



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
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 системе « донные отложения –  
вода – макрофиты » в озерной экосистеме Куяш**

Выпускная квалификационная работа  
по направлению 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями  
подготовки)  
Направленность программы бакалавриата  
«Биология. Химия»

Проверка на объем заимствований:

61,68 % авторского текста

Работа рецензирована к защите

«01» 06 2019 г.

зав. кафедрой Химии, экологии и МОХ

С Сутягин А.А.

Выполнила:

Студентка группы ОФ-501/068-5-1  
Хохлова Олеся Фёдоровна

Научный руководитель:

д.б.н., к.х.н., декан

Л Левина Сима Гершивна

Челябинск  
2019

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ГЛАВА 1 ВОСТОЧНО-УРАЛЬСКИЙ РАДИОАЦИОННЫЙ СЛЕД. ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ .....	5
1.1 Образование Восточно-Уральского радиационного следа.....	5
1.2 Поставарийная обстановка.....	7
1.3 Характеристика озер ВУРСа.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.4 Аккумуляция и миграция неорганических поллютантов в системе «вода - макрофиты – донные отложения» озер средней зоны ВУРСа .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
ГЛАВА 2 НАКОПЛЕНИЕ ДОЛГОЖИВУЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ В СИСТЕМЕ «ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ – ВОДА – МАКРОФИТЫ» .....	14
2.1 Материалы и методы исследования .....	14
2.2 Аккумуляция и миграция неорганических поллютантов в системе «вода – донные отложения» озер средней зоны ВУРСа .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.3 Исследование гидрохимических показателей озера Куяш .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.4 Содержание радионуклидов в донных отложениях озера Куяш .....	17
2.5 Содержание и накопление радионуклидов в высшей водной растительности .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЕКТУАЛЬНОЙ ИГРЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ СТАРШЕЙ ШКОЛЫ «РАДИАЦИЯ ВОКРУГ НАС. МИФ И РЕАЛЬНОСТЬ».....	22
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	36
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	37
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	42



## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность.** В современном мире большое значение приобретает проблема загрязнения окружающей среды. К числу одних из самых опасных загрязнителей относят неорганические поллютанты, в частности долгоживущие радионуклиды  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ . Они опасны, прежде всего, тем, что обуславливают долговременное загрязнение и способны перераспределяться между различными компонентами экосистемы, аккумулироваться в донных отложениях и высшей водной растительности (макрофитах).

Накопление загрязняющих веществ в донных отложениях, воде и высшей водной растительности является одной из причин временного выведения поллютантов из естественного круговорота веществ и самоочищения водной среды, но загрязнение экосистемы при этом сохраняется, а при определенных условиях донные отложения могут выступать также в роли источника вторичного загрязнения.

В рамках данной работы было проведено исследования озерной экосистемы озера Куяш. Данное озеро подверглось значительному загрязнению во время аварии на ПО «Маяк» в 1957 году, но на данный момент озеро возвращено в хозяйственный оборот и активно используется, что делает его интересным объектом для изучения.

**Целью** данной работы является исследование накопления долгоживущих радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в системе «вода – макрофиты – донные отложения» озера Куяш.

Достижение поставленной цели предполагает решение следующих **задач**:

1. Проанализировать литературные источники, соответствующие исследуемой тематике;

2. Рассмотреть основные гидрохимические показатели озера Куяш;
3. Определить содержание  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в образцах высшей водной растительности и донных отложениях;
4. Разработать интеллектуальную игру для обучающихся 10-11 классов по теме «Радиация. Сущность и защита от нее»

**Объект** – содержание долгоживущих радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в воде, высшей водной растительности и донных отложениях.

**Предмет** – озерная экосистема Куяш (средняя зона ВУРСа).

**Научная новизна** заключается в определении современного уровня загрязнения радионуклидами  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  основных компонентов озерной экосистемы Куяш, а также особенность распределения в них долгоживущих радионуклидов.

**Практическая значимость.** По результатам, полученным в ходе выполнения данной работы, можно сделать предположение о необходимости постоянного радиоэкологического мониторинга озерной системы Куяш. С целью подтверждения целесообразности его хозяйственного использования, которое в настоящее время разрешено.

