



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГУМАНИТАРНО-  
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»)

ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
КАФЕДРА ХИМИИ, ЭКОЛОГИИ И МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ

## Химические поллютанты в некоторых компонентах озер зоны ВУРСа

Выпускная квалификационная работа  
по направлению 44.03.05 Педагогическое образование  
Направленность программы бакалавриата  
«Химия. Биология»

Проверка на объем заимствований:  
60,72 % авторского текста

Работа рекомендована защите  
рекомендована/не рекомендована  
«26» мая 2017г.  
зав. кафедрой Химии, экологии и МОХ  
(название кафедры)  
Сычев В.А.

Выполнила:  
Студентка группы ОФ-501/064-5-1  
Цыганова Олеся Геннадьевна

Научный руководитель:  
профессор, д.б.н., к.х.н.  
Левина Серафима Георгиевна

Челябинск  
2017

**СОДЕРЖАНИЕ**

|   |      |
|---|------|
| ВВЕДЕНИЕ.....   | 3    |
| ГЛАВА 1. ИСТОРИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА. РОЛЬ ПОЧВ В ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ .....                                       | 7    |
| 1.1 История образования ВУРСа.....  | 9    |
| 1.2 Регуляторная роль почв в природных экосистемах .....  | 11   |
| 1.3 Формирование супераквального компонента.....  | 13   |
| ГЛАВА 2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....   | 15   |
| 2.1 Объекты исследования .....  | 15   |
| 2.2 Методы исследования .....   | 17   |
| ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. ....  | 20   |
| 3.1 Содержание органического вещества и радионуклидов в супераквальных позициях почв водосборных территорий озер Тыгиш и Большой Игиш ..... | 20   |
| 3.2 Объемная активность $^{90}\text{Sr}$ и $^{137}\text{Cs}$ для воды озер Тыгиш и Большой Игиш.....  | 22   |
| 3.3 Статистическая обработка результатов.....   | 23   |
| ГЛАВА 4. МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА «ВУРС: ЧЕЛОВЕК И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА» .....   | 25   |
| 4.1 Технологическая карта интегративного занятия.....   | 25   |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....  | 34   |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....  | 35   |
| ПРИЛОЖЕНИЕ .....  | 3940 |

## ВВЕДЕНИЕ

Открытие радиоактивности послужило толчком для прикладного использования этого физического явления. В результате хозяйственной деятельности человек создал искусственные источники радиоактивного излучения и научился использовать энергию атома в самых разных целях: медицине, для производства энергии и атомного оружия, для поиска полезных ископаемых и обнаружения пожаров [16].

В связи с этим возникает и становится все более острой качественно новая экологическая проблема – защита биосферы от радиоактивных загрязнений. Эти загрязнения непосредственно затрагивают все сферы географической оболочки и все ее компоненты. Кроме того, они сохраняют свое негативное воздействие в течение длительного времени – десятков и сотен лет [15].

Поступление искусственных радионуклидов в природные экосистемы происходит за счет глобальных выпадений при испытании ядерного оружия, в результате текущих и аварийных выбросов работающих предприятий.

Радионуклиды, поступающие в окружающую среду в допустимых с технологической точки зрения количествах, ввиду особенностей живых организмов могут накапливаться в них в таких концентрациях, которые во много раз превышают их содержание в среде обитания. Они переносятся с воздушными потоками на большие расстояния от источника и, оседая на новых местах, создают зоны радиоактивного загрязнения [10].

Данное загрязнение окружающей среды является наиболее важным экологическим последствием радиационных аварий с выбросами радионуклидов и техногенных микроэлементов, основным фактором, оказывающим влияние на состояние здоровья и условия

жизнедеятельности людей на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению. Основными специфическими явлениями и факторами, обуславливающими экологические последствия при радиационных авариях и катастрофах, служат радиоактивные излучения из зоны аварии, а также из формирующегося при аварии и распространяющегося в приземном слое облака (облаков) загрязненного радионуклидами воздуха; радиоактивное загрязнение компонентов окружающей среды [16].

Для территории Восточного склона Уральских гор характерна неоднородная экологическая обстановка, в которую немалый вклад внесла деятельность ПО «Маяк». Довольно продолжительное время в результате сложного химического производства данное предприятие, помимо урана и плутония, получало большое количество радиоактивных отходов, которые сливались непосредственно в реку Теча, где расположено производство.

По прошествии 60 лет после аварии и формирования Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРСа) встает вопрос об интенсивности хозяйственного использования загрязненных территорий, включая озерные экосистемы. В связи с этим возникают задачи изучения функционирования этих водоемов с целью выяснения оптимальных условий их эксплуатации [17].

Общие особенности распределения удельной активности радионуклидов между различными компонентами водоемов (вода, почва, донные отложения, биомасса), позволяют понять особенности функционирования таких водоемов в качестве дезактиваторов. Объектами исследования являются озера Тыгиш и Большой Игиш, расположенные на границе со Свердловской областью, относящиеся к бассейну реки Исеть на центральной оси ВУРСа. (ПРИЛОЖЕНИЕ 1)

Почва, являясь одним из неотъемлемых компонентов данных экосистем, играет важную роль в миграции и накоплении различных

поллютантов, осуществлении горизонтального переноса веществ из почвы в водную массу, а также влияет на химический состав воды, с которой она непосредственно контактирует [20].

Кроме того, почвы водосборных территорий, особенно их супераквальные позиции, могут являться источниками вторичного загрязнения водоемов.

Предмет исследования – вода и супераквальный компонент водосборной территории озер Тыгиш и Большой Игиш.

Цель – исследование накопления и распределения радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в воде и почвах водосборных территорий озер Тыгиш и Большой Игиш.

Для достижения указанной цели предусматривается решение следующих задач:

- Определение содержания органического вещества и его фракционного состава;
- Определение удельной активности долгоживущих радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в пробах воды и почв супераквального элемента ландшафта водосборной территории озер Тыгиш и Большой Игиш;
- Выявление взаимосвязи особенностей накопления, распределения долгоживущих радионуклидов и фракционного состава органического вещества почвы.

Результаты исследований были опубликованы в материалах международных конференций (Эколого-географические проблемы регионов России, Современные проблемы математических и естественных наук в мире, Актуальные вопросы и перспективы развития математических и естественных наук и т.д.), отмечены дипломом I степени на всероссийском студенческом конкурсе исследовательских проектов "Химия в жизни общества", а также, представлены публичным

докладом на Международной экологической студенческой конференции (2016) и отмечены дипломом III степени.

Методическая разработка апробирована в рамках конкурса педагогического мастерства «Педагогический дебют - 2017» и отмечена дипломом III степени.

## **ГЛАВА 1. ИСТОРИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА. РОЛЬ ПОЧВ В ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ**

Уральский район включает в себя 5 областей: Пермская, Свердловская, Челябинская, Оренбургская, Курганская, один автономный округ – Коми – Пермский и две республики – Башкортостан и Удмуртия.

Кузница России - один из самых богатых природными ресурсами и индустриально развитых регионов страны. Здесь расположены промышленные центры, которые лидируют по общему выбросу вредных веществ в окружающую среду. Попавшие в атмосферу твердые и жидкие частицы оседают на почве, загрязняя территории городов, леса и пашни. В окрестностях предприятий добывающей промышленности, черной и цветной металлургии содержание тяжелых металлов в почвах превышает ПДК в 50-2000 раз. Много лет на территории региона добывают полезные ископаемые, работают химические и нефтехимические производства. Это ведет к загрязнению окружающей среды нефтью, фенолами, аммиаком, бензолом, оксидами серы, углерода, азота и т.п. [8].

Недостаточно очищенные промышленные и бытовые стоки ухудшили качество воды в регионе. Наиболее сильно загрязнены реки Свердловской области. Вокруг многих промышленных центров обнаружено также загрязнение подземных вод, в том числе используемых для питьевого водоснабжения.

Остро стоит проблема хранения и уничтожения химического оружия в республике Удмуртии. Здесь находится более четверти всех запасов химических отравляющих веществ РФ.

Отвалы пустой породы, шлаки и зола ТЭЦ, отходы металлургических предприятий занимают десятки тысяч гектаров. Часто токсичные отходы попадают на городские свалки или хранятся на предприятиях, в заброшенных карьерах.

Уральский регион является бесспорным лидером России по степени загрязнения воздуха вредными выбросами со стационарных источников: они здесь составляют более 20 % от общего количества загрязнителей атмосферы.

Сильнее всего от проблемы загрязнения воздуха вредными выбросами со стационарных источников страдают экология Челябинской Свердловской областей. В этих регионах находятся промышленные предприятия, которые обеспечивают более 10% вредных выбросов от общего количества загрязнителей атмосферы Уральского района. К примеру, ОАО «ММК» ежегодно выбрасывает в атмосферу более 300 тыс. тонн вредных веществ. Данная цифра равна объёму вредных выбросов за год со всех промышленных объектов Северо-Западного района. Рефтинская ГРЭС, расположенная в Свердловской области, ежегодно выбрасывает в атмосферу не меньший объём вредных веществ [1].

Кроме того, экология Урала ухудшается нефтеперерабатывающей и нефтедобывающей промышленностью. К примеру, такие предприятия в Уфе каждый год выбрасывают в атмосферу 100 тыс. тонн загрязняющих веществ.

Зачастую концентрация в атмосфере Магнитогорска таких вредных веществ, как сероводород, этилбензол, диоксид азота, фенол, превышает предельно допустимые нормы в 13 – 20 раз.

С тех пор как в 1910 году в Карабаше был открыт медеплавильный комбинат, концентрация свинца в атмосфере города нередко превышает предельно допустимую норму в 50 раз, показатели по мышьяку там обычно составляют 10 – 25 ПДК [1].



Особую опасность представляет Восточно-Уральский радиоактивный след (Челябинская область), образовавшийся в результате промышленных сбросов и аварийного выброса радиоактивных веществ в бассейне озера Карачай и реки Течи в 1949-1957 гг. (ПРИЛОЖЕНИЕ 2)

### **1.1 История образования ВУРСа**

Радиоэкологическая обстановка в Челябинской области обусловлена в основном прошлой деятельностью ядерного военно-топливного комплекса ПО "Маяк" Минатома России, созданного на базе промышленного комплекса по получению плутония и переработке делящихся материалов [21].

Первым этапом загрязнения принято считать сброс жидких радиоактивных отходов в реку Теча, который производился в период с марта 1949 г. по ноябрь 1951 г. За этот период в речную сеть было сброшено не менее 2,8 млн. Ки активности. Облучению подверглись 124 000 человек в 41 населенном пункте. Часть населенных пунктов была эвакуирована, но часть населения (порядка 7 000 человек) не была переселена – это поселки Муслюмово, Бродокалмак, Русская Теча, Н. Петропавловское.

В 1957 г. в результате теплового взрыва емкости на ПО «Маяк», содержащей жидкие радиоактивные отходы (20 млн. Ки), произошел выброс радиоактивных продуктов, сформировавших после их выпадения так называемый Восточно-Уральский след (ВУРС) в Челябинской, Свердловской, Курганской и Тюменской областях. Длина следа составила примерно 300 км. Авария получила название Кыштымской по названию ближайшего к ПО «Маяк» города. В момент аварии в радионуклидном составе выпадений преобладали  $^{144}\text{Ce}$  (66%),  $^{95}\text{Zr}$  (25%),  $^{90}\text{Sr}$  (7%). Уже через 8–50 лет после аварии основным в радионуклидном составе загрязнения стал  $^{90}\text{Sr}$ . Установлено, что спустя

33 года после аварии в зоне Восточно-Уральского следа плотность загрязнения почв  $^{90}\text{Sr}$  в 7–50 раз превышала глобальный уровень. В непосредственной близости от ПО «Маяк» уровни загрязнения  $^{90}\text{Sr}$ , по видимому, могут достигать  $1000 \text{ Ки/км}^2$  и более [18].

