаш в районе промышленной зоны (пос.Торангалык), где производится слив воды из отстойника медеплавильного завода, были также определены ТМ. Результаты позволили выявить на уровне 2 линии отстойников значительное превышение по Mn, Fe и Cu ( $p<0,001$ ) (табл. 12).

В пробах воды, взятых у берега отстойника со стороны пос. Торангалык содержания Mn, Fe и Cu также было выше ПДК. Пробы воды, собранные из о.Балхаш вблизи отстойника, стекающего в озеро содержали значительные количества Mn ( $0,31\pm 0,02$  мг/л) и Cu ( $2,4\pm 0,1$  мг/л) при сравнении с фоновыми значениями и ПДК, что свидетельствует о недостаточном разбавлении стоков.

Результаты химического анализа воды на содержание металлов в пробах воды из озера Балхаш по трем точкам забора выявили превышение ПДК по марганцу в 10 и более раз во всех исследуемых точках ( $p<0,05$ ). Содержание железа превышало ПДК в 3 и 2 раза соответственно в точках 1,2. Содержание меди превышало ПДК во всех исследуемых точках.

Таблица 12. Содержание химических элементов в пробах воды береговой линии пос. Торангалык вблизи отстойников промышленной зоны

Наименование объекта	Содержание химических элементов, мг/л							
	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
ПДК в питьевой воде	0,1	0,3	0,1	0,1	1,0	5,0	0,001	0,03
Пробы воды, у берега	0,04± 0,003	0,14± 0,03	0,002± 0,0001	-	1,9± 0,2*	0,09± 0,001	-	-
Пробы воды, 3 м от берега	0,04± 0,003	0,13± 0,03	0,002± 0,0001	-	1,4± 0,1*	0,06± 0,001	-	-
Пробы воды, 5 м от берега	0,05± 0,003	0,14± 0,01	0,002± 0,0001	-	1,3± 0,1	0,08± 0,001	-	-
Пробы воды, 10 м от берега	0,06± 0,003	0,14± 0,01	0,002± 0,0001	-	1,6± 0,1*	0,1± 0,02	-	-
<i>Примечание: *p&lt;0,05, **p&lt;0,01, ***p&lt;0,001</i>								

Таким образом, анализ проб воды из оз. Балхаш выявил мозаичность распределения ТМ в точках исследования, а также высокий уровень загрязненности в районе городского пляжа и берега пос. Торангалык (зона отдыха) по марганцу, меди и железу. Индекс загрязненности воды свидетельствует о умеренном и загрязненном уровне. Наличие ТМ в районах городского пляжа и зоны отдыха пос. Торангалык, представляющих опасность для здоровья населения, по-видимому, обусловлено близким расположением металлургического комбината, локализованного в черте города, а также недостаточным разбавлением стоков. Кроме того, мозаичность распределения ТМ, вероятно, связана с подводными течениями. В западной части оз. Балхаш наблюдается постоянное круговое течение, направленное по часовой стрелке. Наряду с этим, наблюдается сток поверхностных вод с прибрежной полосы и пополнение водоема за счет атмосферных осадков и грунтовых вод, которые также могут влиять на распределение и миграцию ТМ в водоеме.

Фоновая концентрация ТМ в поверхностных водах обусловлена многочисленными факторами. Основным источником поступления меди в природные воды являются предприятия цветной металлургии. В озеро Балхаш медь и другие ТМ поступают в основном в результате промышленных сбросов медеплавильного комбината. Марганец и железо попадают в водоем как сопутствующие элементы, содержащиеся в руде, используемой комбинатом. В водной среде медь находится в трех основных формах: растворенной, взвешенной и коллоидной. Растворенная форма включает свободные ионы и комплексные соеди-

нения с органическими и неорганическими лигандами, которые являются наиболее биодоступными и токсичными для гидробионтов, могут кумулироваться в них, представляя наибольшую опасность и для здоровья человека.

Анализ проб воды из Кенгирского водохранилища (г.Жезказган) также позволил выявить особенности распределения и загрязнения ТМ. Так, в пробах воды Кенгирского водохранилища в районе городского пляжа обнаружено значительное превышение по содержанию Mn на расстоянии от 1 до 10 м от берега по сравнению с фоном и ПДК (табл. 13).

Таблица 13. Содержание металлов в пробах воды Кенгирского водохранилища в районе городского пляжа (г.Жезказган)

Наименование объекта	Содержание химических элементов, мг/л							
	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
ПДК в питьевой воде	0,1	0,3	0,1	0,1	1,0	5,0	0,001	0,03
Пробы воды 1 м от берега	1,13± 0,02***	0,38± 0,03	0,003± 0,0001	-	2,8± 0,2**	0,7± 0,03	-	0,002±0, 0001
Пробы воды 3 м от берега	1,32± 0,02***	0,36 ±0,02	0,004± 0,0001	-	2,9± 0,1**	0,3± 0,01	-	0,001 ±0,0001
Пробы воды 5 м от берега	1,56± 0,02***	0,37± 0,01	0,003± 0,0001	-	3,0± 0,2**	0,6± 0,01	-	0,001± 0,0001
Пробы воды 10 м от берега	1,14± 0,03***	0,35 ±0,01	0,004± 0,0001	-	2,8± 0,1**	0,3± 0,02	-	0,001± 0,0001
г. Каркаралинск оз. Большое Каркаралинское	0,002± 0,0001	0,002± 0,0001	0,0001± 0,00001	-	-	0,01± 0,008	-	-
<i>Примечание: *p&lt;0,05, **p&lt;0,01, ***p&lt;0,001</i>								

Наибольшее содержание Mn показано на расстоянии 3, 5 и 10 м от береговой линии, оно составило 1,32±0,02 мг/л, 1,56±0,02 мг/л и 1,14±0,03 мг/л соответственно, что по ИЗВ относится к чрезвычайно грязному уровню. Содержание Cu в пробах воды имело аналогичную тенденцию, оно постепенно повышалось до отметки 5 м от берега, а затем снизилось на расстоянии 10 м от берега. При этом концентрация Cu колебалась в пределах 2,8±0,2 мг/л и 3,0±0,2 мг/л, что в 3 и 2,8 раз превышало ПДК и фон. Интегральная оценка качества воды по меди показала IV класс загрязнения.

Определение содержания ТМ в пробах воды из различных участков Кенгирского водохранилища не обнаружило достоверного превышения по сравнению с ПДК (табл. 14), также как и в пробах воды из дачных массивов г. Жезказгана.

Таблица 14. Содержание химических элементов в пробах воды из различных участков водохранилища г.Жезказган

Место отбора	Содержание химических элементов, мг/л							
	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
ПДК в питьевой воде	0,1	0,3	0,1	0,1	1,0	5,0	0,001	0,03
Участок водохранилища между ТЭЦ-1 и обогатительной фабрикой № 1-2	0,01± 0,002	0,05± 0,001	0,0002± 0,0001	-	0,06± 0,002	0,04± 0,001	-	-
г. Жезказган Окр. медного завода г. Жезказган, 300 м с северной стороны	0,08± 0,004	0,07± 0,003	0,004± 0,0002	-	0,13± 0,02	0,3± 0,05	-	-
г. Жезказган Участок водохранилища со стороны залива Костанкольсай	0,008± 0,003	0,02± 0,001	0,0006± 0,0003	-	0,04± 0,003	0,03± 0,007	-	-
г. Жезказган Участок водохранилища в области лодочной станции г. Жезказган в окр. Медицинского центра Самсунг	0,004± 0,001	0,01± 0,001	0,0001± 0,00001	-	0,05± 0,006	0,05± 0,009	-	-
г. Каркаралинск оз. Большое Каркаралинское	0,002± 0,0001	0,002± 0,0001	0,0001± 0,00001	-	-	0,01± 0,008	-	-
<i>Примечание: *p&lt;0,05, **p&lt;0,01, ***p&lt;0,001</i>								

Таким образом, изучение химического состава проб воды из водоемов промышленных регионов позволило выявить различия в качественном и количественном составе по ТМ. Наиболее загрязненными по тяжелым металлам являются пробы воды из оз. Балхаш, в пробах воды которого присутствуют медь, железо и марганец, в концентрациях значительно превышающих ПДК. В пробах воды из Кенгирского водохранилища г.Жезказгана также обнаружено превышение содержания по меди (ИЗВ=2,8-3,0), что свидетельствует о загрязненности, и марганцу (чрезвычайное

загрязнение) в районе городского пляжа, что представляет опасность для здоровья местного населения.

Результаты химического анализа проб воды из водохранилища Самаркандское (г.Темиртау) в районе городского пляжа позволили выявить превышение ПДК по содержанию следующих металлов: свинца в 3 раза, железа в 1,7 раз, кадмий в 2 раза, марганец в 1,8 раз и никель в 1,5 раз на расстоянии 1 м от берега (табл. 15).

Таблица 15. Содержание металлов в пробах воды Самаркандского водохранилища в районе городского пляжа (г. Темиртау)

Наименование объекта	Содержание химических элементов, мг/л							
	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
ПДК в питьевой воде	0,1	0,3	0,1	0,1	1,0	5,0	0,001	0,03
Пробы воды 1 м от берега	0,18± 0,002*	0,5± 0,006*	0,06± 0,009	0,15± 0,08*	0,6± 0,09	1,8± 0,07	0,002± 0,0003*	0,09± 0,001**
Пробы воды 3 м от берега	0,13± 0,001*	0,3± 0,005	0,05± 0,008	0,10± 0,06	0,4± 0,07	1,5± 0,04	-0,001± 0,0002	0,05± 0,001*
Пробы воды 5 м от берега	0,12± 0,001	0,4± 0,006	0,04± 0,007	0,11± 0,007	0,3± 0,06	1,6± 0,05	-0,001± 0,0001	0,06± 0,002**
Пробы воды 10 м от берега	0,16± 0,002*	0,5± 0,006*	0,03± 0,006	0,12± 0,008	0,2± 0,05	2,0± 0,1	0,002± 0,0001*	0,04± 0,0001
г. Каркаралинск оз. Большое Каркаралинское	0,002± 0,0001	0,002± 0,0001	0,0001± 0,00001	-	-	0,01± 0,008	-	-
<i>Примечание:</i> *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001								

Исследование проб воды на расстоянии 3, 5 и 10 м от берега позволило обнаружить мозаичность распределения ТМ с тенденциями к достоверному превышению по содержанию марганца, железа и свинца ( $p<0,05$ ,  $p<0,01$ ).

При расчете ИЗВ было выяснено, что по содержанию марганца (1,8), железа (1,5) и никеля (1,5) и кадмия (2) отмечается умеренное загрязнение воды в районе городского пляжа Самаркандского водохранилища, по содержанию свинца ИЗВ равно 3, что соответствует загрязнению и IV классу качества воды.

Определение содержания ТМ в пробах воды из различных участков водохранилища выявило чрезвычайно грязный уровень загрязненности (ИЗВ свыше 10) по марганцу, железу и свинцу во всех исследованных точках (табл. 16).

Таблица 16. Содержание химических элементов в пробах воды из различных участков водохранилища г.Темиртау

Наименование объекта	Содержание химических элементов, мг/л							
	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
ПДК в питьевой воде	0,1	0,3	0,1	0,1	1,0	5,0	0,001	0,03
Дамба, правый берег Темиртау	12,3± 0,1***	2,54± 0,02***	0,03± 0,002	0,01± 0,001	0,02± 0,001	1,9± 0,01	0,002± 0,0001*	1,38± 0,01***
Окр. Экоблока	34,8± 0,2***	3,76± 0,02**	0,03± 0,002	0,02± 0,001	0,02± 0,001	1,6± 0,02	0,003± 0,0001***	1,62± 0,01**
Окр.детского лагеря Ракета	11,4± 0,1***	2,16± 0,02**	0,03± 0,002	0,01± 0,001	0,02± 0,002	1,3± 0,01	0,002± 0,0001*	1,29± 0,01**
<i>Примечание: *p&lt;0,05, **p&lt;0,01, ***p&lt;0,001</i>								

По содержанию кадмия (ИЗВ = 2) оценка качества проб воды соответствовала загрязненной, а содержание металла превышало ПДК в 2 раза в районе дамбы и детского лагеря Ракета и в 3 раза в районе Экоблока.

Таким образом, изучение химического состава проб воды из водоемов промышленных регионов позволило выявить различия в качественном и количественном составе по ТМ. Наиболее загрязненными (ИЗВ свыше 10) по тяжелым металлам являются пробы воды из Самаркандского водохранилища (г. Темиртау), в котором обнаружены высокотоксичные свинец, кадмий, а также эссенциальные и условно эссенциальные никель и марганец и железо, в концентрациях, которые являются токсичными для организма. Распределение и миграция свинца в природных водах связана с интенсивностью его осаждения и комплексобразованием. Большая часть свинца, как правило, связана с коллоидами и находится во взвешенном состоянии, что определяет его миграционную способность. Это обусловлено способностью ионов свинца сорбироваться твердыми частицами. Кадмий в природных водах находится в виде свободных ионов, неорганических и органических соединений, причем эти соединения характеризуются несколько меньшей тенденцией к гидролизу. По сравнению с другими тяжелыми металлами комплексообразующие свойства кадмия выражены менее ярко. Преобладание в составе растворенных форм кадмия свободных ионов Cd, обуславливающих его токсичность, объясняется, главным образом, малой прочностью его соединений с органическими лигандами природных вод по сравнению с комплексными органическими соединениями меди, цинка и свинца.

Марганец встречается в 3 валентных состояниях. Двухвалентный марганец существует только в растворенном состоянии. В водных растворах незакомплексованный ион марганца (III) неустойчив. Он окисляет воду, образуя марганец (II) и кислород. Быстрое бактериальное окисление марганца (II) до марган-

ца (IV) объясняет преобладание марганца (IV) в водных средах. Ион марганца, находясь в растворе, является слабым восстановителем.

Вторым по уровню загрязненности является оз. Балхаш, в пробах воды которого присутствуют медь, железо и марганец, в концентрациях значительно превышающих ПДК. В состав Балхашской руды входит множество элементов, она содержит не только медь, но и примеси редкоземельных, рассеянных и благородных металлов, которые могут попадать в почвы и вымываться в природные воды. В условиях природных вод встречаются соединения меди Cu (II). Растворенная форма меди в воде характерна для кислой среды ( $\text{pH} = 5,5 - 6,5$ ). В системе, содержащей неорганические и органические лиганды, в подавляющем большинстве образуются комплексы меди с органическими веществами (фульватные комплексы), которые формируют донные отложения. Взаимодействие ионов Fe с фульвокислотами также зависит от pH среды: при  $\text{pH} = 2,0$  и  $\text{pH} \geq 6,0$  наблюдается минимальное восстановление  $\text{Fe}^{3+}$  фульвокислотами, а доминирующими формами являются свободные ионы железа. Таким образом, наличие свободных форм металлов, как правило, связано с pH среды, наличием органических и неорганических лигандов, и свойствами самого металла.

Отсутствие превышения ПДК в пробах воды водоема г. Жезказган не может быть свидетельством его чистоты, так как в регионе функционируют промышленные предприятия, сливающие стоки отходов. Следует отметить тот фактор, что само Кенгирское водохранилище расположено на верхней платформе Жезказганского мелкосопочника, охватывая город с 3-х сторон, тогда как завод и вытекающие воды из водохранилища (р. Кара-Кенгир) размещены на второй платформе.

Промышленные сбросы условно-чистых сточных вод, как и аварийные выбросы обогатительных фабрик осуществляются непосредственно ниже уровня водохранилища в р. Кара-Кенгир. Поэтому, поверхностные воды в водохранилище Жезказганского региона оказались наиболее чистыми. Кроме того, известно, что распределение и миграция металлов в водных системах контролируются преимущественно характером грунтов и водной массы, в связи с этим необходимо учитывать содержание и формы нахождения металлов в донных отложениях, как главного компонента водной экосистемы, обладающего высокой поглотительной способностью. В определенных условиях они могут выступать в качестве источника вторичного загрязнения водоемов.

Источниками ТМ в водных системах могут быть атмосферные осадки, естественная эрозия, стоки с почв, городские, бытовые и промышленные стоки. Интенсивность поступления микроэлементов из грунтов в воду зависит от физической структуры и химической природы последних, определяющих в свою очередь силу связи с ними химических элементов. Временная изменчивость содержания тяжёлых металлов в воде подтверждает существующее представление о том, что их концентрация в водах увеличивается при восстановительных условиях, формирующихся на границе «вода и грунт», что благоприятствует переходу металлов из донных отложений в воду, и уменьшается при преобладании в водной толще окислительных

условий, способствующих осаждению металлов из воды на дно. Вследствие этого, возникает необходимость в проведении динамических сезонных исследований вышеназванных водоемов по изучению донных отложений – ила, как еще одного реального источника загрязнения водоемов, а также в изучении колебаний температуры и рН воды.

## 5.2 Результаты исследования почвенных проб

Попадая в почву, соединения ТМ претерпевают значительные изменения. На их растворимость и биодоступность большое влияние оказывают свойства почв и биологические особенности растительных культур. Благодаря буферным свойствам почвы, часть ТМ инактивируется, но большая доля остаётся мобильной и активно потребляется растениями. До тех пор, пока ТМ прочно связаны составными компонентами почв и труднодоступны, их отрицательное влияние на почву и окружающую среду будет незначительным. Однако если условия позволяют перейти ТМ в почвенный раствор, возникает вероятность проникновения их в растения и далее по трофической цепи в организмы животных и человека. В связи с изложенным, возникла необходимость определения ТМ в почвах. Отбор проб почв производился в направлении господствующих ветров (по розе ветров) в санитарной зоне, на расстоянии 500 м, 1000 м и 2000 м от промышленных объектов.

Почвы отбирали по скважинам методом конверта [138]. Степень почвенного покрытия и средняя глубина почвенного профиля определялись на ряде пробных площадей инструментально, точечным методом, с помощью градуированного стального щупа. Химический анализ проб почвы проводился в лабораторных условиях методом атомной абсорбции на пламенном атомно-абсорбционном спектрофотометре Varian AA 140 СТ РК ИСО 8288-2005; СТ РК ГОСТ Р 51309 – 2003. Преимущество метода атомной абсорбции перед многими другими методами анализа вод и почв состоит в его высокой селективности, низких пределах обнаружения элементов, в простоте подготовки проб к анализу. Метод позволяет определять около 40 элементов и достичь относительно низких пределов обнаружения: от десятых долей до десятков и сотен мкг/л. Для твердых проб относительные пределы обнаружения увеличиваются примерно в сто раз. Абсолютные пределы обнаружения составляют  $10^{-1}$ – $10^5$  нг. Для таких элементов, как As, Cd, Hg, Se, Zn и некоторых других пределы обнаружения являются одними из самых низких в аналитической химии. Погрешность определения обычно составляет примерно 5%.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 2007. Полученные результаты подвергли параметрическому анализу. Определяли среднюю арифметическую (M), среднюю ошибку средней арифметической (m).

При исследовании содержания металлов в верхнем слое почвы (8-10 см) санитарной зоны медеплавильного комбината г. Балхаш было выявлено превышение ПДК в 9 раз по меди ( $p < 0,001$ ) (рис. 10).

На расстоянии 500 м от медеплавильного комбината г. Балхаш в пробах почвы было обнаружено превышение содержание меди 8,6 раза, мышьяка в 1,4 раза по сравнению с ПДК (табл. 17).

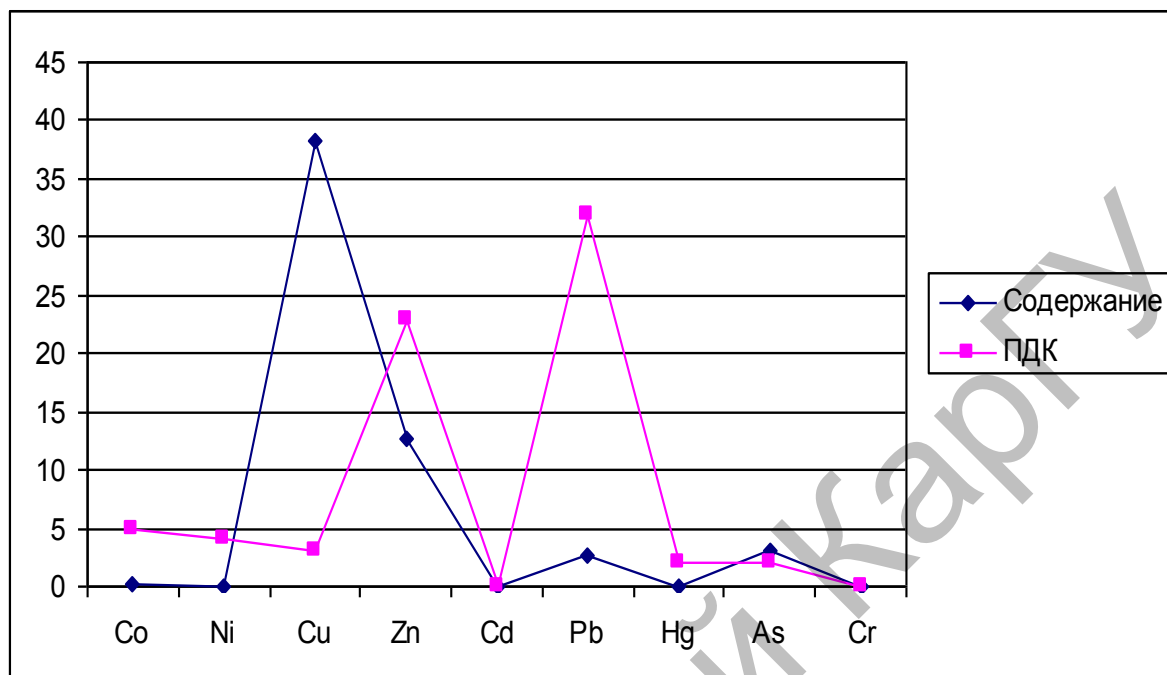


Рисунок 10. Содержание металлов (мг/кг) в верхнем слое почвы санитарной зоны медеплавильного комбината г. Балхаш

Таблица 17. Содержание тяжелых металлов в пробах верхнего слоя почвы, отобранной по розе ветров в районе медеплавильного комбината г. Балхаш.

