

УДК 574.4:504.054(575.2)

На правах рукописи

Калдыбаев Бакыт Кадырбекович

**ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ  
ЗАГРЯЗНЕНИЯ АГРОЦЕНОЗОВ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЗОНЫ  
ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ИССЫК-КУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

03.00.16 – экология

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Республика Казахстан  
Алматы  
2000

Работа выполнена на кафедре экологии и почвоведения биологического факультета Казахского Государственного Национального Университета им. аль – Фараби

Научный руководитель: доктор биологических наук,  
профессор Бигалиев А.Б.

Официальные оппоненты: доктор биологических наук,  
профессор Колов О.В.

доктор биологических наук  
Шулембаева К.К.

Ведущая организация: Институт общей генетики  
им. Н.И. Вавилова РАН.

Защита диссертации состоится “ 5 ” декабря 2000 г. в “1430” часов на заседании диссертационного совета Д14 А.01.06 в Казахском Государственном Национальном университете имени аль – Фараби по адресу: 480078, г. Алматы, проспект аль – Фараби, 71, Учебный корпус ГУК – 6 КазГУ, биологический факультет, аудитория 214.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке КазГУ им. аль – Фараби.

Автореферат разослан “ 3 ” ноября 2000 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор биологических наук

 Достанова Р.Х.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Химизация сельского хозяйства, непрерывно растущее число химических веществ, накапливающихся в почве и водах, приводят к загрязнению пахотных угодий. По подсчётам специалистов за последние годы в результате техногенного воздействия введено в окружающую среду около 4 млн. различных химических соединений и каждый год добавляется ещё около 6 тыс. (Дубинин Н.П., 1986). Многие из них являются мутагенными агентами, способными проникать в клетки живых организмов и поражать их наследственные структуры-молекулы ДНК, вызывая генные мутации, анеуплоидию, а также перестройки хромосом (Дубинин Н.П., Папин Ю.В., 1978; Бигалиев А.Б., 1986). В связи усиливающимися темпами загрязнения окружающей среды, важнейшая роль принадлежит изучению последствий антропогенной нагрузки на генетический аппарат растений, животных и других организмов, учёт происходящих в них изменений под воздействием различных химических соединений, используемых в сельскохозяйственном производстве и промышленности (Бигалиев А.Б., Охмат Н.А., 1989; Турков В.Д., 1988; Дмитриева С.А., Парфёнов В.И., 1991). Если оценивать растения с точки зрения возможной экстраполяции полученных при их изучении данных на человека, то они имеют меньшее значение, чем животные объекты, особенно млекопитающие. Тем не менее экстраполяция с растений на человека, а также на животные организмы в определённой мере возможна, так как ДНК-носитель наследственной информации имеет единую структурную организацию у всех организмов (от вирусов до человека), а спонтанный и индуцированный мутагенез характеризуется универсальностью (Шарма А., 1989). Растения представляют собой уязвимый компонент биоты, так как они являются первичным звеном в трофической цепи, выполняют основную роль в поглощении разнообразных загрязнителей и постоянно подвергаются действию как глобально, так и локально распространённых загрязнителей вследствие прикреплённости к субстрату. Отмеченные особенности растений определяют их значение как биоиндикаторов для обнаружения мутагенов, выяснения их географического распространения и определения мутагенного фона территорий, претерпевших антропогенную трансформацию (Куриный А.И., 1983).

Широкое применение хлорорганических пестицидов и минеральных удобрений в прошлом, тенденция увеличения загрязнения агроценозов восточной части Прииссыккулья тяжёлыми металлами и радионуклидами, обуславливает необходимость проведения эколого-генетических исследований.

### Цель и задачи исследований

Целью настоящей работы является эколого-генетическая оценка последствий загрязнения агроценозов восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1) Определение остаточных количеств хлорорганических пестицидов; ДДТ, ГХЦГ и их изомеров в почве и возделываемых зерновых культурах

агроценозов исследуемого региона.

2) Определение содержания нитратного азота в почве и зерновых культурах агроценозов исследуемого региона.

3) Определение содержания тяжёлых металлов (Pb, Cd, Zn, Cu) в почве и зерновых культурах агроценозов исследуемого региона.

4) Измерение уровня экспозиционной дозы внешнего гамма-излучения по территории агроценозов исследуемого региона.

5) Исследование частоты хромосомных aberrаций в меристематических клетках семян ярового ячменя и озимой пшеницы, выращенных в агроценозах исследуемого региона.

**Основные положения выносимые на защиту:**

1) Закономерности накопления остаточных количеств пестицида ДДТ и его изомеров в зерновых культурах, после длительного использования его в агроценозах восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области.

2) Закономерности накопления нитратов и тяжёлых металлов в зерновых культурах изучаемого региона.

3) Влияние химических загрязнителей на величину спонтанного уровня хромосомных aberrаций в семенах ярового ячменя и озимой мягкой пшеницы, выращенных в агроценозах исследуемого региона.

4) Специфичность мутагенного действия комплекса загрязнителей на генетический аппарат возделываемых культур региона.

**Научная новизна.**

Впервые проведена эколого-генетическая оценка последствий загрязнения агроценозов восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области остаточными количествами хлорорганических пестицидов, нитратов, тяжёлых металлов, радонуклидов и их влияние на генетический аппарат возделываемых зерновых культур региона. Результаты цитогенетических исследований показали достоверное увеличение изолюкусных разрывов и aberrаций хроматидного типа в меристематических клетках семян зерновых культур, что свидетельствует о преобладающем воздействии мутагенов химической природы, хотя не исключено воздействие радиационного фактора. Обнаружено, что уровень хромосомных aberrаций в семенах зерновых культур, выращенных в агроценозах подверженных антропогенной нагрузке, достоверно превышает спонтанный уровень мутабельности, что свидетельствует о потенциальной генетической опасности исследованных загрязнителей.

**Теоретическая и практическая ценность диссертации.**

Результаты по оценке уровня мутагенности остаточных количеств пестицидов, полученных на зерновых культурах, имеют важное научно-теоретическое и прикладное значение. Являются обоснованием необходимости проведения целенаправленного эколого-генетического мониторинга природной среды и агроценозов, а также для регламентации применения пестицидов, минеральных удобрений и промышленных загрязнителей с целью предотвращения их поступления в окружающую среду. Основные положения диссертационной работы могут быть использованы в учебном процессе при чтении лекций и проведении лабораторных занятий по курсам: экологическая

генетика, сельскохозяйственная и промышленная экология, а также специалистами в области управления окружающей среды.

#### **Апробация работы.**

Результаты работы были доложены на ежегодных республиканских конференциях молодых учёных и студентов КазГУ им. аль-Фараби (Алматы, 1996-1999гг.), на Международном симпозиуме “Академик К.И. Сатпаев и его роль в развитии науки, образования и индустрии в Казахстане” (Алматы, 1999г.), на втором всероссийском научном молодёжном симпозиуме «Безопасность биосферы - 98» (Екатеринбург, 1998г.), на Республиканской научно-теоретической конференции, посвящённой 60 – летию образования Исык-Кульского государственного университета им. К. Тыныстанова (Каракол, 2000г.).

Диссертация апробирована на объединённом научном семинаре кафедр экологии и почвоведения; генетики и молекулярной биологии; цитологии и гистологии; ботаники; биотехнологии, биохимии и физиологии растений Казахского государственного национального университета им. аль-Фараби (Алматы, 2000г.).

Публикации: по результатам исследований опубликовано 8 работ.

**Структура и объём диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов исследования, изложения результатов исследования и их обсуждения, заключения, выводов, списка использованных источников, включающего 253 наименования, из них 45 зарубежных. Материалы диссертации изложены на 119 страницах машинописного текста, иллюстрирована 19 таблицами и 31 рисунками.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

**Материал исследования.** Материалом для исследования послужили образцы проб почв и зерновых культур, отобранных в агроценозах восточной части зоны земледелия Исык-Кульской области. Зерновые культуры были представлены районированными для данного региона сортами ярового ячменя Надя и озимой мягкой пшеницы Безостая 1. В качестве относительного контроля были взяты образцы проб почв и сельскохозяйственных растений, отобранных в окрестностях посёлка Сары-Тологой, где земледелие слабо развито и агроценозы менее подвержены антропогенной нагрузке.

**Методы исследования.** На почвенных картах районов отмечались участки отбора проб. При этом учитывались рельефные и геоморфологические особенности земледельческой зоны. Отбор почвенных образцов производился на глубину пахотного слоя (0-25 см). В местах отбора проб почв производили отбор зерновых культур. Определение остаточных количеств агрохимических пестицидов проводили методом газо-жидкостной хроматографии на хроматографе ЛХМ-80 м с детектором электронного захвата. Экстракцию хлороорганических пестицидов из почв и растительных объектов проводили в смеси органических растворителей (Клясенко, 1983). Определение нитратов в почве и зерновых культурах проводили стандартным ионометрическим

методом, с извлечением нитратов раствором алюмокалиевых квасцов. Измерения проводили на иономере ЭВ-74 (Гост 2651-86). Определение тяжелых металлов проводили методом атомной абсорбции на атомно-абсорбционном спектрофотометре ААС-1N, фирмы Carl Zeiss, с использованием пламенного атомизатора. Извлечение тяжелых металлов из почвенных и растительных образцов проводили методом мокрой минерализации (Дмитриев, и др., 1989; Welz, 1991). Для проведения гамма-съемки использовался прибор СРП-68-01. Замеры проводили на высоте 0,1 и 1 метр от земли. На участках с повышенным радиационным фоном отбирались пробы грунта для проведения гамма-спектрометрического и радиометрических анализов. Анализы проводили в Центральной научно-исследовательской лаборатории АО "Волковгеология". Для установления генетических последствий загрязнения агроценозов восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области в качестве тест-объектов были выбраны зерновые культуры. При проведении хромосомного анализа использовали временные давленные препараты, приготовленные из меристематических зон корешков. Фиксацию проводили в смеси абсолютного спирта с ледяной уксусной кислотой в соотношении 3:1. В качестве красителя использовали водный раствор фуксин сернистой кислоты. Для получения монослоя клеток, а также разброса хромосом использовали цитазу – смесь ферментов вилочковой железы виноградных улиток. Хромосомные мутации учитывали согласно рекомендациям, изложенных в методических работах (Дубинина, Бигалиев, 1978). Статистическую обработку полученных результатов проводили методом вариационной статистики (Плохинский, 1970). Статистическую разницу средних значений оценивали по критерию Стьюдента. Метафазные пластинки анализировали с помощью светооптического микроскопа МБИ-3, с фотонасадкой МФН-11; для микрофотографирования использовалась мелкозернистая пленка "Микрат-200". Коэффициент корреляции высчитывали по программе Excel master  $f(x)$ .