Инцидент вблизи ПО «Маяк» 1967 г. заключался в том, что в результате пыльной бури были подняты в атмосферу загрязненные иловые отложения (около  $22 \times 10^{12}$  Бк) с пересохшей береговой полосы озера Карачай, куда производились сбросы жидких радиоактивных отходов предприятия по производству оружейного плутония. В результате на местности образовался радиоактивный след большой протяженности, вышедший далеко за пределы санитарно-защитной зоны предприятия (на расстояние до 75 км). Загрязнение наложилось на существовавшее уже к тому времени загрязнение территории от аварии 1957 г. В выпадениях пыли, поднятой с берегов озера Карачай, содержались, в основном,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  (в соотношении 3:1) [18].

(ПРИЛОЖЕНИЕ 3)

В зоне загрязнения, названной Восточно-Уральским радиоактивным следом, оказались десятки сельских населенных пунктов и около 60 озер. На некоторых озерах до сих пор нельзя вести хозяйственную деятельность, некоторые частично годны для хозяйственного использования. Эти озера различаются литологическим составом котловин, морфометрическими параметрами, условиями формирования гидрохимического состава стока с водосборов и площадью водосбора [18].

В настоящее время основной вклад в радиационное загрязнение территории ВУРСа вносят долгоживущие изотопы  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ . Современный характер загрязнения ВУРСа и его отдельных экосистем обусловлен не только первичной поверхностной неравномерностью загрязнения, но и разнообразными физико-химическими и биологическими процессами, определяющими особенности миграции и

аккумуляции радионуклидов. Радиоактивные вещества легко вовлекаются в экосистемные миграционные циклы, накапливаясь в почве и растениях [19].

Поступление радионуклидов в почву водосборных территорий происходит из приземного воздуха и водных экосистем. Почва интенсивно сорбирует различные техногенные загрязнители, в том числе и радионуклиды. В результате смыва с водосборных территорий может произойти вторичное загрязнение водоемов [5].

## **1.2 Регуляторная роль почв в природных экосистемах**

Почвенный покров образует одну из геофизических оболочек Земли- педосферу. Основные геосферные функции почвы как природного тела обусловлены положением почвы на стыке живой и неживой природы. Главная из них — жизненная среда для живых объектов. Именно в почве укореняются наземные растения, в ней обитают мелкие животные, огромная масса микроорганизмов. В результате почвообразования именно в почве концентрируются жизненно необходимые организмам вода и элементы минерального питания в доступных для них формах химических соединений [11]. В то же время, формирование самой почвы происходит главным образом под действием живого вещества. Таким образом, почва - условие существования жизни, но одновременно почва — следствие жизни на Земле.

Запасание энергии — следующая общая функция почвы. Почва является важнейшим условием фотосинтетической деятельности растений. Этим путем аккумулируется на Земле колоссальное количество энергии. В.А.Ковда приводит такие данные. В форме топлива, пищи, кормов ежегодно на земном шаре расходуется примерно  $7 \cdot 10^{12} \text{кВт} \cdot \text{ч}$  этой энергии. Еще  $16,2 \cdot 10^{12} \text{кВт} \cdot \text{ч}$  человечество сжигает в виде ископаемого топлива (угля, нефти, газа, торфа), созданного в

прошлые геологические эпохи также, по-видимому, растениями. Другие источники энергии (реки, ветер, ядерное топливо) дают неизмеримо меньше энергии. В настоящее время именно система почва — растения — животные - главный поставщик трансформированной энергии Солнца человечеству. Живое вещество неустойчиво, после отмирания организмов оно быстро разрушается, минерализуется, и только небольшая часть его превращается в почве в гумус и надолго сохраняется, обеспечивая нормальное функционирование почв в биосфере [11].

Третья глобальная функция почвы — обеспечение постоянного взаимодействия большого геологического и малого биологического круговоротов веществ. Биогеохимические циклы элементов, в том числе таких важнейших биофилов, как углерод, азот, кислород, осуществляются через почву. Эти элементы в разной форме и в разных соотношениях участвуют в синтезе органического вещества растениями. Затем они проходят сложный цикл превращений в почве, и часть продуктов поступает в атмосферу и гидросферу. Тем самым почва участвует в процессе регулирования состава атмосферы и гидросферы. Это четвертая глобальная функция почвы [9].

Почва обладает не только плодородием, она имеет и свойства, лимитирующие жизнедеятельность тех или иных организмов. Не случайно зарождение древних цивилизаций происходило в тех регионах нашей планеты, где естественное плодородие почв особенно велико. Таким образом, почва — основное средство производства и объект труда в сельском хозяйстве, а ее распределение — причина острых социальных конфликтов.

Пятой, важнейшей функцией почвы является ее барьерная роль. Важнейшим показателем, определяющим миграционную способность радионуклидов, является содержание в почвенном компоненте органического вещества.

Органическое вещество почвы способно образовывать сложные комплексные соединения с поллютантами, поэтому в почвах с высоким содержанием гумуса они менее доступны для поглощения. Гумус объединяет огромный комплекс или группу химических веществ, в состав которых входит как органическая часть (гуминовые и фульвокислоты), так и неорганическая составляющая – химические элементы неорганического происхождения.

Органическая часть гумуса - гуминовые кислоты, обладают высокой сорбционной емкостью по отношению к рудным элементам, а также изотопным носителям долгоживущих радионуклидов: 1 г гуминовых кислот сорбирует 30 мг цезия, 18 мг стронция. В связи с этим гуминовые кислоты выступают как эффективный геохимический барьер, ограничивающий подвижность ионов радионуклидов.

Таким образом, почва рассматривается в качестве «депо» химических соединений, выполняющим регуляторную функцию и принимающим самое активное участие в процессе обмена веществом и энергией с другими компонентами экосистем.

### **1.3 Формирование супераквального компонента**

Супераквальные почвы формируются на пониженных элементах рельефа, в условиях, когда грунтовые воды близко к поверхности. В них осуществляется дополнительный приток химических элементов с боковым латеральным стоком и грунтовыми водами. Здесь могут накапливаться в значительных количествах элементы, выносимые из почв элювиальных ландшафтов, и возникать явления абсолютной гидрогенной аккумуляции. Для супераквальных элементов ландшафта водосборов озер характерно повышенное увлажнение как атмосферными осадками, так и неглубоко залегающими грунтовыми водами (сочетание выпотного и промывного режимов), обеспечивающее как вертикальную, так и горизонтальную миграцию элементов [2].

При слабом оттоке минерализованных грунтовых вод (свойственных пустыне и отчасти нижней зоне сероземного пояса) формируются засоленные гидроморфные почвы и солончаки. По зональному местоположению выделяют гидроморфные почвы пустынной зоны и пояса сероземов. К ним относятся: луговые почвы, болотные почвы и солончаки [2].

Постоянное увлажнение почвенно-грунтовой толщи гидроморфных почв вызывает развитие специфической растительности, изменение процессов гумусообразования, а также восстановительные процессы в водоносной и прилегающей частях профиля. В связи с этим супераквальные почвы имеют более мощный дерновый горизонт, чем в автоморфных почвах, повышенное содержание гумуса, более глубокий горизонт оглеения, а также горизонты скопления карбонатов и гипса. Содержание гумуса составляет от 0,3-0,5% в молодых пойменноаллювиальных луговых почвах пустынной зоны, до 7-10% в луговых и луговоболотных почвах, до 20% в торфяноболотных. При освоении гидроморфные почвы формируются оазисные почвы, которые по свойствам и направлению процессов почвообразования резко отличаются от своих целинных аналогов [2].

## ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Объекты исследования

Объектами исследования являются: озеро Тыгиш, расположенное на Среднем Урале, в Каменском районе Свердловской области, относящееся к бассейну реки Исети на центральной оси ВУРСа примерно в 105-110 км от места аварии – озеро Восточного склона Среднего Урала, являющегося в морфологическом отношении переходной зоной от низкогорий горного Урала к равнинным пространствам Западно-Сибирской низменности и озеро Большой Игиш, расположенное на Среднем Урале на водоразделе рек Синары и Боевки (бассейн р. Тобол) в Каслинском районе, вблизи автотрассы Тюбук – Багаряк, примерно в 60 км от места аварии – озеро Восточного склона Среднего Урала, характеризующееся грядово-холмистым, сильно выровненным рельефом.

Водосбор озера Тыгиш локализован на геологическом фундаменте палеозойского возраста с выходом интрузивных пород среднекислого состава и с многочисленными дизъюнктивными (разрывными) нарушениями [13]. Географические координаты водоема: широта: 56°21'12"N, долгота: 61°35'54"E (ПРИЛОЖЕНИЕ 4).

Из озера вытекает река Багаряк. Вода очень прозрачная, дно видно идеально. Озеро преимущественно мелкое, однако есть ямы глубиной до 6-8 метров и длиной около 100 м. Дно сильно заросло водорослями, поэтому реальную глубину понять сложно.

Территории современного водосбора озера Большой Игиш в основном сформировалась в течение эпох силура, девона и начала каменноугольного периода. Котловина озера состоит из пород нижнего отдела силурийской системы, представленной амфиболитами, зелеными сланцами и эффузивными породами базальтового состава [12]. В

строении водосбора преобладают углистые и глинистые сланцы, амфиболиты, песчаники, конгломераты. Территория испытала трансгрессию моря в начале кайнозойской эры. Отмечаются вкрапления палеогеновых осадочных морских пород, которые, в свою очередь, перекрыты чехлом четвертичных отложений. Озерные котловины лежат на линии дизъюнктивных нарушений [7]. Географические координаты водоема: широта:  $56^{\circ}07'45''$ , долгота:  $61^{\circ}19'05''$ . (ПРИЛОЖЕНИЕ 4).

Территория, на которой расположено озеро Тыгиш, относится к зоне лесостепи. Равнинность территории и отсутствие сильного стока способствуют инфильтрации вод и повышенному механическому и физико-химическому воздействию их на просадочные породы. Это мелководный водоем, имеющий округлую форму, с малоизрезанной береговой линией. Представлено чашеобразной котловиной с равномерно понижающимся дном. Озеро Тыгиш пресное.

Озеро используется в качестве рыбохозяйственного. На берегу расположена база для рыбаков. В озере обитает карась серебрянный и карась золотистый, карп, ротан, щука [17]. Озеро Тыгиш является богатым на водную растительность. Макрофиты этого озера представлены следующими водными и прибрежно-водными растениями: хара, уруть колосистая, клада фора, телорез обыкновенный, ситник, камыш озерных [4]. Для купания не пригодно, т.к. берег озера заросший, а дно илистое.

Озеро Большой Игиш расположено в 43 км к северо-востоку от города Касли. Населенных пунктов вблизи нет. Берега заболочены. Озеро Большой Игиш пресное.

Район расположения озера Большой Игиш лежит в зоне восточного выступа южной светло-хвойной тайги с доминированием в древесном ярусе сосны и березы [7].

По соотношению водного баланса озера Большой Игиш является бессточным. Основное питание осуществляется с осадками и водами



поверхностного и подземного стока. По соотношению между стоком и испарением озеро находится в подзоне преобладающего испарения [22].