Наименование объекта	Содержание химических элементов, мг/кг									
	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	Hg	As	Cr
ПДК для почвы	1500	5,0	4,0	3,0	23,0	<0,01	32,0	2,1	2,0	0,05
500 м от санитарной зоны	524± 1,1	0,2± 0,01-	<0,01	25,9± 0,1***	12,8± 0,05	<0,01	1,8± 0,01	<0,01	2,8± 0,1*	0,01± 0,001
1000 м от санитарной зоны	687± 1,2	0,1± 0,01	<0,01	32,5± 0,1***	8,3± 0,05	<0,01	1,2± 0,02	<0,01	2,3± 0,1*	0,01± 0,001
2000 м от санитарной зоны	1,4± 0,1	1,7± 0,1	0,05± 0,002	48,8± 0,4***	5,2± 0,2	-	-	-	-	-

Примечание: \*p<0,05, \*\*p<0,01, \*\*\*p<0,001

В пробах почв, собранных на расстоянии 1000 м и 2000 м от медеплавильного комбината содержание меди превышало ПДК в 10 и 10,6 соответственно ( $p < 0.001$ ), а у уровень мышьяка превышал ПДК в 1,3 раза на расстоянии 1000 м от комбината.

Полученные результаты свидетельствуют о высоком уровне загрязненности медью и мышьяком проб почв, отобранных как на расстоянии 1 км, так и на более отдаленных от комбина территориях.

Анализ содержания ТМ в пробах верхнего слоя почвы (8-10 см) санитарной зоны медеплавильного комбината г. Жезказгана отражен на следующем рисунке 11.

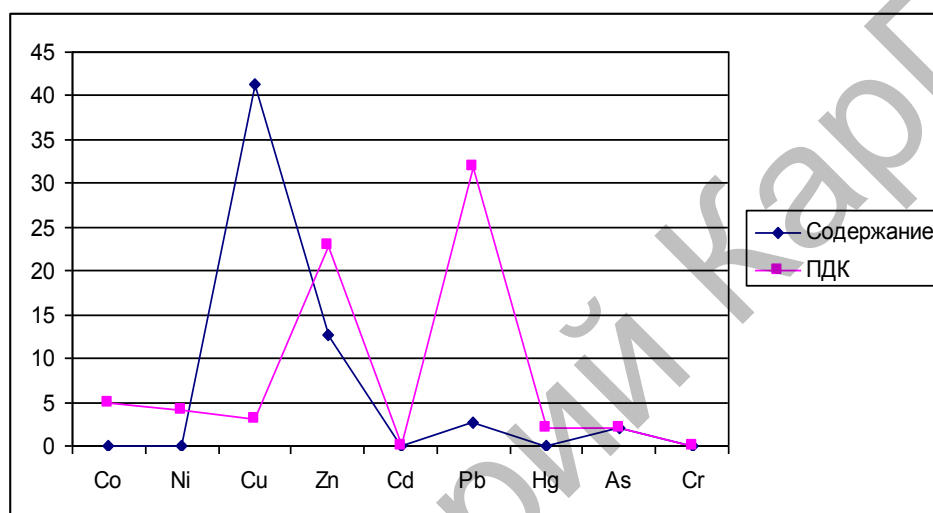


Рисунок 11. Содержание тяжелых металлов (мг/кг) в верхнем слое почвы медеплавильного комбината г. Жезказгана

В пробах почв санитарной зоны комбината г.Жезказган обнаружено превышение уровня меди в 13,8 раза по сравнению с ПДК, кроме того, отмечается наличие мышьяка на уровне ПДК.

В пробах почв, собранных на расстоянии 500 м, 1000 м и 2000 м обнаружено высокое содержание меди, значительно превышающее ПДК в 13.8, 13.2, 14.7 раза соответственно (табл. 18).

Таблица 18. Содержание тяжелых металлов в пробах верхнего слоя почвы, отобранной по розе ветров в районе медеплавильного комбината г.Жезказган.

Наименование объекта	Содержание химических элементов, мг/кг									
	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	Hg	As	Cr
ПДК для почвы	1500	5,0	4,0	3,0	23,0	<0,01	32,0	2,1	2,0	0,05

0,5 км от санитарной зоны	569± 0,9	0,1± 0,005	<0,01	42,8± 0,3***	11,8± 0,04	<0,01	2,9± 0,03	<0,01	1,9± 0,03	0,009± 0,0005
1 км от санитарной зоны	682± 0,8	0,1± 0,005	<0,01	39,6± 0,2***	10,3± 0,03	<0,01	2,8± 0,02	<0,01	1,6± 0,1	0,009± 0,0005
2 км от санитарной зоны	658± 1,0	0,3± 0,01	<0,01	44,1± 0,03***	15,8± 0,06	<0,01	2,5± 0,01	<0,01	1,3± 0,05	0,009± 0,0004
<i>Примечание: *p&lt;0,05, **p&lt;0,01, ***p&lt;0,001</i>										

Проведенный анализ проб почвы верхнего слоя свидетельствует о высоком уровне загрязнения почвы санитарной зоны медью, а уровень мышьяка достигает верхней допустимой границы. Почвы территорий, прилегающих к комбинату и отдаленные от него, также сильно загрязнены медью, при этом с отдалением от комбината на расстояние 2 км содержание меди в пробах почвы увеличивается.

Данные полученные в результате анализа свидетельствуют о высоком загрязнении верхнего слоя почв в окрестностях г. Жезказган, что может привести к кумуляции их по цепочке почва-растения-животные-человек и возникновению неспецифических соматических болезней не ясной этиологии.

Определение содержания металлов в почве верхнего слоя (8-10 см) санитарной зоны металлургического комбината г. Темиртау позволило выявить значительное превышение ПДК по свинцу и марганцу (рис. 12).

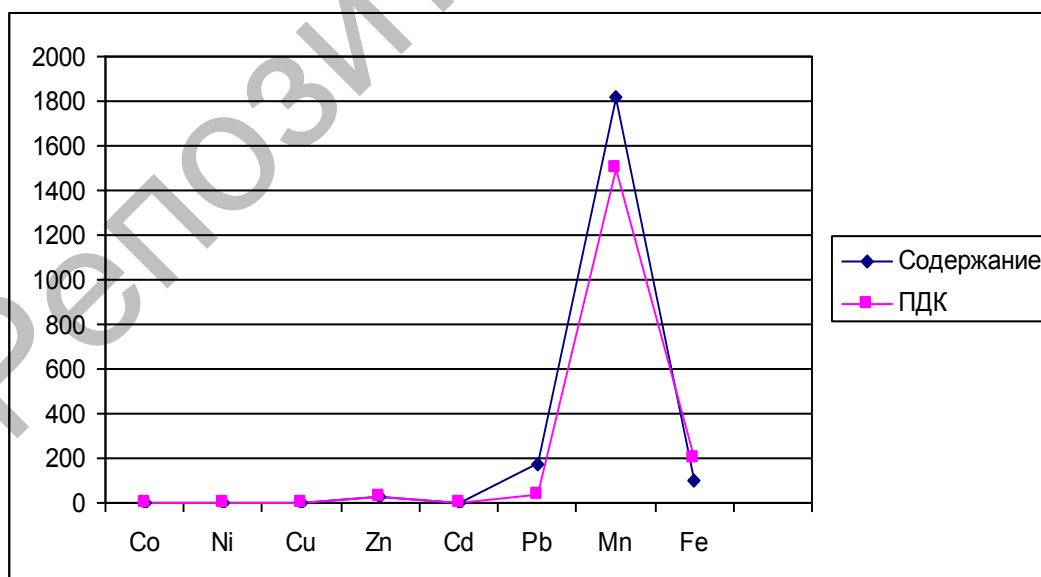


Рисунок 12. Содержание металлов (мг/кг) в верхнем слое почвы санитарной зоны металлургического комбината г. Темиртау

В пробах почв на расстоянии 500 м обнаружено превышение ПДК по кадмию, цинку и свинцу. При этом, достоверные различия обнаружены по кадмию ( $p < 0,001$ ). В пробах почв, отобранных на расстоянии 1000 м от санитарной зоны, выявлено превышение ПДК по марганцу, цинку, кадмию и свинцу. При этом различия достоверны по марганцу, свинцу и кадмию ( $p < 0,05$ ).

В пробах почв на расстоянии 2000 м от санитарной зоны металлургического комбината г. Темиртау наблюдалось превышение ПДК по кадмию и свинцу (табл. 19).

Таблица 19. Содержание тяжелых металлов в пробах верхнего слоя почвы, отобранной по розе ветров в районе медеплавильного комбината г. Темиртау.

Наименование объекта	Содержание химических элементов, мг/кг									
	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	Hg	As	Cr
ПДК для почвы	1500	5,0	4,0	3,0	23,0	<0,01	32,0	2,1	2,0	0,05
500 м от санитарной зоны	1500± 1,2	0,4± 0,01	0,5± 0,01	1,2± 0,02	25,6± 0,05*	2,3± 0,01***	33,6± 0,05*	0,08± 0,001	<0,01	0,006± 0,0004
1000 м от санитарной зоны	1800± 1,3**	0,5± 0,01	0,08± 0,01	2,3± 0,03	28,3± 0,05*	2,5± 0,01***	33,8± 0,04*	0,09± 0,001	<0,01	0,006± 0,0005
2000 м от санитарной зоны	1500± 1,3	0,3± 0,01	0,09± 0,01	0,2± 0,01	20,9± 0,05	1,5± 0,01***	34,5± 0,1*	0,08± 0,001	<0,01	0,006± 0,0003
<i>Примечание: *p&lt;0,05, **p&lt;0,01, ***p&lt;0,001</i>										

Полученные результаты свидетельствует о значительном загрязнении почв на территории санитарной зоны свинцом и марганцем, а территории за пределами санитарной зоны – марганцем, цинком, свинцом и кадмием. При этом наблюдается мозаичность загрязнения почвенного покрова ТМ. Обнаруженные факты безусловно связаны с направлением розы ветров.

Почвенный покров Балхашского и Жезказганского регионов состоит из бурых почв малоструктурированных и характеризующихся низкими водоудерживающими свойствами, которые являются результатом большого содержания частиц размером от 0,5 до 1 мм. Такие особенности почвы сопровождаются быстрой испаряемостью воды верхних слоев и низким содержанием воды в нижних слоях почв. Кроме того, ветры, сухой климат и температура приводят к высокой скорости испарения воды и способствуют ее снижению в почве. Это препятствует растворению основных ионов и их движению в почвенном покрове, поэтому почвы характеризуются низким содержанием ионов и засолением. В связи с этим, обнаружение большого количества ТМ в исследуемых почвах не является характерным для данных

почв и скорее всего является превнесенным: результатом техногенного воздействия медеплавильного комбината.

В отношении почв Темиртау следует отметить, что почвы светло-каштановые, хорошо структурированные, аллювиальный слой находится на глубине 1,5 м. Темиртауский регион характеризуется наличием большого содержания рудных металлов (здесь имеются разрезы по добыче марганца, цинкового концентрата, железа и известняка и др.). ТМ входят в состав исходной руды и выделяется в атмосферу вместе с другими видами неорганической пыли при доставке, переработке и транспортировке руды. Железная руда добывается открытым способом на руднике «Кентобе» и используется в производстве Темиртауского металлургического комбината. В весенний период при большом снеготаянии ионы марганца, цинка, свинца и других ТМ могут подниматься на поверхность почв с водой. Наличие высокого содержания цинка, свинца и кадмия в почвах, по-видимому, обусловлено тем, что они используются в технологическом процессе при обработке металлов, а также выделяется как побочные продукты, содержащиеся в руде. ТМ могут попадать в почвы в весенний период во время разливов Самаркандского водохранилища, куда они заносятся в результате промышленных сбросов металлургического комбината.

Учитывая то, что важнейшим моментом в охране окружающей среды и одной из экологических характеристик ТМ является знание их природного (фоновое) содержания в почвах и параметры их возможного техногенного изменения, необходимо осуществлять контроль над состоянием почвенного покрова, определять темпы и степень загрязнения его ТМ.

### **5.3 Результаты исследования растительных проб**

Влияние избытка тяжелых металлов на растения может быть как прямым, так и косвенным. Прямое влияние связано с непосредственным накоплением металлов растениями. Косвенное – с негативным воздействием ТМ на состав и свойства почвы, на ее плодородие. Содержание в почве ТМ и сопряженная с этим транслокация их в растения сложный процесс. Изучение реакции растений на загрязнение среды ТМ и особенности кумуляции ТМ в культурных растениях является одной из задач биологического мониторинга окружающей среды. В наших исследованиях мы изучали содержание ТМ в различных овощах, собранных в дачных массивах промышленных регионов.

Пробы растений отбирались в местах отбора проб почвы. На дачных массивах в окрестностях промышленных центров были отобраны культурные пищевые растения:

- 1) г. Темиртау: морковь, картофель, петрушка, редис, салат листовой, огурцы.
- 2) г. Жезказган: морковь, картофель, редис, салат листовой, петрушка, огурцы.
- 3) г. Балхаш: морковь, картофель, огурцы, салат листовой.

Определение накопления ТМ в овощах, выращенных в дачных массивах г. Балхаш позволило выявить превышение меди в концентрациях превышающих ПДК в десятки раз (табл. 20).

Таблица 20. Содержания химических элементов в овощах, собранных в дачных массивах г. Балхаш

Наименование объекта	Содержание химических элементов, мг/кг					
	Mn	Fe	Co	Cu	Zn	Pb
ПДК для овощей	-	50	-	5,0	10,0	0,5
Салат	17,6± 0,03	32,3± 0,02	1,2± 0,01	55,4± 0,03****	10,5± 0,02	-
Морковь	18,5 ± 0,02	34,3± 0,03	1,8± 0,02	56,3± 0,04****	14,3± 0,01*	-
Картофель	15,7± 0,01	38,8± 0,04	1,4± 0,01	51,2± 0,01****	12,5± 0,01*	-
Огурцы	17,3± 0,02	26,6± 0,02	1,0± 0,02	45,6± 0,01****	10,3± 0,01	-

*Примечание:* \*p<0,05, \*\*p<0,01, \*\*\*p<0,001, \*\*\*\*p<0,0001

В салате превышение ПДК по содержанию меди составило 11,8 раз, в моркови 11,2 раза, картофеле 10,2 раза, огурцах 9,1 раза. Содержание цинка превышало ПДК в моркови в 1,4 раза, картофеле 1,2 раза, в огурцах и салате превышение не достоверно. Таким образом, в овощных культурах, выращенных в дачных массивах г. Балхаш преимущественно накапливаются медь и цинк.

Результаты исследования содержания ТМ в овощах из дачного массива г. Жезказган позволило выявить превышение ПДК по меди в петрушке в 10,8 раз, в салате 11,2 раза, в редисе в 10,4 раза, в моркови в 12,8 раза, в картофеле в 10,8 раза, в огурцах в 13,1 раза (p<0,0001) (табл. 21).

Таблица 21. Содержание химических элементов в овощах, собранных в дачных массивах г. Жезказган

Наименование объекта	Содержание химических элементов, мг/кг					
	Mn	Fe	Co	Cu	Zn	Pb
ПДК для овощей	-	50	-	5,0	10,0	0,5
Петрушка	13,8± 0,02	32,4± 0,01	1,2± 0,01	54,4± 0,03****	11,2± 0,01*	-
Салат	14,8± 0,02	33,3± 0,01	1,5± 0,01	56,1± 0,03****	12,8± 0,02*	-
Редис	15,5± 0,02	28,6± 0,03	1,8± 0,01	52,2± 0,04****	13,5± 0,01*	0,2± 0,01
Морковь	18,7± 0,01	36,8± 0,02	2,2± 0,01	64,4± 0,05****	13,6± 0,02*	0,4± 0,01
Картофель	14,6±	34,4±	1,8±	54,6±	10,7±	0,2±

	0,02	0,01	0,01	0,03****	0,03	0,01
Огурцы	12,2± 0,02	28,9± 0,02	1,6± 0,01	65,5± 0,04****	9,6± 0,01	-
<i>Примечание: *p&lt;0,05, **p&lt;0,01, ***p&lt;0,001, ****p&lt;0,0001</i>						

Кроме того, отмечается незначительное превышение ПДК по содержанию цинка в петрушке, салате и достоверное в редисе и моркови ( $p<0,05$ ). Результаты определения химических элементов в овощах г.Жезказгана свидетельствуют о значительном загрязнении их медью и цинком. При этом отмечается значительное накопление ТМ как в наземных, так и в подземных органах растения.

Определение содержания ТМ в овощах, собранных в дачных массивах г. Темиртау обнаружило превышение ПДК по никелю, цинку, свинцу и железу. Достоверное превышение обнаружено по содержанию цинка в петрушке (4,8 раза), салате (3,5 раза), редисе (3,8 раза), моркови (5,3 раза), картофеле (3,4 раза) и огурцах (2,7 раза) (табл. 22).

Таблица 22. Содержания химических элементов в овощах, собранных в дачных массивах г.Темиртау

Наименование объекта	Содержание химических элементов, мг/кг						
	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Pb
ПДК для овощей	-	50	-	0,5	5,0	10,0	0,5
Петрушка	25,5± 0,03	56,0± 0,05*	5,8± 0,01	2,2± 0,01****	3,2± 0,02	48,0± 0,05****	0,5± 0,001
Салат	30,4± 0,02	48,3± 0,03	6,2± 0,01	2,3± 0,01****	3,4± 0,01	35,8± 0,03****	0,8± 0,002*
Редис	28,3± 0,02	43,2± 0,02	4,4± 0,03	3,1± 0,02****	3,5± 0,02	38,7± 0,03****	1,3± 0,001*
Морковь	44,8± 0,02	45,6± 0,01	6,7± 0,02	4,3± 0,01****	4,6± 0,01	53,2± 0,02****	1,8± 0,002**
Картофель	34,1± 0,03	39,5± 0,04	4,8± 0,02	3,1± 0,006****	3,2± 0,03	34,8± 0,03****	1,4± 0,002*
Огурцы	23,9± 0,01	31,3± 0,02	3,3± 0,01	2,1± 0,02**	2,8± 0,02	27,6± 0,03**	0,4± 0,001
Кабачки	31,7± 0,02	42,6± 0,03	3,6± 0,02	2,0± 0,01**	2,3± 0,01	28,5± 0,04**	-
<i>Примечание: *p&lt;0,05, **p&lt;0,01, ***p&lt;0,001, ****p&lt;0,0001</i>							

Кроме перечисленных, в овощах г.Темиртау наблюдалось накопление свинца, уровень которого превышал ПДК в салате (1,6 раза), редисе (2,6 раза), моркови (3,6 раза), картофеле (2,8 раза). Во всех исследованных пробах овощей содержание никеля превышало ПДК. В овощах также обнаружено железо, однако его содержание было выше ПДК только в петрушке. Содержание марганца и кобальта в продуктах не нормируется, хотя они обнаруживаются во всех пробах овощей.

Таким образом, на основании полученных результатов, следует отметить, что в овощах, выращенных на территории дачного массива г.Темиртау, наблюдается кумуляция цинка, свинца, никеля и железа в количествах, значительно превышающих нормативные.

Следует отметить, что растения в разной степени накапливают тяжелые металлы в зависимости от органов и особенностей роста растения. Так, подземные корнеплоды и клубни активно накапливают тяжелые металлы. По-видимому, это связано с тем, что в подземных органах, выполняющих запасающую функцию происходит более широкое развитие паренхимной зоны, в которой и происходит локализация металлов. Данный аспект актуален и для плодов овощных растений, в которых в процессе вегетации происходит накопление солей, в том числе подвижных форм тяжелых металлов.