**Апробация работы.** Общее количество публикаций и конкурсных работ в исследуемой области – 16.

# ГЛАВА 1 ВОСТОЧНО-УРАЛЬСКИЙ РАДИОАЦИОННЫЙ СЛЕД. ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ

## 1.1 Образование Восточно-Уральского радиационного следа

29 сентября 1957 г. произошел термохимический взрыв одной из емкостей хранения высокоактивных отходов на комбинате «Маяк». По современной международной классификации радиационных инцидентов и аварий она имеет индекс 6 по 7-и бальной шкале и относится к тяжелым, с последствиями которые требуют применения мер при защите населения в локальном масштабе. Во взорвавшейся емкости содержалось около 20 млн кюри радиоактивности, обусловленной  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{95}\text{Zr}$ ,  $^{95}\text{Nb}$  и  $^{106}\text{Ru}$  [21]. В результате этого взрыва в атмосферу над Челябинской, Свердловской и Тюменской областями было выброшено мощное радиоактивное облако, с суммарной активностью около 20 млн кюри, подхваченное сильным юго-западным ветром. Основная доля продуктов деления осела на территории промышленной площадки, а оставшаяся часть, составляющая примерно 2 МКи поднялась в атмосферу на высоту до 1000 м и распространилась на поверхность почвенно-растительного покрова в направлении перемещения облака [10].

Так как  $^{90}\text{Sr}$  в своем изначальном составе полученного радиоактивного загрязнения является самым значимым с точки зрения формирования дозы облучения, за счет того, что является наиболее долгоживущим, а также ощутимым по вкладу в суммарную активность, именно поэтому он был принят за реперный радионуклид, по отношению к которому оценивали уровни загрязнения для данной территории другими радионуклидами [3].

Общий вид пространственного макрораспределения уровней начального загрязнения и распространения по территории радиоактивного следа приведен на рисунке 1. Распределение можно охарактеризовать, как

загрязнение с явно выраженной осью следа с максимальным уровнем загрязнения, плавно снижающегося по мере удаления от эпицентра загрязнения и сравнительно быстрым снижением уровня загрязнения в поперечных направлениях [31]. Территория распространения данного облака протянулась в длину на 350 км (рис. 1).

Максимальные уровни радиоактивного загрязнения вблизи границы промышленной площадки достигали  $150\,000\text{ Ки/км}^2$  по суммарной активности.