Озеро Большой Игиш относится к эвтрофным водоемам.

В работе исследованы супераквальные компоненты почв водосборной территории озер Тыгиш и Большой Игиш, расположенных в зоне ВУРСа, а также вода. (ПРИЛОЖЕНИЕ 5, 6)

## 2.2 Методы исследования

В ходе работы были использованы следующие методы:

- гравиметрический метод (определения органического вещества);
- $\gamma$ -спектрометрический метод ( $^{137}\text{Cs}$ );
- пламенно-фотометрический метод ( $^{90}\text{Sr}$ ).

Определение места закладки почвенных разрезов, основывалось на исследовании особенностей ландшафтных катен и вычислении в них элювиальных и супераквальных элементов позиций. Выбор точки отбора проводился с учетом влияния грунтовых вод на приозерную территорию. Разрезы закладывались в нескольких метрах от урезов воды, в основном на приозерных террасах. В некоторых случаях подпорные грунтовые воды сравнительно быстро заливали нижнюю часть разреза, что подтверждает его статус как супераквального. Во всех случаях проводился анализ времени последнего антропогенного воздействия на почвы и выбирались точки с наибольшей вероятностью значительной длительности периода покоя. Пробы из почвенных разрезов вынимали слоями с учетом генетических горизонтов и площади отбора проб до глубины 60-100 см, высушивали воздушным путем, растирали и просеивали через сито с ячейками диаметром 1 мм [6].

Почвенный разрез супераквального элемента (темно-серая лесная почва) заложен в 15 м от берега озера Тыгиш (восточный берег) на границе осиново-березового леса (черемуха, шиповник, луговое разнотравье) до глубины 65 см.

Почвенный разрез озера Б. Игиш (серая лесная почва) заложен в 10 м от берега в смешанном лесу (береза, сосна, осина) с кустарниками малины. На глубине 70 см разрез стал заполняться водой. Образцы почв доведены до воздушно – сухого состояния. Если поступивший образец влажный или сырой, то его распределяют по листу плотной бумаги слоем, толщиной не более 2 см, измельчая крупные комья почвы. Сверху образец прикрывают бумагой и оставляют в таком состоянии на несколько дней в хорошо проветриваемом и свободном от лабораторных газов помещении [14].

Извлечение определяемых соединений из почвы проводят разными вытяжками (водными, солевыми).

Пробоподготовка почв (высушивание, измельчение, просеивание) и определение содержания гумуса (органический углерод) по методу Тюрина в модификации Плотниковой проводились на базе лаборатории физико-химических методов исследований кафедры химии, экологии и МОХ ЮУрГГПУ (г. Челябинск) потенциметрическим, гравиметрическим и титриметрическим методами. Фракционный состав гуминовых веществ (ГВ), содержание гуминовых кислот (ГК) и фульвокислот (ФК) определялся из щелочной вытяжки с последующим осаждением гуминовых кислот серной кислотой. Относительная погрешность потенциметрического метода не превышает 0,003%, гравиметрического метода - 0,1 %, титриметрического метода - 0,3%.

#### *Приготовление водной вытяжки*

Отвешивают на технических весах 20 г воздушно-сухой пробы и помещают в сухую чистую плоскодонную колбу емкостью 250 мл.

Приливают 100 мл дистиллированной воды, закрывают чистой пробкой и встряхивают. Ставят в шейкер на 40 мин. (250 оборотов), после чего дается осесть.

По истечении срока отстаивания переливают содержимое в стакан и определяют рН потенциметрически.

*Определение органического вещества по методу Тюрина в модификации Плотниковой.*

Фракционный состав гуминовых веществ (ГВ), содержание гуминовых кислот (ГК) и фульвокислот (ФК) определялся из щелочной вытяжки с последующим осаждением гуминовых кислот серной кислотой.

*Определение радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ .*

Удельную активность  $^{90}\text{Sr}$  в почвенных образцах определяли на малофоновой  $\beta$  - метрической установке типа УМФ - 2000 и пламенно - фотометрическим контролем выхода носителя. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  исследовали в оксалатах  $\gamma$ -спектрометрическим методом на полупроводниковых детекторах типа ДГДК-100, а также на  $\gamma$ -спектрометре фирмы «CANBERA».

Погрешность измерения  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  составляет 20 % при активности 0,7 Бк/г и 10 % при больших активностях. Диапазон величины измерения 0,02 -  $1 \cdot 10^5$  Бк/дм<sup>3</sup>. Радиохимический анализ проводился в Институте экологии растений и животных УрО РАН (г. Заречный).

### ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

#### 3.1 Содержание органического вещества и радионуклидов в супераквальных позициях почв водосборных территорий озер Тыгиш и Большой Игиш

Общее содержание органического вещества в исследуемых почвах, а также количество гумусовых веществ, растворимых в щелочах, уменьшается по глубине почвенного профиля (Приложение 7, 8).

Результаты показывают, что почвы супераквальных позиций водосбора озер Тыгиш и Большой Игиш относятся к фульватному типу с явным преобладанием фульвокислот в органическом компоненте почвы.

Повышенная продуктивность биоценозов и процессы гумусообразования находятся в прямой зависимости от высокого уровня увлажненности почв. Это приводит к повышению содержания органического вещества верхних горизонтов, связывающего радионуклиды на почвенной матрице и обеспечивающего их накопление в почве.

Так же определена удельная активность долгоживущих радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в пробах почв супераквального элемента ландшафта водосборной территории исследуемых озер.

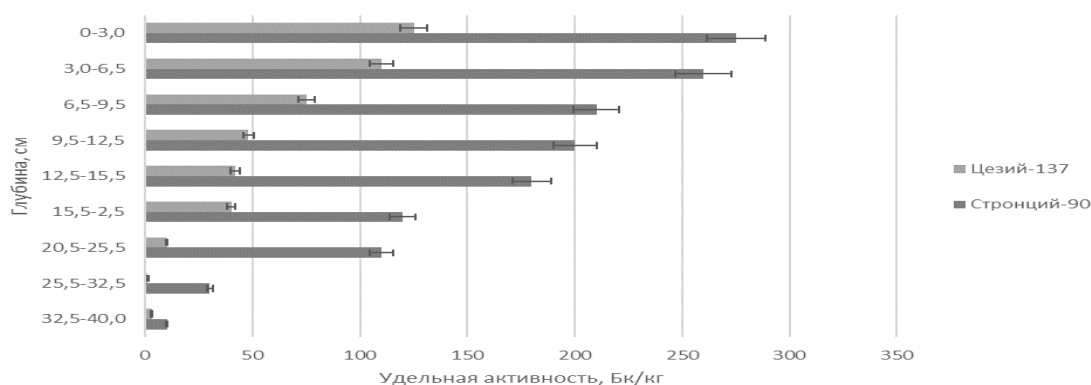


Рис.1 Изменение удельной активности радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в почве супераквальной позиции водосборной территории озера Тыгиш

Содержание радионуклидов в супераквальном компоненте озера Тыгиш уменьшается по глубине почвенного профиля. Анализ характера распределения поллютантов по профилю почвенного разреза супераквальной позиции ландшафта водосбора озера показал, что пик максимального содержания  $^{137}\text{Cs}$  приходится на гумусовые горизонты почв 0-5 см, далее распределение радионуклида происходит монотонно вглубь почвенного профиля.

Всплески значений удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  на глубине 32,5-40 см, видимо, объясняется переходом почвы супераквального разреза из фульватного типа в гуматный на глубине 32,5 см и способностью цезия мигрировать в щелочной среде на большую глубину.

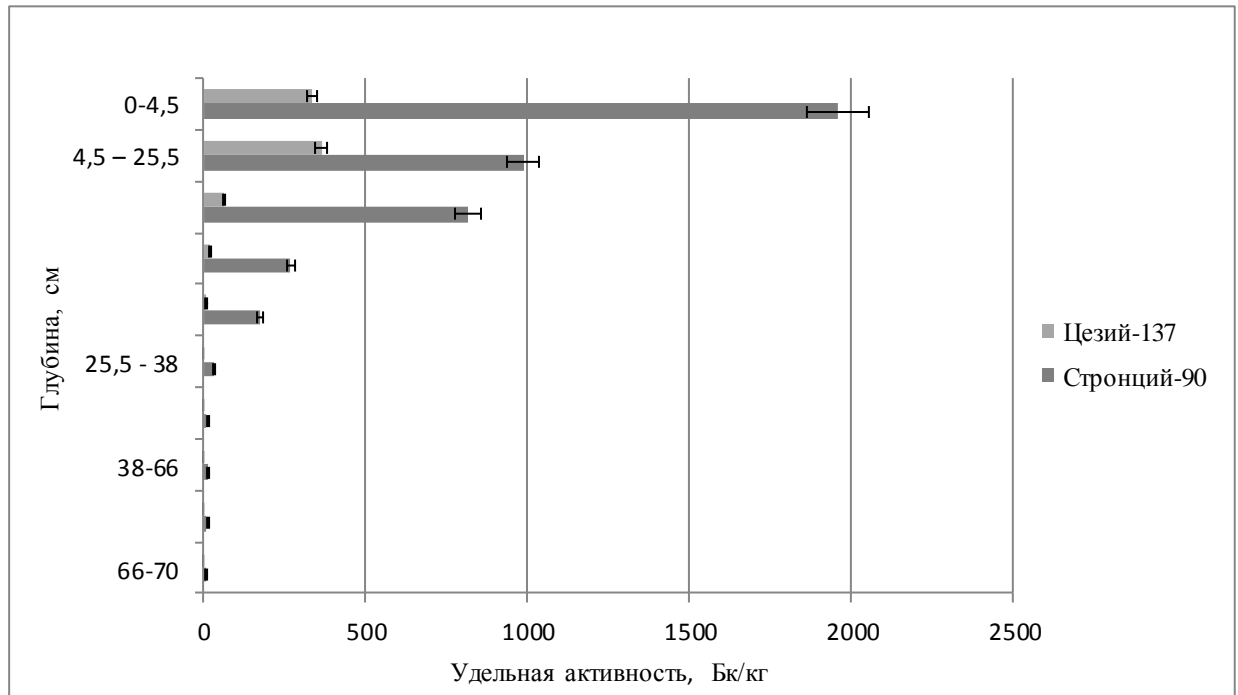


Рис.2 Изменение удельной активности радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в почве супераквальной позиции водосборной территории озера Большой Игиш

Удельная активность радионуклидов в почве водосборной территории озера Большой Игиш: по  $^{90}\text{Sr}$  максимальное значение 1959 Бк/кг, сосредоточено на глубине 0-4,5 см (А0), по  $^{137}\text{Cs}$  максимальное значение 364,52 Бк/кг, сосредоточено на глубине 4,5 см (А1).

Значительно большее содержания  $^{90}\text{Sr}$  по отношению к  $^{137}\text{Cs}$  в верхних слоях разреза объясняется высоким содержанием ФК и их сорбционной емкостью этого радионуклида.

Миграция  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  по профилю почвы происходит благодаря перемещению почвенных частиц, в состав которых они входят, за счет движения почвенной влаги, содержащие растворимые и коллоидные их формы, а также процессов сорбции и десорбции.

Считается, что по мере удаления от эпицентра аварии происходит обогащение радионуклидной смеси цезием. Возможно, в данном случае, такое распределение радионуклидов в почвах водосбора исследуемых озер связано с расположением водоема относительно оси следа, а также первоначальным составом выпавшей радионуклидной смеси.