Высокое содержание металлов в листьях салата объясняется сокращенным вегетационным периодом данного растения, что ведет к быстрому поглощению различных веществ из почвенной среды.

На основании полученных результатов исследований установлено, что все собранные овощи, плоды и растения в той или иной мере накапливают элементы в процессе роста. Причем растения, произрастающие на загрязненной промышленными выбросами территории, содержат в своих частях ТМ в концентрациях, превышающих ПДК в десятки раз, и накапливают именно те элементы, содержание которых в воде и в почвах превышает фоновые.

Основным источником поступления ТМ в растения являются почвы. Доступность ТМ для растений определяется водорастворимостью и наличием подвижных форм ТМ в почве. Накопление ТМ органами растений, обнаруженное в наших исследованиях может иметь несколько причин. Одной из причин является внесение на дачных участках, а также на сельскохозяйственных полях органических азотистых и фосфорных удобрений, которые влияют на способность растений к корневому всасыванию, увеличивая его на несколько порядков. Если почвы содержат большое количество ионов металлов, как в нашем случае, то под влиянием удобрений могла увеличиться их активность при проникновении в корневую систему и далее по стеблю в вегетативные органы. Также следует отметить, что в дачных участках изменен гидрологический режим в результате полива из вод естественных водоемов или водохранилищ. Вследствие этого, большинство металлов переходит из формы солей в ионную форму, которая является более подвижной и активной. Вместе с тем, в результате промышленных сбросов металлургического комбината в водоемы, поливная вода изначально содержит то или иное количество ТМ. В совокупности с удобрениями и раз-

личными органическими активаторами, которые применяются дачниками, процесс миграции и накопления ионов ТМ в растениях усиливается, что обуславливает большое содержание их в различных органах растений.

Одновременно с отбором проб культурных растений нами проведен отбор проб дикорастущих растений по всем точкам обследования: окрестности г. Жезказган, Балхаш и Темиртау (санитарные зоны металлургических заводов). В качестве объектов исследования выбран широко распространенный сорно-рудеральный вид – полынь Сиверсовская. Сбор растения проводили в середине вегетационного периода в фазе массового цветения.

Результаты показали, что в окрестностях промышленных городов происходит значительное накопление тяжелых металлов, в частности, в пробах отмечено накопление цинка, кадмия и меди.

Анализ содержания показывает, что в г. Жезказган накопление цинка в надземных органах составляет  $78 \pm 0,8$  мг/кг от сухого веса растения, кадмия –  $5,1 \pm 0,04$  мг/кг, а меди –  $62 \pm 1,1$  мг/кг.

Для г. Балхаш отмечено значительное накопление меди –  $69,2 \pm 2,0$  мг/кг, что выше аналогичных значений, полученных для г. Жезказган. Накопление цинка составило –  $65 \pm 1,6$  мг/кг, тогда как кадмий присутствует в менее значительных концентрациях, чем в предыдущей точке –  $0,9$  мг/кг сухого веса.

Г. Темиртау характеризуется невысоким накоплением цинка и меди – в пределах  $21,5 \pm 0,05$  и  $32,4 \pm 0,06$  мг/кг сухого веса, тогда как кадмий накапливается в более высоких значениях –  $6,5 \pm 0,04$  мг/кг.

Накопление тяжелых металлов в дикорастущих растениях находится в пределах или выше значений, полученных для культивируемых видов.

Анализ содержания ТМ в разрезе миграционной цепи подвижных форм вода-почва-растение - плод показывает косвенную оценку риска для здоровья населения. Для содержания подвижных форм исследуемых элементов в результате расчетов по математической кластерной модели безопасным является уровень превышения ПДК 1,2-1,5 раз для токсичных (As, Pb, Cd) и 3-5 раза для эссенциальных (Mn, Cu, Co) и условно эссенциальных в 2 раза.

Современные селитебные ландшафты представляют собой техногенные образования, лишь с отдельными природными реликтами и сложившимся собственным малым природно-техногенным круговоротом химических элементов. В населенных пунктах Карагандинской области уже располагается до 70% промышленных источников загрязнения окружающей среды.

В качестве объекта исследования выбраны: вода, как прямой источник поступления ТМ в живые организмы, почвы, как депонирующая среда, которая в отдельных случаях может дать информацию о загрязнении рассматриваемых ландшафтов за последние десятилетия и даже столетия. Чтобы оценить эколого-геохимическое состояние почв Карагандинского региона, необходимо сравнивать его с определенным эталоном. Таким эталоном при целом ряде исследований могут быть кларковые содержания химических элементов, установленные для почв Земли.

Сейчас назрела необходимость установить, насколько отличаются почвы населенных пунктов Карагандинской области с различным числом жителей и

характером техногенной нагрузки друг от друга. В идеале оценка воздействия включает идентификацию всех компонентов экосистемы, подвергшихся или подвергающихся воздействию данного вещества, а также определение того количества вещества, которое воздействовало на растение. Таким образом, выявлено, что необходимо проведение специфических мероприятий направленных на снижение последствий риска. Профилактические мероприятия должны основываться на использовании специфических технологий медицинской профилактики. В качестве дополнений к базовым медицинским стандартам необходимо предусмотреть проведение популяционного медико-биологического мониторинга с определением токсической экспозиции в группах риска, с использованием неинвазивных методов исследования.

Репозиторий КарГУ

## 6 ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДОВ КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Полевые исследования проводили маршрутно-рекогносцировочными и полустационарными методами. Определение растений проводили по определителю «Флора Казахстана» [139-146]. Для каждого растительного сообщества устанавливали полный флористический состав, определяли фазы фенологического развития отдельных видов, их жизненное состояние, обилие (по шкале Друде), размещение, морфометрические параметры (высота, развитие) [147, 148]. Описание растительности производилось по следующим разделам:

*Название сообщества.* Дается визуальное соотношение доминирующих, содоминирующих видов растений и остальных компонентов.

*Проективное покрытие почвы растениями.* Определяется как процент площади, занятой проекциями надземных частей всех растений фитоценоза в целом.

*Флористический состав сообщества.* Приводили латинские названия растений, встречающиеся в сообществе. Для каждого вида отмечали ярусность, обилие, жизненное состояние, размещение, фенологическую фазу. На основании собранного гербарного материала и сделанных описаний составляли перечень растений, образующих сообщества.

*Обилие.* Это визуальная оценка количества особей каждого вида в сообществе. Она определяется по шкале Друде:

sos (socialis) – «обильно», растения смыкаются своими надземными частями, образуя чистую заросль, другие виды встречаются в таком случае очень редко, отдельными экземплярами;

cop<sub>3</sub> (copiosus) – «очень много», растения очень обильны, они являются фоновыми;

cop<sub>2</sub> – «много», растения попадают часто, их много, они разбросаны;

cop<sub>13</sub> – «довольно много», растения встречаются изредка, рассеянно;

sp – «мало», растения встречаются весьма редко;

sol – «единично», растений очень мало, всего несколько экземпляров на пробную площадь.

un – «единично», растения встречаются на территории в единичном экземпляре.

Плотность популяции оценивалась на основании данных о проективном покрытии растительности [147]. Так, низкая плотность популяции определялась при проективном покрытии растительности до 20 %, средняя – при проективном покрытии от 20 до 40 %, высокая – выше 40 %.

*Жизненность* - характеризует степень развитости или подавленности вида в фитоценозе и определяется по шкале А.А. Гроссгейма: 1 – сильно угнетенное развитие; 2 - угнетенное; 3 – нормальное; 4 – пышное развитие; 5 – полное развитие.

Возрастной состав сообществ изучали с применением методики Р. Работнова [148] и других авторов [149-151]. Отнесение растений к тому или иному

возрастному состоянию - на основании комплекса качественных морфологических признаков свежевыкопанных или гербаризированных растений.

При описании возрастных спектров учитывали смещение соотношения особей в левую или правую сторону. На основании возрастных спектров и структурных параметров популяций эндемиков анализировали и оценивали их современное состояние.

Оценка состояния древостоя на исследуемых территориях производилась для установления вредного влияния антропогенных факторов и прогнозирования судьбы исследуемой лесной экосистемы.

При организации мониторинга древостоя были выбраны постоянные участки с доминантными видами. Оценка состояния древостоя проводилась по следующим показателям: обилие (глазомерное установление относительного обилия видов с помощью условной шкалы); частота (отношение числа особей одного вида к общей численности особей, выраженное в процентах); доминантные виды с наибольшей продуктивностью.

При проведении мониторинга исследований растений особое внимание уделялось внешним признакам листьев, хвои, особенностям пигментации на стволе, листьях, выявлению разного рода аномалий вегетативных и генеративных органов (отмирают ли почки, изменяется ли ветвление побегов) [152, 153].

Ключевой участок не должен выходить за пределы взятого сообщества, чтобы главный, доминирующий вид был всюду в пределах участка. Описание видового состава растений на ключевом участке начиналось с какого-нибудь угла площадки. Вначале переписывались растения, которые находятся в поле зрения. Затем дополнялся список теми видами, которые становились заметными лишь при более внимательном анализе. Определение жизненности растений. Жизненность видов охватывает реакции видов растений на среду обитания в растительном сообществе (фитоценозе). Для оценки жизненности применялась трехбалльная шкала [154].

I - Жизненность хорошая (полная) – растения в фитоценозе нормально цветет и плодоносит (есть особи всех возрастных групп), взрослые особи достигают нормальных для данного вида размеров.

II – Жизненность удовлетворительная (угнетено) – растение угнетено, что выражается в меньших размерах взрослых особей, семенное размножение невозможно.

III – Жизненность неудовлетворительная (сильно угнетено) – растение угнетено так сильно, что наблюдается резкое отклонение в морфологическом облике взрослых растений (ветвлении, форме листьев и т.д.); семенное размножение отсутствует (нет цветущих и плодоносящих побегов).

Оценка состояния древостоя для установления вредного влияния антропогенных факторов исследовалась с помощью шкалы визуальной оценки деревьев (табл. 23).

Таблица 23. Шкала визуальной оценки деревьев по внешним признакам

Балл состояния	Характеристика состояния
1	Здоровые деревья, без внешних признаков повреждений величина прироста соответствует норме
2	Ослабленные деревья. Крона слабоажурная, отдельные ветви усохли. Листья и хвоя часто с желтым оттенком. У хвойных деревьев на стволе сильное смолотечение и отмирание коры на отдельных участках
3	Сильно ослабленные деревья. Крона изреженная, со значительным усыханием ветвей, сухая вершина. Листья светло-зеленые, хвоя с бурым оттенком. Листья мелкие, но бывают и увеличены. Прирост уменьшен или отсутствует. Смолотечение сильное. Значительные участки коры отмерли
4	Усыхающие деревья. Усыхание ветвей по всей кроне. Листья мелкие, недоразвитые, бледно-зеленые с желтым оттенком, отмечается ранний листопад. Хвоя повреждена на 60% от общего количества. Прирост отсутствует. На стволах признаки заселения короедами, усачами (буровая муха, отверстие на коре, древесине)
5	Сухие деревья. Крона сухая. Листьев нет, хвоя желтая или бурая, осыпается или осыпалась. Кора на стволах отслаивается или полностью опала. Стволы заселены ксилофагами (потребители древесины)

Воздействие среды на организмы может проявляться в разнообразных формах [155]. Наиболее удобны для биоиндикации изменения внешней морфологии, возникающие как спонтанная изменчивость развития. Ее можно оценить по асимметрии, которой охвачены практически все билатеральные структуры у самых разных видов живых организмов. Флуктуирующая асимметрия (далее ФА) представляет собой небольшие ненаправленные отклонения биообъектов от билатеральной симметрии. При этом различия между сторонами не являются строго генетически детерминированными и, следовательно, зависят, в основном, от внешних условий. Уровень морфогенетических отклонений от нормы оказывается минимальным лишь при оптимальных условиях среды и неспецифически возрастает при любых стрессовых воздействиях. Поэтому стабильность развития, оцениваемая по уровню ФА, является чувствительным индикатором состояния природных популяций и представляет интерес для биоиндикационных исследований.

Одновозрастные листья тополя черного, березы бородавчатой, собранные на разных участках, размещали перед собой сторонами, обращенными к верхушке побега. С каждого листа снимали показатели по пяти промерам с левой и правой сторон листа:

1. Ширина левой и правой половин листа в месте перегиба при совмещении верхушки с основанием.
2. Длина жилки второго порядка, второй от основания листа.
3. Расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка.
4. Расстояние между концами этих же жилок.
5. Угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка.

Коэффициент ФА вычисляли по формуле:

$$\delta_d^2 = \frac{\sum (d_{l-r} - M_d)^2}{n-1},$$

где  $M_d = \frac{\sum d_{l-r}}{n}$  – среднее различие между сторонами,  $d_{l-r} = \frac{2(d_l - d_r)}{d_l + d_r}$  – различие значений признаков между левой (l) и правой (r) сторонами, n - число выборок.

Алгоритм вычислений:

1. Определили относительные величины асимметрии для каждого признака. Для этого разность между промерами слева и справа поделили на сумму этих же промеров: (L-R)/(L+R).
2. Полученные величины занесли во вспомогательную таблицу.
3. Вычислить показатель асимметрии для каждого листа как среднее арифметическое относительных величин асимметрии по каждому признаку.
4. Рассчитать коэффициент асимметрии как среднее арифметическое всех величин асимметрии для каждого листа.

Для характеристики состояния среды используется абсолютная пятибалльная оценка качества среды по степени отклонения ее состояния от экологической оптимальности (табл. 24).

Таблица 24. Шкала характеристики состояния среды по ФА

Балл	Величина ФА	Характеристика состояния среды
1	<0,40	ситуация условно нормальная
2	0,40-0,44	небольшие отклонения от нормального состояния
3	0,45-0,49	существенные нарушения
4	0,50-0,54	опасные нарушения
5	>0,54	Критическое состояние

Отбор проб полыни производили по точкам (табл. 25).

Таблица 25. Отбор проб пыли

Регион	Дата отбора	Место отбора	Координаты (с.ш., в.д.)	Высота над уровнем моря, м
Балхаш	24.06.2015	2 км от пром.зоны мед.завода	N 46,51215 E 74,55352	370,0
	24.06.2015	1 км от пром.зоны мед.завода	N 46,51149 E 74,55368	369,0
	24.06.2015	0,5 км от пром.зоны мед.завода	N 46,51032 E 74,55397	361,0
Жезказган	01.07.2015	Р. Кенгир	N 47,46912 E 67,45888	341,7
	02.07.2015	Санитарная зона мед. завода	N 47,46150 E 67,43244	342,1
	02.07.2015	500 м от санитарной зоны мед.завода	N 47,46106 E 67,42575	349,9
	02.07.2015	1 км от санитарной зоны мед.завода	N 47,46108 E 67,42389	347,5
	02.07.2015	2 км от санитарной зоны мед.завода	N 47,45546 E 67,42100	335,3
Темиртау	14.07.2015	Территория санитарной зоны металлур. завода	N 50,03488 E 73,03582	503,1
	14.07.2015	500 м от санитарной зоны металлур. завода	N 50,03573 E 73,03980	502,2
	14.07.2015	1000 м от санитарной зоны металлур. завода	N 50,03,654 E 73 <sup>0</sup> 04,423	504,8
	14.07.2015	2 км от санитарной зоны металлур. завода	N 50,03795 E 73,05205	507,1

## 6.1 Изучение флуктуирующей асимметрии листовых пластин

Анализ жизненного состояния деревьев и отбор проб листьев тополя черного и березы бородавчатой проводили на территории городов Темиртау, Балхаш, Жезказган, в качестве контроля анализировались пробы листьев из гор Каркаралы и Бектауата (приложение А). Результаты показали, что видовой состав древесной флоры представлен 13-14 основными породами, среди которых ясень зеленый, клен ясенелистный, тополь серебристый, тополь черный, тополь бальзамический, береза бородавчатая, ель колючая, сосна обыкновенная, карагач и другие. Наиболее часто встречаются: карагач, тополя, ясень, клен, эти растения произрастают практически на каждой обследованной точке. Остальные виды встречаются спорадично, чаще приурочены к отдельным жилым массивам, паркам и скверам. В горах Каркаралы и Бектауата наблюдаются естественные древесные заросли из сосны обыкновенной, березы бородавчатой, осины и тополя белого. Отмечены культурные посадки из карагача и тополя черного.

Жизненность древесных растений составила от 1 до 3 баллов. Хорошая жизненность (1 балл) отмечена гор Каркаралы и Бектауата (табл. 26).

Таблица 26. Состояние древесных насаждений в населенных пунктах Карагандинской области

Номер точки	Описание точки	Координаты (с.ш., в.д.)	Жизненность (в баллах)	Оценка состояния древостоя (в баллах)
Точка № 1	Жезказган, дачи в районе аэропорта	N 47,43910 E 67,43160	2	3
Точка № 2	Жезказган, ул. Балхашская, р-он железно дорожного вокзала	N 47,46551 E 67,41680	2	4
Точка № 3	Жезказган, парк «Жастар»	N 47,47439 E 67,42962	2	3
Точка № 4	Жезказган, городской пляж	N 47,48013 E 67,43207	2	4
Точка № 5	Жезказган, ул. Мира	N 47,48341 E 67,42765	1	1-2
Точка № 6	Балхаш, 2 км от промышленной зоны медеплавильного завода, сквер вдоль домов	N 46,50063 E 74,57525	2	3-4
Точка № 7	Балхаш, парк имени «XXX ВЛКСМ»	N 46,50248 E 74,58217	2	4-5

Точка № 8	Балхаш, ул. Ленина, окраина СШ № 1 им. Горького	N 46,50211 E 74,59103	2	3
Точка № 9	Балхаш, аллея между городской мечетью и рестораном «Султан Бейбарс»	N 46,50148 E 75,00156	2	3
Точка № 10	Темиртау, Карагандинское шоссе	N 50,03322 E 73,00094	1	1
Точка № 11	Темиртау, управление металлургического завода	N 50,03148 E 73,00819	2	4
Точка № 12	Темиртау, литейный цех	N 50,03619 E 73,02023	3	4
Точка № 13	Темиртау, парк культуры и отдыха	N 50,03612 E 72,59897	1	1
Точка № 14	Темиртау, автостанция	N 50,03749 E 72,57034	2	2
Точка № 15	Темиртау, музей Первого президента	N 50,03896 E 72,58319	2	1-2
Точка № 16	Темиртау, пр. Металлургов, Т.Д. «Алем»	N 50,03342 E 72,58014	3	1-2
Точка № 17	Горы Каркаралы, дом отдыха Тас-Булак	N 49.48448 E 75.45817	1	1
Точка № 18	Горы Каркаралы, дом отдыха Шахтер	N 49.42065 E 75.45268	1	1
Точка № 19	Горы Бектауата, окрестности детского лагеря	N 47,25258 E 74,54232	1	1

В промышленных центрах хорошая жизненность отмечена в г. Жезказган по ул. Мира, в Темиртау – по Карагандинскому шоссе и в городском парке. 2 балла жизненности отмечены для остальных точек в г. Жезказган, в 4-х точках в г. Балхаш и в 3-х точках в г. Темиртау (управление завода, автостанция, музей Первого Президента). Самый низкий уровень жизненности (3 балла) зафиксирован для Темиртау: территория вокруг литейного цеха металлургического завода и проспект Металлургов.

По второму показателю, оценке состояния древостоя, здоровые деревья (1 балл) отмечены для контрольных территорий – горы Каркаралы и Бектауата, а

также на опытных точках в г. Темиртау – Карагандинское шоссе и городской парк (рис. 13). Ослабленные деревья (2 балла) обнаружены в Жезказгане по ул. Мира (рис. 14) и в Темиртау в районе автостанции, возле музея Первого Президента и по проспекту Metallургов.



Рисунок 13. Здоровые деревья в городском парке г. Темиртау



Рисунок 14. Ослабленные деревья по ул. Мира г. Жезказган

Сильно ослабленные деревья (3 балла) отмечены в Жезказгане в парке Жастар (рис. 15) и на дачном массиве в районе аэропорта; в Балхаше по ул. Ленина и возле городской мечети. Усыхающие деревья (4 балла) были описаны в Жезказгане по ул. Балхашская и на городском пляже; в Балхаше – возле промышленной зоны и в городском парке; в Темиртау – на территории металлургического завода (рис. 16). Большое количество сухих деревьев (5 баллов) обнаружено в городском парке г. Балхаш.



Рисунок 15. Усыхающие и сильно-ослабленные деревья в парке Жастар г. Жезказган



Рисунок 16. Усыхающие деревья возле управления металлургического завода г. Темиртау

Таким образом, промышленные территории характеризуются ослабленным древостоем, состояние которого достигает от 2 до 5 баллов. Наиболее критическая ситуация наблюдается в г. Балхаш, что объясняется сильным загрязнением и суровыми климатическими условиями.