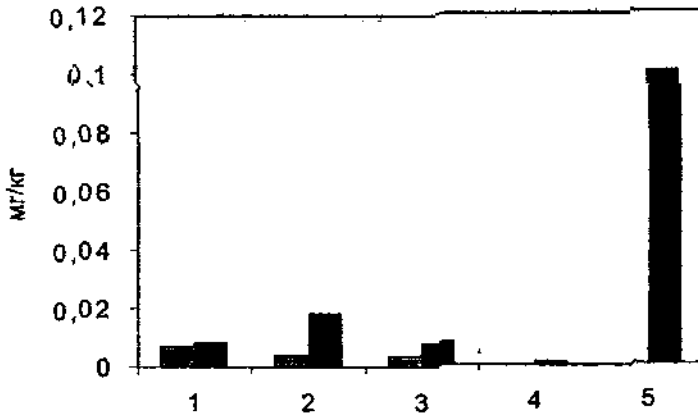
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Закономерности накопления хлорорганических пестицидов, нитратов, тяжелых металлов, радионуклидов в почве и зерновых культурах зоны исследования**

Хлорорганические пестициды. Принимая во внимание персистентность и токсичность хлорорганических пестицидов, в бывшем СССР с 1972 года было запрещено массовое применение препаратов на основе ДДТ и ГХЦГ. Последствия широкого применения, которых, как следует из наших исследований будут ещё долго сказываться на территории агроценозов Иссык-Кульской области. В основном их применяли для обработки старых садов. В настоящее время на данных площадях размещаются другие сельскохозяйственные культуры, в том числе и зерновые. Систематический мониторинг загрязнения почв хлорорганическими пестицидами был начат в

конце 70-х годов. Так как основная масса ДДТ, ГХЦГ аккумулируется в поверхностном горизонте почв, в режим наблюдения включался ежегодный отбор проб с поверхностного слоя глубиной до 20 см. Определение содержания и степень распада остаточных количеств ДДТ, ГХЦГ в почве и зерновых культурах в условиях Иссык-Кульской области проводила Иссык-Кульская областная проектно-исследовательская станция химизации сельского хозяйства, методом тонкослойной хроматографии. Исследования, проведённые за период 1980-1990 гг. показали, что ДДТ, ГХЦГ проявляют высокую устойчивость к физико-химическому и биологическому разложению. Несмотря на длительный период запрета массового применения ДДТ, к 1990 году его содержание в почвах агроценозов продолжало оставаться на уровне ПДК. Из литературных данных известно, что многие хлорорганические пестициды в процессе их разрушения в почве могут трансформироваться в метаболиты более опасные с экологической точки зрения, как для самой почвы, так и растений произрастающих на ней. В связи с этим в 1998 году нами были проведены исследования по определению ДДТ, ГХЦГ и их метаболитов в почве и семенах возделываемых зерновых культур региона (рисунок 1). В агроценозах изучаемого региона максимальные остаточные количества ДДТ и его метаболитов обнаружены в семенах озимой пшеницы, выращенной на полях Жеты-Огузского района. Содержание пестицида в почве не превышало установленных значений ПДК-0,1 мг/кг, однако суммарная концентрация метаболитов ДДТ в семенах пшеницы обнаруживалась на уровне ПДК-0,02 мг/кг, что говорит о незначительной скорости детоксикации пестицида. Остаточные количества ДДТ и его метаболитов в семенах зерновых культур агроценозов Ак-Суйского и Тюпского районов были ниже, чем в агроценозах Жеты-Огузского района (рисунок 2). Проведённый корреляционный анализ показал наличие достоверной корреляционной зависимости накопления ДДТ в семенах зерновых культур от уровня обнаруживаемых остаточных количеств пестицида в почве для большинства агроценозов исследуемого региона. Характер распределения обнаруживаемых остаточных количеств ДДТ, как в почве, так и в семенах зерновых культур имеет следующий ряд  $4,4\text{-ДДТ} > 4,4\text{-ДДЭ} > 4,4\text{-ДДД}$ . Хотя препараты на основе ГХЦГ применялись шире в агроценозах исследуемой зоны, результаты по определению остаточных количеств  $\alpha$ -  $\gamma$ - изомеров ГХЦГ выявили их незначительное содержание в почвах и семенах зерновых культур. Максимальные концентрации, не превышающие ПДК были обнаружены в агроценозах Ак-Суйского района. Корреляционный анализ зависимости накопления ГХЦГ в семенах зерновых культур от уровня обнаруживаемых остаточных количеств пестицида в почве не выявил достоверных коэффициентов корреляции. По видимому значительные количества пестицида в почве подверглись распаду и детоксикации. Несмотря на то, что содержание хлорорганических пестицидов в почвах и семенах зерновых культур агроценозов не превышает значений ПДК, следует отметить, что эти соединения обладают эффектом при длительном хроническом воздействии.

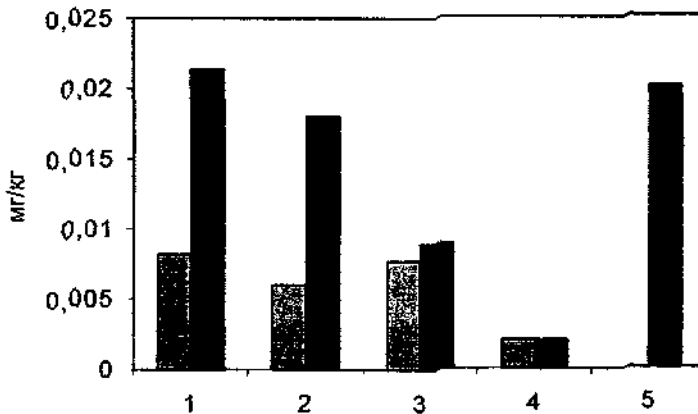
Максимальные суммарные концентрации изомеров ДДТ в почвах агроценозов на 1998 год



1-почвы агроценозов Жеты-Отузского района, 2-почвы агроценозов Ак-Суйского района, 3-почвы агроценозов Тюпского района, 4- Контроль, 5-ПДК.

Рисунок 1

Максимальные суммарные концентрации изомеров ДДТ в семенах зерновых культур на 1998 год



1-агроценозы Жеты-Отузского района, 2-агроценозы Ак-Суйского района, 3-агроценозы Тюпского района, 4-Контроль, 5-ПДК.

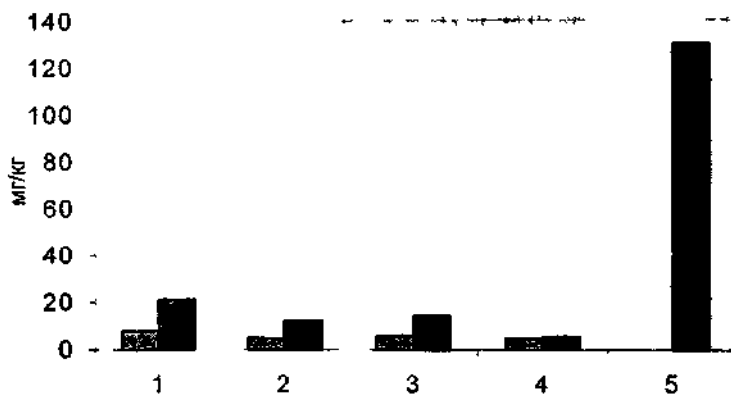
Рисунок 2.



**Нитраты.** До 1990 года в агроценозах Иссык-Кульской области применялись в плановом порядке минеральные удобрения, в частности азотные, являющиеся основным источником поступления нитратов в окружающую среду региона. В исследуемом регионе были выявлены случаи загрязнения окружающей среды минеральными удобрениями. Загрязнение агроценозов происходило главным образом за счёт нерационального их использования и неправильного хранения. Кроме того, известно, что огромное количество азота поступает в почву не только с удобрениями, но и через атмосферный воздух в виде выбросов промышленных объектов, транспортных средств, при сжигании различного топлива. Результаты проведённых исследований в 1998 году показали, что содержание нитратного азота в почвах агроценозов восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области не превышает ПДК-130 мг/кг (рисунок 3). Содержание нитратов в почвах агроценозов Жеты-Огузского района находилось в пределах 8,0 - 21,2 мг/кг. Содержание нитратов в семенах пшеницы варьировало в пределах 27,5 - 43,6 мг/кг, а в семенах ячменя из хозяйства "Дружба" Жеты-Огузского района - 32,1 мг/кг, при ПДК для зерна хлебных злаков - 100 мг/кг. В вегетирующей части растений (листья, стебли) обнаружены более высокие концентрации; для пшеницы от 51,3 до 89,1 мг/кг, а в ячмене 78,3 мг/кг, при ПДК для зелёной массы растений - 200 мг/кг.