### 3.2 Объемная активность $^{90}\text{Sr}$ и $^{137}\text{Cs}$ для воды озер Тыгиш и Большой Игиш

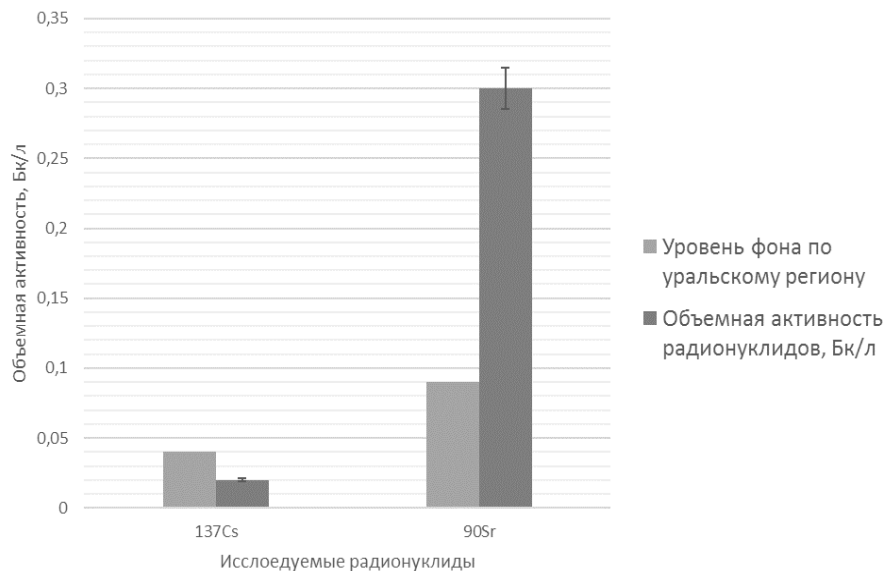


Рис.3 Объемная активность  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в воде озера Тыгиш

Удельная активность по  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  для воды озера Тыгиш ниже уровня вмешательства (уровень вмешательства по  $^{90}\text{Sr}$  в воде составляет 11 Бк/л; по  $^{137}\text{Cs}$  – 5 Бк/л [2]), и в несколько раз ниже значений для

почвы, что говорит о возможности хозяйственной эксплуатации данного водоема. Следует также учесть, что отбор проб воды проводился в достаточно полноводный год, а при уменьшении водности и обмелении водоема уровень активности может повыситься, но даже такая вероятность не должна превысить величины НРБ-99.

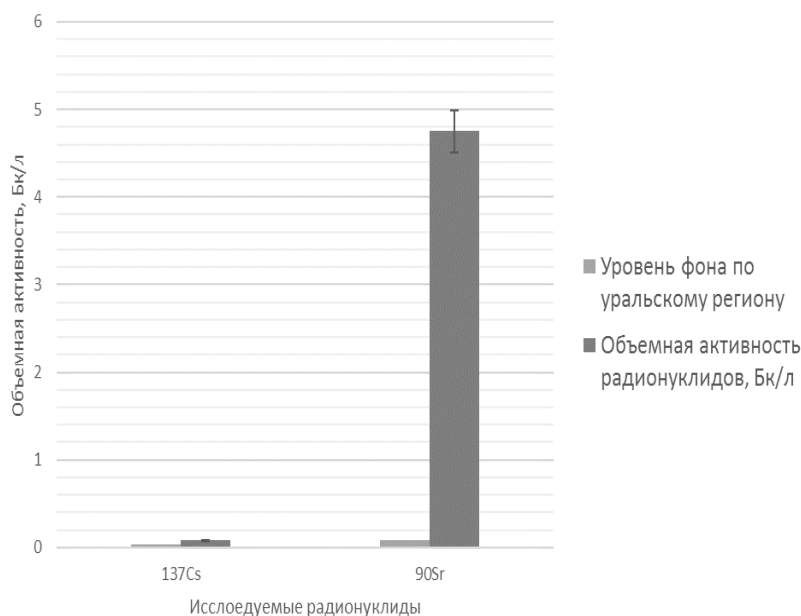


Рис.4 Объемная активность  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в воде озера Большой Игиш

Объемная активность по  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  для воды озера Большой Игиш так же ниже уровня вмешательства.

### 3.3 Статистическая обработка результатов

На основании полученных результатов была проведена статистическая обработка данных. Были рассчитаны частные коэффициенты корреляции для радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  и фракционного состава органического вещества и сделан вывод, что оба радионуклида коррелируют с  $\text{C}_{\text{ГК}}$ , а  $^{137}\text{Cs}$  коррелирует с фульвокислотами. Этот вывод был подтвержден расчетом статистической значимости коэффициентов корреляции с помощью критерия Стьюдента. Так же был рассчитан доверительный интервал коэффициентов корреляции.

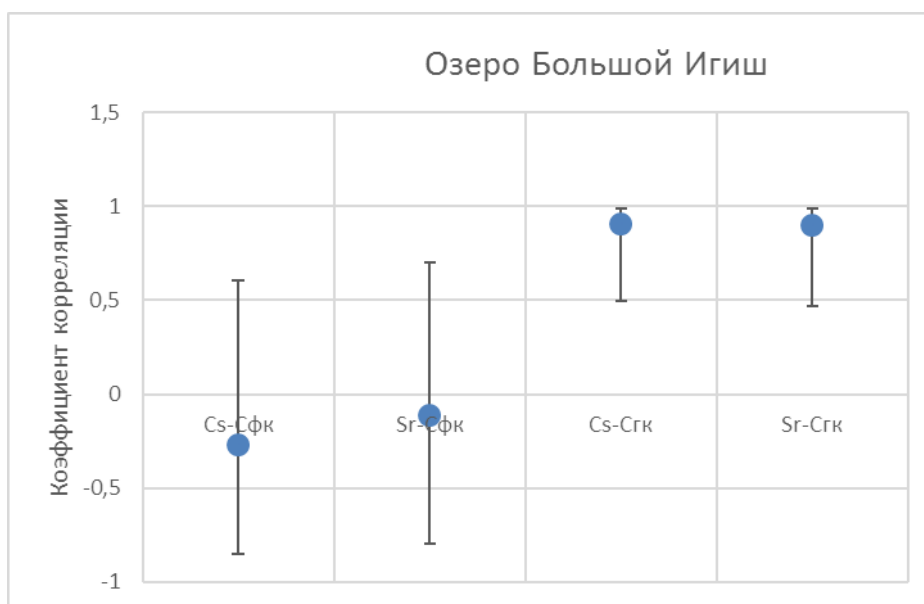


Рис.5 Доверительный интервал коэффициентов корреляции для озера Большой Игиш

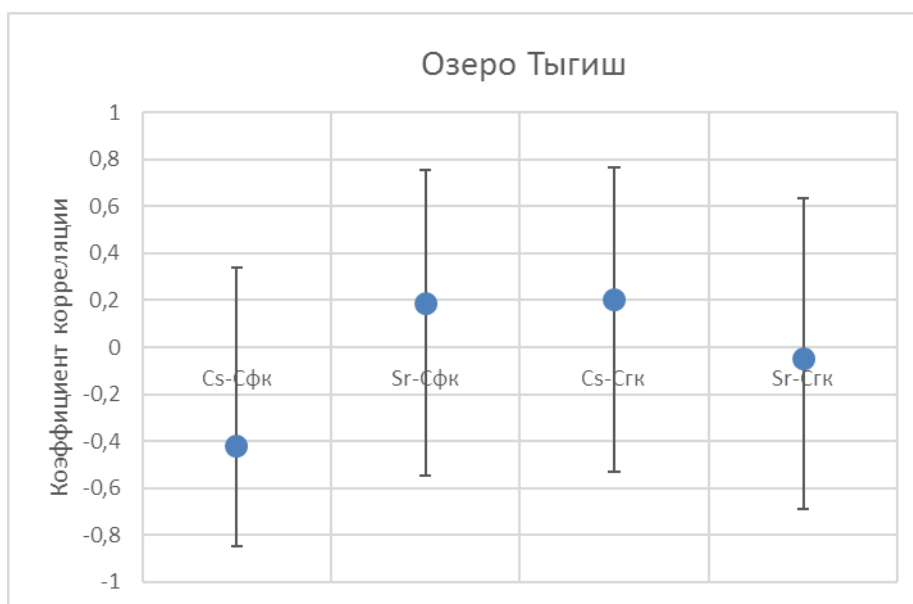


Рис.6 Доверительный интервал коэффициентов корреляции для озера Тыгиш

Зависимость распределения радионуклидов от гуминовых кислот для озера Большой Игиш подтверждается значениями коэффициентов корреляции (сильная взаимосвязь), а по данным озера Тыгиш расчет коэффициентов корреляции показал, что взаимосвязь слабая.



## ГЛАВА 4. МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА «ВУРС: ЧЕЛОВЕК И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА»

### 4.1 Технологическая карта интегративного занятия

#### МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА

#### Технологическая карта занятия элективного курса

разработана Цыгановой Олесей Геннадьевной

(Занятие разработано в соответствии с требованиями ФГОС общего образования, но в настоящее время обучающиеся занимаются по ГОС 2004).

**Предмет:** химия и биология.

**Класс:** 10 «Б - 1» **УМК:** Кузнецова Н.Е., Гара Н.Н., Титова И.М. Химия: 10 класс: Учебник для учащихся общеобразовательных учреждений (профильный уровень)/ Под ред. проф. Н.Е.Кузнецовой. – М.: Вентана-Граф, 2014. Кузнецова Н.Е., Левкин А.Н. Задачник по химии: Учебное пособие для учащихся 10 класса общеобразовательных учреждений (профильный уровень). – М.: Вентана-Граф, 2014. Программы по химии для 8-11 классов общеобразовательных учреждений/ Под ред. Н.Е.Кузнецовой. – М.: Вентана-Граф, 2014. А.А. Каменский, Е.А. Криксунов, В.В. Пасечник. Учебник: Биология 10-11 класс/ Под ред. В.В. Пасечника. – М.: Дрофа, 2016. А.А. Каменский, Е.А. Криксунов, В.В. Пасечник. Биология. Общая биология. 10-11 классы. Методическое пособие (Красный). – М.: Дрофа, 2016. А.А. Каменский, Е.А. Криксунов, В.В. Пасечник. Общая биология. 10-11 классы. Рабочая тетрадь. – М.: Дрофа, 2016. А.А. Каменский, Е.А. Криксунов, В.В. Пасечник. Общая биология. 10-11 классы. Рабочая тетрадь с тестовыми заданиями. – М.: Дрофа., 2016

**Тема занятия:** «ВУРС: человек и окружающая среда».

**Место данного занятия в системе занятий элективного курса.** Это одно из занятий элективного курса, направленное на применение знаний о

свойствах металлов, их воздействии на окружающую среду и человека и смещения равновесия в растворах солей.

**Тип занятия:** самостоятельного получения и комплексного применения знаний по химии и биологии на основе метапредметного подхода.

**Цель занятия:** реализация системно-деятельностного подхода и интеграция знаний по химии и биологии для объяснения техногенного воздействий на окружающую среду; развитие социальной ответственности человека за сохранение экологических систем и здоровье будущих поколений.

**Задачи занятия:**

1. Создание полипредметной среды для комплексного применения химических и биологических знаний при объяснении последствий техногенных загрязнений и выборов путей их устранения на краеведческом материале.

2. Создание условий для развития у учащихся исследовательских качеств: умений находить и формулировать проблемы, проводить химический эксперимент, умений анализировать информацию и данные химического эксперимента, сравнивать, анализировать, обобщать и делать выводы.