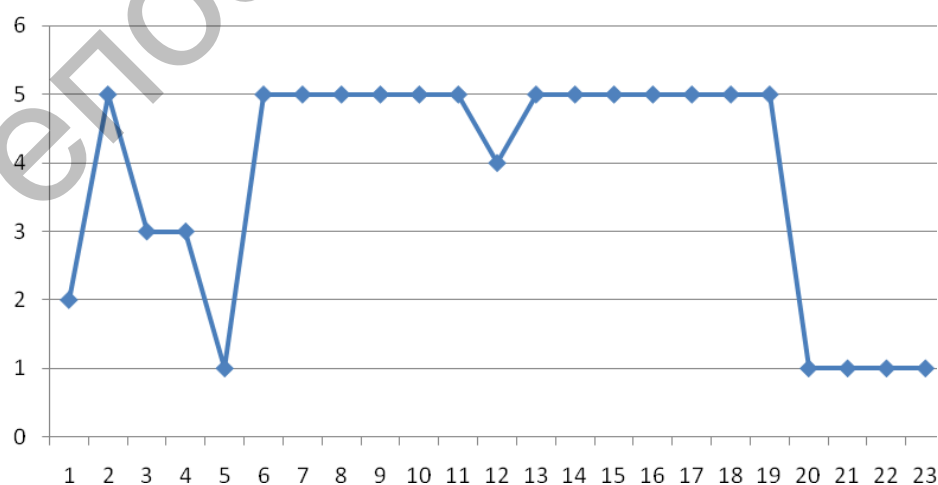
На втором этапе нами оценены показатели флуктуирующей асимметрии (ФА) листовых пластин тополя черного и березы бородавчатой на контрольных и опытных участках (табл. 27) [156].

Таблица 27. Результаты флуктуирующей асимметрии листьев древесных растений Карагандинской области (на примере тополя черного и березы бородавчатой)

Номер точки	Описание точки	Вид	Величина ФА	Балл ФА
Точка №1	Жезказган, дачи в районе аэропорта	Тополь черный	0,425	2
Точка №2	Жезказган, ул. Балхашская, р-он железнодорожного вокзала	Тополь черный	0,720	5
Точка №3	Жезказган, парк «Жастар»	Тополь черный	0,476	3
Точка №4	Жезказган, городской пляж	Тополь черный	0,474	3
Точка №5	Жезказган, ул. Мира	Береза бородавчатая	0,221	1
Точка №6	Балхаш, 2 км от промышленной зоны медеплавильного завода, сквер вдоль домов	Тополь черный	1,110	5
Точка №7	Балхаш, парк имени «XXX ВЛКСМ»	Тополь черный	0,634	5
Точка №8	Балхаш, ул. Ленина, окраина СШ № 1 им. Горького	Тополь черный	0,606	5
Точка №9	Балхаш, аллея между городской мечетью и рестораном «Султан Бейбарс»	Тополь черный	2,162	5
Точка №10	Темиртау, Карагандинское шоссе	Береза бородавчатая	3,558	5
Точка №11	Темиртау, управление металлургического завода	Береза бородавчатая	0,539	4

Точка №12	Темиртау, литейный цех	Тополь чер- ный	1,916	5
Точка №13	Темиртау, парк культуры и отдыха	Тополь чер- ный	1,205	5
Точка №14	Темиртау, автостанция	Тополь чер- ный	1,383	5
Точка №15	Темиртау, музей Первого президента	Тополь чер- ный	1,363	5
Точка №16	Темиртау, пр. Metallур- гов, Т.Д. «Алем»	Тополь чер- ный	0,913	5
Точка №17	Горы Каркаралы, дом от- дыха Шахтер	Тополь чер- ный	0,159	1
Точка №18	Каркаралинск, территория интерната № 44	Береза боро- давчатая	0,259	1
Точка №19	Горы Бектауата, окрестно- сти детского лагеря	Тополь чер- ный	0,016	1

По итогам анализа ФА можно отметить значительный разброс данных – от 1 до 5 баллов. Так, условно нормальная ситуация (балл ФА=1) по итогам биоиндикации складывается для контрольных территорий – горы Бектауата и Каркаралы, а также для г. Жезказган, сквер по ул. Мира (рис. 17).



Точки анализа проб листьев на ФА: 1-5 - Жезказган, 6-9 - Балхаш, 10-19 - Темиртау, 20-22 – Каркаралы, 23 - Бектауата

## Рисунок 17. Результаты оценки ФА на территории Карагандинской области

Для деревьев, произрастающих на территории дачного массива, отмечены незначительные изменения – ФА=2 балла. Зоны отдыха, как парк Жастар и городской пляж имеют балл ФА=3, что свидетельствует о существенном загрязнении окружающей среды. Территория промышленной зоны Жезказгана в районе железнодорожного вокзала характеризуется максимальными показателями ФА=5 баллов, что соответствует критическому состоянию окружающей среды.

Таким образом, наиболее загрязненной территорией является промышленная зона г. Жезказган.

Для г. Балхаш отмечен уровень ФА=5 баллов по всем проанализированным точкам, что соответствует критическому состоянию окружающей среды. Уровень загрязнения высок по всей территории города.

В г. Темиртау выявлены 2 уровня изменчивости ФА – 4 и 5 баллов, что соответствует опасным нарушениям и критическому состоянию окружающей среды.

Наибольшие значения ФА получены для наиболее загрязненных территорий, как г. Балхаш и Темиртау, что свидетельствует о высокой техногенной нагрузке на зеленые насаждения. В г. Жезказган по данным биоиндикации уровень загрязнения окружающей среды ниже.

Таким образом, на территории населенных пунктов Карагандинской области мы наблюдаем чрезвычайную антропогенную нагрузку.

### 6.2 Состояние растительных сообществ вокруг промышленных городов Карагандинской области

Казахстан обладает огромными земельными ресурсами, в числе которых преобладающая доля (более 90 %) относится к различным типам степей. Значительная часть территорий в той или иной степени подвержены различному антропогенному воздействию. Среди многообразия антропогенных факторов выделены такие, как земледелие и скотоводство, гари, размещение населенных пунктов, отраслей промышленности и другие (табл. 28).

Таблица 28. Основные факторы антропогенной трансформации растительности в Казахстане

Факторы	Объекты изучения	Доля развития в Центральном Казахстане
Земледельческий	Пашни, залежи	Широко представлено в северной и северо-восточной части (Каркаралинский, Шетский, Бухар-Жырауский районы) области
Пастбищный	Пастбища, сенокосы	Широко представлено по всей территории

Животноводческий	Зимовки, ското-прогоны	Широко представлено по всей территории
Транспортный	Дорожная сеть	Широко представлено по всей территории, особенно в северной и северо-западной части (Осакаровский, Бухар-Жырауский районы) области
Селитебно-промышленный	Населенные пункты	Представлены выборочно по территории, в меньшей степени в южной и юго-западной частях (Улытауский, Актогайский районы) области
Рекреационный	Курорты, дома отдыха	Относительно незначительно, имеются отдельные участки в северо-восточной части (Каркарлинский, Бухар-Жырауский районы) области
Гидротехнический	Каналы, водохранилища, арыки, отстойники, дренажная сеть	Размещены по линии водоканала «Иртыш-Караганда» (Осакаровский район)
Горно-добывающий	Карьеры, шахты, отвалы, месторождения, буровые, газопроводы и т.д.	Очень широко представлено по всей территории, особенно хорошо развито в юго-западной и южной части (Шетский, Актогайский, Улытауский, Нуринский районы) области
Космическая	Районы падения ступеней ракетносителей	Влиянию подвержены Улытауский и Каркаралинский районы Карагандинской области

На территории гор Каркаралы, как на контрольной территории, проведен анализ нескольких растительных сообществ – ценопопуляций (ЦП).

Разнотравно-василистниковая ЦП (*Thalictrum isopyroides* – *Herba varia*) описана в 35 км от пос. Карагайлы на северном склоне сопки. Видовой состав сложен 12 видами, характер растительности степной, велика доля и эфемероидов. Напочвенный покров отсутствует. Аспект растительности пестрый, сомкнутость низкая 2-3. Общее проективное покрытие (ОПП) около 65 % (табл. 29).

Таблица 29. Видовой состав разнотравно-василистниковой ЦП

Название растения	Ярус	Высота, см	Обилие	Фенофаза	Жизненное состояние
<i>Caragana frutex</i>	1	20-40	sp	Цвет.	Хор.
<i>Artemisia gracilis</i>	2	15	sp	Вег.	Хор.
<i>Salsola laricifolia</i>	1	20-40	sp	Вег.	Хор.
<i>Stipa orientalis</i>	2	10-15	sp	Вег.	Хор.

<i>Thalictrum isopyroides</i>	2	10-15	cop <sub>1</sub>	Цвет.	Хор.
<i>Pseudosedum lievenii</i>	2	15	sol	Цвет.	Хор.
<i>Tulipa patens</i>	2	15	sp	Цвет., плод.	Хор.
<i>Ranunculus polyanthemos</i>	2	15-20	sp	Цвет.	Хор.
<i>Ranunculus acris</i>	2	15-20	sp	Цвет.	Хор.
<i>Corydalis schanginii</i>	2	15	sp	Цвет.	Хор.
<i>Ephedra distachya</i>	2	15	sp	Вег.	Хор.
<i>Scorzonera pusilla</i>	2	15	sp	Начало цвет.	Хор.

Кустарниковый ярус составлен полупустынным видом *Caragana frutex* высотой до 40 см. Травянистый ярус представлен степными и пустынными видами. 98 % видов представлены травянистыми многолетниками.

Первый ярус высотой от 25 до 40 см составлен кустарниками *Caragana frutex* - sp с полукустарниками *Salsola laricifolia* – sp.

Второй ярус 10-20 см высотой располагается под пологом и между кустарниками, среди них *Artemisia gracilis* – sp, *Stipa orientalis* – sp, *Thalictrum isopyroides* - cop<sub>1</sub>, *Pseudosedum lievenii* – sol, *Tulipa patens* – sp, *Ranunculus polyanthemos* – sp, *Ranunculus acris* – sp, *Corydalis schanginii* – sp, *Ephedra distachya* – sp и *Scorzonera pusilla* – sp.

Третий ярус до 5-7 см высотой сложен из дернин *Stipa orientalis*, *Ranunculus polyanthemos*, *Scorzonera pusilla*.

Петрофитно-кустарниковая ЦП. Описание сделано в окр. г. Каркаралы у подножия и на склонах гранитной сопки. Характер растительности – степной. Почвы – мелкоземные, напочвенный покров отсутствует. Систематическое разнообразие 17 видов (табл. 30).

Таблица 30. Видовой состав петрофитно-кустарниковой ЦП

Название растения	Ярус	Высота, см	Обилие	Фенофаза	Жизненное состояние
<i>Spiraea hypericifolia</i>	1	50-60	cop <sub>1</sub>	Цвет.	Хор.
<i>Caragana frutex</i>	1	40-50	sp	Вег.	Хор.
<i>Allium globosum</i>	2	15	sp	Вег.	Хор.
<i>Tulipa patens</i>	2	15-20	sp	Конец цвет.	Хор.
<i>Rindera tetraspis</i>	2	15	sol	Цвет.	Хор.
<i>Ranunculus sp.</i>	2	10-15	sol	Цвет.	Хор.
<i>Ferula songarica</i>	2	30	sp	Вег.	Хор.
<i>Potentilla sp.</i>	3	10	sp	Вег.	Хор.
<i>Artemisia frigida</i>	3	7-10	sp	Вег.	Хор.
<i>Stipa capillata</i>	2	20	sp	Вег.	Хор.
<i>Lasiagrostis caragana</i>	2	20	sp	Вег.	Хор.

<i>Gagea</i> sp.	3	10	sp	Цвет.	Хор.
<i>Alyssum</i> sp.	3	5-8	sol	Цвет.	Хор..
<i>Eremurus altaicus</i>	2	10-15	sp	Вег.	Хор.
<i>Corydalis schanginii</i>	2	20	sp	Конец цвет.	Хор.
<i>Artemisia glabra</i>	2	15	sol	Вег.	Хор.
<i>Agropyron pectinatum</i>	3	10	sol	Вег.	Хор.

Наибольшее количество видов отмечено в семействах злаковых (4 вида) *Alyssum* sp., *Stipa capillata*, *Lasiagrostis caragana*, *Agropyron pectinatum*, астровые (2 вида) *Artemisia frigida*, *Artemisia glabra*. Остальные семейства содержали по 1 виду. ОПП около 75 %.

Наиболее константными видами, кроме эдификатора, являются *Tulipa patens*, *Ferula songarica*, *Lasiagrostis caragana*. В экологическом плане флора представлена ксерофитами, ксеропетрофитами и петрофитами. Доминантом в сообществе выступает *Spiraea hypericifolia* - сор<sub>1</sub>, которая совместно с *Caragana frutex* – sp, образует кустарниковый ярус. Под пологом кустарников выявлены особи *Ferula songarica* с обилием sp, представленные как в виде единичных особей, так и образующих участки зарослей от 2x2 до 5x12 м.

Травянистый ярус состоит из двух подуровней. Верхний 15-20 см высотой, представлен разнотравьем из луковых (*Allium globosum* - sp), злаков (*Lasiagrostis caragana* – sp), лилейных (*Tulipa patens* - sp, *Eremurus altaicus* – sp), лютиковых (*Ranunculus* sp. – sol), астровых (*Artemisia glabra* - sol).

Нижний уровень, до 10 см высотой, составлен дернинами злаков, полыней, гусиного лука и лапчатки. Среди них *Potentilla* sp. – sp, *Artemisia frigida* – sp, *Gagea* sp. – sp, *Alyssum* sp. – sol, *Agropyron pectinatum* – sol.

Разнотравно-злаковая ЦП (*Festuca valesiaca* + *Stipa capillata* – *Herba varia*) приурочена к склонам безлесных гранитных сопок в окрестностях гор Кент. Почвы мелкоземные, характер растительности – степной. Напочвенный покров отсутствует или в незначительной степени составлен из накипных лишайников. ОПП травостоя оценено в 85-87 %.

Видовой состав в сравнении с предыдущими ассоциациями богат, состоит из 37 видов (табл. 31).

Таблица 31. Флористический состав разнотравно-злаковой ЦП

Название растения	Ярус	Высота, см	Оби- лие	Фено- фаза	Жизненное состояние
<i>Festuca valesiaca</i>	1	10-50	сор <sub>3</sub>	Плод.	Хор.
<i>Artemisia austriaca</i>	1	30-40	сор <sub>1</sub>	Бут.	Хор.
<i>Stipa capillata</i>	1	50	сор <sub>2</sub>	Вег.	Хор.
<i>Eryngium planum</i>	1	30	sol	Цвет.	Хор.
<i>Medicago falcata</i>	2	20	sp	Цвет., плод.	Хор.

<i>Linaria</i> sp.	2	20	sol	Цвет., плод.	Хор.
<i>Galium ruthenicum</i>	1	30	sol	Цвет.	Хор.
<i>Artemisia dracunculus</i>	1	40-50	sp	Бут.	Хор.
<i>Iris halophila</i>	1	40	sol	Плод.	Хор.
<i>Potentilla bifurca</i>	2	5-10	sp	Вег.	Хор.
<i>Chenopodium</i> sp.	2	15-20	sp	Бут.	Хор.
<i>Glycyrrhiza uralensis</i>	1	30-40	sp	Плод.	Удов
<i>Elymus angustus</i>	1	60	cop <sub>2</sub>	Плод.	Хор..
<i>Spiraea hypericifolia</i>	1	80	cop <sub>1</sub>	Плод.	Хор.
<i>Veronica spuria</i>	1	50	sol	Цвет.,пл од.	Хор.
<i>Onosma simplicissimum</i>	2	10-15	sol	Вег.	Хор.
<i>Silene wolgensis</i>	1	50	sol	Цвет.,пл од.	Хор.
<i>Ziziphora bungeana</i>	2	20	sol	Цвет.	Хор.
<i>Hieracium echioides</i>	1	40	sol	Цвет.	Хор.
<i>Astragalus</i> sp.	2	5	sol	Вег.	Хор.
<i>Fragaria vesca</i>	1	40	cop <sub>1</sub>	Вег.	Хор.
<i>Filipendula vulgaris</i>	2	5-10	sp	Вег.	Хор.
<i>Veronica incana</i>	2	10	sol	Вег.	Хор.
<i>Artemisia</i> sp.	2	10	sol	Вег.	Хор.
<i>Dianthus rigidus</i>	2	20	sol	Цвет.	Хор.
<i>Artemisia sieversiana</i>	2	10	sol	Вег.	Хор.
<i>Sedum hybridum</i>	2	20	sp	Цвет.	Хор.
<i>Allium nutans</i>	1	30	sp	Бут.	Хор.
<i>Allium globosum</i>	2	20	sp	Бут.	Хор.
<i>Galatella</i> sp.	2	20	sol	Цвет.	Хор.
<i>Thymus vulgaris</i>	2	5-8	sol	Плод.	Хор.
<i>Euphrasia tatarica</i>	2	10-15	sol	Цвет.	Хор.
<i>Artemisia frigida</i>	1	30-35	sol	Бут.	Хор.
<i>Artemisia marschalliana</i>	1	50	sp	Бут.	Хор.
<i>Patrinia intermedia</i>	2	20-25	sp	Плод.	Хор.
<i>Achillea nobilis</i>	2	20	sp	Плод.	Хор.
<i>Pulsatilla patens</i>	2	10	sol	Вег.	Хор.

Флористический состав составлен по обилию в сообществе на 35 % из злаков *Festuca valesiaca*, *Stipa capillata*, *Elymus angustus*, сложноцветных *Artemisia austriaca*, *Artemisia dracunculus*, *Artemisia sieversiana*, *Achillea nobilis*, *Galatella* sp., *Hieracium echioides*, бобовых *Medicago falcata*, *Glycyrrhiza uralensis*, *Astragalus* sp., розоватных *Potentilla bifurca*, *Spiraea ahypericifolia*, *Fragaria vesca*,

*Filipendula vulgaris*. Остальные систематические группы представлены 1-2 видами.

В ассоциации выделено 2 яруса. Первый от 25 до 50 см высотой, составлен рослым разнотравьем из *Artemisia frigida* – sp, *Artemisia marschalliana* – sol, *Festuca valesiaca* - cop<sub>3</sub>, *Artemisia austriaca* - cop<sub>1</sub>, *Stipa capillata* - cop<sub>2</sub>, *Eryngium planum* – sol, *Galium ruthenicum* – sol, *Artemisia dracunculus* – sp, *Iris halophila* – sol, *Glycyrrhiza uralensis* – sp, *Elymus angustus* - cop<sub>2</sub>, *Spiraea hypericifolia* - cop<sub>1</sub>, *Veronica spuria* – sol, *Silene wolgensis* – sol, *Hieracium echioides* – sol, *Fragaria vesca* - cop<sub>1</sub>, *Allium nutans* – sp.

Второй от 5 до 25 см высотой, занимают низкие многолетники – sol, *Euphrasia tatarica* – sp, *Patrinia intermedia* – sol, *Achillea nobilis* – sp, *Pulsatilla patens* – sp, *Medicago falcata* – sp, *Linaria* sp. – sol, *Potentilla bifurca* – sp, *Chenopodium* sp. – sp, *Onosma simplicissimum* – sol, *Ziziphora bungeana* – sol, *Astragalus* sp. – sol, *Filipendula vulgaris* – sp, *Veronica incana* – sol, *Dianthus rigidus* – sol, *Artemisia sieversiana* – sol, *Artemisia* sp. – sol, *Sedum hybridum* – sp, *Allium globosum* – sp, *Galatella* sp. – sol.

Ассоциация, благодаря обилию злаков и разнотравья и высокой сомкнутости пригодна для использования для выпаса скота или заготовки сена.

Разнотравно-люцерново-земляничная ЦП (*Fragaria vesca*– *Herba varia*) описана по опушке леса по руслу р. Большая Каркаралинка. Почвы суглинистые, черноземные, напочвенный покров отсутствует. Характер растительности луговой. Аспект зелено-пестрый, ОПП около 80 %. Флористический состав 14 видов, представленных розоцветными *Fragaria vesca*, *Geum urbanum*, сложноцветными *Sonchus oleraceus*, *Taraxacum officinale*, бобовыми *Medicago falcata*, лютиковыми *Thalictrum simplex*, гераниевыми *Geranium pratense*, бурачниковыми *Lappula consanguinea*, губоцветными *Leonurus glaucescens*, подорожниковыми *Plantago stepposa*, *Plantago major*, гвоздичными *Gypsophila trichotoma*, злаковыми *Elymus angustus* и гречишными *Rumex* sp (табл. 32).