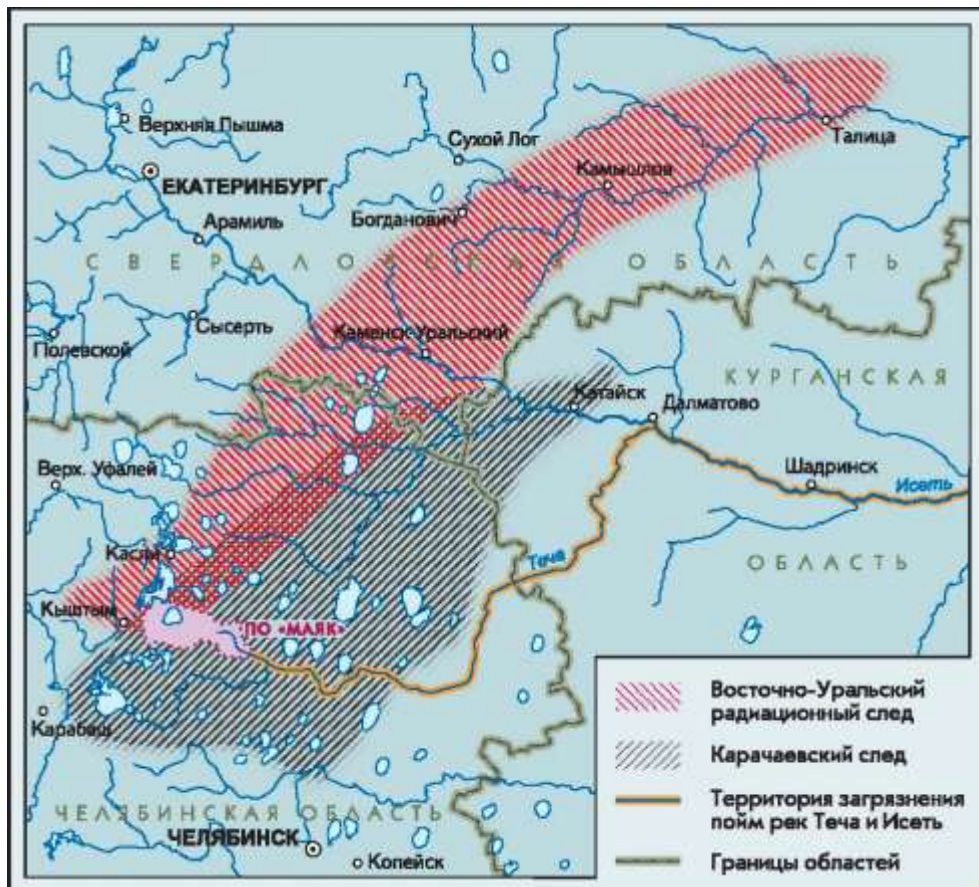


Рис. 1 Восточно-Уральский радиационный след

Масштабы той аварийной обстановки, которая сложилась в отсутствие необходимого опыта ликвидации, потребовала мобилизации всех уровней управления для разработки комплекса защитных и реабилитационных мероприятий направленных на решение трех основных проблем:

- 1) обеспечение радиационной защиты населения;
- 2) восстановление нормальной производительной деятельности предприятий;
- 3) восстановление экономики сельского и лесного хозяйства территорий, пострадавших от радиационного воздействия.

В первую очередь были осуществлены меры, по экстренной нормализации производств ПО «Маяк» с целью ограничения облучения персонала и населения, дезактивации самого предприятия и эвакуации самих жителей ближайших населенных пунктов расположенных в менее чем на 22 км от эпицентра взрыва [16].

В ходе ликвидации последствий аварии 23 деревни из наиболее загрязнённых всех уровней управления районов с населением от 10 до 12 тысяч человек были отселены, а строения, имущество и скот уничтожены [3]. Для предотвращения разноса радиации в 1959 г. решением правительства была образована санитарно-защитная зона на наиболее загрязнённой части радиоактивного следа, где всякая хозяйственная деятельность была запрещена, а с 1968 г. на этой территории образован Восточно-Уральский государственный заповедник [28].

По своим масштабам и последствиям радиационная авария 1957 г., приведшая к массированным выбросам радиоактивных веществ, оценивается специалистами как одна из крупнейших в мире.

По современной международной классификации радиационных инцидентов и аварий она имеет индекс "шесть" по семибалльной шкале, и относится к тяжелым авариям [5].

## **1.2 Поставарийная обстановка**

Поставарийная ситуация была довольно сложная, ее усугубляло отсутствие прогноза дальнейшего развития радиационной обстановки и понимания природы опасности. В то время не уделялось должного



внимания радиационной безопасности отсутствовали международные и отечественные рекомендации по устранению последствий тяжелых радиационных аварий.

Из хозяйственного использования было выведено более 59 тыс. га земли в Челябинской области и 47 тыс. – в Свердловской, из которых практически 55% имели высокую хозяйственную значимость [21]. Сейчас зона заражения именуется Восточно-Уральским радиоактивным следом (ВУРС). Для предотвращения доступа не эвакуированной части населения были введены ограничения, и границы были взяты под охрану. С 1958 по 1959 гг. была осуществлена дезактивация территорий с целью снижения вторичного загрязнения смежной территории ввиду ветрового переноса, предотвращения использования территорий в хозяйственном аспекте и снижения уровня общего излучения. Социально-экологические последствия аварии оказались очень серьезными. Тысячи людей были вынуждены покинуть места своего проживания, многие другие остались жить на загрязнённой радионуклидами территории в условиях длительного ограничения хозяйственной деятельности. Положение значительно осложнялось тем, что в результате аварии радиоактивному загрязнению подверглись водоёмы, пастбища, леса и пашни [23].

Несмотря на предпринятые меры, на современном этапе говорить о полном очищении и восстановлении загрязненной территории не представляется возможным [26].

Миграция радионуклидов на территории ВУРСа с годами уменьшается, так как снижается их биологическая доступность. На территории Восточно-Уральского радиационного следа находится большое количество непроточных и слабопроточных водоемов, которые имели большое хозяйственное значение (Приложение 1). Их возвращение в хозяйственный оборот является актуальной проблемой.

### 1.3 Характеристика озер ВУРСа

На территории Восточно-Уральского радиоактивного следа расположено несколько десятков пресноводных озер. Из них в осевой части Следа находятся 14 непроточных озер [25].