Содержание нитратов в почвах агроценозов Ак-Суйского района находилось в пределе 4,8 - 12,2 мг/кг. Содержание нитратов в семенах пшеницы составило 16,2 - 34,6 мг/кг, в семенах ячменя - 36,3 мг/кг. Содержание нитратов в вегетирующих частях растений варьировало в пределах; у пшеницы 28,8 - 85,1 мг/кг, а у ячменя - 85,1 мг/кг. Содержание нитратов в почвах агроценозов Тюпского района находилось в пределах 5,8 - 14,2 мг/кг. Содержание нитратов в семенах пшеницы составило 17,4 - 25,7 мг/кг, а в семенах ячменя - 19,9 мг/кг. Содержание нитратов в вегетирующих частях растений варьировало в пределе; у пшеницы 30,9 - 77,6 мг/кг, а у ячменя - 34,6 мг/кг. Содержание нитратов в почвах контрольного участка посёлка Сары-Тологой было ниже, чем в других агроценозах исследуемого региона и находилось в интервале 4,8 - 5,4 мг/кг, что говорит о низкой обеспеченности почв нитратным азотом. Концентрация нитратов в семенах озимой пшеницы и ярового ячменя составила 9,3 и 8,9 мг/кг, а в вегетирующей части растений 18,4 и 17,6 мг/кг соответственно. Таким образом, количество нитратов в зерновых культурах не превышает ПДК как в семенах, так и вегетирующих частях растений (рисунок 4). Однако проведённый корреляционный анализ для семян зерновых культур, показал наличие достоверных коэффициентов корреляции между накоплением нитратов в семенах и уровнем обнаруживаемых концентраций в почве. Вероятно, это связано с тем, что злаковые культуры способны накапливать в больших количествах нитраты, особенно в зелёной массе растений. Из литературных данных известно, что содержание нитратов выше в киселемочных тканях растений, обеспечивающих транспорт и накопление запасных питательных веществ (Соколов, 1989).

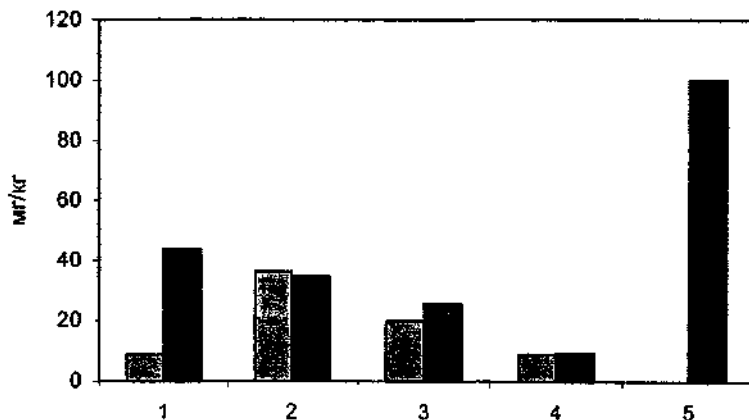
Содержание нитратного азота в почвах агроценозов восточной части зоны  
земледелия Иссык-Кульской области на 1998 год



1-почвы агроценозов Жеты-Огузского района, 2-почвы агроценозов Ак-Суйского района, 3-почвы агроценозов Тюпского района, 4- Контроль, 5-ПДК.

Рисунок 3.

Содержание нитратного азота в семенах зерновых культур на 1998 год



1-агроценозы Жеты-Огузского района, 2-агроценозы Ак-Суйского района, 3-агроценозы Тюпского района, 4-Контроль, 5-ПДК.

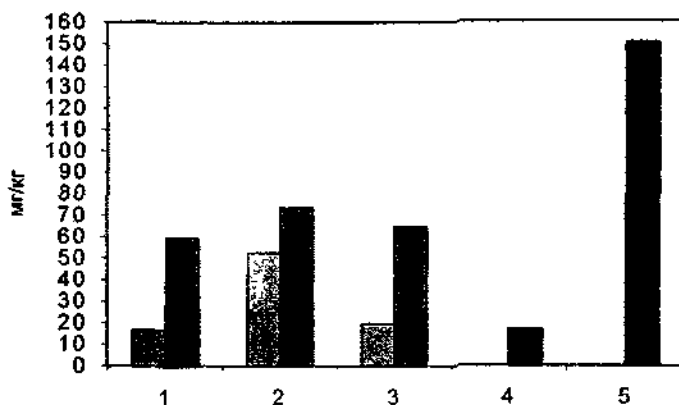
Рисунок 4.

Тяжёлые металлы. Наряду с нитратами, остаточными количествами пестицидов опасными загрязнителями почв являются тяжёлые металлы; Zn, Cu, Cd, Pb и другие. Опасность усугубляется и тем, что почва не обладает механизмами самоочищения от больших количеств тяжёлых металлов. ТМ могут накапливаться в ней, существенно влияя как на биологические свойства самой почвы, так и на произрастающие сельскохозяйственные культуры. Поэтому систематический мониторинг за их количеством и накоплением в окружающей среде имеет важное экологическое значение.

Валовое содержание цинка в контрольном участке посёлка Сары-Тологой составило 16,5 мг/кг. Валовое содержание цинка в почвах агроценозов Жеты-Огузского района находилось в пределе 16,5 - 59,5 мг/кг; в почвах агроценозов Ак-Суйского района 52,5 - 73,5 мг/кг; в почвах агроценозов Тюпского района 19,5 - 64,5 мг/кг. Максимальное содержание цинка было зарегистрировано в почвах агроценозов прилегающих к Курментинскому цементному заводу – 64,5 мг/кг. В результате проведенных исследований Иссык-Кульской проектно-исследовательской станцией химизации сельского хозяйства по определению тяжёлых металлов в агроценозах исследуемой зоны, были выявлены незначительные концентрации цинка в почве. В наших исследованиях наблюдается тенденция увеличения валового содержания цинка в почвах агроценозов исследуемого региона, однако, обнаруживаемые концентрации не превышали уровня ПДК-150 мг/кг (рисунок 5).

Содержание Zn в семенах озимой пшеницы сорта Безостая 1 выращенных в контрольном участке посёлка Сары-Тологой составила 4,3 мг/кг, а в вегетирующей части растений 12,3 мг/кг. Содержание цинка в семенах ярового ячменя сорта Надя составила 3,9 мг/кг, а в вегетирующей части растений -13,1 мг/кг. Содержание цинка в семенах озимой пшеницы и ярового ячменя, выращенных в агроценозах Жеты-Огузского района составила 0,7 - 9,0 мг/кг; в агроценозах Ак-Суйского района 1,5 - 15,0 мг/кг; в агроценозах Тюпского района 0,8 - 6,2 мг/кг. В целом концентрация Zn в семенах пшеницы и ячменя, выращенных в агроценозах исследуемого региона не превышает уровень ПДК - 50 мг/кг (рисунок 6). Максимальные концентрации Zn в семенах была зарегистрирована в хозяйстве “Каракол” с.Орлиное – 15,0 мг/кг. Во всех проанализированных пробах ячменя и пшеницы наблюдалось преобладание содержания цинка в вегетирующей части растений (лист, стебель) в то время как в семенах обнаружены не значительные концентрации. Из литературных данных известно о существовании, по крайней мере, трёх защитных механизмов (барьеров) в растительном организме на границах почва-корень, корень-стебель, стебель-семена. Однако при высоких концентрациях металла в почве, его содержание в корнях уменьшается вследствие миграции в надземные органы (Гармаш, 1987). Так как Zn является микроэлементом необходимым для питания растений, его токсическое действие проявляется только при высоких концентрациях в почве, но в почвах агроценозов восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области такие концентрации не были выявлены.

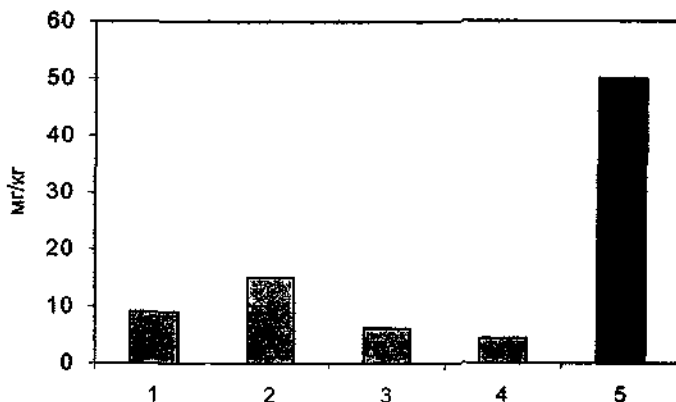
Валовое содержание Zn в почвах исследуемого региона на 1998 год



1-почвы агроценозов Жеты-Огузского района, 2-почвы агроценозов Ак-Суйского района, 3-почвы агроценозов Тюпского района, 4- Контроль, 5-ПДК.