Таблица 32. Флористический состав разнотравно-люцерново-земляничной ЦП

Название растения	Ярус	Высота, см	Обилие	Фенофаза	Жизненное состояние
<i>Fragaria vesca</i>	3	10-15	cop <sub>2</sub>	Вег.	Хор.
<i>Medicago falcata</i>	2	15-25	sp-cop <sub>1</sub>	Цвет., плод.	Хор.
<i>Geranium pratense</i>	2	40	sp	Цвет.	Хор.
<i>Thalictrum simplex</i>	1	50-70	sol	Вег.	Хор.
<i>Lappula consanguinea</i>	2	25	sol	Цвет., плод.	Хор.
<i>Leonurus glaucescens</i>	2	20-30	sol	Цвет., плод.	Хор.
<i>Plantago stepposa</i>	3	20	sol	Цвет.	Хор.

<i>Geum urbanum</i>	2	25	sp	Цвет., плод.	Хор.
<i>Gypsophila trichotoma</i>	3	20	sol	Вер.	Хор.
<i>Elymus angustus</i>	1	50-70	sol	Плод.	Хор.
<i>Sonchus oleraceus</i>	2	30	sp	Цвет.	Хор.
<i>Plantago major</i>	3	15	sp	Плод.	Хор.
<i>Rumex sp.</i>	2	60	sol	Цвет., плод.	Хор.
<i>Taraxacum officinale</i>	1	90	sol	Бут.	Хор.

Доминантом является *Fragaria vesca*, константными видами *Geranium pratense*, *Thalictrum simplex*, *Elymus angustus*, *Geum urbanum*. В ассоциации выделены 3 яруса.

Первый высотой от 70 до 90 см, составлен высокими травянистыми многолетниками *Thalictrum simplex* – sol, *Taraxacum officinale* – sol.

Второй 25-70 см высотой представлен наибольшим видовым разнообразием, среди которых *Medicago falcata* - sp-cop<sub>1</sub>, *Geranium pratense* – sp, *Lappula consanguinea* – sol, *Leonurus glaucescens* – sol, *Geum urbanum* – sp, *Sonchus oleraceus* – sp, *Rumex sp.* – sol.

Третий высотой до 25 см, характеризуется низкими травами из *Fragaria vesca* - cop<sub>2</sub>, *Plantago stepposa* – sol, *Plantago major* - sp и *Gypsophila trichotoma* – sol. Ассоциация пригодна для выпаса скота, заготовки ягод и лекарственных растений.

Разнотравно-кустарниковая ЦП (*Rosa laxa*+ *Spiraea hypericifolia* – *Herba varia*) описана в на гранитных площадках возле сопки и руслом ручья. Видовой состав флоры составлен из 21 вида (табл. 33).

Таблица 33. Флористический состав разнотравно-кустарниковой ЦП

Название растения	Ярус	Высота, см	Оби- лие	Фено- фаза	Жиз- ненное состоя- ние
<i>Rosa laxa</i>	1	100-150	cop <sub>2</sub>	Плод.	Хор.
<i>Spiraea hypericifolia</i>	1	100	cop <sub>1</sub>	Плод.	Хор.
<i>Chamaenerium angustifolium</i>	1	100-150	cop <sub>2</sub>	Цвет., плод.	Хор.
<i>Sanguisorba officinalis</i>	1	100	cop <sub>1</sub>	Бут.	Хор.
<i>Phlomis tuberosa</i>	1	60-100	sp	Цвет.	Хор.
<i>Serratula coronata</i>	1	100-150	sol	Цвет.	Хор.
<i>Vicia sp.</i>	2	60-70	sp	Цвет., плод.	Хор.
<i>Veronica longifolia</i>	2	50	sp	Цвет., плод.	Хор.

<i>Lathyrus pratensis</i>	2	30-40	sp	Цвет.	Хор.
<i>Galium ruthenicum</i>	2	50	sp	Цвет.	Хор.
<i>Filipendula vulgaris</i>	2	20-25	sp	Вег.	Хор.
<i>Tanacetum vulgare</i>	2	50-60	sp	Цвет.	Хор.
<i>Galatella sp.</i>	2	50-60	sp	Цвет.	Хор.
<i>Hieracium umbellatum</i>	2	50-60	sol	Бут.	Хор.
<i>Geranium pratense</i>	2	60	sp	Цвет., плод.	Хор.
<i>Thalictrum simplex</i>	2	60-80	sp- cop <sub>1</sub>	Плод.	Хор.
<i>Lavatera thuringiaca</i>	2	60-80	sol	Цвет.	Хор.
<i>Fragaria vesca</i>	3	10-50	sol	Вег.	Хор.
<i>Galium sp.</i>	2	30	sp	Вег.	Хор.
<i>Trifolium lupinaster</i>	2	40	sp	Вег.	Хор.
<i>Plantago cornuti</i>	3	25	sol	Цвет.	Хор.

Почва черноземная, хорошо увлажненная. Характер растительности – за-кустаренный луг. Сомкнутость травостоя высокая 8-10, ОПП 95 %. Напочвен-ный покров не отмечен.

Во флористическом разнообразии преобладают виды из семейства розо-цветных *Rosa laxa*, *Spiraea hypericifolia*, *Sanguisorba officinalis*, *Filipendula vul-гарis*, *Fragaria vesca*. Вторую позицию занимают сложноцветные *Serratula coronata*, *Tanacetum vulgare*, *Galatella sp.*, *Hieracium umbellatum*. Остальные се-мейства имеют по 1-2 вида.

Доминантами ассоциации являются *Rosa laxa*, *Chamaenerium angustifolium*, содоминантами *Spiraea hypericifolia*, *Sanguisorba officinalis*, *Thalictrum simplex*.

В растительном покрове хорошо выражены 3 яруса. Первый 1-1,5 м высо-той, содержит кустарники и высокие многолетние травы: *Rosa laxa* - cop<sub>2</sub>, *Spiraea hypericifolia* - cop<sub>1</sub>, *Chamaenerium angustifolium* - cop<sub>2</sub>, *Sanguisorba officinalis* - cop<sub>1</sub>, *Phlomis tuberosa* – sp, *Serratula coronata* – sol.

Второй (30-80 см высотой) составлен среднерослыми многолетниками, из них *Vicia sp.* – sp, *Veronica longifolia* – sp, *Lathyrus pratensis* – sp, *Galium ruthenicum* – sp, *Filipendula vulgaris* – sp, *Tanacetum vulgare* – sp, *Galatella sp.* – sp, *Hieracium umbellatum* – sol, *Geranium pratense* – sp, *Thalictrum simplex* - sp-cop<sub>1</sub>, *Lavatera thuringiaca* – sol, *Galium sp.* – sp, *Trifolium lupinaster* – sp. Третий до 25 см высо-той не богат числом видов, составлен из *Fragaria vesca* – sol и *Plantago cornuti* – sol.

Разнотравно-осоковая ЦП (*Carex sp.* – *Herba varia*) описана в пойме оз. Па-шенное. Почва черноземная, хорошо насыщена влагой. Характер растительно-сти – заливной луг с видовым разнообразием в 33 вида. Сомкнутость высокая, 7-8, ОПП до 95 %. Доминантом в ассоциации является *Carex sp.*, константные виды *Sium sisaroides*, *Lathyrus palustris*, *Plantago maritima*, *Phlomis sp* (табл. 34).

Таблица 34. Флористический состав разнотравно-осоковой ЦП

Название растения	Ярус	Высота, см	Оби- лие	Фено- фаза	Жизненное состояние
<i>Salix rosmarinifolia</i>	1	150-300	cop <sub>1</sub>	Вег.	Хор.
<i>Sium sisaroides</i>	2	100-120	cop <sub>2</sub>	Цвет.	Хор.
<i>Glycyrrhiza uralensis</i>	2	50	cop <sub>2</sub>	Плод.	Хор.
<i>Sanguisorba officinalis</i>	2	100	sp	Цвет.	Хор.
<i>Thalictrum simplex</i>	2	70	sp	Плод.	Хор.
<i>Geranium pratense</i>	2	50	cop <sub>1</sub>	Цвет., плод.	Хор.
<i>Vicia</i> sp.	2	30	sol	Цвет., плод.	Хор.
<i>Medicago</i> sp.	3	20	sp	Цвет., плод.	Хор.
<i>Parnassia palustris</i>	3	15	sol-sp	Цвет.	Хор.
<i>Phlomis</i> sp.	2	50	sp	Цвет.	Хор.
<i>Lysimachia vulgaris</i>	2	80	sp	Цвет.	Хор.
<i>Lathyrus palustris</i>	2	40	sol	Цвет.	Хор.
<i>Lathyrus pratensis</i>	2	40	sol	Цвет.	Хор..
<i>Chamaenerium angustifolium</i>	2	60	sp	Цвет.	Хор.
<i>Carex</i> sp.	2	40	cop <sub>3</sub>	Вег.	Хор.
<i>Scutellaria</i> sp.	3	20	sp	Цвет., плод.	Хор.
<i>Plantago maritima</i>	2	30	sol	Плод.	Хор.
<i>Inula britannica</i>	2	30	sol	Цвет.	Хор.
<i>Lycopus exaltatus</i>	2	40	sol	Цвет.	Хор.
<i>Astragalus sulcatus</i>	2	30	sol	Цвет., плод.	Хор.
<i>Melilotus dentatus</i>	2	70	sol	Цвет., плод.	Хор.
<i>Sonchus oleraceus</i>	2	70	sol	Цвет.	Хор.
<i>Cirsium</i> sp.	2	60	sp	Цвет.	Хор.
<i>Galatella</i> sp.	2	90	sol	Цвет.	Хор.
<i>Mentha arvensis</i>	3	15	sol	Цвет.	Хор.
<i>Sedum purpureum</i>	2	40	sol	Бут.	Хор.
<i>Lithrum virgatum</i>	2	50	sol	Цвет.	Хор.
<i>Mentha</i> sp.	2	50	sol	Цвет.	Хор.
<i>Erigeron</i> sp.	2	60	sol	Цвет.	Хор.
<i>Dactylorhiza incarnata</i>	3	20	sol	Плод.	Хор.
<i>Vicia</i> sp.	3	-	sol	Цвет.	Хор.
<i>Cirsium esculentum</i>	3	5	sol	Бут.	Хор.
<i>Potentilla</i> sp.	2	30	sp	Цвет.	Хор.

Описаны 3 яруса: первый – кустарниковый, до 1,5-3 м высотой, сформирован *Salix rosmarinifolia* - сор<sub>1</sub>. Второй, травянистый, сформированный из высоко- и средне-рослых травянистых многолетников, 25-90 см высотой. Произрастают следующие виды: *Sium sisaroides* - сор<sub>1</sub>, *Glycyrrhiza uralensis* - сор<sub>2</sub>, *Sanguisorba officinalis* – sp, *Thalictrum simplex* – sp, *Geranium pratense* - сор<sub>1</sub>, *Vicia* sp. – sol, *Phlomis* sp. – sp, *Lysimachia vulgaris* – sp, *Lathyrus palustris* – sol, *Lathyrus pratensis* – sol, *Chamaenerium angustifolium* – sp, *Carex* sp. - сор<sub>3</sub>, *Inula britannica* - sol, *Lycopus exaltatus* – sol, *Melilotus dentatus* - sol, *Sonchus oleraceus* – sp, *Galatella* sp. – sol, *Sedum purpureum* – sol, *Lithrum virgatum* – sol, *Mentha* sp. – sol, *Erigeron* sp. – sol, *Potentilla* sp. – sp. Третий, до 20-25 см высотой, составлен низкорослыми травами, из них *Medicago* sp. – sp, *Parnassia palustris* - sol-sp, *Mentha arvensis*– sol, *Dactylorhiza incarnata* – sol, *Vicia* sp. – sol, *Cirsium esculentum* – sol.

Жимолостно-злаковая ЦП (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Melica altissima* L., *Lonicera tatarica* L.) описана в окр. г. Каркаралы, сделано 5 описаний. Травостой сравнительно разнообразный, представлен более 40 видами, входит в заросли кустарника (табл. 35).

Таблица 35. Флористический состав жимолостно-злаковой ЦП

Название растения	Ярус	Высота, см	Обилие	Фенофаза	Жизненное состояние
<i>Rosa pimpinellifolia</i>	1	150	sp	Плод.	Хор.
<i>R. acicularis</i>	1	120	sp	Плод.	Хор.
<i>Amygdalus nana</i>	1	170	sp	Плод.	Хор.
<i>Spiraea media</i>	1	150	sol	Вег.	Хор.
<i>Rubus idaeus</i>	2	100	s	Цвет.	Хор.
<i>R. caesius</i>	3	90-100	сор <sub>2</sub>	Цвет.	Хор.
<i>Caragana frutex</i>	1	80-90	s	Плод.	Хор.
<i>Lonicera tatarica</i>	1	200	сор-сор <sub>2</sub>	Плод.	Хор.
<i>Calamagrostis epigeios</i>	2	90-100	сор-сор	Плод.	Хор.
<i>Lavatera thuringiaca</i>	2	90	sp	Цвет.	Хор.
<i>Melica altissima</i>	2	50	сор <sub>3</sub>	Плод.	Хор.
<i>M. transsilvanica</i>	2	45	sol	Плод.	Хор.
<i>Phalaroides arundinacea</i>	2	54	sol	Плод.	Хор.
<i>Elytrigia repens</i>	2	35	sol	Плод.	Хор.
<i>Bromopsis inermis</i>	2	30-35	sp	Цвет.	Хор.
<i>Dactylis glomerata</i>	2	30-35	s	Плод.	Хор.
<i>Agrimonia pilosa</i>	2	30	sp	Цвет.	Хор.
<i>Crepis sibirica</i>	2	90	s	Цвет.	Хор.
<i>Knorringia sibirica</i>	2	55	sol	Цвет.	Хор.
<i>Heracleum sibiricum</i>	1	90	s	Цвет.	Хор.

<i>Artemisia absinthium</i>	2	45	sp	Веґ.	Хор.
<i>A. sericea</i>	2	30-35	sol	Веґ.	Хор.
<i>A. vulgaris</i>	2	60-65	sol	Веґ.	Хор.
<i>Geum aleppicum</i>	2	45-50	s	Цвет.	Хор.
<i>G. rivale</i>	2	50-55	sol	Цвет.	Хор.
<i>Cirsium serratuloides</i>	2	50-60	sol	Цвет.	Хор.
<i>Ferula soongarica</i>	2	85-90	s	Плод.	Хор.
<i>Agropyron pectinatum</i>	2	40	sol	Плод.	Хор.
<i>Brachypodium pinnatum</i>	2	45	cop <sub>2</sub>	Веґ.	Хор.
<i>Elymus mutabilis</i>	2	40	sol	Веґ.	Хор.
<i>Thalictrum simplex</i>	2	60-80	sol	Цвет.	Хор.
<i>Hieracium echioides</i>	2	80-90	sol	Цвет.	Хор.
<i>Galatella punctata</i>	2	60	sol	Цвет.	Хор.
<i>Bupleurum krylovianum</i>	2	65	cop <sub>3</sub>	Плод.	Хор.
<i>B. longifolium</i> sp. aureum	2	45	sol	Плод.	Хор.
<i>Clematis integrifolia</i>	2	Полз.	sol	Цвет.	Хор.
<i>Medicago falcata</i>	2	50	s	Цвет.	Хор.
<i>Galium verum</i>	2	40-50	sol	Цвет.	Хор.
<i>Melandrium album</i>	2	40	s	Цвет.	Хор.
<i>Echinops</i> <i>sphaerocephalus</i>	2	60	s	Цвет.	Хор.
<i>Phlomis tuberosa</i>	2	60-70	s	Плод.	Хор.
<i>Hypericum perforatum</i>	2	60-65	s	Плод.	Хор.
<i>Lathyrus pisiformis</i>	2	50	s	Цвет.	Хор.
<i>L. pratensis</i>	2	50	s	Цвет.- плод.	Хор.
<i>Achillea millefolium</i>	2	40-50	s	Цвет.	Хор.
<i>Chelidonium majus</i>	2	45	s	Цвет.- плод.	Хор.
<i>Trifolium pratense</i>	2	20	s	Цвет.- плод.	Хор.
<i>Carex lachenalii</i>	2	30	s	Плод.	Хор.
<i>C. macroura</i>	2	30	cop <sub>2</sub>	Плод.	Хор.
<i>Festuca pratensis</i>	2	35	s	Плод.	Хор.
<i>Nepeta ucranica</i>	2	70-80	s	Цвет.	Хор.
<i>Conium maculatum</i>	2	50	s	Цвет.	Хор.
<i>Vicia megalotropis</i>	2	35	sol	Цвет.- плод.	Хор.
<i>Phleum phleoides</i>	2	55	sol	Плод.	Хор.
<i>Fragaria viridis</i>	2	20	cop <sub>3</sub>	Цвет.	Хор.
<i>Viola hirta</i>	2	20	sol	Цвет.	Хор.
<i>V. canina</i>	2	30	s	Цвет.	Хор.
<i>Scutellaria altaica</i>	2	25-35	sol	Цвет.	Хор.

Сложение травостоя нечетко трехъярусное. Первый ярус высотой до 2 м с проективным покрытием 20-45 %, полидоминантен: *Melica altissima* L. – сор<sub>2</sub>, *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth – сор<sub>2</sub>, на их долю в покрытии приходится до 35 %. Первый ярус составлен *Lavatera thuringiaca* L. – сп, *Dactylis glomerata* L. – с, *Agrimonia pilosa* Ledeb. – сп, *Crepis sibirica* L. – с, *Knorringia sibirica* (Laxm.) Tzvel. (*Polygonum sibiricum* Laxm.) – сол, *Conium maculatum* L. – с, *Heracleum sibiricum* L. – с, *Artemisia vulgaris* L. – сол, *Geum rivale* L. – сол, *Cirsium serratuloides* (L.) Hill. – сол, *Ferula soongarica* Pall. ex Spreng. – с, *Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beauv. – сол, *Elymus mutabilis* (Drob.) Tzvel. – сол, *Thalictrum simplex* L. – сол, *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub – сп, *Echinops sphaerocephalus* L. – с. В основном составлен видами горно-лесного высокоотравья (66,6 %).

Во втором ярусе (40-60 см высоты) в роли субдоминантов могут выступать *Bupleurum krylovianum* Schischk. – сор<sub>3</sub>, *Clematis integrifolia* L. – сор<sub>3</sub>, *Artemisia sericea* Web. – сор<sub>3</sub>, к которым примешиваются *Hieracium echinoides* Lumn. – сол, *Galatella punctata* (Waldst. et Kit.) Nees – сол, *Medicago falcata* L. – с, *Origanum vulgare* L. – сол, *Potentilla chrysantha* Trev. – сол, *Galium verum* L. – сол, *Melandrium album* (Mill.) Garcke – с, *Oberna behen* (L.) Ikonn. (*Silene latifolia*) – с, *Phlomis tuberosa* (L.) Moench – с, *Hypericum perforatum* L. – с, *H. hirsutum* L. – с, *Carex lachenalii* Schkuhr – с, *Geum rivale* L. – с, *G. aleppicum* Jacq. – с, *Lithospermum officinale* L. – с, *Lathyrus pisiformis* L. – с, *L. pratensis* L. – с, *Melicatranssilvanica* Schur – сол, *Achillea millefolium* L. – с, *Chelidonium majus* L. – с, *Trifolium pratense* L. – с, *Festuca pratensis* Huds. – сол, *Bupleurum longifolium* subsp. *aureum* (Fisch. ex Hoffm.) Soó – сол, *Nepeta ucranica* L. – с, *Artemisia absinthium* L. – сол, *Urtica dioica* L. – сол, *Vicia megalotropis* Ledeb. – сол, *Phleum phleoides* (L.) Karst. – сол. Преобладают горно-луговые виды со значительной примесью рудеральных видов (*Urtica dioica* L., *Chelidonium majus* L., *Artemisia vulgaris* L., *Conium maculatum* L.) – 13,5 %, результат воздействия выпаса скота. Покрытие до 70 %.

Третий ярус – 5-20 см высотой, беден, состоит из *Rubus caesius* L. – сор<sub>2</sub>, *Fragaria viridis* (Duch.) Mill. – сор<sub>3</sub>, *Carex macroura* Meinch. – сор, реже *Viola hirta* L. – с, *V. canina* L. – с, *Scutellaria altaica* Fisch. ex Sweet – сол. Покрытие до 70%.

В кустарнике, с сомкнутостью 09-1, из травянистых отмечены *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub – сол, *Bupleurum longifolium* subsp. *aureum* (Fisch. ex Hoffm.) Soó – сп, *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv. – сп, *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth – сп, *Elymus mutabilis* (Drob.) Tzvel. – сол, *Melica altissima* L. – сп.