После аварии 1957 г. множество водохранилищ Челябинской и Свердловской областей попали в зону ВУРСа, в свою очередь многие из них радиационный след накрыл уже в первые минуты после взрыва: Метлинский пруд, Бердениш (расстояние от эпицентра взрыва – 4 км), Кожаккуль (7 км), Урусккуль (8 км), Малое Травяное (10 км). Несколько позже загрязнение затронуло водоемы расположенные далее к северо-востоку от ПО «Маяк»: Большое и Малое Аллаки, Большое и Малое Касли, Большое и Малое Нанога, Куяш, Иртыш, Шаблиш, Тыгшиш, Байнауш, Червяное, Большой Сунгуль. Также радиоактивный след распространился и на юго-запад: Акакуль, Аргази, Татыш, Увильды, Улагач [25].

Озера на территории ВУРСа различной величины, как правило, округлые, непроточные. Вместе с пресными озерами встречаются и солоноватые. Небольшие озера сходны с болотами большим количеством водной растительности. Реки восточного склона Уральских гор имеют основным источником питания талые снеговые воды, но такой режим не исключает питания за счет дождевых и грунтовых вод в летний период [27].

Большое влияние при распределении радионуклидов в природных водоемах оказывают такие факторы, как сезон года, температура, рН, физико-химическое состояние радионуклидов. Радионуклиды находятся в водной среде во взвешенном, коллоидном состоянии и в виде свободных ионов и растворимых комплексных соединений с органическими неорганическими лигандами. Накопление загрязняющих веществ на дне водоема и ремобилизация из них донных отложений, является одним из самых важных механизмов, регулирующих содержание данных веществ в

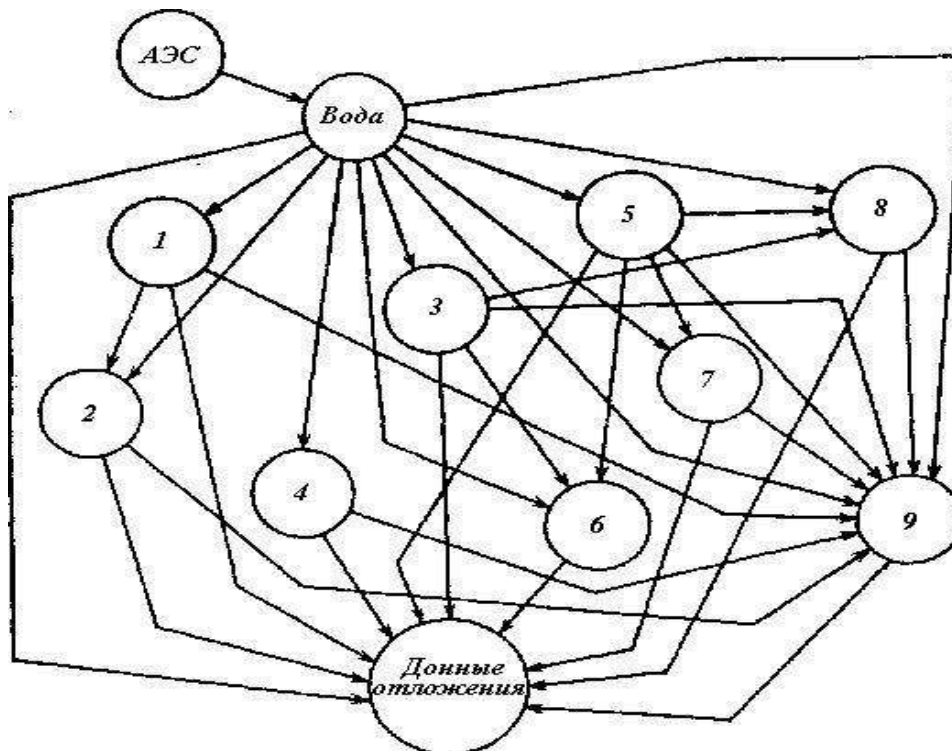
среде. В результате этого происходит заиление, эвтрофирование и загрязнение водоемов. На основании этого можно сделать вывод о том, что донные отложения представляют собой один из факторов формирования гидрохимического режима [14].

#### **1.4 Аккумуляция и миграция долгоживущих радионуклидов в системе «вода – макрофиты – донные отложения» озер средней зоны ВУРСа**

Если представить себе модель распространения радиоактивного загрязнителя в экосистеме, то надо «расчленивать» экосистему водоема на подсистемы и учесть в модели связи между подсистемами, чтобы модель адекватно отображала реальные процессы в водоеме и удовлетворяла поставленным целям моделирования [7].