Рисунок 5

Максимальное содержание Zn в семенах зерновых культур на 1998 год



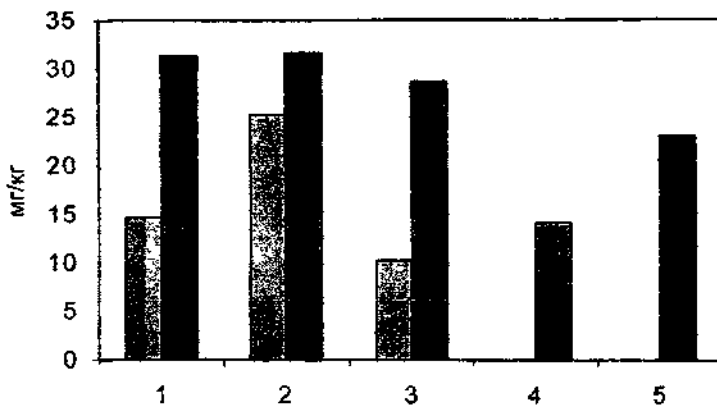
1-агроценозы Жеты-Огузского района, 2-агроценозы Ак-Суйского района, 3-агроценозы Тюпского района, 4-Контроль, 5-ПДК.

Рисунок 6.

**Медь.** Валовое содержание меди в контрольном участке посёлка Сары-Тологой восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области находилось в интервале 13,9 - 14,1 мг/кг. Валовое содержание меди в почвах агроценозов Жеты-Огузского района колебалось в пределах 14,7 - 31,3 мг/кг. Максимальное содержание меди в почвах было зарегистрировано в хозяйстве "Иссык-Куль" с.Шалба - 31,3 мг/кг и хозяйстве "Дружба" с. Кызыл Дыйкан-23,7 мг/кг, при ПДК-23 мг/кг. Во всех анализируемых агроценозах Ак-Суйского района валовое содержание меди превышало уровень ПДК-23 мг/кг и находилось в интервале 25,2 - 31,6 мг/кг. Максимальные количества меди в почвах обнаружены в хозяйстве "Арашан" с.Маман-31,6 мг/кг. Валовое содержание меди в почвах агроценозов Тюпского района составило 10,2 - 28,6 мг/кг. Максимальное содержание меди в почве было зарегистрировано в хозяйстве "Маяк" с.Сухой Хребет - 28,6 мг/кг, при ПДК-23 мг/кг. В результате проведённых исследований в 1990 году по определению валового содержания меди в почвах агроценозов исследуемой зоны были выявлены незначительные концентрации металла в почвах. В наших исследованиях наблюдается тенденция увеличения меди в почвах, наиболее высокие концентрации обнаружены в почвах агроценозов Ак-Суйского района (рисунок 7). Установленное нами содержание меди в семенах озимой пшеницы сорта Безостая 1 выращенных в контрольном участке посёлка Сары-Тологой составила 1,1 мг/кг, а в вегетирующей части растений 2,7 мг/кг. Содержание меди в семенах ярового ячменя сорта Надя составила 0,8 мг/кг, а в вегетирующей части растений 2,7 мг/кг. Содержание меди в семенах озимой пшеницы и ярового ячменя, выращенных в агроценозах Жеты-Огузского района составила 0,9 - 3,2 мг/кг; в агроценозах Ак-Суйского района 1,1 - 3,6 мг/кг; в агроценозах Тюпского района 1,8 - 3,4 мг/кг. В целом содержание меди в семенах озимой пшеницы и ярового ячменя, выращенных в агроценозах исследуемого региона не превышает уровень ПДК-10 мг/кг (рисунок 8). По данным литературы известно, что распределение меди в растениях очень изменчиво, в отличие от цинка, медь обладает способностью к накоплению в репродуктивных органах растений. Наибольшие концентрации обнаруживаются в зародышах зёрен злаков и в семенных оболочках. В исследованиях (Кабата-Пендиас, 1989) установлено, что концентрация меди в зародышах была 2 - 18 мг/кг, а в семенных оболочках 8 - 23 мг/кг, тогда как в зерне в целом наибольшее значение составило 4 мг/кг. В наших исследованиях, как и в случае с цинком, во всех проанализированных пробах пшеницы и ячменя преобладающие концентрации металла были обнаружены в вегетирующей части растений (лист, стебель), в то время как в семенах наблюдались незначительные концентрации меди.

Таким образом, полученные нами результаты свидетельствуют, что, не смотря на превышающий уровень ПДК содержания меди в почвах большинства агроценозов исследуемого региона, в семенах зерновых культур обнаружены незначительные концентрации металла. В исследованиях проведённых в 1990 году также не было выявлено превышение уровня ПДК по меди, как в семенах озимой пшеницы, так и в семенах ярового ячменя.

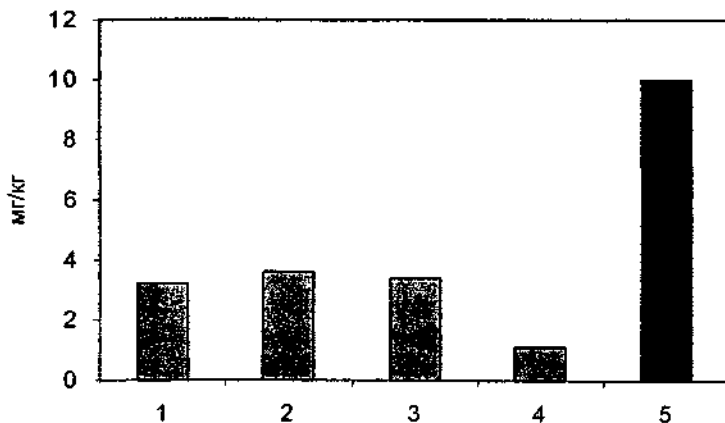
Валовое содержание Си в почвах исследуемого региона на 1998 год



1-почвы агроценозов Жеты-Огузского района, 2-почвы агроценозов Ак-Суйского района, 3-почвы агроценозов Тюпского района, 4- Контроль, 5-ГДЖ.

Рисунок 7.

Максимальное содержание Си в семенах зерновых культур на 1998 год



1-агроценозы Жеты-Огузского района, 2-агроценозы Ак-Суйского района, 3-агроценозы Тюпского района, 4-Контроль, 5-ГДЖ.

Рисунок 8.

**Кадмий.** В наших исследованиях валовое содержание кадмия в почвах контрольного участка посёлка Сары-Тологой восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области составила 0,3 мг/кг.

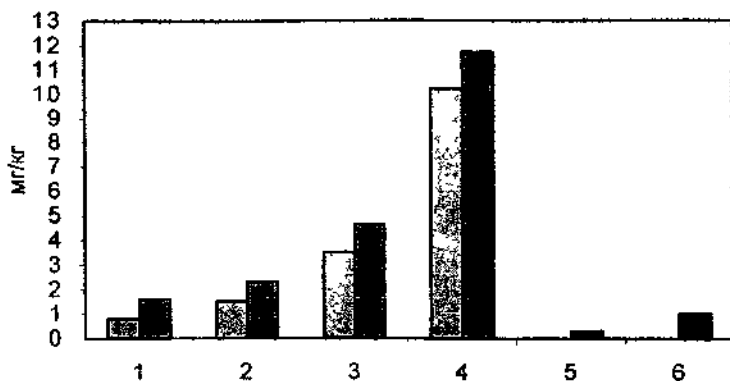
Валовое содержание кадмия в почвах агроценозов Жеты-Отузского района находилось в пределах 0,8 - 1,6 мг/кг; в почвах агроценозов Ак-Суйского 1,5 - 2,3 мг/кг; в почвах агроценозов Тюпского района 3,5 - 4,6 мг/кг, а в почвах агроценозов прилегающих к Курментинскому цементному заводу содержание кадмия составило 10,2 - 11,7 мг/кг, при ПДК - 1 мг/кг (рисунок 9).

Результаты полученных анализов показали, что в исследуемых агроценозах восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области валовое содержание кадмия в почве превышает уровень ПДК в несколько раз. Максимальные концентрации кадмия наблюдаются в почвах агроценозов Тюпского района, в частности на территории агроценозов, прилегающих к Курментинскому цементному заводу. При анализе горной породы известняка, служащего сырьём для производства цемента, нами были обнаружены высокие концентрации кадмия – 64,3 мг/кг. В результате добычи, дробления и других технологических процессов происходит измельчение некоторой части породы и поступление её в атмосферный воздух в виде микрочастиц, распространяющихся потоками воздуха, загрязняя прибрежную часть бассейна озера Иссык-Куль. В исследованиях проведённых в 1990 году, валовое содержание кадмия обнаруживалось на уровне ПДК только в почвах агроценозов Тюпского района. Проведённые нами исследования в 1998г. выявили значительное увеличение концентраций металла не только в почвах агроценозов Тюпского, но и в Ак-Суйском и Жеты-Отузском районах, превышающие средние фоновые значения металла и ПДК в несколько раз.

Содержание кадмия в семенах озимой пшеницы сорта Безостая1, выращенных в контрольном участке посёлка Сары-Тологой, составила 0,12 мг/кг, а в вегетирующей части растений 0,6 мг/кг. Содержание кадмия в семенах ярового ячменя сорта Надя составила 0,10 мг/кг, а в вегетирующей части растений 0,7 мг/кг.