3. На примере "Уроков" из аварии 1957 г. подведение обучающихся к осознанию того, что знание законов природы и достижения в области естественных наук позволяют использовать их на благо общества при условии нравственной оценки деятельности человека.

**Планируемые результаты:**

**Предметные:** развитие умений проводить химический и биологический эксперимент. Применение химических и биологических знаний для объяснения взаимодействия человека и природы.

**Личностные:** формирование картины мира как порождения трудовой предметно-преобразующей деятельности человека.

**Метапредметные:** *регулятивные* принимать и сохранять учебную задачу, планировать свое действие в соответствии с поставленной задачей и условиями ее реализации, в том числе во внутреннем плане; *познавательные*

умение устанавливать причинно-следственные связи, строить логическое рассуждение, умозаключение (индуктивное, дедуктивное и по аналогии) и выводы; развитие исследовательских учебных действий, включая навыки работы с информацией: поиск и выделение нужной информации, обобщение и фиксация информации; *коммуникативные* развитие умения планировать своё речевое и неречевое поведение; развитие коммуникативной компетенции, включая умение взаимодействовать с окружающими, выполняя разные социальные роли.

**Используемые технологии, методы и приемы:**

элементы технологии проектно-исследовательской деятельности, прием создания актуальности изучаемой темы; постановка учебно-познавательной задачи; побуждающий от проблемной ситуации диалог; поисковые экспериментальные методы получения новых знаний; технология развития критического мышления (прием фиш-боун), кейс.

**Опорные понятия – химия:** радиоактивность, изотопы, виды ядерного распада, соли: физические и химические свойства, взаимосвязь состава, строения, свойств и применения веществ. Химическое равновесие в растворах солей, способы его смещения;

**биология:** биосфера, биоценозы, саморегуляция живых систем, роль человека в сохранении окружающей среды и себя самого, уровни организации природы, молекулярный уровень организации живой природы.

**Новые понятия:** ВУРС, радиационное загрязнение, радионуклиды, химическое загрязнение, тяжелые металлы и их воздействие на различные уровни организации живой природы и человека, гуминовые кислоты, инактивация фермента.

**Дидактический материал:** презентация к уроку, дидактические карточки для работы в группах (приложение 1), рефлексивные листы, листы для составления схемы с использованием приема фиш-боун, фрагменты видеofilmа "ЗАТО. Наследие".

**Оборудование:**

**1. Для эксперимента:**

1. *Лабораторные опыты «Изучение растворимости солей», «Исследование взаимодействия солей тяжелых металлов с кислотами и щелочами с целью моделирования форм существования металлов в почве» «Изучение влияния солей тяжелых металлов на активность ферментов», «Изучение радиационного фона дозиметром».*

Реактивы и оборудование:

**1 группа** дозиметр, растение в горшке, в пробирках растворы солей: хлорида цинка, с хлорид меди (II), гидроксид натрия, соляная кислота, штатив для пробирок, салфетка, стакан с водой таблица растворимости.

**2 группа** (2 комплекта): 2-е пробирки с растворами солей тяжелых металлов, соляная кислота 5% р-р, и гидроксид натрия 1% р-р, штатив для пробирок, салфетка.

**3 группа** пробирка с амилазой, три пробирки с раствором крахмала, раствор Люголя, раствор ацетата свинца.

**2. Демонстрационный эксперимент:**

2.1. «Демонстрация наличия органических веществ в почвенной вытяжке», цилиндр с вытяжкой, хромовая смесь, подсветка.

**Мультимедийное оборудование:** АРМ (компьютер, телевизор).

Таблица 1.

**Технологическая карта интегративного занятия**

| Этап урока             | Деятельность учителя   | Деятельность ученика  | Примечания   |
|------------------------|--|---|--|
| 1                      | 2  | 3   | 4  |
| Организационный момент | Приветствие учащихся   | Приветствие учителя   | -  |
| Постановка цели урока  | <p>- Сегодня мы с вами обсудим сложную проблему, которая беспокоит человечество и вот уже на протяжении почти 60 лет очень актуальна для нашей области и ее населения. Включает первый видеоролик.</p> <p>- Как вы думаете, какие проблемы создала эта авария? Показывает масштабы ВУРСа</p> <p>- Итак, сегодня мы с вами немного подробнее попытаемся разобраться в сложившейся ситуации, став самыми настоящими учеными: радиохимиками, биохимиками и химиками. У каждой группы на столе находится пакет заданий, все необходимое оборудование и комментарий к его выполнению. Учитель внимательно наблюдает за деятельностью учеников, следит за правильностью выполнения химического эксперимента, точного соблюдения всех указанных рекомендаций. Консультирует, по необходимости помогает.</p> | <p>Слушают учителя и смотрят первый видеофрагмент</p> <p>На основе увиденного предлагают свои варианты возникших проблем.</p> <p>Берут предоставленный им материал, внимательно читают задания и начинают их выполнять.</p> | <p>В видеоролике говорится о возникновении опасной экологической ситуации.</p> <p>Приложение 9.1</p> |

## Продолжение таблицы 1.

| 1  | 2  | 3   | 4   |
|--|--|---|---|
| <p>Совместное обобщение усвоенного и включение его в систему ранее усвоенных ЗУВов и УУД</p> | <p>- На доске у нас представлен скелет рыбы. В ее голове мы пишем основную проблему – ВУРС. Первый ее аспект, естественно - радиохимический.</p> <p>Формулирует вместе с ребятами факты, говорящие о наличии радиохимического загрязнения территории.</p> <p>Включает второй видеоролик.</p> <p>После видеоролика показывает слайд<br/>- Обратите внимание на слайд, на котором изображен закон радиоактивного распада.<br/>Скажите, какая часть радионуклидов осталась на данный момент?<br/>- Действительно, радиоактивные ядра подвержены распаду, но не все из них могут стать устойчивыми в результате единичного акта распада. Вследствие этого происходит ряд последовательных распадов</p> | <p>Группа, которая была радиохимиками предоставляет результаты своей работы в виде небольшого доклада с презентацией.</p> <p>На основе полученных знаний вместе с учителем формулируют эти факты.</p> <p>Анализируют информацию, дают правильный ответ.</p> | <p>Повышенный мутагенез, генетический эффект (факты, влияющие непосредственно на человека), радиационное загрязнение, тепловое загрязнение, нарушение биоценоза (ухудшение состояния окружающей среды).</p> <p>В нем говорится, что с момента аварии прошло уже два периода полураспада радионуклидов</p> <p>Приложение 9.2</p> |

## Продолжение таблицы 1.

| 1 | 2   | 3  | 4   |
|---|---|--|---|
|   | <p>Как показано на рисунке, конечным результатом распада урана является устойчивый атом свинца. Из это следует, что на первый план выходит уже не сама проблема радиационного загрязнения, а не менее опасная ситуация – загрязнение тяжелыми металлами. Значит, следующий аспект проблемы какой?</p> <p>Формулирует вместе с ребятами факты, говорящие о наличии химического загрязнения территории.</p> <p>- В почвенных пробах определяют «подвижные» формы тяжелых металлов. Однако их содержание не всегда может характеризовать степень опасности загрязнения почвы, поскольку почва способна связывать соединения металлов, переводя их в недоступные растениям соединения. Посмотрите на демонстрационный опыт.</p> | <p>Смотрят на доску, где показаны последовательные распады ядер от урана до свинца.<br/>- Химический.<br/>Группа, которая была химиками предоставляет результаты своей работы в виде небольшого доклада с презентацией.<br/>На основе полученных знаний вместе с учителем формулируют эти факты.</p> <p>Смотрят опыт, описывают наблюдения.</p> <p>Смотрят на доску, где проиллюстрирована формула гуминовых кислот.</p> | <p>Приложение 9.3</p> <p>Нарушение равновесия содержания элементов, нарушение биоценоза (ухудшение состояния окружающей среды).</p> <p>Приложение 9.4</p> |

## Продолжение таблицы 1.

| 1 | 2  | 3   | 4   |
|---|--|---|---|
|   | <p>В цилиндре находится водная вытяжка почвы, которую я приготовила заранее, а в пипетке соль хрома. Что вы видите? Изменение окраски. Это связано с тем, гуминовые кислоты, формулу которых вы видите на доске, представляют собой большую молекулу, которая может «сгибаться» в пространстве, как бы обволакивая ион металла. То есть, чем больше органического вещества, тем больше вероятность того, что тяжелые металлы не будут загрязнять различные уровни экосистемы. Давайте перечислим эти уровни организации по мере их убывания. Тяжелые металлы способны накапливаться и влиять на всех этих уровнях.</p> <p>Итак, рассмотрим процессы, происходящие на самом маленьком организационном уровне – молекулярном.</p> <p>Формулирует вместе с ребятами факты, говорящие о биохимических аспектах проблемы.</p> | <p>Называют уровни организации экосистемы.</p> <p>Группа, которая была биохимиками предоставляет результаты своей работы в виде небольшого доклада с презентацией. На основе полученных знаний вместе с учителем формулируют эти факты.</p> | <p>Экосистемный, популяционно-видовой, организменный, органный, тканевый, клеточный и молекулярный.</p> <p>Приложение 9.5</p> <p>Повышенный мутагенез, отравление тяжелыми металлами, ингибирование ферментов – нарушение обмена веществ (факты, влияющие непосредственно на человека).</p> |



Окончание таблицы 1.

| 1   | 2  | 3   | 4   |
|---|--|---|---|
| <p>Развитие умений применения нового знания</p> | <p>- Какие пути решения выявленных проблем мы можем сделать? Для того, чтобы ответить на этот вопрос обратимся к видеофрагменту. Показывает фрагмент фильма 3.</p> <p>- О чем он говорит?</p> <p>Включает фрагмент 4.</p> <p>- Не стоит забывать о самоочищении биологических систем, МОНИТОРИНГе восстановления баланса химических элементов. И создание заповедника этой территории (ВУРЗ) для этих целей.</p> | <p>Смотрят фрагмент и формулируют пути решения проблем.</p> <p>Вместе с учителем анализируют увиденное.</p> | <p>В видеофрагменте говорится о замкнутом цикле производства, хранении отходов в твердом состоянии, информировании населения.</p> <p>В котором говорится, а том, что отголоски холодной войны пройдут не завтра, но наше задача – минимизировать последствия и сохранить имеющееся для поколений.</p> |
| <p>Рефлексия деятельности</p>                   | <p>Включает слайд. Предлагает ребятам ответить на вопросы, которые у них лежат на партах.</p>  | <p>Честно отвечают на вопросы, завершая урок рефлексией.</p>  | <p>Приложение 9.6<br/>Приложение 9.7</p>  |

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, исследование воды и почвы супераквального элемента ландшафта водосборов озер Тыгиш и Большой Игиш позволило сделать следующие выводы:

1. Повышенная продуктивность биоценозов и процессы гумусообразования находятся в прямой зависимости от высокого уровня увлажненности почв. Это приводит к повышению содержания органического вещества верхних горизонтов, связывающего поллютанты на почвенной матрице и обеспечивающего их накопление в почве.

2. Для почв супераквальных позиций водосбора характерна географическая однородность распределения удельной активности радионуклидов: по мере увеличения глубины разреза наблюдается уменьшение удельной активности  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ . Это может быть обусловлено характером водного режима, например, вымыванием радионуклидов из супераквальных почв и большей миграционной подвижностью в них радионуклида.