Караганово-спиреево-скабиозовая (*Scabiosa ochroleuca* L., *Spiraea trilobata* L., *Caragana frutex* (L.) C. Koch) ЦП широко встречается по степным участкам в предгорьях Каркаралы. Кустарниковый ярус хорошо развит, где доминирует *Caragana frutex* (L.) C. Koch. с покрытием от 35-45 %, в роли субдоминанта на скалистых участках с покрытием до 35% выступает *Spiraea trilobata* L. – сор, менее обильны *Caragana arborescens* Lam. – сол, *Rosa pimpinellifolia* L. – сп, *Spiraea hypericifolia* L. – сол, *Lonicera tartarica* L. – сол, покрытие 35-45 %, сомкнутость 04-06, реже до 07 (табл. 36).

Таблица 36. Флористический состав ЦП с участием *Caragana frutex*

Название растений	Караганово-житняково-перловниковая		Караганово-спиреево-скабиозовая	
	Обилие по Друде	Высота, см	Обилие по Друде	Высота, см
<i>Caragana arborescens</i>	sol	100	sp	100
<i>C. frutex</i>	cop <sub>1</sub>	100	cop <sub>3</sub>	100
<i>Spiraea hypericifolia</i>	cop <sub>3</sub>	100	sp	100
<i>S. trilobata</i>	-	-	cop	100
<i>Rosa acicularis</i>	sol	80	-	-
<i>R. pimpinellifolia</i>	sp	100	sol	80
<i>Lonicera tatarica</i>	sp	180-250	-	-
<i>Melica altissima</i>	cop	45	cop <sub>3</sub>	50
<i>M. transsilvanica</i>	cop <sub>2</sub>	45-50	-	-
<i>Agropyron pectinatum</i>	cop <sub>2</sub>	40-50	sol	35-40
<i>Dracocephalum nutans</i>	cop <sub>2</sub>	30-35	sol	30-35
<i>Chelidonium majus</i>	cop <sub>3</sub>	До 50	-	-
<i>Ferula soongarica</i>	sol	100	-	-
<i>Leonurus cardiaca</i>	sol	70-80	-	-
<i>Potentilla chrysantha</i>	sol	30-55	-	-
<i>P. virgata</i>	-	-	sp	50
<i>Phleum phleoides</i>	sol	70-75	Sol	65-70
<i>Alcea nudiflora</i>	sol	60-70	Sol	80
<i>Carduus crispus</i>	Sol	50-60	-	-
<i>A. dracunculus</i>	-	-	Sol	65-80
<i>A. sericea</i>	-	-	Sol	45-50
<i>A. vulgaris</i>	Sol	60-70	-	-
<i>Achillea millefolium</i>	Sol	45-50	Sol-sp	50-55
<i>Sedum hybridum</i>	Sol	35-40	Cop	35-40
<i>Viola hirta</i>	Sol	25-30	-	-
<i>Galium verum</i>	Sol	35-40	Cop <sub>3</sub>	40-45
<i>Phlomis tuberosa</i>	Sol	45-50	-	-
<i>Lavatera thuringiaca</i>	Sol	80-90	-	-
<i>Fragaria viridis</i>	Sol	20	-	-
<i>Medicago falcata</i>	Sol	45-60	-	-
<i>Scutellaria altaica</i>	Sol	30	-	-
<i>Galatella hauptii</i>	Sol	45-55	-	-
<i>Dactylis glomerata</i>	Sol	30-40	-	-
<i>Ligularia glauca</i>	Sol	70-80	-	-
<i>Scabiosa ochroleuca</i>	-	-	Cop <sub>1</sub>	40-45
<i>Poa angustifolia</i>	-	-	Sol	30

<i>P. attenuata</i>	-	-	Sp	35
<i>Veronica pinnata</i>	-	-	Sp	40
<i>Verbascum Thapsus</i>	-	-	Sol	90-100
<i>Echium vulgare</i>	-	-	Sol	45-50
<i>Anthemis tinctoria</i>	-	-	Sol	До 40
<i>Orostachys spinosa</i>	-	-	Sp	30-40
<i>Berteroa incana</i>	-	-	Sp	30
<i>Setaria viridis</i>	-	-	Sp	35

Основу травостоя этой группы ассоциаций составляет *Melica transsilvanica* Schur - сор<sub>3</sub>, *Hypericum perforatum* L. - сор<sub>3</sub>, *Scabiosa ochroleuca* L. - сор<sub>2</sub> к которым примешиваются сопутствующие виды разнотравья.

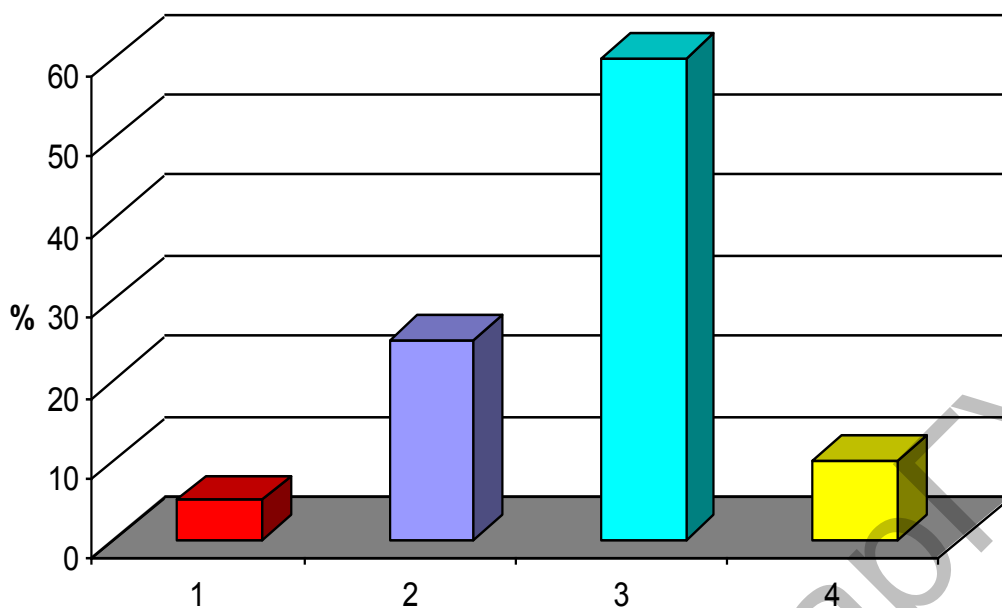
Флористический состав не превышает 31 вид, представлен, в основном, горно-степными, реже петрофитными видами с покрытием до 60 %. Из сопутствующих видов типичны *Achillea millefolium* L. – sp, *Artemisia absinthium* L. – sp, *A. dracunculus* L. – sol, *A. sericea* Web. – sol, *Potentilla virgata* Lehm. (*P. dealbata* Bunge) – sp, *Phleum phleoides* (L.) Karst. – sp, *Poa attenuata* Trin. – sp, *P. angustifolia* L. – sol, *Veronica pinnata* L. – sol, *Verbascum thapsus* L. – s, *Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beauv. – sol, *Alsea nudiflora* (Lindl.) Boiss. – s, *Dracocepalum nutans* L. – sol, *Echium vulgare* L. – sol, *Anthemis tinctoria* L. – s, *Berteroa incana* (L.) DC. – sp, *Setaria viridis* (L.) Beauv. – sp. В ассоциации широко представлены рудеральные виды (29 % от общего числа видов ассоциации). ОПП около 80 %.

В результате обследований выявлены разнотравно-василистковые, петрофитно-кустарниковая, разнотравно-злаковая, разнотравно-земляничная, разнотравно-кустарниковая, разнотравно-осоковая, жимолостно-злаковая, караганово-житняково-перловниковая, караганово-спиреево-скабиозовая сообщества.

Число компонентов в сообществах колебалось от 12 до 47 видов. Наиболее распространенными видами являются: карагана кустарник, таволга зверобоелистная, типчак, житняк гребенчатый, жимолость татарская, василистник простой и другие.

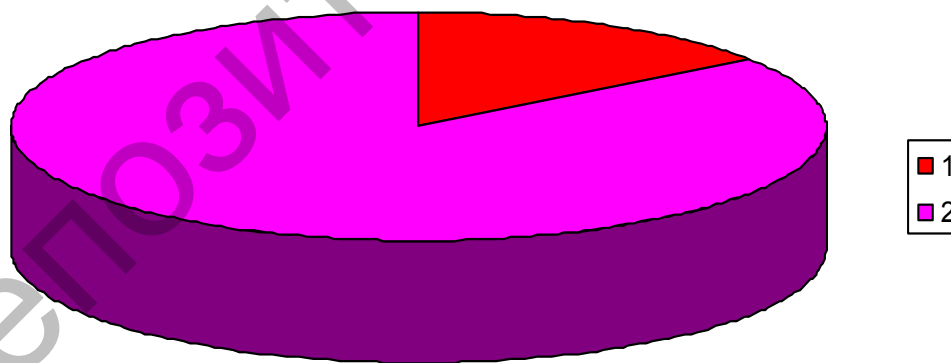
Анализ соотношения жизненных форм растений показал следующее: доля деревьев и кустарников составляет не менее 3-5 %, полукустарников и полукустарничков – 20-25 %, травянистые многолетники – 55-60 %, травянистые малолетники (1-2-летние растения) – 5-10 % (рис. 18).

Проанализировали соотношение элементов естественной растительности и сорно-рудеральных видов. Было выявлено, что в природных условиях доля элементов естественной растительности составила около 80-85 %, а доля сорно-рудеральных растений 15-20 % соответственно (рис. 19).



Жизненные формы: 1 – деревья и кустарники, 2 – полукустарники и полукустарнички, 3 – травянистые многолетники, 4 – травянистые однолетники

Рис. 18. Соотношение жизненных форм растений на ненарушенных территории гор Каркаралы



1 – сорно-рудеральные растения, 2 – естественно-произрастающие виды растений

Рис. 19. Соотношение элементов сорной и естественной растительности на ненарушенных территориях Карагандинской области

В окрестностях г. Балхаш в 1000 м от санитарной зоны металлургического завода произрастает злаково-сорно-разнотравное сообщество (житняк гребен-

чатый, полынь австрийская, полынь холодная, тысячелистник обыкновенный, полынь Шренковская, типчак, шалфей степной) с небольшим присутствием сорных элементов (горец птичий, бодяк, белена черная, ноннея темная, иссоп, василек шероховатый). Аспект растительности серо-зеленый, ярусность из-за слабой разреженности растений в ЦП не выражена. Доля сорных элементов составила 20-25 %. ОПП не высокое, около 25-30 %. Число видов в ЦП составило 13-14 видов (табл. 37).

Таблица 37. Флористический состав злаково-сорно-разнотравной ЦП

Название растения	Высота, см	Обилие	Фенофаза	Жизненное состояние
<i>Agropyrum cristatum</i>	25-30	cop <sub>2</sub>	Вег.	Хор.
<i>Artemisia austriaca</i>	20-23	Sp	Цвет., плод.	Хор.
<i>Artemisia frigida</i>	18-20	Sol	Вег.	Хор.
<i>Achillea millefolium</i>	20-24	Sp	Цвет.	Хор.
<i>Artemisia schrenkiana</i>	30-32	Sol-sp	Вег.	Пл.
<i>Stipa valesiaca</i>	14-18	Cop1	Цвет.- плод.	Пл.
<i>Salvia stepposa</i>	40-45	un	Бут.-цвет.	Хор.
<i>Polygonum aviculare</i>	Ползучее	Sol	Цвет.	Пл.
<i>Cirsium setosum</i>	20-30	Sol	Бут.-цвет.	Хор.
<i>Hyoscyamus niger</i>	До 5	sol	Вег.	Пл.
<i>Nonnea pulla</i>	10-14	Sol	Бут.-цвет.	Пл.
<i>Hyssopus ambiguus</i>	20-25	Sol	Бут.	Хор.
<i>Centaurea scabiosa</i>	30-35	sol	Бут.-цвет.	Хор.
<i>Chenopodium aristatum</i>	10-12	Sp	Бут.	Пл.
<i>Artemisia sieversiana</i>	40-45	Sp-sol	Бут.	Пл.

В окрестности г. Жезказган, на отвалах пульпохранилища в 5 км города растительность представлена сорно-полынно-разнотравным сообществом в виде цикория обыкновенного, полыни Сиверсовской, лопуха войлочного, полыни эстрагона, клоповника продырявленного, вьюнка полевого (табл. 38).

Таблица 38. Флористический состав сорно-полынно-разнотравной ЦП

Название растения	Высота, см	Обилие	Фенофаза	Жизненное состояние
<i>Cichorium intybus</i>	40-45	Sp	Вег.	Хор.
<i>Artemisia sieversiana</i>	35-45	Cop1	Цвет., плод.	Хор.
<i>Arctium tomentosum</i>	40-55	Sol	Бут.-	Пл.

			цвет.	
<i>Lepidium perfoliatum</i>	До 10	Sp	Отм.	Хор.
<i>Convolvulus arvensis</i>	Ползучее	Sp	Цвет.- плод.	Хор.
<i>Polygonum aviculare</i>	Ползучее	Sp- Cop1	Цвет.- плод.	Хор.
<i>Chenopodium aristatum</i>	20-25	Sol	Бут.	Пл.

Аспект растительности грязно-серый, ОПП 15-20 %, Ярусность не выражена. Видовой состав очень бедный, представлен 5-8 видами. Стоит отметить, что в растительном покрове присутствуют только травянистые многолетники и однолетники. Сорные виды составляют 90 %.

В 5 км северо-восточнее г. Жезказган описано разнотравно-кустарниковое сообщество (табл. 39).

Таблица 39. Флористический состав разнотравно-кустарниковой ЦП

Название растения	Ярус	Высота, см	Оби- лие	Фено- фаза	Жизненное состояние
<i>Caragana frutex</i>	1	85-90	sp	Плод.	Хор.
<i>Spiraea hypericifolia</i>	1	100	cop <sub>1</sub>	Плод.	Хор.
<i>Sanguisorba officinalis</i>	1	100	cop <sub>1</sub>	Бут.	Хор.
<i>Phlomis tuberosa</i>	1	60-100	sp	Цвет.	Хор.
<i>Veronica longifolia</i>	2	50	sp	Цвет., плод.	Хор.
<i>Lathyrus pratensis</i>	2	30-40	sp	Цвет.	Хор.
<i>Galium ruthenicum</i>	2	50	sp	Цвет.	Хор.
<i>Filipendula vulgaris</i>	2	20-25	sp	Верг.	Хор.
<i>Tanacetum vulgare</i>	2	50-60	sp	Цвет.	Хор.
<i>Geranium pratense</i>	2	60	sp	Цвет., плод.	Хор.
<i>Thalictrum simplex</i>	2	60-80	sp-cop <sub>1</sub>	Плод.	Хор.
<i>Artemisia sieversiana</i>	2	75-80	sol	Бут.	Хор.
<i>Lepidium perfoliatum</i>	2	До 15	sp	Отм.	Пл.

Аспект растительности – пестрый, выделено 2 яруса – кустарниковый и травянистый. Видовой состав не очень богатый, около 12-13 видов.

Доля сорных видов составила 18 %. В ЦП присутствуют как древесно-кустарниковые элементы, так и полукустарнички и травянистые компоненты.

Окрестности г. Темиртау. Описание сообществ проведено в двух точках: окр. Metallургического комбината (2 км на восток) и в 45 км севернее.

В окрестности Metallургического комбината растительность местами отсутствует, имеются отдельные сорные ЦП с особями тростника южного в по-

нижениях, полыни Сиверсовской, житняка гребенчатого, клоповника пронзеннолистного, бодяка седого (табл. 40).

Таблица 40. Флористический состав сорных ЦП в окр. Metallургического комбината

Название растения	Высота, см	Обилие	Фенофаза	Жизненное состояние
<i>Artemisia sieversiana</i>	85-90	sp	Бут.	Пл.
<i>Cirsium setosum</i>	25-32	cop <sub>1</sub>	Бут.-цвет.	Хор.
<i>Agropyrum cristatum</i>	18-20	Sol-sp	Отм.	Пл.
<i>Lepidium perfoliatum</i>	8-10	Cop-sp	Отм.	Пл.
<i>Pharmites communis</i>	95-110	Cop <sub>1,2</sub>	Плод.	Пл.

ОПП очень низкое, от 0 до 10 %. Среди жизненных форм отсутствуют деревья, кустарники, полукустарники и полукустарнички. Высока доля сорных видов – более 90 %.

В 45 км севернее г. Темиртау нами описаны разнотравно-злаковое сообщество с участием типчака, житняка гребенчатого, лена многолетнего, ястребинки, шалфея степного, полыни австрийской, тимьяна Маршаллиевского, полыни эстрагон, герани холмовой, пижмы пижмовидной, тысячелистника обыкновенного и щетинистого, мари остистой, солянки холмовой, пикриса, грудницы татарской, полыни Сиверсовской (табл. 41).

Таблица 41. Флористический состав разнотравно-злаковой ЦП в 45 км севернее г. Темиртау

Название растения	Высота, см	Обилие	Фенофаза	Жизненное состояние
<i>Artemisia sieversiana</i>	85-90	sp	Бут.	Пл.
<i>Festuca valesiaca</i>	До 12	Cop-sp	Отм.	Пл.
<i>Agropyrum cristatum</i>	20-23	Cop <sub>1,2</sub>	Плод.	Хор.
<i>Linum perenne</i>	20-25	Sol	Цвет.-плод.	Пл.
<i>Hieracium vilosum</i>	35	Sol	Бут.	Хор.
<i>Salvia stepposa</i>	25-30	Un	Бут.-цвет.	Хор.
<i>Thymus marschallianus</i>	До 20	Sp-sol	Плод.	Пл.
<i>Artemisia dracunculus</i>	40-45	Sol	Бут.	Пл.
<i>Geranium collinum</i>	До 35	Sol	Цвет.	Пл.
<i>Achillea millefolium</i>	20-24	Sp	Цвет.-плод.	Хор.
<i>Achillea setacea</i>	24-28	Sp-sol	Цвет.-плод.	Хор.

<i>Chenopodium aristatum</i>	18-24	Sol	Бут.	Хор.
<i>Salsola collina</i>	35-45	Sol	Вег.	Пл.
<i>Picris hieracioides</i>	40-45	Sol	Цвет.	Пл.
<i>Crinitaria tatarica</i>	До 20	Sol	Бут.- цвет.	Пл.

Аспект растительности зелено-пестрый, ярусность практически не выражена. ОПП составила от 45 до 60 %.

Растительность является основным функциональным блоком экосистемы. Она выполняет роль биоэкологического индикатора, участвует в формировании почв, влияет на круговорот веществ в природе.

В природе растительность можно считать первым индикатором экологической дестабилизации экосистем. По современному состоянию растительных сообществ, ее флористическому и ценотическому разнообразию можно судить о скорости и направленности антропогенных и антропогенно-стимулированных процессов, динамике других компонентов экосистемы (почвы, грунтовых и поверхностных вод). На обследованных территориях отмечено прогрессирование процессов техногенного опустынивания.

Сравнение сообществ показало, что в окрестностях промышленных центров наблюдается выпадение элементов естественной растительности и замена ее на сорно-рудеральные виды, которые более устойчивы к антропогенному влиянию (табл. 42). То есть естественные ЦП сменяются на разнотравно-сорно-полынные, сорно-полынно-разнотравные и сорно-рудеральные).

Таблица 42. Соотношение элементов естественной и сорной растительности в исследованных ЦП

Наименование ЦП	Доля элементов естественной растительности, %	Доля сорно-рудеральных видов, %
Окр.г. Балхаш		
Злаково-сорно-разнотравная	75,0	25,0
Сорно-полынно-разнотравная	10,0	90,0
Окр.г. Жезказган		
Разнотравно-кустарниковая	82,0	18,0
Окр.г. Темиртау		
Сорная	8,0	92,0
Разнотравно-злаковая	73,0	27,0
Техногенно-ненарушенные территории		
Разнотравно-василистниковой	100	0
Петрофитно-кустарниковая	96,0	4,0
Разнотравно-злаковая	87,0	13,0

Разнотравно-земляничная	85,0	15,0
Разнотравно-кустарниковая	92,0	8,0
Разнотравно-злаковая	82,0	18,0
Разнотравно-люцерново-земляничные	80,0	20,0
Разнотравно-кустарниковая	90,0	10,0
Разнотравно-осоковая	100	0
Жимолостно-злаковая	84,0	16,0
Караганово-житняково-перловниковая	100	0
Караганово-спиреево-скабиозовая	100	0

Таким образом, вокруг промышленных городов происходит выпадение многолетних длительно-вегетирующих элементов, увеличивается доля рудеральных травянистых однолетних элементов.

Проведенный анализ соотношения биоморф показал значительные изменения и в соотношении деревьев, кустарников, полукустарничков, травянистых многолетников и малолетников. Непосредственно на территории городов и в их окрестностях исчезают деревья и кустарники, следом полукустарники, полукустарнички и травянистые многолетники, в частности, дерновинные и корневищные растения, представленные ковылями, типчаком, житняком, мортуком.