Содержание кадмия в семенах озимой пшеницы и ярового ячменя, выращенных в агроценозах Жеты-Отузского района находилось в пределах 0,1 - 0,4 мг/кг; в агроценозах Ак-Суйского района 0,4 - 0,6 мг/кг; в агроценозах Тюпского района 0,6 - 0,7 мг/кг, а в агроценозах прилегающих к Курментинскому цементному заводу 0,9 - 1,5 мг/кг, при ПДК-0,1 мг/кг (рисунок 10). Результаты наших исследований показали, что к 1998 году содержание кадмия в семенах озимой пшеницы и ярового ячменя во всех зонах возделывания выше уровня ПДК. Максимальные концентрации кадмия обнаружены в семенах пшеницы, выращенных в агроценозах, прилегающих к Курментинскому цементному заводу, расположенному в Тюпском районе 0,9 - 1,5 мг/кг, а в вегетирующей части растений содержалось 1,1 - 2,1 мг/кг. Во всех проанализированных пробах ячменя и пшеницы наблюдалось преобладание содержания кадмия в вегетирующей части растений по сравнению с семенами.

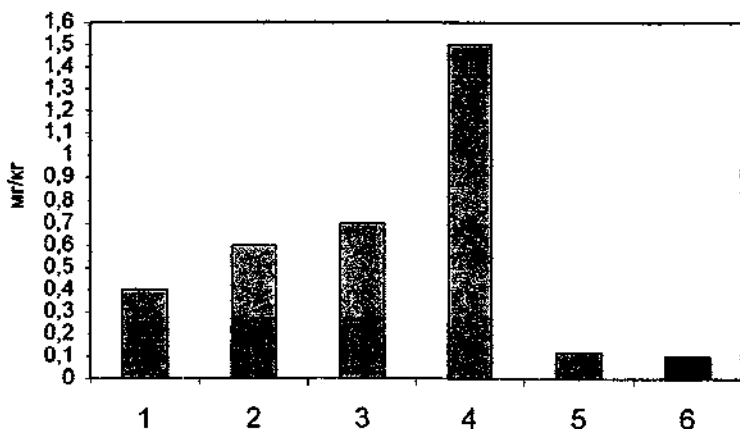
Валовое содержание Cd в почвах исследуемого региона на 1998 год



1-почвы агроценозов Жеты-Отузского района, 2-почвы агроценозов Ак-Суйского района, 3-почвы агроценозов Тюпского района, 4-почвы агроценозов прилегающие к Курментинскому цементзаводу, 5-Контроль, 6-ПДК.

Рисунок 9.

Максимальное содержание Cd в семенах зерновых культур на 1998 год



1-агроценозы Жеты-Отузского района, 2-агроценозы Ак-Суйского района, 3-агроценозы Тюпского района, 4-агроценозы прилегающие к Курментинскому цементзаводу, 5-Контроль, 6-ПДК.

Рисунок 10.



**Свинец.** В наших исследованиях валовое содержание свинца в контрольном участке посёлка Сары-Тологой восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области составило 12,3 - 14,2 мг/кг. Валовое содержание свинца в почвах агроценозов Жеты-Огузского района находилось в пределах 14,9 - 36,0 мг/кг. Максимальное содержание свинца было зарегистрировано в хозяйстве "Дружба" с.Кызыл Дыйкан - 36,0 мг/кг, при ПДК-35 мг/кг, в других агроценозах Жеты-Огузского района превышение концентраций выше уровня ПДК в почвах не наблюдалось.

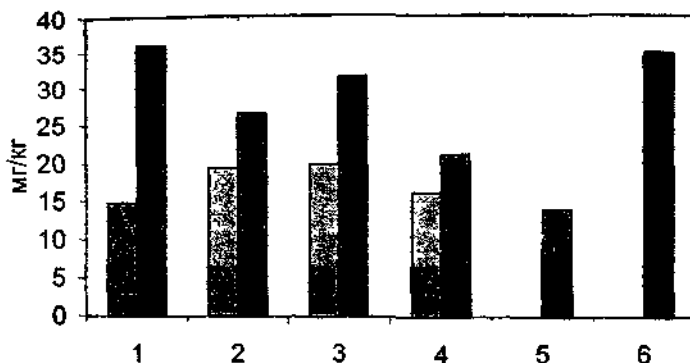
Валовое содержание свинца в почвах агроценозов Ак-Суйского района колебалось в интервале 19,6 - 26,8 мг/кг. Максимальное содержание свинца в почве было зарегистрировано в хозяйстве "Арашан" с.Маман - 26,8 мг/кг.

Валовое содержание свинца в почвах агроценозов Тюпского района находилось в пределах 20,1 - 31,8 мг/кг, а в почвах агроценозов, прилегающих к Курментинскому цементному заводу, обнаруживаемые концентрации были несколько ниже 16,4 - 21,5 мг/кг, хотя в известняке, используемого в качестве сырья для цемента, концентрация свинца составила 44,7 мг/кг. Результаты проведённых анализов показали, что содержание свинца в почвах агроценозов восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области практически не превышает уровень ПДК (рисунок 11). Лишь только в хозяйстве "Арашан" Ак-Суйского района в почве выявлено незначительное превышение ПДК. Однако при сравнении результатов наших исследований с результатами исследований, проведённых в 1990 году, к 1998 году наблюдается некоторая тенденция к увеличению содержания свинца в почвах исследуемого региона.

Содержание свинца в семенах озимой пшеницы сорта Безостая 1, выращенной в контрольном участке посёлка Сары-Тологой, составила 0,6 мг/кг, а в вегетирующей части растений 1,3 мг/кг. Содержание свинца в семенах ярового ячменя сорта Надя составила 0,5 мг/кг, а в вегетирующей части растений 1,4 мг/кг.

Содержание свинца в семенах озимой пшеницы и ярового ячменя, выращенных в агроценозах Жеты-Огузского района находилось в интервале 0,8 - 3,5 мг/кг; в агроценозах Ак-Суйского района 1,5 - 3,1 мг/кг. Содержание свинца в семенах озимой пшеницы, выращенной в агроценозах Тюпского района, находилось в пределах 2,7 - 3,4 мг/кг, а концентрация свинца в семенах ярового ячменя составила 3,7 мг/кг, при ПДК-0,5 мг/кг. Максимальные пределы колебаний концентраций свинца в семенах озимой пшеницы и ярового ячменя, выращенных в восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области, обнаружены в агроценозах Тюпского района - при концентрации свинца в семенах пшеницы 3,4 мг/кг и в семенах ячменя 3,7 мг/кг (рисунок 12). Несмотря на то, что валовое содержание свинца в почвах агроценозов исследуемого региона не превышает допустимых уровней, в семенах зерновых культур наблюдается накопление металла в значительных концентрациях, превышающих ПДК в 3 - 5 раз. Во всех проанализированных пробах зерновых культур наблюдается преобладание концентраций свинца в вегетирующей части растений (листь, стебель) по сравнению с семенами.

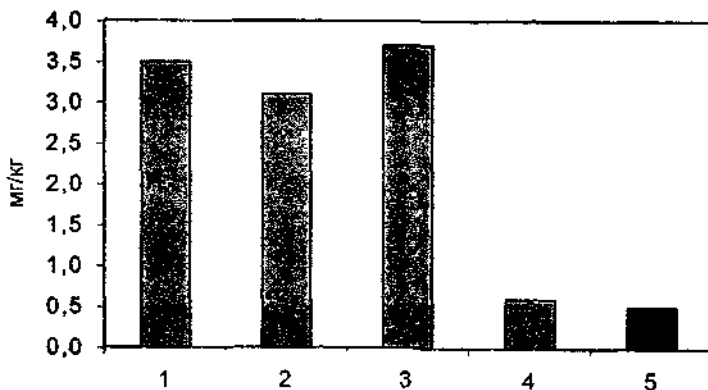
Валовое содержание Pb в почвах исследуемого региона на 1998 год



1-почвы агроценозов Жеты-Огузского района, 2-почвы агроценозов Ак-Суйского района, 3-почвы агроценозов Тюпского района, 4-почвы агроценозов прилегающие к Курментинскому цемзаводу, 5-Контроль, 6-ПДК

Рисунок 16.

Максимальное содержание Pb в семенах зерновых культур на 1998 год



1-агроценозы Жеты-Огузского района, 2-агроценозы Ак-Суйского района, 3-агроценозы Тюпского района, 4- Контроль, 5- ПДК.

Рисунок 17.