По истечении 60 лет с момента аварии в результате миграции, а также процессов распада и перераспределения происходит самоочищение воды исследуемого водоема. Вода озер Тыгиш и Большой Игиш ниже фонового значения по Уральскому региону по содержанию радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ .

3. Содержание гуминовых кислот в почве определяет миграционную способность  $^{137}\text{Cs}$ , фульвокислот - миграционную способность  $^{90}\text{Sr}$ .

Изучение радиэкологической ситуации на водосборных территориях озер Тыгиш и Большой Игиш проводилось через 60 лет после аварии и загрязнения. Основную значимость в озерных экосистемах

ВУРСа приобрели долгоживущие радионуклиды  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ . К настоящему времени первоначальная картина загрязнения изменилась в результате естественного распада радионуклидов, перераспределения их в компонентах экосистемы, в частности в почвенном компоненте. Почвы контролируют накопление и массоперенос поллютантов по всем основным компонентам и могут являться источниками вторичного загрязнения водоемов за счет перераспределения и выноса радионуклидов из первоначального очага загрязнения.

Радиохимические исследования супераквального элемента ландшафта водосборной территории озера Тыгиш показывают относительно невысокий уровень содержания долгоживущих радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ .

Данные результаты свидетельствуют о том, что озеро может быть введено в хозяйственную эксплуатацию.

Исследование супераквального элемента ландшафта водосборной территории озера Большой Игиш показывают относительно высокий уровень невысокий уровень содержания долгоживущих радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , что говорит о необходимости дальнейшего наблюдения за объектом.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аклеев, А.В. Восточно-Уральский радиоактивный след [Текст] / А.В. Аклеев, М.Ф. Киселёв. – Челябинск: Изд-во «Фрегат», 2012.
2. Аклеев, А.В. Хронический лучевой синдром у жителей прибрежных сёл реки Теча [Текст] / А.В. Аклеев. – Челябинск: Книга, 2012.
3. Аклеев, А.В. Экологические и медицинские последствия радиационной аварии 1957 года на ПО «Маяк» [Текст] / А.В. Аклеев, М.Ф. Киселев. – Москва, 2011.
4. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв [Текст] / Е.В. Аринушкина. Издание 2-е, – М.: 1970.
5. Возбуцкая, А.Е. Химия почвы [Текст] / А.Е. Возбуцкая. – Москва: Наука, 1985.
6. Глазовская, М.А. Общее почвоведение и география почв [Текст] / М.А. Глазовская. – М.: Высшая школа, 1981.
7. Кауричев, И.С. Почвоведение [Текст] / И.С. Кауричев, Н.П. Панов. – Москва: Агропромиздат, 1989.
8. Кузнецов, В.Н. Экология России: хрестоматия [Текст] / В. Н. Кузнецов. – М.: МДС, 1995.
9. Левина, С.Г. Закономерности поведения  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в озерных экосистемах Восточно-Уральского радиоактивного следа в отдаленные сроки после аварии: автореф. дис. ... докт. биол. наук [Текст] / Левина С.Г.; МГУ им. М.В. Ломоносова. – М., 2007. – 48 с.
10. Лисовский В.А. Ионизирующая радиация / В.А. Лисовский, С.П. Евсеев, В.Ю. Голофеевский и др. – М: Академия, 2005.
11. Орлов, Д.С. Химия почв [Текст] / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, Н.И. Суханова. – Москва: Московский университет, 1992.

12. Орлов, Д.С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении [Текст] / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, И.Н. Лозановская. – М.: Высш. шк., 2002.
13. Пономарева, В.В. Гумус и почвообразование [Текст] / В.В. Пономарева, Т.А. Плотникова. – М.: Наука, 1980.
14. Прожорина, Т.И. Химический анализ почв. Часть 1: Лабораторный практикум для вузов [Текст] / Т.И. Прожорина, Е.Д. Затулей. – М.: Наука, 1983.
15. Родзевич, Н.Н. Геоэкология и природопользование: учеб. для вузов [Текст] / Н.Н. Родзевич. – М.: Дрофа, 2013.
16. Савенко, В.С. Радиоэкология / В.С. Савенко. – Мн.: Дизайн ПРО, 2007.
17. Трапезников, А.В. Радиоэкология пресноводных экосистем [Текст] / А.В. Трапезников, В.Н. Трапезникова. – Екб: УрГСХА, 2009.
18. Трапезников, А.В. Распределение радионуклидов по основным компонентам озер на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа в пределах Свердловской области [Текст] / А.В. Трапезников, П.И. Юшков, В.Н. Николкин и др. // Проблемы радиоэкологии и пограничных дисциплин. – Екатеринбург – 2000. – №3.
19. Трапезников, А.В. Стронций-90 и цезий-137 в некоторых озерах ВУРСа. [Текст] / А.В. Трапезников, П.И. Юшков, М.Я. Чеботина и др. // Проблемы радиоэкологии и пограничных дисциплин. – Заречный – 2001. – №4.
20. Ушаков, С.А. Экологическое состояние территории России: учебное пособие для студентов высших педагогических учебных заведений / Ушаков С.А. и др. – М.: Академия, 2014.
21. Филичкин, В. Медный город / В. Филичкин. // Российская газета. – 2005. – № 3889
22. Чуканов, В.Н. Восточно-Уральский радиационный след (Свердловская область) / В.Н. Чуканов. – Екатеринбург: УрО РАН, 1996.

23. Яблоков, А.В. Последствия влияния радиации на взрослый организм [BioLife], – <http://biofile.ru/bio/22728.html>.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1



Рис. 7 Расположение озер Тыгиш и Большой Игиш



## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

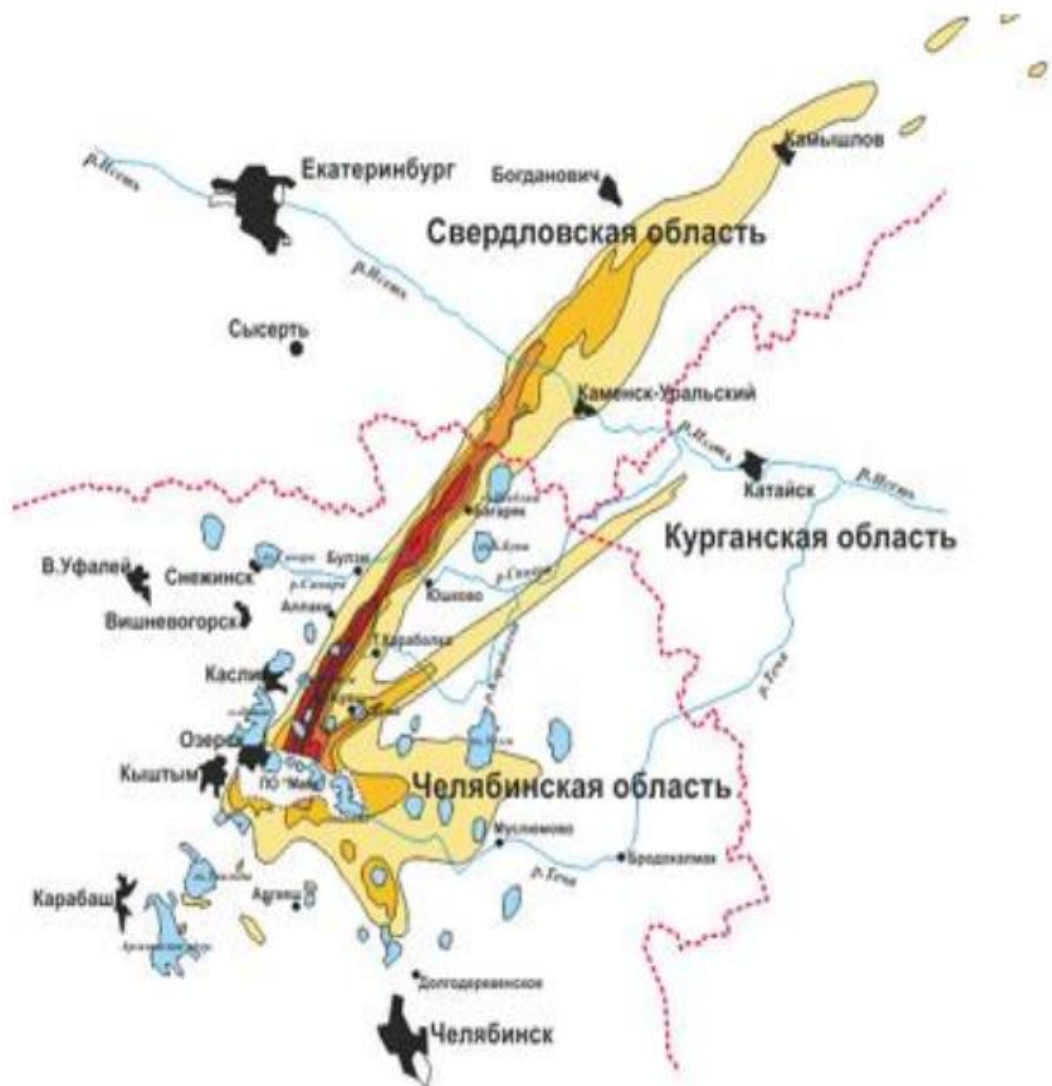


Рис. 8 Восточно-Уральский радиоактивный след

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

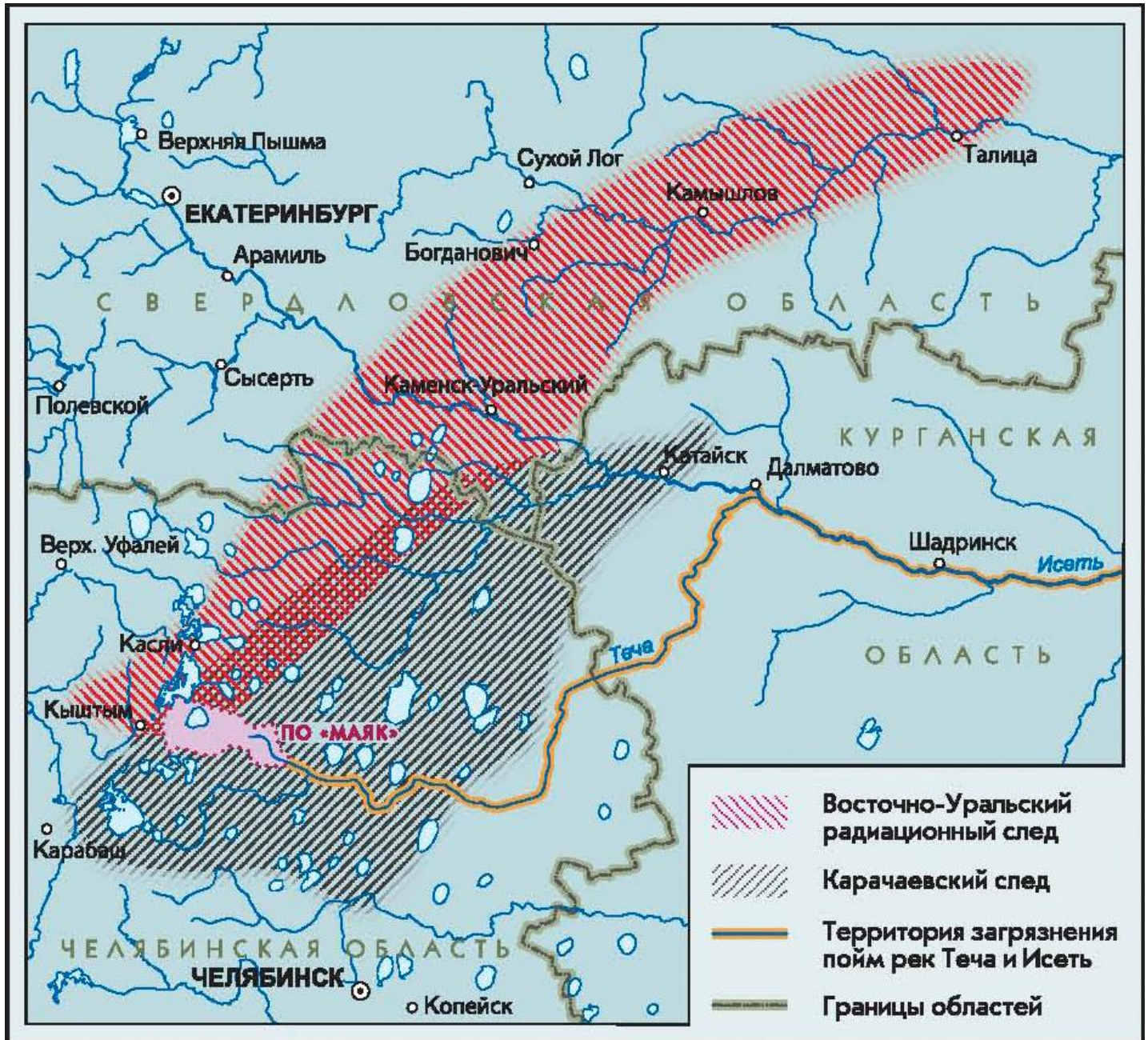


Рис. 9 Карачаевский след на территории ВУРСа

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Таблица 2.