Популяция – своеобразная единица экологического масштабирования. В биосфере происходит передача радионуклидов от одной популяции к другой и накопление радионуклидов в каждой популяции позволяет определить не только эффект воздействия радиоактивного загрязнителя на популяцию, но и на человека, «контактирующего» с данной популяцией [30]. Естественно, что популяции в водоеме взаимодействуют с его абиотическими составляющими, поэтому в модели, построенной на популяционном уровне, должны присутствовать и эти компоненты. Эти группы, взаимодействуя с абиотическими компонентами, другими, сторонними, компонентами биосферы, потребляя энергию извне: солнечная энергия, биогенные элементы, поступающие в водоем из прибрежной зоны, определяют общую структуру экосистемы любого водоема и ее функционирование. Для конкретного водоема необходимо детализировать каждую из групп до уровня популяций. Естественным образом редуцирование популяционной модели можно сделать, если представить ее подсистемы на уровне гильдий, т. е. совокупности видов,

близких в функциональном отношении [7]. Имеющиеся сейчас экспериментальные данные о поведении радионуклидов в водоемах позволяют реализовать модель, удовлетворяющую требованиям санитарно-гигиенического принципа защиты человека от радиационных воздействий, и использовать ее для оценки радиационных воздействий (рис. 2).



**Рис. 2 Структурная схема модели миграции радиоактивного загрязнителя в экосистеме водоема (на гильдиевом уровне): 1 – фитопланктон; 2 – зоопланктон; 3 – микрозообентос; 4 – макрофиты; 5 – моллюски; 6 – ракообразные; 7 – взвеси; 8 – земноводные; 9 – рыбы**

С учетом этого следует выбрать для модели следующие компоненты экосистемы водоема.

– Вода – компонент экосистемы, в который непосредственно поступает радиоактивный загрязнитель, он же обеспечивает перенос и распределение загрязнителя по всей акватории водоема, передающий радионуклиды другим компонентам экосистемы водоема и непосредственно участвующий в формировании дозовой нагрузки на человека [34].

– Гидробионты – компонент экосистемы, активно участвующий в круговороте веществ, обеспечивающий биологическую дезактивацию воды водоема и непосредственно участвующий в формировании дозовой нагрузки на человека [31].

– Донные отложения – место депонирования радиоактивного загрязнителя [32].

Таким образом, можно сделать редукцию более общей схемы модели до трехблочной: вода – гидробионты – донные отложения. Такую редукцию можно сделать, основываясь на данных положениях:

1. Процесс перераспределения поступивших в воду водоема радионуклидов по абиотическим и биотическим компонентам экосистемы и связь их с внешними объектами определяются действующими гидрологическими и биохимическими факторами.

2. В любой момент времени активность радионуклидов в биологических компонентах меньше, чем в абиотических.

3. Активность радионуклидов в биотических компонентах однозначно связана с активностью радионуклидов в абиотических компонентах, причем абиотический компонент «донные отложения» – главный хранитель радиоактивного загрязнителя в водоеме [7].

Всё это позволяет сделать вывод о том, что выбор такой трехкомпонентной системы, позволяет всецело судить об экологическом состоянии водоема и соответствует поставленной цели работы.

### **1.5 Накопление радионуклидов в высшей водной растительности**

Процесс поглощения поллютантов растительным организмом имеет поэтапный характер, с включением различных механизмов, приуроченных к определенным структурным компонентам тканей растений:

- 1) обогащение ионами свободного пространства апопласта (происходящее за счет обменной адсорбции, диффузии, пассивной физико-химической адсорбции);
- 2) преодоление мембранного барьера – проникновение ионов в симпласт;
- 3) радиальное передвижение по тканям корня и сосудистым проводящим пучкам;
- 4) активное включение поступающих ионов в метаболизм;
- 5) вертикальное передвижение ионов по стеблям, черешкам и ветвящимся жилкам листьев;
- 6) поступление в синтезирующие клетки, утилизация и реутилизация, отток в репродуктивные органы;
- 7) транспорт ассимилятов и ионов вниз по флоэме, в корни [20].