Результаты измерений общего радиационного фона. В 1990 году сотрудниками Иссyk-Кульской областной проектно-изыскательской станцией химизации сельского хозяйства была проведена работа по измерению природного радиоактивного фона прибрежной полосы восточной части озера Иссyk-Куль шириной 5 км. Мощность естественного радиационного фона по региону составила от 18 до 25 мкР/ч. По мере удаления от озера в сторону склонов гор уровень гамма-фона повышается, но не значительно до 30 - 40 мкР/ч. Это объясняется тем, что на склонах гор имеются в большом количестве гранитные глыбы, их обломки и красный песок, содержащие вкрапления с металлическим блеском. В целом радиационная обстановка по изучаемому региону благополучная, так в соответствии с МКРЗ-97-РНД 06.01.96. в качестве допустимого естественного фона мощность экспозиционной дозы внешнего гамма излучения не должна превышать 33 мкР/ч. Результаты измерений общего радиационного  $\gamma$ -фона на 1998 год представлены в таблице 1. Как видно из данных мощность экспозиционной дозы внешнего гамма излучения не превышает ПДУ-33 мкР/ч. В агроценозах Жеты-Огузского района интервал колебаний  $\gamma$ -фона составил 17,0 - 26,0 мкР/ч. На территории агроценозов Ак-Суйского района предел колебаний составил 17,0 - 23,0 мкР/ч, а в агроценозах Тюпского района 18,0 - 21,0 мкР/ч. Проведённые нами измерения не выявили тенденции увеличения гамма-активности по исследуемому региону в целом. Однако в исследованиях проведённых в 1990 году был обнаружен участок, имеющий характер локального загрязнения, где мощность экспозиционной дозы  $\gamma$ -излучения превышала ПДУ-33,0 мкР/ч в 8-9 раз, это территория пляжа Жениш. В песке обнаруживались примеси чёрного цвета, напоминающие ионообменные смолы, обладающие повышенной радиоактивностью. Мощность экспозиционной дозы  $\gamma$ -излучения на 1998 год колебалась в интервале 280 - 300 мкР/ч. Результаты гамма-спектрометрического анализа показали наличие в пробах песка следующих радионуклидов, активность которых составила:  $^{40}\text{K}$ -836,1 $\pm$ 119,4 Бк/кг,  $^{226}\text{Ra}$ -296 $\pm$ 16,0 Бк/кг,  $^{228}\text{Ra}$ -4173,3 $\pm$ 72,1 Бк/кг,  $^{228}\text{Th}$ -4087 $\pm$ 87,9 Бк/кг,  $^{137}\text{Cs}$ -21,2 Бк/кг,  $^{238}\text{U}$ -425 Бк/кг. Можно предполагать, что это результат загрязнения торием-232 и дочерними продуктами распада, кларк которого в земной коре составляет 25,0 Бк/кг. Чистый  $^{232}\text{Th}$  с периодом полураспада  $1,4 \times 10^{10}$  лет является только  $\alpha$ -излучателем (с энергией 3,95 - 4,05 Мэв). Практически в зонах его распространения радиоактивный фон повышен за счёт электронов ( $\beta$ -излучения с энергией от 0,05 до 2,26 Мэв) и гамма лучей (с энергией от 0,2 до 2,6 Мэв), излучаемых дочерними продуктами распада, в первую очередь, такими как радий-228 и радиоторий -  $^{228}\text{Th}$ . Уровень интегральной активности альфа и бета излучающих радионуклидов составил; альфа интегральная 88700 $\pm$ 9200 Бк/кг, бета интегральная 14700 $\pm$ 1500 Бк/кг. Под действием ветра загрязнённый песок переносится, но не на большие расстояния. Так на расстоянии 600-700 метров от пляжа на территории хозяйства "Ала-Тоо" с.Жениш мощность  $\gamma$ -излучения составляет 26,0 - 27,0 мкР/ч.

Таблица 1

Результаты измерений общего радиационного  $\gamma$ -фона на территории агроценозов восточной части Иссык-Кульской области на 1998 год

№	Хозяйства	Высота 0,1(м), мкР/ч	Высота 1(м), мкР/ч
1	Контроль с.Сары-Тологой	17,0	15,0
<b>Жеты-Огузский район</b>			
2	Хозяйство "Дружба" с.Кызыл Дыйкан	25,0	23,0
3	Хозяйство "Шевченко" с.Кавак	26,0	24,0
4	Хозяйство "Шевченко" с.Ичке-Булуң	22,0	21,0
5	Хозяйство "Иссык-Куль" с.Ан-устён	25,0	25,0
6	Хозяйство "Иссык-Куль" с.Шалба	25,0	24,0
7	Хозяйство "Оргочёр" с.Светлая поляна	19,0	17,0
8	Хозяйство "Ала-Тоо" с.Дархан	25,0	25,0
9	Хозяйство "Ала-Тоо" с.Жениш	26,0	26,0
<b>Ак-Суйский район</b>			
10	Хозяйство "Арашан" с.Маман	18,0	17,0
11	Хозяйство "Заря" с.Теплоключенка	21,0	20,0
12	Хозяйство "Каракол" с.Орлиное	23,0	22,0
13	Хозяйство "Каракол" с.Чолпон	22,0	20,0
<b>Тюпский район</b>			
13	Хозяйство "Победа" с.Михайловка	20,0	18,0
14	Хозяйство "Маяк" с. Сухой Хребет1	21,0	20,0
15	Хозяйство "Маяк" с. Сухой Хребет2	20,0	20,0
16	400 метров от Курментинского цементного завода	16,0	14,0

## Оценка влияния загрязнения на генетический аппарат сельскохозяйственных растений

### Цитогенетический анализ клеток корневой меристемы семян ярового ячменя

Результаты изучения мутационного процесса в семенах ярового ячменя сорта Надя из различных хозяйств восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области представлены в таблице 2. Как видно из данных, естественный уровень перестроек хромосом в клетках корневой зародышевой меристемы в контроле составил  $(0,68 \pm 0,32)\%$ . На 590 просмотренных метафаз было обнаружено 4 aberrации, из которых 3 изолюкусных разрыва и 1 концевая хроматидная делеция. Всхожесть семян контроля была 100 %.

Цитогенетический анализ семян ячменя, выращенных в хозяйстве "Победа" Тюпского района, показал, что при всхожести 84,2 % уровень выхода aberrантных клеток по сравнению с контролем был выше в 4,1 раз и составил  $(2,80 \pm 0,74)\%$ , ( $t=2,6$ ,  $p<0,05$ ). На 500 просмотренных было обнаружено 14 структурных нарушений хромосом, причём в двух клетках зарегистрировано по две aberrации. Частота структурных нарушений хромосом на 100 метафаз уже составила  $3,20 \pm 0,79$ . Статистически значимое увеличение aberrантных клеток происходило главным образом за счёт изолюкусных разрывов 2,20 и перестроек хроматидного типа, составивших 0,80 на 100 просмотренных метафаз. В контроле этот показатель был равен 0,51. С небольшой частотой, равной 0,20 на 100 метафаз, появлялись микрофрагменты. Aberrации хромосомного типа не были обнаружены.

При анализе семян ячменя выращенных в хозяйстве "Каракол" Ак-Суйского района общая частота метафаз с хромосомными aberrациями составила  $(2,20 \pm 0,43)\%$ , а количество перестроек на 100 метафаз  $2,60 \pm 0,51$ , так как в двух клетках было зарегистрировано по две перестройки. Частота структурных нарушений хромосом статистически значимо превышала контрольный уровень мутабельности ( $t=2,7$ ,  $p<0,05$ ). Увеличение выхода aberrантных клеток происходило главным образом за счёт изолюкусных разрывов и хроматидных концевых делеций. Aberrации хромосомного типа среди 500 просмотренных метафаз не были обнаружены. Всхожесть семян составила 89 %.

При всхожести семян 95 %, в корневой зародышевой меристеме семян ячменя сорта Надя, выращенных в хозяйстве "Дружба" Жеты-Огузского района, частота aberrантных клеток составила  $(2,20 \pm 0,43)\%$ , что достоверно превышает контрольный уровень мутабельности ( $t=2,76$ ,  $p<0,05$ ). В семенах проб ячменя наблюдались нарушения хромосомного, хроматидного типов и изолюкусные разрывы. Aberrации хроматидного типа были представлены концевыми делециями с частотой равной 0,80 на 100 просмотренных метафаз. В спектре хромосомных перестроек преобладали изолюкусные разрывы.

Таблица 2

Частота структурных нарушений хромосом в семенах ячменя сорта Нада выращенные в агроценозах восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области

Препараты	Количество во просмотренных метафазах	Число метафаз с перестройками		Всего перестроек	Количество перестроек на 100 метафаз
		Число	%±m		
Контроль	590	4	0,68±0,34	4	0,68±0,34
Тюпский Район	500	14	2,80±0,74	16	3,20±0,79
Ак-Суйский район	500	11	2,20±0,43	13	2,60±0,51
Жеты-Огузский район	500	11	2,20±0,43	11	2,20±0,43

- Приведены средние значения при 95 %-ном доверительном интервале средних.

Аберрации хромосомного типа были представлены одним центрическим кольцом с ацентрическим парным фрагментом. Сравнительный анализ результатов цитогенетического изучения корневых меристем семян ярового двуридного ячменя сорта Нада, собранных из различных зон возделывания восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области выявил, что наиболее высокая частота структурных нарушений хромосомом характерна для растений выращиваемых в Тюпском районе. Анализ спектра аберраций хромосомом показал, что в исследуемых пробах ячменя присутствуют все типы нарушений: хромосомные, хроматидные, изолюкусные разрывы и микрофрагменты.

### Цитогенетический анализ клеток корневой меристемы семян озимой пшеницы

Результаты изучения мутационного процесса в семенах озимой мягкой пшеницы сорта Безостая 1 из агроценозов восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области представлены в таблице 3.

Как видно из данных, представленных в таблице 3, спонтанный уровень перестроек хромосом в клетках корневой зародышевой меристемы в контроле составил  $(0,80 \pm 0,40)\%$ . На 500 просмотренных метафаз было обнаружено 4 аберрации, из которых 2 изолюкусных разрыва и 2 хроматидные концевые делеции, аберрации хромосомного типа отсутствовали. Всхожесть семян контроля составила 98,5 %.

Цитогенетический анализ семян пшеницы, выращенных в хозяйстве "Дружба" Жеты-Отузского района, показал, что при всхожести семян 97,3 %, уровень выхода аберрантных клеток по сравнению с контролем был выше в 3 раза и составил  $(2,40 \pm 0,68)\%$ , ( $t=2,0$ ,  $p<0,05$ ), что достоверно превосходит контроль. В клетках корневой меристемы семян наблюдались нарушения хроматидного типа, изолюкусные разрывы, микрофрагменты. Увеличение выхода аберрантных клеток происходило главным образом за счёт изолюкусных разрывов, составивших 1,2 на 100 просмотренных метафаз, в контроле этот показатель был равен 0,4. Также отмечено значительное увеличение микрофрагментов, составивших 0,8 на 100 просмотренных метафаз, в то время как в контроле они не обнаруживались. С небольшой частотой равной 0,4 на 100 метафаз, появлялись аберрации хроматидного типа. Аберрации хромосомного типа не были обнаружены.