**Морфометрические параметры озер Большой Игиш и Тыгиш**

| Озеро   | Высота над уровнем моря (м) | Площадь зеркала, км <sup>2</sup> (S) | Объем водной массы, млн. м <sup>3</sup> | Глубина, (м) |     | Тип минерализации | Коэффициент открытости S/Нср | Коэффициент емкости Нср/Нмакс |
|---------|-----------------------------|--------------------------------------|---|--------------|-----|-------------------|------------------------------|-------------------------------|
|         |                             |                                      |   | Нмакс        | ср  |                   |                              |                               |
| Б. Игиш | 193,7                       | 1,6                                  | 3,6                                     | 3,3          | 2,7 | С Mg/l            | 0,6                          | 0,82                          |
| Тыгиш   | 193,7                       | 6,7                                  | 20,1                                    | 6,0          | 1,5 | С Mg/l            | 4,46                         | 0,25                          |

**Супераквальный разрез озера Тыгиш**

| Горизонт | Мощность<br>горизонта,<br>см | Описание  |
|----------|------------------------------|---|
| A0       | 0-3                          | Лесная подстилка, почва серая, сухая трава,<br>корни  |
| A1       | 3-4,5                        | Рыхлая серая почва, средний суглинок,<br>корни травяных и древесных растений,<br>дождевые черви |
|          | 4,5-6,5                      |   |
| A2       | 6,5-9,5                      | Уплотненная серая почва, легкий суглинок,<br>корни древесных растений                           |
|          | 9,5-12,5                     |   |
|          | 12,5-15,5                    |   |
|          | 15,5-20,5                    |   |
|          | 20,5-25,5                    |   |
| B1       | 25,5-32,5                    | Серо-коричневая почва, плотная, легкий<br>суглинок  |
|          | 32,5-40,0                    |   |

Озеро Тыгиш, супераквальный разрез 150 м от берега (восточный берег). Темно-серая лесная почва, разрез на границе осиново-березового леса, черемуха, шиповник, луговое разнотравье.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Таблица 4.

**Супераквальный разрез озера Большой Игиш**

| Горизонт | Мощность горизонта, см | Описание   |
|----------|------------------------|--|
| A0       | 0-4,5                  | Лесная подстилка, марс коричневый  |
| A1       | 4,5-25,5               | Суглинок средний, много корней, сепия черно-желтая                                       |
| A2       | 25,5-38,0              | Суглинок средний, корни, серый с желтовато-коричневыми мазками                           |
| B        | 38,0-66,0              | Суглинок средний, от серо-желтого до желто-коричневого, на глубине пятно гумуса (как A1) |
| C        | 66,0-70,0              | Материнская порода, тяжелый суглинок   |

Озеро Большой Игиш, супераквальный разрез 10 м от берега в смешанном лесу (береза, сосна, осина) с кустарниками малины. На глубине 70 см разрез стал заполняться водой.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Таблица 5.

**Содержание органического вещества (%) и его фракционный состав в супераквальном компоненте почв водосбора озера Тыгиш**

| Разрез (SS) супераквальный | Глубина, см                                | 0-3,0          | 3,0-6,5        | 6,5-9,5        | 9,5-12,5       | 12,5-15,5      | 15,5-2,5       | 20,5-25,5      | 25,5-32,5      | 32,5-40,0      |
|----------------------------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                            | <b>С общ.</b>                              | 15,7±<br>0,032 | 11,0±<br>0,032 | 7,2±<br>0,032  | 6,3±<br>0,045  | 7,5±<br>0,032  | 5,3±<br>0,036  | 5,6±<br>0,061  | 3,9±<br>0,067  | 3,0±<br>0,032  |
|                            | <b>Сорг. (ГВ) щел. вытяжки (%) к почве</b> | 10,3±<br>0,043 | 8,2±<br>0,043  | 5,0±<br>0,043  | 2,7±<br>0,043  | 2,5±<br>0,043  | 2,3±<br>0,043  | 1,8±<br>0,043  | 1,6±<br>0,043  | 1,4±<br>0,043  |
|                            | <b>С<sub>ГК</sub> (%) к почве</b>          | 2,3±<br>0,0026 | 0,5±<br>0,0074 | 0,9±<br>0,0052 | 0,7±<br>0,0029 | 0,9±<br>0,0026 | 0,7±<br>0,0026 | 1,4±<br>0,0058 | 1,1±<br>0,0026 | 0,8±<br>0,0026 |
|                            | <b>С<sub>ФК</sub> (%) к почве</b>          | 3,1±<br>0,037  | 2,3±<br>0,037  | 1,3±<br>0,037  | 2,9±<br>0,037  | 4,1±<br>0,0037 | 2,3±<br>0,037  | 2,4±<br>0,0072 | 1,2±<br>0,0072 | 0,8±<br>0,0011 |
|                            | <b>ГК/ФК</b>                               | 0,74           | 0,22           | 0,69           | 0,24           | 0,22           | 0,30           | 0,58           | 0,92           | 1              |

## ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Таблица 6.

**Содержание органического вещества (%) и его фракционный состав в супераквальном компоненте почв водосбора озера Большой Игиш**

| Разрез (SS) супераквальный | Глубина, см                         | 0 – 4,5 | 4,5 – 25,5     |                |                |                | 25,5 - 38      |                 | 38 - 66        |                 | 66 - 70         |
|----------------------------|-------------------------------------|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|                            | С общ.                              | -       | 8,82±<br>0,036 | 8,57±<br>0,036 | 9,32±<br>0,073 | 5,04±<br>0,063 | 4,41±<br>0,036 | 3,78±<br>0,036  | 2,52±<br>0,037 | 2,39±<br>0,037  | 2,39±<br>0,037  |
|                            | Сорг. (ГВ) щел. ВЫТЯЖКИ (%) к почве | -       | 2,7±<br>0,037  | 2,6±<br>0,037  | 2,4±<br>0,037  | 1,8±<br>0,024  | 1,5±<br>0,024  | 0,1±<br>0,001   | 0,8±<br>0,0037 | 0,07±<br>0,0011 | 0,04±<br>0,0011 |
|                            | С <sub>ФК</sub> (%) к почве         | -       | 2,61±<br>0,037 | 2,51±<br>0,037 | 2,31±<br>0,037 | 1,71±<br>0,018 | 1,41±<br>0,018 | 0,01±<br>0,0011 | 0,52±<br>0,035 | н/о             | н/о             |
|                            | С <sub>ГК</sub> (%) к почве         | -       | 0,09±<br>0,025 | 0,09±<br>0,025 | 0,09±<br>0,025 | 0,09±<br>0,025 | 0,09±<br>0,025 | 0,09±<br>0,025  | 0,28±<br>0,033 | н/о             | н/о             |
|                            | ГК/ФК                               | -       | 0,034          | 0,036          | 0,039          | 0,052          | 0,064          | 9               | 0,5385         | н/о             | н/о             |