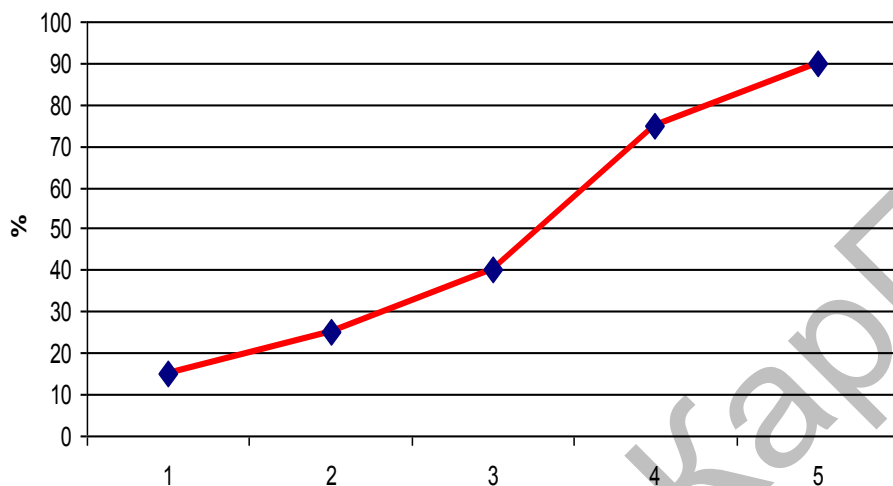
По мере удаления от промышленных центров происходит восстановление элементов растительного покрова (табл. 43).

Таблица 43. Динамика жизненных форм растений (в % от общего проективного покрытия)

Жизненные формы	Техногенно-ненарушенные территории	Окр.г. Балхаш	Окр. г. Жезказган	Окр. г. Темиртау
Деревья	5-7	0	0	0
Кустарники	18-20	3-5	0	0
Полукустарнички	65-70	5-8	3-5	3-5
Дерновинные многолетники	45-50	10-15	10-12	10-15
Корневищные многолетники	20-25	12-14	12-15	0
Однолетники	10-15	80-85	60-75	85-100

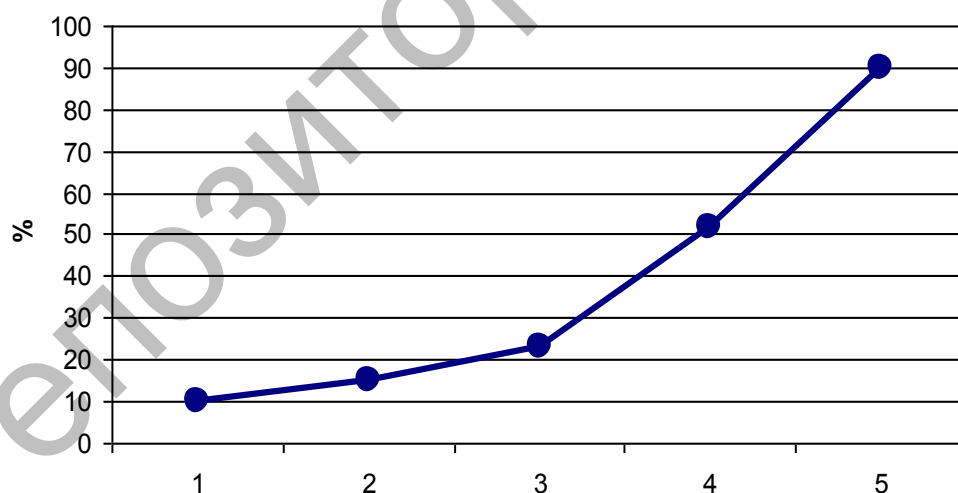
Происходит изменение и ОПП ЦП в различных местах обитания. Так, в окрестностях промышленных центров ОПП растительности не велико, что составляет от 10-15 до 40-50 %, в то время как в местах естественного обитания (на ненарушенных территориях) ОПП – от 40 до 80 %.

Определено, что степень антропогенной трансформации за счет воздействия промышленных центров наблюдается в различных точках от низкой (10-30 %) до средней (около 50 %) и высокой (60-80 %). В окрестностях промышленных регионов наблюдается 90-100 % трансформация растительного покрова (рис. 20, 21).



1 – окрестности промышленных центров, 2 – расстояние от 1 до 5 км, 3 – расстояние от 5 до 10 км, 4 – расстояние от 25 км, 5 – расстояние от 40 км

Рис. 20. Увеличение общего проективного покрытия растительного покрова в зависимости от увеличения расстояния от г. Балхаш



1 – окрестности промышленных центров, 2 – расстояние от 1 до 5 км, 3 – расстояние от 5 до 10 км, 4 – расстояние от 25 км, 5 – расстояние от 40 км

Рис. 21. Увеличение общего проективного покрытия растительного покрова в зависимости от увеличения расстояния от г. Темиртау

Таким образом, исследованные сообщества находятся в различном состоянии: от фонового (аналогичного контрольным участкам) и частично деградированного до полного уничтожения естественного растительного покрова.

Определено, что вокруг промышленных городов происходит выпадение многолетних длительно-вегетирующих элементов, увеличивается доля рудеральных травянистых однолетних элементов.

Проведенный анализ соотношения биоморф показал значительные изменения и в соотношении деревьев, кустарников, полукустарничков, травянистых многолетников и малолетников.

Непосредственно на территории городов и в их окрестностях исчезают деревья и кустарники, следом полукустарники, полукустарнички и травянистые многолетники, в частности, дерновинные и корневищные растения, представленные ковылями, типчаком, житняком, мортуком.

По мере удаления от промышленных центров происходит восстановление элементов растительного покрова.

Происходит изменение и ОПП ЦП в различных местах обитания. Например, в окр. промышленных центров ОПП растительности не велико, что составляет от 0 до 40 %, в то время как в местах естественного обитания (на ненарушенных территориях) ОПП – от 40 до 80 %. Определена степень антропогенной трансформации растительного покрова: от низкой (0-30 %) до средней (около 50 %) и высокой (свыше 60 %).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В связи с интенсивным ростом и развитием промышленности, транспорта, индустриализацией и химизацией сельского хозяйства, ускорением научно-технического прогресса за последние годы значительно увеличилось и продолжает нарастать поступление в окружающую среду ТМ техногенного происхождения. Загрязнение объектов биосферы, в том числе пищевого сырья, как растительного, так и животного происхождения, солями ТМ, учитывая их высокую токсичность, способность накапливаться в организме человека, оказывать вредное воздействие даже в сравнительно низких концентрациях, может иметь ряд серьезных последствий для здоровья человека, вызывая развитие так называемых экологически обусловленных заболеваний. Неконтролируемое загрязнение окружающей среды ТМ угрожает здоровью людей [157].

Проведенные исследования демонстрируют значительную загрязненность (превышающую ПДК в 2 и более раз) ТМ окружающей среды промышленных регионов: г. Балхаш, г. Жезказган, г. Темиртау. Контаминации подвергаются не только почвы и водные объекты, но и дикие и культурные растения. Основными контаминантами окружающей среды в г. Балхаш и г. Жезказган является медь и цинк, в г. Темиртау – марганец, цинк и свинец, что обусловлено климато-географическими особенностями, физико-химическими свойствами почв и характером производства. В зимнее время контаминация снегового покрова ТМ в окрестностях исследуемых промышленных городов может быть источником загрязнения подземных вод и открытых водоемов. Особое внимание обращает на себя состояние воды в районах городского пляжа и зон отдыха населения, где отмечается значительное загрязнение ТМ воды. Помимо почв и водных объектов, контаминации подвергается и растительный покров, в частности, вокруг промышленных городов обнаружено выпадение многолетних длительно-вегетирующих и увеличение доли рудеральных травянистых однолетних элементов. Непосредственно на территории городов и в их окрестностях увеличивается степень антропогенной трансформации растительного покрова: исчезают деревья и кустарники, следом полукустарники, полукустарнички и травянистые многолетники, в частности, дерновинные и корневищные растения, представленные ковылями, типчаком, житняком, мортуком.

И наконец, наибольшую опасность для здоровья человека представляют культурные овощные растения, произрастающие в дачных массивах вокруг промышленных городов, в надземных и подземных органах которых обнаружено большое содержание меди, цинка, никеля, железа и свинца в зависимости от характера производства региона. Это указывает на необходимость проведения регулярного экологического мониторинга содержания тяжелых металлов в воздухе, воде, почве, растениях и животных, пищевого сырья и продуктов питания на наличие в них ТМ, изучение цепей миграции ТМ от их источника до человека.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Концепция экологической безопасности РК. «Казахстанская правда». - 1996, от 1 июня; Концепция экологической безопасности РК на 2004-2015 гг.
- 2 Стадницкий Г.В. Экология: учеб. для вузов. 7-е изд. – СПб: Химиздат, 2002. – 288 с.
- 3 Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами. - Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2000. - 232 с.
- 4 Околелова А.А. Экологические аспекты качества продуктов животноводства // Совершенствование технологий производства и переработка продукции животноводства: материалы всерос. науч.-практ. конф. – Волгоград: РПК «Политехник», 2005. – Ч. 2. – С. 259-262.
- 5 Абрамова Т.Н., Кузнецов В.К., Исамов Н.И. Источники поступления тяжелых металлов и их воздействие на агроэкосистемы // Материалы 2-й межд. науч.-практ. конф. Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде. – Семипалатинск, 2002. –Т. 2. – С. 413-416.
- 6 Бокова Т.И. Закономерности детоксикации антропогенных загрязнителей (тяжелых металлов) в системе почва – растение – животное – продукт питания человека // Автореф. дис. д-ра биол. наук. – Красноярск, 2005. – 31 с.
- 7 Детоксикация тяжелых металлов в системе почва – растение – животное – продукт питания человека: метод. Рекомендации. – Новосибирск: Изд-во Новосибирский аграрный ун-т, 2005. - 41 с.
- 8 Палагина И.А., Шаманова Т.С. Характеристика качества продукции по токсичным элементам // Пищевая технология. – 2002. – № 1. – С. 71-72.
- 9 Симениоди Д.Д. Биолого-ресурсный потенциал молодняка крупного рогатого скота и свиней в условиях разных экологических зон РСО-Алания // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Владикавказ, 2006. – 22 с.
- 10 Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. – Новосибирск: Изд: СО РАН, 2001. – 231 с.
- 11 Устиненко А.Н., Эглите М.Э., Иванова И.А. Экология и здоровье // Вопросы питания. 2000. - № 1. - С. 9-31.
- 12 Кодекс Алиментариус. Гигиена пищевых продуктов. - М.: Издательство "Весь Мир", 2007. – 120 с.
- 13 Злочевский А.Л., Зверюха А.Х., Масленникова О.А. Продовольственная безопасность: различные аспекты // Пищ. пром-сть. – 2002. – № 2. – С. 10-11.
- 14 Колесникова Е. В. Экологическая оценка содержания тяжелых металлов в пищевом сырье и продуктах питания Томской области // Автореф. канд. биол. наук. - Новосибирск, 2002. – 177 с.
- 15 Капитонова Т.М. Особенности содержания тяжелых металлов в кормах и способы снижения их трансформации в организм лактирующих коров в летний пастбищный период // Автореф.дисс. ... канд.с.-х. наук. - Великий Новгород, 1998. – 23 с.
- 16 Сидоров, Н.Ф. Проблема тяжелых металлов в сельском хозяйстве (биологические аспекты). - Иваново, 1995. - 48 с.

- 17 Пегасова К.С. Контроль продуктов животноводства на остаточное содержание химических показателей безопасности. // Сб. трудов Чувашской республиканской ветеринарной лаборатории. Вып. VI. – Чебоксары, 1999. – С. 75-80.
- 18 Донченко Л.В., Надыкта В.Д. Безопасность пищевой продукции. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: ДеЛипринт, 2005. - 539 с.
- 19 Амикшеева А.В. Поведенческое фенотипирование: современные методы и оборудование // Вестн. ВОГиС. - 2009. - Т. 13, № 3. - С. 529-542.
- 20 Crawley J.N. Behavioral phenotyping strategies for mutant mice // *Neuron*. - 2008. - Vol. 57. - P. 809-818.
- 21 Masuya H., Inoue M., Wada Yu., et al. Implementation of the modified-SHIRPA protocol for screening of dominant phenotypes in a large-scale ENU mutagenesis program // *Mammalian Genome*. - 2005. - Vol. 16. - P. 829-837.
- 22 Мур Дж. В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. – М.: Мир, 1987. – 140 с.
- 23 Matos, R.C., Vieira, C., Morais, S., Pereira, M.L., & Pedrosa de Jesus, J.P. Toxicity of chromated copper arsenate: A study in mice // *Environmental Research*. – 2010. – P. 424-427.
- 24 Niesiobędzka K., Wojtkowska M., Krajewska E. Migracja cynku, ołowiu i kadmu w układzie gleba – roślinność w środowisku miejskim. IOŚ, Warszawa. Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. Dz.U. 2002. Nr 165 poz. 1359.
- 25 Донник И.М. Оценка здоровья животных в территориях химического и радиоактивного загрязнения // *Зоотехния*. – 2003. – № 10. – С. 20-23.
- 26 Аргунов М.Н., Бузлама В.С., Редкий М.И. и др. Ветеринарная токсикология с основами экологии. - СПб.: Лань, 2007. – 416 с.
- 27 Yadav SK. Heavy metals toxicity in plants: An overview on the role of glutathione and phytochelatins in heavy metal stress tolerance of plants // *S. Afr. J. Bot.* – 2010. – № 76. – P. 163-179.
- 28 Таирова А.Р., Кузнецов А.И. Химические элементы в биосфере. - Троицк: Изд - во УГАВМ, 2006. – 204 с.
- 29 Guney M., Zagurya G.J., Doganb N., Onayb T.T. Exposure assessment and risk characterization from trace elements following soil ingestion by children exposed to playgrounds, parks and picnic areas // *Journal of Hazardous Materials*. – 2010. – № 182. – P. 656-664.
- 30 Лыков И.Н., Шестакова Г.А., Клименко Е.А. Оценка воздействия загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами на физическое развитие и состояние функциональных систем организма подростков // *Экология человека*. – 2006. – № 4. – С. 10-15.
- 31 Теплая Г.А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (Обзор литературы) // *Астраханский вестник экологического образования*. – 2013. – № 1 (23). – С. 182 - 192.
- 32 Губина О.А., Яблокова И.С. Биологические эффекты кадмия при хроническом поступлении в организм крыс с питьевой водой // *Токсикологический вестник*. – 2007. – № 4. – С. 23-26.

- 33 Яблокова И.С., Стародубова В.Л., Лазарева О.А. Опасность поступления свинца и кадмия с пищевыми продуктами в организм детей // Вестник Ивановской медицинской академии. – 2011. – Т. 16, № 1. – С. 30-33.
- 34 Артомонова В.Т. Неотложная помощь при профессиональных интоксикациях. – Л.: Мысль, 1981. – 192 с.
- 35 Давыдова О.А., Климов Е.С., Ваганова Е.С., Ваганов А.С. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах (под науч. ред. Е. С. Климова). – Ульяновск: УлГТУ, 2014. – 167 с.
- 36 Тулемисова Г.Б., Амангосова А.Г., Абдинов Р.Ш. Исследование содержания тяжелых металлов в воде водоемов Урало-Каспийского бассейна. Северо – восточный Каспий // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 12 (часть 10) – С. 1900-1903.
- 37 Грибкова О.А. Проблема утилизации осадков хозяйственно-бытовых сточных вод, загрязненных тяжелыми металлами // Вестник ВКГТУ. - 2005. - № 1.- С. 95-100.
- 38 Свицерский А.К. Эколого-биогеохимическая оценка аккумуляции тяжелых металлов (Сu, Zn, Cd, Pb, Cr) макрофитами реки Иртыш // Автореферат канд.биол.наук. - Томск, 2002. - 24 с.
- 39 Шарипова О.А. Распределение тяжелых металлов в донных отложениях озера Балхаш в зависимости от природных и антропогенных факторов // Вестник Томского государственного университета. - 2015. - № 390. - С. 225–230.
- 40 Картпаева Д.М., Акбаева Л.Х. Динамика содержания меди и железа в реке Ишим в 2009-2010 годах // Материалы VII Международной научной конференции молодых ученых «Наука и образование - 2011» посвященной 20-летию независимости Республики Казахстан. – Астана, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, 2011. – 255 с.
- 41 Пузанов А.В., Рождественская Т.А., Горбачев И.В. Тяжелые металлы в компонентах техногенных озер района Алтайского ГОКа // Мир науки, культуры, образования. – 2009. - № 2 – С. 11-13.
- 42 Небольсин А.Н., Небольсина З.П., Алексеев Ю.В., Яковлева Л.В. Известкование почв, загрязненных тяжелыми металлами // Агрехимия. - 2004. - № 3. – С. 48-54.
- 43 Конкабаева А.Е., Ишмуратова М.Ю., Пудов А.М., Тлеукунова С.У. и др. Оценка загрязнения тяжелыми металлами водоемов, расположенных на территории промышленных регионов Центрального Казахстана // Труды межд.науч.-практ.конф. Ауезовские чтения – 14: инновационный потенциал науки и образования Казахстана в новой глобальной реальности. - Шымкент, 2016. – С. 208-213.
- 44 Патин С.А. Загрязнение мирового океана и его биологических ресурсов. – М.: Высшая школа, 1978. – 248 с.
- 45 Брень Н.В. Использование беспозвоночных для мониторинга загрязнения водных экосистем тяжелыми металлами // Гидробиологический журнал. – 1999. – Т. 35, № 4. – С. 75–88.
- 46 Муллинс Т. Химия загрязнения воды // В кн. Химия окружающей среды. - М.: Химия, 1982. - С. 276-346.

- 47 Коржубаев А., Соколова И. Газовая промышленность России: международные позиции, организационная и региональная структура // Бурение и нефть. - 2011. - № 10. – С. 251-258.
- 48 Бешенцев В.А., Иванов Ю.К., Бешенцева О.Г. Экология подземных вод Ямало-Ненецкого автономного округа. - Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2005. - 165 с.
- 49 Варшал Г.М., Буачидзе Н.С. Исследование сосуществующих форм ртути (II) в поверхностных водах // ЖАХ. - 1983. - Т. 38, № 12. - С. 2156-2167.
- 50 Варшал Г.М., Папина Т.С. Определение сосуществующих в природных объектах форм ртути // В кн.: Поведение ртути и других тяжелых металлов в экосистемах. Аналитический обзор. – Новосибирск: ГПНТБ СО АН СССР, 1989. – Часть 1. - С. 112-120.
- 51 Tessier A., Campbell H.G., Bisson M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals // Anal. Chem. - 1979. - Vol. 51. - P. 844-851.
- 52 Vuceta J., Morgan J. Chemical modeling of trace metals in fresh waters: role of complexation and adsorption // Environ. Science and Technology. - 1978. - Vol. 12. - P. 1302-1309
- 53 Yeats P.A., Loring D.H. Dissolved and particulate metal distributions in the St. Lawrence estuary // Canadian Journal of Earth Science. - 1991. - Vol. 28. - P. 729-742.
- 54 Young T., Depinto J., Seger E. Transport and fate of heavy metals in Onondaga Lake // Bulletin of Environ. Contamination and Toxicology. - Vol. 29. - P. 554-561.
- 55 Беус А.А. Геохимия литосферы. – М.: Недра, 1972. – 296 с.
- 56 Моисеенко Т.И., Даувальтер В.А., Родюшкин И.В. Механизмы круговорота природных и антропогенно привнесенных металлов в поверхностных водах Арктического бассейна // Водные ресурсы. – 1998. – № 25. –С. 231-243.
- 57 Янин Е.П. Техногенные геохимические ассоциации в донных отложениях малых рек. – М.: Мир, 2002. – 322 с.
- 58 Eyrikh S.S. Papina T.S. Representative sampling method as a key stage of quality assurance of analytical data for the annual contaminant loads calculations // Proc. of 6-th International Conference on mercury as a global pollutant 2001. – Minamata, 2001. – P. 7915-7919.
- 59 Novotny V. Diffuse (nonpoint) pollution – a political, institutional and fiscal problem // J. Water Pollution Control Federation. – 1988. – Vol. 60. – № 8. –P. 1404-1413.
- 60 Демина Л.Л. Формы миграции тяжелых металлов в океане. – М.: Наука, 1982. – С. 31-43.
- 61 Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 272 с.
- 62 Папина Т.С., Третьякова Е.И., Эйрих А.Н. Факторы, влияющие на распределение тяжелых металлов по абиотическим компонентам водных экосистем Средней и Нижней Оби // Химия в интересах устойчивого развития. – 1999. – № 7. – С. 553-564.