При поступлении в корни долгоживущих радионуклидов наибольшее значение приобретают первые три этапа, а также передвижение ионов из корней в надземные органы растений. Важнейшим этапом в процессе поглощения растениями  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  является преодоление ими структурного барьера – биологической мембраны. При этом происходит сочетание быстрой адсорбции с активным поглощением [20].

Движение по свободному пространству и пассивное поглощение имеют большое значение при поступлении данных поллютантов, особенно при повышенных концентрациях их в среде. Превалирование пассивного характера поступления возрастает для радионуклидов, концентрация которых в среде является избыточной для растительного организма. После поглощения ионы могут передвигаться в тканях корня как симпластическим, так и апопластическим путем. Оба пути транспорта могут сменять друг друга.

## **ГЛАВА 2 НАКОПЛЕНИЕ ДОЛГОЖИВУЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ В СИСТЕМЕ «ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ – ВОДА – МАКРОФИТЫ»**

### **2.1 Материалы и методы исследования**

Отбор проб производится в ходе научно-исследовательской экспедиции непосредственно на территории озера. Отбор донных отложений производится с помощью специального бура, который опускается на дно и вбуривается в грунт, забирая образцы с определенных горизонтов из толщи дна. После, полученные пробы фотографируют и аккуратно разделяют в соответствии с горизонтом их забора. Донные отложения фасуются по пакетикам с соответствующей маркировкой в зависимости от горизонта их сбора и глубины. Место отбора выбирают в соответствии с целями исследования и на основании результатов обследования местности. В водоемах и водотоках места отбора проб выбирают с учетом распределения донных отложений и закономерностей их перемещения. Отбор проб обязателен в местах, в которых донные отложения достигают максимального развития, а также в местах, где обмен загрязняющими веществами между водной массой и донными отложениями может характеризоваться экстремальными значениями [28]. Далее идет стадия пробоподготовки, которая также является очень важным этапом в процессе анализа и зачастую вносит основную погрешность в весь конечный результат. Пробоподготовка начинается с того, что все полученные в результате забора отложения высушиваются на лотках с соблюдением строгой маркировки, до тех пор, пока полностью не избавятся от влаги. Затем затвердевшую породу погружают в ступку и тщательно перемалывают при помощи пестика до состояния «пыли». После эти образцы пересеивают через сито (0.5 мм). Затем просеянные

образцы фасуют в пакеты, промаркированные в соответствии с происхождением пробы и горизонтом её нахождения в природе. После каждой пробы все инструменты тщательно промываются в соответствии со всеми требованиями обработки химической посуды [15].

Пробы растений, после тщательного ополаскивания, поэтапно высушивают до воздушно-сухого состояния, затем до абсолютно сухого состояний и озоляют до белой золы в муфельной печи при  $500^{\circ}\text{C}$ . Определение физико-химических параметров (pH, Eh,  $\text{SO}_4^{2-}$ , Cl,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) проводятся на базе кафедры химии, экологии и МОХ ЮУрГГПУ (г. Челябинск) Радиохимический анализ проводится в Институте экологии растений и животных УрО РАН (г. Заречный) [28].

Определение микроэлементов и тяжелых металлов проводится в лаборатории геоэкологии Института минералогии УрО РАН (г. Миасс) на атомно-абсорбционных спектрометрах: с пламенным режимом атомизации воздух – ацетилен «Perking – Elmer 3110» (Ca, Mg, Mn, Fe, Cu, Zn, Co, Ni), ацетилен – оксид азота (I) (Ba, Sr, Cs); с электротермическим режимом атомизации «Analyst 300, HGA 850» с действительной коррекцией фона стандартными образцами фирмы «Perking – Elmer» (Pb, Cd).

Метод определения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в воде основан на совместном концентрировании из больших объемов  $^{137}\text{Cs}$  на ферроцианиде никеля и  $^{90}\text{Sr}$  в виде карбонатов. Определение стронция и цезия в пробах донных отложений основано на экстракции  $^{90}\text{Y}$  моноизооктилметиловым эфиром фосфорной кислоты после предварительной подготовки [28].

Полученные данные подвергаются обработке методами статистического анализа с использованием программного обеспечения MS Excel, SigmaPlot.



## 2.2 Аккумуляция и миграция неорганических поллютантов в системе «вода – донные отложения» озер средней зоны ВУРСа

Вода и донные отложения являются одними из сред для аккумуляции радионуклидов и микроэлементов, при этом вода выполняет также транспортную функцию. Непроточные водоемы могут служить источником поступления радионуклидов, прежде всего  $^{90}\text{Sr}$ , в организм человека и животных.