## ПРИЛОЖЕНИЕ 9.1

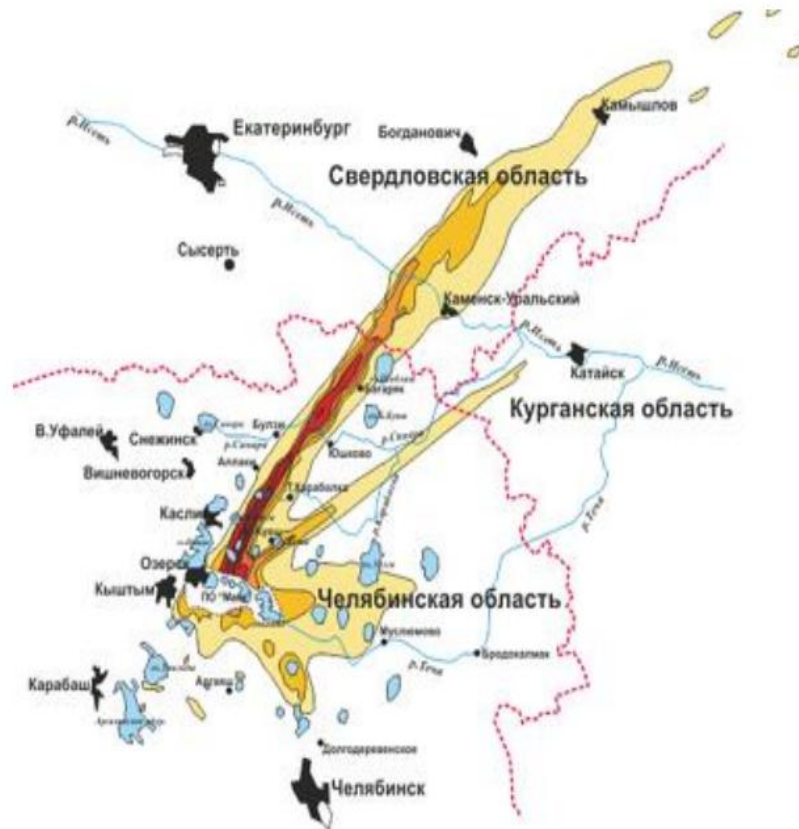


Рис. 10 Восточно-Уральский радиоактивный след



## ПРИЛОЖЕНИЕ 9.2

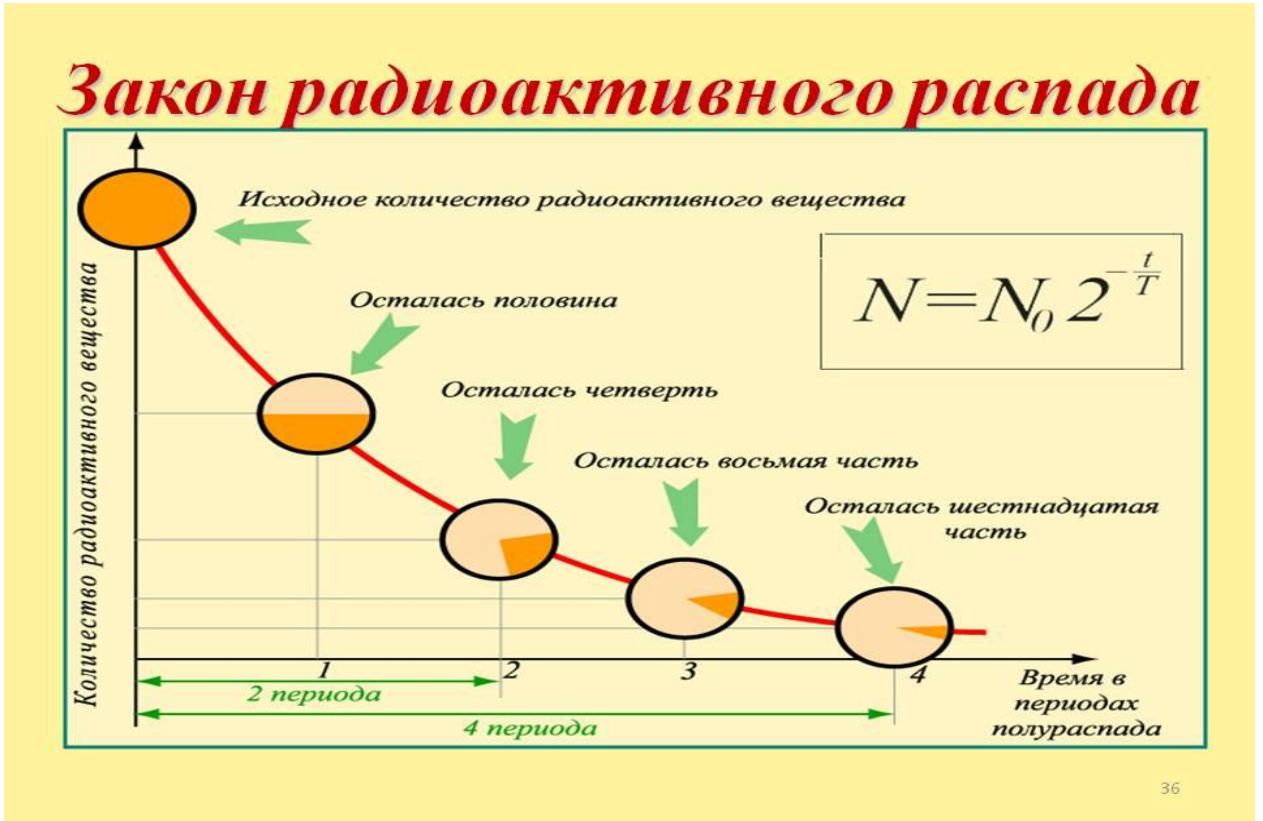


Рис. 11 Закон радиоактивного распада

## ПРИЛОЖЕНИЕ 9.3

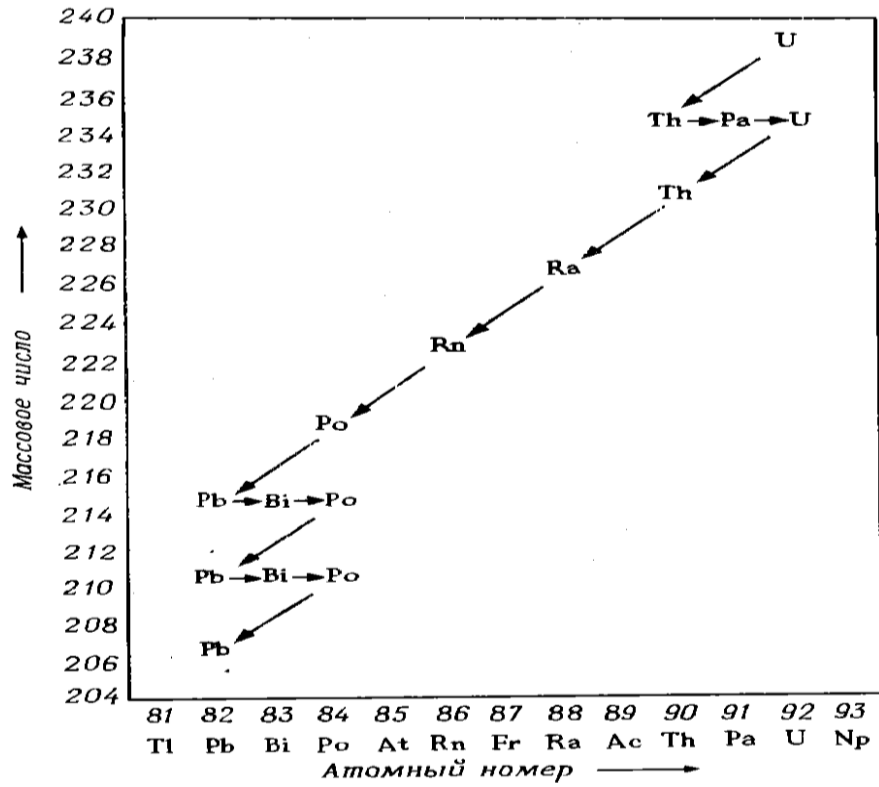


Рис. 12 Последовательный распад ядер от урана до свинца

## ПРИЛОЖЕНИЕ 9.4

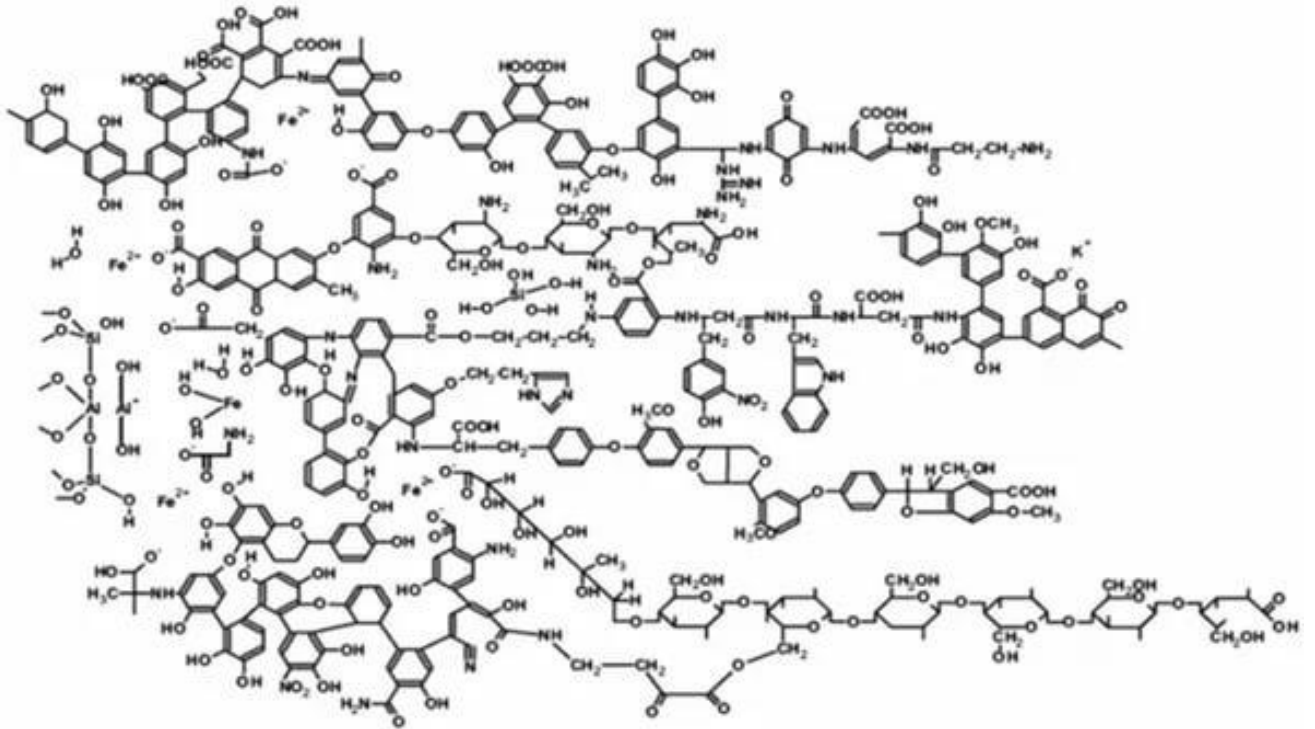


Рис. 13 Формула гуминовых веществ

## ПРИЛОЖЕНИЕ 9.5

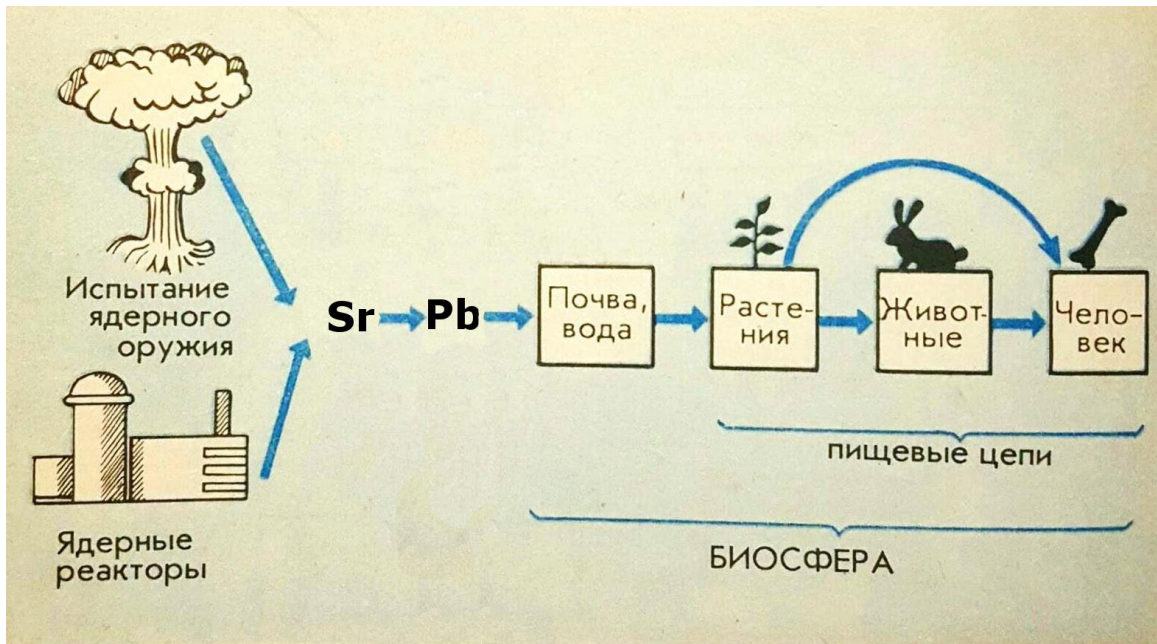


Рис. 14 Пример накопления тяжелых металлов в пищевой цепи

## ПРИЛОЖЕНИЕ 9.6

**"Челябинская область ставит перед собой новые рубежи, приступает к разработке "Стратегии 2035". Одним из ключевых приоритетов для нас является выход на лидерские позиции в научно-образовательной сфере. Совершенно особая задача, на которую будет сделан упор, – разработка и внедрение экологически чистых технологий"**



Из выступления Губернатора Челябинской области Б.А. Дубровского на ежегодной встрече с научной общественностью и членами совета молодых ученых и специалистов  
Новости 9 марта 2017 г.

Рис. 15 Стратегия развития Челябинской области