При анализе семян озимой пшеницы, выращенных в хозяйстве "Каракол" Ак-Суйского района, общая частота метафаз с хромосомными аберрациями составила  $(2,40 \pm 0,68)\%$ , а количество перестроек на 100 метафаз  $2,60 \pm 0,51$ , так как в одной клетке было обнаружено 2 перестройки. Частота структурных нарушений хромосом статистически значимо превышала контрольный уровень мутабельности ( $t=2,0$ ,  $p<0,05$ ). Увеличение выхода аберрантных клеток происходило главным образом за счет изолюкусных разрывов 1 и микрофрагментов 1 на 100 просмотренных метафаз. С меньшей частотой появлялись аберрации хроматидного типа; хроматидные концевые делеции и ацентрические кольца, составившие 0,6 на 100 просмотренных метафаз. Аберрации хромосомного типа не были обнаружены. Всхожесть семян составила 91 %.

Цитогенетический анализ семян озимой пшеницы выращенной в хозяйстве "Победа" Тюпского района, показал, что при всхожести 85,4 % уровень выхода аберрантных клеток по сравнению с контролем был выше в 3,2 раз и составил  $(2,60 \pm 0,50)\%$ , ( $t=2,8$ ,  $p<0,05$ ). На 500 просмотренных было обнаружено 13 структурных нарушений хромосом. Статистически значимое увеличение выхода аберрантных клеток происходило главным образом за счет изолюкусных разрывов составивших 1,2 и перестроек хроматидного типа 0,8; концевые

Таблица 3

Частота структурных нарушений хромосом в семенах озимой пшеницы сорта Безостая I выращенные в агроценозах восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области

Препараты	Количество просмотренных метафаз	Число метафаз с перестройками		Всего перестроек	Количество перестроек на 100 метафаз
		Число	% $\pm$ tm		
Контроль	500	4	0,80 $\pm$ 0,40	4	0,80 $\pm$ 0,40
Жеты-Огузский район	500	12	2,40 $\pm$ 0,68	12	2,40 $\pm$ 0,68
Ак-Суйский район	500	12	2,40 $\pm$ 0,68	13	2,60 $\pm$ 0,50
Тюпский район	500	13	2,60 $\pm$ 0,50	13	2,60 $\pm$ 0,50
Окрестности Курментинского цементзавода	500	14	2,80 $\pm$ 0,73	16	3,20 $\pm$ 0,78

\*- Приведены средние значения при 95 %-ном доверительном интервале средних.



делеции и ацентрические кольца, с меньшей частотой появлялись микрофрагменты 0,6. Аберрации хромосомного типа не были обнаружены.

В клетках корневой зародышевой меристемы семян пшеницы, выращенных на территории агроценозов Тюпского района, распложенных в зоне действия Курментинского цементного завода, частота aberrантных клеток составила  $(2,80 \pm 0,73)\%$ , что достоверно превышает контрольный уровень мутабельности в 3,5 раз, ( $t=2,9$ ,  $p<0,05$ ). На 500 просмотренных метафаз было обнаружено 14 структурных нарушений хромосом, причём в двух клетках было зарегистрировано по две aberrации. Частота структурных нарушений хромосом на 100 метафаз составила  $3,20 \pm 0,78$ . Статистически значимое увеличение выхода aberrантных клеток происходило главным образом за счёт изолюкусных разрывов, составивших 1,8 на 100 просмотренных метафаз, в контроле этот показатель был равен 0,4. Также наблюдалось значительное увеличение aberrаций хроматидного типа, составивших 1,2 на 100 метафаз представленные хроматидными концевыми делециями и ацентрическими кольцами. В контроле частота aberrаций хроматидного типа составила 0,4. С небольшой частотой равной 0,2 на 100 просмотренных метафаз появлялись одиночные и парные микрофрагменты. При анализе была обнаружена клетка, имеющая множественные нарушения; 2 изолюкусных разрыва, одну концевую делецию, также наблюдалась фрагментация хромосом. Дипентрические хромосомы и центрические кольца не обнаруживались.

При отборе проб семян пшеницы выращенных в окрестностях Курментинского цементного завода, были обнаружены некоторые морфологические изменения растений: колосья были меньше в размерах по сравнению с контролем, наблюдалось уменьшение размера и количества зерен в колосьях, в отдельных случаях дегенерация эндосперма. При прорастании семян мацерировалась точка роста, всхожесть семян была ниже по сравнению с контролем и составила 74 %.

Сравнительный анализ результатов цитогенетического изучения семян озимой пшеницы сорта Безостая 1, выращенных в различных районах возделывания восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области, показал, что наиболее высокая частота структурных нарушений хромосом характерна для растений, выращенных на территории агроценозов Тюпского района. Наиболее высокий уровень мутабельности характерен для растений, произрастающих в окрестностях Курментинского цементного завода, расположенного в Тюпском районе. Очевидно, это связано с повышенными концентрациями кадмия, как в почве, так и в растениях. Спектр структурных нарушений хромосом был представлен в основном изолюкусными разрывами, aberrациями хроматидного типа и микрофрагментами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведённых исследований показали, что на генетический аппарат зерновых культур региона оказывает влияние комплекс загрязняющих веществ различной природы, что создаёт определённые трудности для количественных оценок их суммарного воздействия. В сумме, они могут усилить выход генетических эффектов или наоборот ослабить его. В результате цитогенетического изучения семян ярового двурядного ячменя сорта Надя и озимой мягкой пшеницы сорта Безостая 1, выращенных на территории агроценозов восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области, выявлен повышенный уровень мутабельности. В спектре перестроек хромосом преобладали изолюкусные разрывы и аберрации хроматидного типа, что говорит о преобладающем воздействии мутагенов химической природы, но не исключено и воздействие радиационного фактора. Сравнительный анализ результатов цитогенетического изучения семян ячменя и пшеницы, выращенных в различных агроценозах изучаемого региона показал, что наиболее высокая частота структурных нарушений хромосом характерна для растений, выращенных на территории Тюпского района. Можно полагать, что это связано с влиянием отходов Курментинского цементного завода. При анализе горной породы известняка, служащего сырьём для производства цемента, нами были обнаружены высокие концентрации кадмия – 64,3 мг/кг. В ходе добычи, дробления и других технологических процессов происходит измельчение некоторой части породы и поступление её в атмосферный воздух в виде микрочастиц, распространяющиеся потоками воздуха и загрязняющие прибрежную часть бассейна озера Иссык-Куль. При отборе проб зерновых культур, выращенных в окрестностях Курментинского цементного завода, были обнаружены некоторые морфологические изменения растений. Корреляционный анализ закономерностей накопления кадмия, свинца и меди в семенах зерновых культур от уровня загрязнения почв агроценозов исследуемого региона показал наличие достоверных коэффициентов корреляции. Проведенные нами исследования показали, что на современном этапе в исследуемой зоне происходит загрязнение окружающей среды тяжёлыми металлами. Корреляционный анализ выявил наличие достоверной зависимости между частотой хромосомных аберраций и содержанием Cu, Cd, Pb в семенах зерновых культур. Однако повышенный уровень мутабельности, вероятно, связан не только с воздействием ТМ, но и другими факторами, такими как интенсивная химизация сельского хозяйства, проводимая в 70-х годах, применение хлорорганических пестицидов ДДТ, ГХЦГ, остаточные количества которых обнаруживаются по настоящее время, развитие земледелия в условиях урановой биогеохимической провинции, а также наличием других загрязняющих веществ характерных для окружающей среды региона.

Безусловно, для более достоверной оценки мутагенности внешней среды по изучаемому региону необходимы дополнительные исследования с применением дифференциальной окраски и FISH метода, позволяющие обнаружить трудно выявляемые обычными способами перестройки хромосом.

## ВЫВОДЫ

1. Хлорорганические пестициды ДДТ, ГХЦГ длительное время не применялись в агроценозах восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области, но их остаточные количества обнаруживаются в семенах возделываемых зерновых культур. Суммарная концентрация изомеров ДДТ в семенах ярового ячменя составила от 0,0060 до 0,0089 мг/кг, а в семенах озимой пшеницы от 0,0089 до 0,021 мг/кг. Суммарная концентрация изомеров ГХЦГ в семенах ярового ячменя составила от 0,0003 до 0,0007 мг/кг а в семенах озимой пшеницы от 0,0013 до 0,0054 мг/кг.

2. В настоящее время в агроценозах выявлено увеличение концентраций тяжёлых металлов Zn, Cu, Cd, Pb в почвах и семенах зерновых культур агроценозов исследуемого региона: Zn в почве от 22,5 до 73,5 мг/кг, в контроле 16,5 мг/кг, а в семенах зерновых культур от 6,2 до 31,3 мг/кг, в контроле 4,3 мг/кг, Cu в почве от 14,7 до 31,3 мг/кг, в контроле 13,9 мг/кг, а в семенах зерновых культур от 3,2 до 3,6 мг/кг, в контроле 1,1 мг/кг, Cd в почве от 1,5 до 11,7 мг/кг, в контроле 0,3 мг/кг, а в семенах зерновых культур от 0,4 до 1,5 мг/кг, в контроле 0,1 мг/кг, Pb в почве от 14,9 до 36,0 мг/кг, в контроле 12,3 мг/кг, а в семенах зерновых культур от 3,1 до 3,7 мг/кг, в контроле 0,6 мг/кг.