63 Строганов Н.С. Токсичное загрязнение водоемов и деградация водных экосистем // Итоги науки и техники. Общая экология, биоценология, гидробиология. – М.: ВИНТИ, 1976. – Т. 3. – С. 5-47.

64 Тах И.П., Сиротюк Э.А. Пути перехода металлов из донных отложений в воду // Сб. матер. VII международ. конф. «Экологические проблемы современности» (5-9 декабря 2006 г.). – Майкоп: ООО «Качество». – 2006. – С. 331-332.

65 Moore J.M. Inorganic contaminants of surface water: research and monitoring priorities. – New York: Springer-Verlag, 1991. – 366 p.

66 Папина Т.С. Транспорт и особенности распределения тяжелых металлов в речных экосистемах. – Новосибирск: СО РАН, 2001. – 58 с.

67 Novotny V. Diffuse (nonpoint) pollution – a political, institutional and fiscal problem // J. Water Pollution Control Federation. – 1988. – Vol. 60. – № 8. – P. 1404-1413.

68 Тах И.П., Сиротюк Э.А. Пути перехода металлов из донных отложений в воду // Сб. матер. VII международ. конф. «Экологические проблемы современности». – Майкоп: ООО «Качество», 2006. – С. 331-332.

69 Будников Г.К. (1998) Тяжелые металлы в экологическом мониторинге водных экосистем. Соросовский образовательный журнал. – 1998. - № 5. – С. 23-29.

70 Моисеенко Т. И. Водная экотоксикология. Теоритические и прикладные аспекты. М.: Наука, 2009. – 155 с.

71 Benoit G., Hunter K.S., Rozan T.F. Sources of trace metal contamination artifacts during collection, handing, and analysis of freshwaters // Anal. Chem. – 1997. - Vol. 69, № 6, P. 1006-1011.

72 Скурлатов Ю.И., Дука Г.Г., Мизити А. Введение в экологическую химию. – М.: Высшая школа, 1994. – 400 с.

73 Линник П.Н. Влияние различных факторов на десорбцию металлов из донных отложений в условиях экспериментального моделирования // Гидробиологический журнал. – 2006. – Т. 42, № 3. – С. 97-114.

74 Тах И.П. Исследование механизма сорбции тяжелых металлов илистыми донными отложениями // Сборник материалов VI Всероссийской конференции «Наука XXI века». – Майкоп: ООО «Качество», 2005. – С. 127-128.

75 Папина Т.С. Эколога-аналитическое исследование распределения тяжелых металлов в водных экосистемах бассейна р. Обь // Дис. ... д-ра хим. наук. – Барнаул, 2004. – 259 с.

76 Эйрих А.Н. Разработка метода оценки загрязненности рек тяжелыми металлами для системы экологического мониторинга // Дис. ... канд. техн. наук. – Барнаул, 2003. – 120 с.

77 Линник П.Н., Зубко А.В. Гумусовые вещества, как важный фактор в миграции металлов в системе донные отложения – вода // Экологическая химия. – 2007. – № 2. – С. 69-84.

78 Linnik P.N. Complexation as the most important factor in the fate and transport of heavy metals in the Dnieper water bodies // Anal. Bioanal. Chem. – 2003. – Vol. 376. – P. 405-412.

79 Хажеева З.И., Пронин Н.М., Раданаева Л.Д., Дугаров Ж.Н., Урбазаева С.Д. Особенности накопления тяжелых металлов в воде, донных отложениях и биоте залива Черкалов оз. Байкал // Химия в интересах устойчивого развития. – 2005. – С. 95-102.

80 Демина Л.Л. Формы миграции тяжелых металлов в океане. – М.: Наука, 1982. – С. 31-43.

81 Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 272 с.

82 Мур Дж. В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. – М.: Мир, 1987. – 140 с.

83 Samanidou V., Papadoyannis I. and Vasilikotis .GMobilization of heavy metals from river sediments of Northern Greece by humic substances. // J. Environ. Sci. And Health. – 1991. – Vol. 26, № 7. – P. 1055-1068.

84 Tessier A., Campbell H.G., Bisson M. Trace metal speciation in the Yamaska and St. Francols Rivers (Quebec). // Canadian Journal of Earth Sciences. – 1989. – Vol. 17. – P. 90-105.

85 Лапин И.А., Красюков В.Н. Влияние гуминовых кислот на поведение тяжелых металлов в эстуариях // Океанология. – 1986. – Т. 26, Вып. 4. – С. 621-627.

86 Линник П.Н., Васильчук Т.А., Набиванец Ю.Б. Обмен органическими веществами и соединениями металлов в системе «донные отложения – вода» в условиях модельного эксперимента // Экологическая химия. – 1997. – № 6. – С. 217-225.

87 Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. - Л.: Гидро-метеиздат, 1986. - 269 с.

88 Варшал Г.М., Велюханова Т.К., Кошечева И.Я., Дорофеева В.А., Буачидзе Н.С., Касимова О.Г., Махарадзе Г.А. Изучение химических форм элементов в поверхностных водах // Журн. анал. хим. - 1983. - № 38. – С. 1590-1600.

89 Кочарян А.Г. Формы существования тяжелых металлов в водах, донных отложениях и высшей водной растительности водохранилищ Волжского каскада // В кн.: Актуальные проблемы рационального использования биологических ресурсов водохранилищ. - Рыбинск: Изд-во ОАО“Рыбинский дом печати”, 2005. - С. 151-161.

90 Леонова Г.А., Богуш А.А., Бобров В.А., Булычева Т.М., Маликов Ю.И., Аношин Г.Н., Бадмаева Ж.О., Палес-ский С.В., Андросова Н.В., Трофимова Л.Б., Ильина В.Н. Химические формы тяжелых металлов в воде Новосибирского водохранилища: оценка их биодоступности и потенциальной экологической опасности для планктона // Химия в интересах устойчивого развития. - 2006. – № 5. – С. 453 -465.

91 Курзо Б.В. Состав современных осадков озер как индикатор природных и техногенных процессов // Природные ресурсы. Межведомственный научный бюллетень НАН РБ. – 1998. – № 1. – С. 98–108.

- 92 Тах И.П. Пространственное распределение и нормирование концентраций тяжелых металлов в водной экосистеме (река Белая, Северо-Западный Кавказ) // Автореф. дис. .... канд. биол. наук. - Майкоп, 2007. – 21 с.
- 93 Царева, С.А. Формы нахождения металлов в воде // Водные ресурсы. – 1999. – Т. 26, № 1. – С. 71–75.
- 94 Жуковицкая А.Л., Генералова В.А. Геохимия озер Беларуси. – Мн.: Наука и техника, 1991. – 203 с.
- 95 Мартынова М.В. Формы нахождения марганца, их содержание и трансформация в пресноводных отложениях (аналитический обзор) // Экологическая химия. – 2012. – Т. 21, № 1. – С. 38–52.
- 96 Ваганова Е.С. Сезонная динамика распределения тяжелых металлов в компонентах малых рек Ульяновской области // Вестник Нижегородского университета им. Н.И.Лобачевского. - 2011. – № 2. – С.29-34.
- 97 Чуйко Е.В. Особенности миграции тяжелых металлов в природной среде Северного Каспия // Автореферат дисс.... канд. Наук. – Астрахань, 2013. – 23 с.
- 98 Чухлебова Л.М., Бердников Н.В. Особенности накопления тяжелых металлов в воде, донных отложениях и мышцах рыб среднего течения р. Амур // Региональные проблемы. - 2011. – Том 14, № 1. – С. 54-58.
- 99 Вернадский В.И. Химическое строение Биосферы Земли и ее окружения.- М.: Наука, 2007. – 376 с.
- 100 Мудрый И.В. Тяжелые металлы в системе почва-растение-человек (обзор) // Гигиена и санитария. - 1997. -№ 1. – С. 14-17.
- 101 Катульский Ю.Н. Оценка эффективности воздействия вредных агентов // Гигиена и санитария. - 2006. - № 6. – С. 67-69.
- 102 Алексеенко В.А. Ляшенко Е.А. Особенности накопления химических элементов в почвах селитебных ландшафтов в зависимости от числа жителей и профиля действующих промышленных предприятий. // Доклады III Межд.науч.-практ.конф. Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде. – М., 2004. – Т. 1. - С. 122-130.
- 103 Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях.- М.: Мир, 1989.- 439 с.
- 104 Спирин В. Кобальт в воде, почве, пищевых продуктах, его влияние на живой организм. - Саратов, 1970. – 215 с.
- 105 Панин М.С. Химическая экология. Учеб. для ВУЗов (под редакцией С.Е. Кудайбергенова). – Семипалатинск: СГУ им. Шакарима, 2002. – 852 с.
- 106 Зырина Н.Г. Микроэлементы в почвах СССР (под ред. В.А. Ковды). – М.: Наука, 1981. - 324 с.
- 107 Самонова О.А., Кулешова Н.А., Асеева Е.Н., Кудерина Т.М. Формы соединений тяжелых металлов в почвах Среднего Поволжья. - Казань, 1988. - С. 12-22.
- 108 Ильин В.Б. Тяжёлые металлы в системе почва – растение. - Новосибирск: Наука, 1991. - С. 48-56.
- 109 Панин М.С. Основные источники загрязнения территории Казахстана радионуклидами и тяжелыми металлами // Доклады III Межд.науч.-практ.конф.

Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде. – М., 2004. – Т. 1. - С. 14-27.

110 Добровольский Г. В., Гришина Л. А. Охрана почв - М.: МГУ, 1985. - С. 58-72.

111 Бигалиев. А.Б. - Современное состояние и перспективы био- и фитореимедиации почв загрязненных территорий // Биотехнология. Теория и практика. – 2003. - № 2.- С. 8-15.

112 Протасова Н.А., Щербаков А.П., Копаева М.Т. Редкие и рассеянные элементы в почвах Центрального Черноземья. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 1992. - 168 с.

113 Рэуце Н., Кырста С. Борьба с загрязнением почвы. - М.: Агропромиздат, 1986. – 128 с.

114 Скальный А.В. Микроэлементы для вашего здоровья. – М: Издательский дом ОНИКС 21 век, 2004. – 320 с.

115 Феник С.И., Трофимьяк Т.Б., Блюм Я.Б. Механизмы формирования устойчивости растений к тяжелым металлам // Успехи современной биологии. – 1995. – Т. 115, Вып. 3. – С. 261-275.

116 Конкабаева А.Е., Ишмуратова М.Ю., Пудов А.М., Тыржанова С.С. и др. Оценка накопления тяжелых металлов в овощных и плодовых растениях, выращиваемых в окрестностях промышленных городов Карагандинской области // Материалы межд.науч.конф. молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVI Сатпаевские чтения». - Павлодар: ПГУ им. С.Торайгырова, 2016. – Т. 23. – С. 170-175.

117 Серегин И.В. Распределение тяжелых металлов в растениях и их действие на рост // Автореферат дисс... док. биол. наук. - Москва, 2009. – 33 с

118 Матвеев Н.М., Павловский В.А., Прохорова Н.В Экологические основы аккумуляции тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями в лесостепном и степном Поволжье. – Самара: Изд-во Самарского ун-та, 1997.– 220 с.

119 Русаков Н.В., Мухамбетова Л.Х., Пиртахия Н.В., Коганова З.И. Оценка опасности промышленных отходов, содержащих тяжелые металлы // Гигиена и санитария. – 1998. - № 4. – С.27-29.

120 Василенко И.Я., Василенко О.И. Медицинские проблемы техногенного загрязнения окружающей среды// Гигиена и санитария. – 2006. - № 1. - С. 22-25.

121 Прядко А.Л., Алексеева Т.В. Применение биотестирования для гигиенической оценки токсичности золошлаков ТЭЦ // Гигиена и санитария. – 1992. - № 3. - С. 69-70.

122 Konkabaeva A.E., Ishmuratova M.Yu., Tleukenova, A.N. и др. At the evaluation of fluctuation asymmetry of green plantings of Karagandy region's industrial cities // Вестник КарГУ, серия Биология, Медицина, География. - 2015. - № 4. – С. 33-37.

123 Моргулис И.И., Хлебопрос Р.Г. Биологическая роль кобальт. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2008. - 27 с.

124 Посыпанов Г.С., Долгодворов В.Е., Коренев Г.Е. и др. Растениеводство. - М.: Колос, 1997. - С. 23-25.

125 Sterenborg I., Roelots D. Field-selected cadmium tolerance in the springtail *Orchesella cincta* is correlated with increased metallothionein mRNA expression // *Insect. Biochem. and Mol. Biol.* - 2003. – Vol. 33, №7.- P. 741-747.

126 Спирин В. Кобальт в воде, почве, пищевых продуктах, его влияние на живой организм. - Саратов, 1970.- С. 45-47.

127 Абышева Л.Н., Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений – Л: Наука, 1987. – С. 54-67.

128 Водолеев А.С., Степнов А.А., Кудашкина С.А. Результаты рекультивации нарушенных земель с использованием осадков сточных вод // *Рекультивация нарушенных земель в Сибири.* – 2006. – Вып. 2. – С.34–37.

129 Есимов Б.К. Влияние техногенных выбросов Актюбинского ферросплавного завода на структуру микрофауны и ферментативную активность почв // *Вестник ПГУ им. С. Торайгырова.* – 2004. - № 3. – С. 61-67.

130 Nieboer E., Sanford W.E. Essential, toxic and therapeutic functions of metals (including determinant of reactivity) // *Rev. Biochem. Toxicol.* - 1985. - № 5. - P. 205–245.

131 МаксUTOва П.А., Дюсекеева Ш.Е., Кулмаганбетова А.О. Физическая география Карагандинской области. - Караганда, 2005. - 59 с.

132 Джаналиева К.М., Будникова Т.И., Веселов Е.Н. и др. Физическая география Республики Казахстан. - Алматы: Казак университети, 1998. - 266 с.

133 Карамышева З.В., Рачковская Е.И. Ботаническая география степной части Центрального Казахстана. – Л.: Наука, 1973. – 279 с.

134 Урумов Т.М. Краткая географическая и климатологическая характеристика Жезказганского промышленного района // *Большой Жезказган.* – Алматы: Полиграфкомбинат, 1994. – С. 14-16.

135 Статистический бюллетень. Основные показатели работы промышленности, 2010 г.

136 Статистический бюллетень. Производство важнейших видов промышленной продукции, 2010 г.

137 Статистический бюллетень. Техничко-экономические показатели работы теплоэлектростанции, гидростанции и котельной, 2010 г.

138 ГОСТ 17.4.4.02-84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.

139 Щербаков А.В., Майоров А.В. Полевое изучение флоры и гербаризация растений. – М.: Изд-во МГУ, 2006. – 84 с.

140 Флора Казахстана. Т.1. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1956. - 354 с.

141 Флора Казахстана. Т.2. - Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1958. - 290 с.

142 Флора Казахстана. Т.3. - Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1960. - 458 с.

143 Флора Казахстана. Т.4. - Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1961. - 545 с.

144 Флора Казахстана. Т.5. - Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1961. - 515 с.

145 Флора Казахстана. Т.6. - Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1963. - 465 с.

146 Флора Казахстана. Т. 7.- Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1964. - 498 с.

147 Флора Казахстана. Т. 8. - Алма-Ата: Наука, 1965. - 448 с.

148 Флора Казахстана. Т. 9. - Алма-Ата: Наука, 1966. - 425 с.

149 Понятовская В.М. Учет обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах // Полевая геоботаника, Т. 3. – М.-Л.: Наука, 1964. - С. 209-299.

150 Работнов Т.А. Определение возрастного состава популяций видов в сообществе // Полевая геоботаника, Т. 3. – М.-Л.: Наука, 1964, С. 133-145.

151 Кокорева И.И. Адаптационные стратегии поликарпических видов растений Северного Тянь-Шаня // Тр.Института ботаники и фитоинтродукции. – Алматы, 2011. - 208 с.

152 Жукова Л.А. Онтогенез и циклы воспроизведения растений // Журнал общей биологии. – 1983. – Т. 44. - № 3. – С. 361-374.

153 Заугольникова Л.Б., Сугоркина Н.С., Щербакова Е.Г. Жизненные формы и популяционное поведение многолетних травянистых растений // Экология популяций. – М.: Наука, 1991. – С. 5-22.

154 Виноградов Б.В. Растительные индикаторы и их использование при изучении природных ресурсов. – М.: Высшая школа, 1964. – 324 с.

155 Конкабаева А.Е., Ишмуратова М.Ю., Тлеукенова С.У. Изучение популяций растений в условиях промышленного загрязнения в окрестностях городов Карагандинской области // Приволжский научный вестник. – 2016. – № 2 (54). – С. 22-26.

156 Конкабаева А.Е., Ишмуратова М.Ю., Тлеукенова С.У. Изучение некоторых морфологических и физиологических характеристик проростков фасоли при выращивании на почвах, загрязненных тяжелыми металлами / Актуальные проблемы современности. – Караганда, Болашак-Баспа, 2015. - №3 (9). – С. 166-169.

157 Konkabaeva A.E., Baranova T.I., Ishmuratova M.Yu. The mechanism of action and manifestation of toxic effects of heavy metals on an organism (the literature review) / Вестник Карагандинского Университета – серия Биология, Медицина, География. - 2016. - № 1. – С. 45-53.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Точки отбора проб при исследованиях



Рисунок 1. Отбор проб листьев на территории г. Балхаш



Рисунок 2. Отбор проб листьев на территории гор Каркаралы

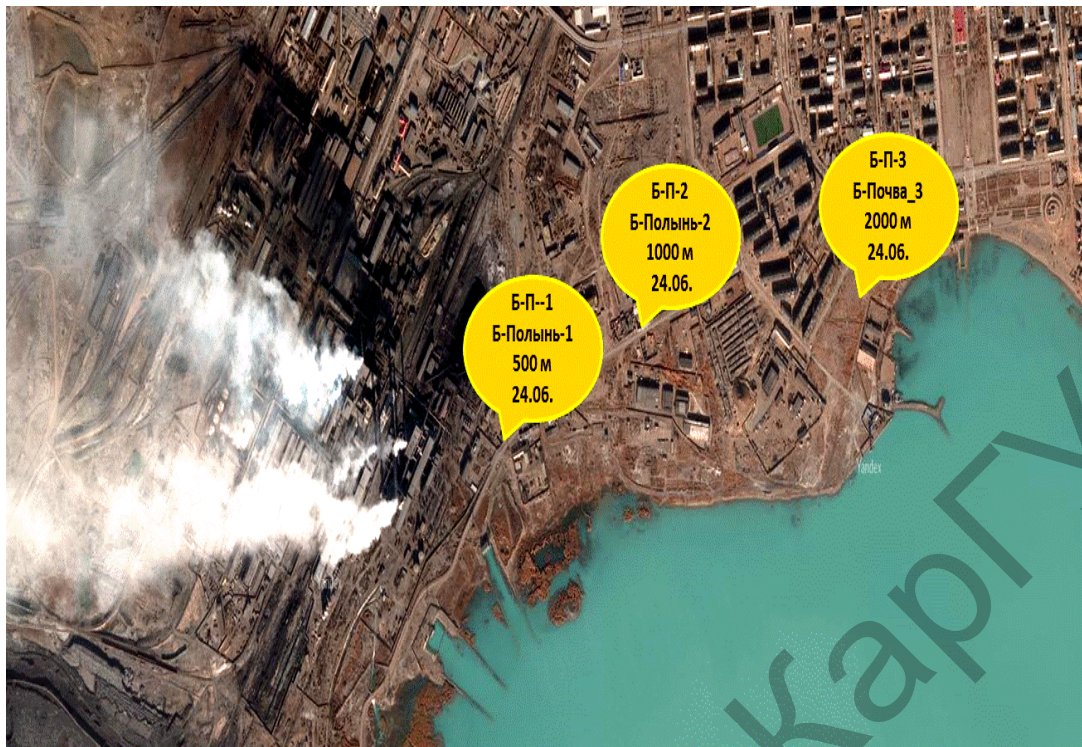


Рисунок 3. Отбор проб почвы в окр. медеплавильного завода (г. Балхаш)



Рисунок 4. Отбор проб воды в г. Жезказган

Конкабаева Айман Ережеповна  
Ишмуратова Маргарита Юлаевна

**ОЦЕНКА НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ,  
ВОДЕ И РАСТЕНИЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ  
КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

(монография)

Обсуждено, одобрено и рекомендовано к публикации на заседании  
Ученого совета Карагандинского государственного  
университета имени академика Е.А. Букетова  
Протокол № 14 от «23» июня 2016 г.

Отпечатано с оригинала автора  
Подписано к печати 30.06.2016 г. Формат 60x84/16. Объем 7,0 усл. п. л.  
Гарнитура “TIMES NEW ROMAN”. Тираж 200 экз.

**ТОО «Издательство «Полиграфист»,  
100026, г. Караганды, ул. Язева, 2**