Скорость выведения  $^{90}\text{Sr}$  из воды водоема с течением времени может значительно уменьшаться, что связано с установлением нового равновесия между грунтом и водой.

Содержание микроэлементов в воде озер средней зоны ВУРСа несколько превышает ПДК рыбохозяйственного водопользования, действующие на территории РФ, по железу, меди и цинку. Но, несмотря на это, антропогенного загрязнения воды озер рассматриваемой зоны не наблюдается, ввиду отсутствия на близлежащих территориях крупных производственных объектов.

Вода исследуемого озера имеет слабощелочную среду,  $\text{pH} = 8,85$ . Данное значение, превышающее предельно допустимое, можно объяснить обилием высшей водной растительности и процессом их жизнедеятельности в частности фотосинтезирующей активностью. Воды озера пресные и мягкие.

По основным ионам вода озерной экосистемы озера Куяш не имеет превышений норм ПДК для питьевой воды (Таблица 1). Повышение щелочной среды может быть обусловлено так же и присутствием в воде карбонатов щелочных металлов, гидролиз которых приводит к щелочной среде водных растворов. Такое повышение способствует осаждению из водной массы поллютантов вследствие их перехода в нерастворимые формы гидроксидов, что способствует самоочищению водоема.

**Значения физико-химических показателей воды озера Куяш**

Физико-химические показатели	Содержание (мг/л) Оз. Куяш	ПДК (ГН 2.1.5.1315-03 с изменениями ГН 2.1.5.2280-07 и СанПиН 2.1.5.980-00)
рН, ед. рН	8,85	6,5-8,5
$\text{CO}_3^{2-}$	10,2	-
$\text{HCO}_3^-$	239,1	-
$\text{Cl}^-$	36,4	<350
$\text{SO}_4^{2-}$	3	<500
$\text{NO}_2^-$	<0,003	3,3
$\text{NO}_3^-$	<0,1	45
$\text{NH}_4^+$	0,09	1,5
$\text{Ca}^{2+}$	16,23	180
$\text{Mg}^{2+}$	29,52	50
$\text{K}^+$	6,24	50
$\text{Na}^+$	60,03	200

**2.4 Содержание радионуклидов в донных отложениях озера Куяш**

Донные отложения – это осадочные образования, покрывающие донную поверхность водоемов, в том числе озер. Значительная доля химических элементов, растворенных в водах озер, переходит в осадок в виде коллоидов, что указывает на тесную связь в миграции неорганических поллютантов, таких элементов водной экосистемы, как вода и донные отложения. В пресных озерах формируются пресноводные органические илы (сапропели), которые нередки в озерах лесостепного Зауралья. Отличительными особенностями сапропелей являются: повышенная влагоемкость и низкая минерализация. Мощность сапропелей может составлять от 0,5 до 2,5 м. Органические илы богаты органикой. С возрастанием солености воды, в донных отложениях сокращается содержание органических веществ и увеличивается количество минеральных компонентов [14].

Накопление неорганических поллютантов в придонной области и выведение их из состава донных отложений является одним из важнейших механизмов поддержания динамического равновесия содержания этих веществ в водном компоненте озерной экосистемы. Аккумуляция неорганических поллютантов в донных отложениях происходит в результате ряда процессов: осаждение частиц вещества, адсорбция на дне, диффундирование в толщу грунта. Согласно положениям теории Вернадского В. И. о биогеохимическом круговороте веществ, неорганические поллютанты, проходя подобный путь, остаются в депонирующей части цикла данных элементов, которые при благоприятных условиях могут стать источником вторичного загрязнения водоема, вследствие их ремобилизации [3]. Степень загрязнения донных отложений зависит от их типа (типичные органогенные, известковистые, кремнеземистые, глинистые, песчаные, песчано-глинистые, торфянистые). Донные отложения неоднородны, в них возможно выделить своего рода горизонты и прослойки механически разного рода веществ. Как правило, содержание различных микроэлементов, а также радионуклидов в донных отложениях, в горизонтах залегающих ближе к границе раздела фаз наибольшее, и уменьшается с продвижением вглубь грунтов, слагающих массив донных отложений (Приложение 2).