3. Загрязнители химической природы индуцируют хромосомные мутации в меристематических клетках возделываемых зерновых культур региона. Частота структурных нарушений хромосом в семенах ярового ячменя, выращенных в агроценозах Жеты-Огузского района, составила  $(2,20 \pm 0,43)\%$ , в агроценозах Ак-Суйского района  $(2,60 \pm 0,51)\%$ , агроценозах Тюпского района  $(3,20 \pm 0,79)\%$ , при контрольном уровне мутабельности  $(0,68 \pm 0,34)\%$ , ( $p < 0,05$ ).

4. Частота структурных нарушений хромосом в семенах озимой пшеницы, выращенных в агроценозах Жеты-Огузского района, составила  $(2,40 \pm 0,68)\%$ , в агроценозах Ак-Суйского района  $(2,60 \pm 0,50)\%$ , в агроценозах Тюпского района  $(3,20 \pm 0,79)\%$ , при контрольном уровне мутабельности  $(0,80 \pm 0,40)\%$ , ( $p < 0,05$ ).

5. Сравнительный анализ результатов цитогенетического изучения семян ярового ячменя и озимой пшеницы, выращенных в различных агроценозах исследуемого региона показал, что наиболее высокий уровень мутабельности характерен для растений, выращенных в агроценозах Тюпского района  $(3,20 \pm 0,79)\%$ .

6. В спектре структурных нарушений хромосом преобладают изолюкусные разрывы и аберрации хроматидного типа, что говорит о воздействии мутагенов химической природы, но не исключено воздействие и радиационного фактора.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Из проведённых исследований следует:

1. В восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области необходима строгая регламентация применяемых пестицидов и минеральных удобрений, предусмотрев снижение установленных ПДК, так как ДДТ и его изомеры спустя 30 лет после их применения обнаруживаются в зерновых культурах.
2. В целях сохранения генофонда ведущих злаковых культур, необходимо организовать постоянно действующую службу эколого-генетического мониторинга по оценке влияния мутагенов окружающей среды.

Основные положения диссертации опубликованы автором в следующих работах:

1. Калдыбаев Б.К., Костюк Т.П., Бигалиев А.Б. Хроматографическое определение остаточных количеств пестицидов в агроценозах Северо-Восточной части Иссык-Кульской области // Вестник КазГУ, сер. Экологическая. – 1998. - №4. – С.158-167.
2. Калдыбаев Б.К., Бигалиев А.Б. Содержание хлорорганических пестицидов в различных природных средах Северо-Восточной части Иссык-Кульской области // Второй всероссийский научный молодёжный симпозиум «Безопасность биосферы-98»: Тезисы докл. – Екатеринбург, 1998. – С. 146.
3. Калдыбаев Б.К. Оценка экологических последствий загрязнения агроценозов Северо-Восточной части Прииссыккуля // Поиск. – Алматы: Министерство образования культуры и здравоохранения. – 1999. - №4. – С. 153-159.
4. Калдыбаев Б.К., Бигалиев А.Б. Содержание тяжёлых металлов в почвах и растениях Северо-Восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области // Второй всероссийский научный молодёжный симпозиум «Безопасность биосферы-98»: Тезисы докл. – Екатеринбург, 1998. – С. 143.
5. Калдыбаев Б.К., Костюк Т.П., Бигалиев А.Б. Загрязнение окружающей среды тяжёлыми металлами в Северо-Восточной части Прииссыккуля // Вестник КазГУ, сер. Экологическая. – 1999. - №5. – С. 154-160.
6. Калдыбаев Б.К., Айсакулова Х.Р. Содержание тяжёлых металлов в Северо-Восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области // Вестник Иссык-Кульского университета. – 1999. - №1. – С. 53-60.
7. Калдыбаев Б.К., Бигалиев А.А., Волохов С.Г. Содержание  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в почвах Восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области // Поиск. – Алматы: Министерство образования культуры и здравоохранения. - №6. – С. 102-105.
8. Калдыбаев Б.К., Бигалиев А.Б. Радиационно-гигиеническая характеристика Северо-Восточной части зоны земледелия Иссык-Кульской области // Вестник Иссык-Кульского университета. – 1999. - №2. – С.82-85.

Қалдыбаев Бақыт Қадырбекұлы  
Ыстықкөл облысының егіншілік аймағының Шығыс бөлігінің  
агроценоздарының ластануының зардаптарына экологиялық-  
генетикалық баға беру

Биология ғылымдарының кандидаты дәрежесі үшін  
қорғалатын диссертация 03.00.16 – экология

### ТҮЙІН

Бұл жұмыс Ыстықкөл облысының егіншілік аймағының Шығыс бөлігінің агроценоздарының хлорорганикалық пестицидтермен, нитраттармен, ауыр металдармен, радионуклидтермен ластану зардаптарын бағалауға арналған. Соңғы онжылдықта зерттеу аймағының агроценоздарында пестицидтер қолданылмауына қарамастан, зерттеу нәтижесі олардың қалдықтары топырақта және дәнді дақылдардың тұқымдарында кездесетіні көрсетілді. Жүргізілген зерттеулер сонымен бірге агроценоздарда ауыр металдардың жинақталу тенденциясы орын алып отырғанын көрсетеді. Топырақтағы және өсірілетін дәнді дақылдардағы Cu, Pb, Cd мөлшерінің РШК (ПДК) деңгейінен асып кетуі Жеті-Өгіз, Ақсу, Түп аудандарының агроценоздарында байқалды. Кадмиймен едәуір мөлшерде ластану Түп ауданының агроценозында, атап айтқанда Күрменті цемент зауытымен іргелес аймақта табылды. Цемент өндірісінде шикізат ретінде қолданылатын әктасты зерттеу барысында кадмийдің жоғары концентрациясы - 64,3 мг/кг - анықталды. Өндіру, ұстау барысында және технологиялық процестер кезінде әктастың микробөлшектері атмосфераға араласалды, ауа ағындары оны шашыратып Ыстықкөлдің жағалауына жақын танаптарды ластайды. Аймақ бойынша жалпы алғанда РШД (ЦДУ) көрсеткішінен аспайды, бірақ  $\gamma$ -фоны біршама жоғары шағын алаңдар бар. Күздік арпа мен бидай тұқымдарының цитогенетикалық зерттеу мутациялану деңгейінің жоғарылығын көрсетті. Хромосомалардың құрылымдық бұзылыстарының неғұрлым жоғары жиілігі әсеріне Түп ауданының агроценоздарында өсірілген дәнді дақылдарға тән. Шамасы бұл, Күрменті цемент зауытының қалдықтарының әсерімен, мысалы ауыр металдардың, атап айтқанда кадмийдің көп мөлшерде араласуымен байланысты болса керек. Құрылымдық бұзылыстардың ішінен хроматидтік типтегі аберрациялар басым болды, бұл ортаның әсер етуші мутагендердің химиялық сипатына ұқсайды. Дегенмен, мутациялану деңгейінің жоғарылауы тек ауыр металдардың әсерімен ғана емес, 70-ші жылдарда жүргізілген ауыл шаруашылығын қауырт химияландыру, егіншіліктің уранды геохимиялық провинция аймағында дамуы сияқты өзге факторлармен де байланысты болуы мүмкін деп жорамалдауға болады.

Kaldybaev Bakit Kadirbekovich

**Ecological-genetical evaluation of the consequences of pollution of agricultural ecological systems of the Eastern part of agricultural zone of the Issyk-Kul oblast**

Thesis for the Degree of the Candidate of Biological Sciences  
03.00.16 – ecology

**SUMMARY**

The present work is devoted to the actual problem of pollution of the Eastern part of agricultural zone of the Issyk-Kul oblast by chlorine-organic pesticides, nitrates, heavy metals, radiation nuclides. The result of research analysis showed that in spite of the fact that chlorine-organic pesticides haven't been used in agricultural ecological systems of the investigated region for the long time, their residuum numbers are still being found in soil and in the seeds of cereal crops. The results of investigations showed that at present, there is an increasment of pollution of agricultural ecological systems by heavy metals. Exceeding of limited possible concentration (LPC) in soil and in cultivated cereal crops, Cu, Pb, Cd are seen in agricultural ecological systems of Jety-Oguz, Ak-Soo and Tyup regions. Considerable pollution was revealed in agricultural ecological systems of Tyup region, in particular, in the area of agricultural ecological systems which are adjacent to Kurmenty cement works. While analyzing rock lime stones which serve as raw materials for production of cement, high concentrations of cardmium - 64,3 mg/kg were found. In the course of output, crushing and other technological processes, some parts of rocks are being crushed and go into atmosphere like micropaticles spreading by flows of air, polluting areas which are situated not far from the lake Issyk-Kul. The level of  $\gamma$ -activity in the region on a whole doesn't exceed limited possible level, however there are some areas with higher rate of  $\gamma$ -background, which have a local character of pollution. The results of research cytogenetical investigations of the seeds of spring barley and winter wheat showed that the investigated region is characterized by higher rate of genetical disturbance. Frequency of structural disturbance of chromosome is seen in agricultural ecological systems of Tyup region. It is evidently connected with the works of Kurmenty cement works, with entering and dispersion of surplus concentration of heavy metals in particular cardmium. The spectrum of structural disturbance, aberration of chromatic type, tell about the predominant influence of mutogens of chemical character. The higher rate of genetical disturbance is evidently connected not only with the influence of heavy metals, but with other factors as intensive use of chemicals in agriculture under conditions of uranium biogeochemical areas.