Из графика (рис. 3), следует, что содержание  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в прибрежной зоне оз. Куяш интенсивно. В центре озера Куяш ил залегает мощным слоем более 5 метров, верхняя часть которого имеет следующее строение: 0 – 22 см – слабоминерализованные темно-бурые сапропелевые илы без выраженной минерализации; 22 – 36 см – несколько более минерализованные илы светлосерого цвета; 36 – 39 см – торфяной слой ярко-коричневого цвета с множеством грубодетритных остатков макрофитов. Глубже расположен светло-серый ил.

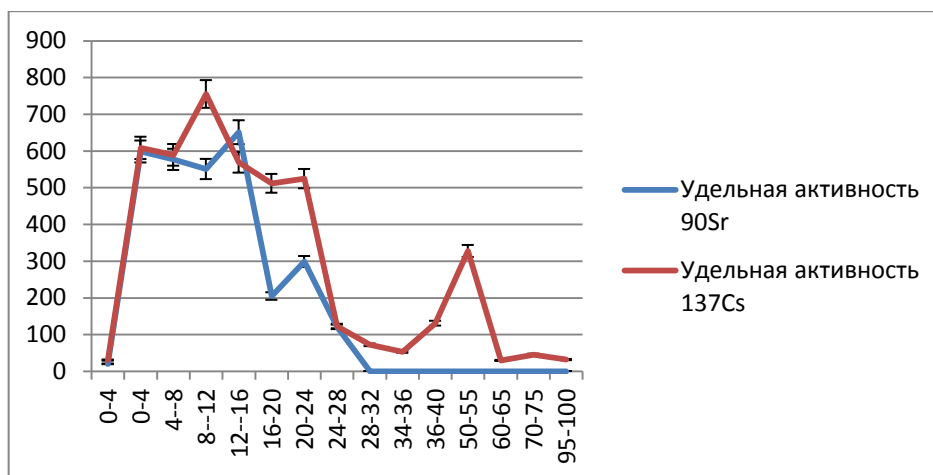


Рис. 3 Удельная активность  $\text{Cs}^{137}$  и  $\text{Sr}^{90}$

Таким образом, структура и состав донных отложений водоема свидетельствуют о том, что исследуемое озеро неоднократно меняло режим своего существования. Прошло такие стадии, как заболоченный пресный водоем, минерализованный водоем и постепенно приобрело, в результате распреснения, в свой современный вид озеро. Уровень активности данных поллютантов не превышает естественный радиационный фон.

### 2.5 Содержание и накопление радионуклидов в высшей водной растительности

На территории зарегистрировано 23 вида растений, относящихся к 18 родам и 14 семействам. Они относятся к разным экологическим группам согласно классификации экологических групп (Пасечник В.Г.), который делит высшие водные растения на 7 групп по положению в воде и характеру укоренения [13], Типичными представителями высшей водной растительности для озера Куяш являются виды, представленные в таблице 2.

Таблица 2

#### Распределение наиболее часто встречаемых на территории ВУРСа высших растений по экологическим группам

Вид растения	Экологическая группа
1	2
Рдест блестящий ( <i>Potamogeton lucens</i> L.)	Укореняющиеся погруженные растения
Рдест плавающий ( <i>Potamogeton natans</i> L.)	Укореняющиеся с плавающими листьями растения

Продолжение таблицы 2

1	2
Уруть мутовчатая ( <i>Myriophyllum verticillatum</i> L.)	Укореняющиеся погруженные растения
Рогоз широколистный ( <i>Typha latifolia</i> L.)	Воздушно-водные растения
Рогоз узколистный ( <i>Typha angustifolia</i> L.)	Воздушно-водные растения
Телорез обыкновенный ( <i>Staratiotes aloides</i> L.)	Укореняющиеся погруженные растения
Горец земноводный ( <i>Persicariaa amphibia</i> )	Укореняющиеся с плавающими листьями растения
Роголистник погруженный ( <i>Geratophyllum demersum</i> L.)	Свободно плавающие растения
Тростник обыкновенный ( <i>Phragmites australis</i> )	Воздушно-водные растения
Стрелолист ( <i>Sagittaria sagittifolia</i> L. )	Воздушно-водные растения
Элодея канадская ( <i>Elodea Canadensis</i> Michx. )	Укореняющиеся погруженные растения

Результаты исследования позволили выявить виды, являющиеся ярко выраженными накопителями  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  (приложение 3), которые, по всей вероятности, можно рассматривать в качестве референтных при организации биомониторинга (рис 4)

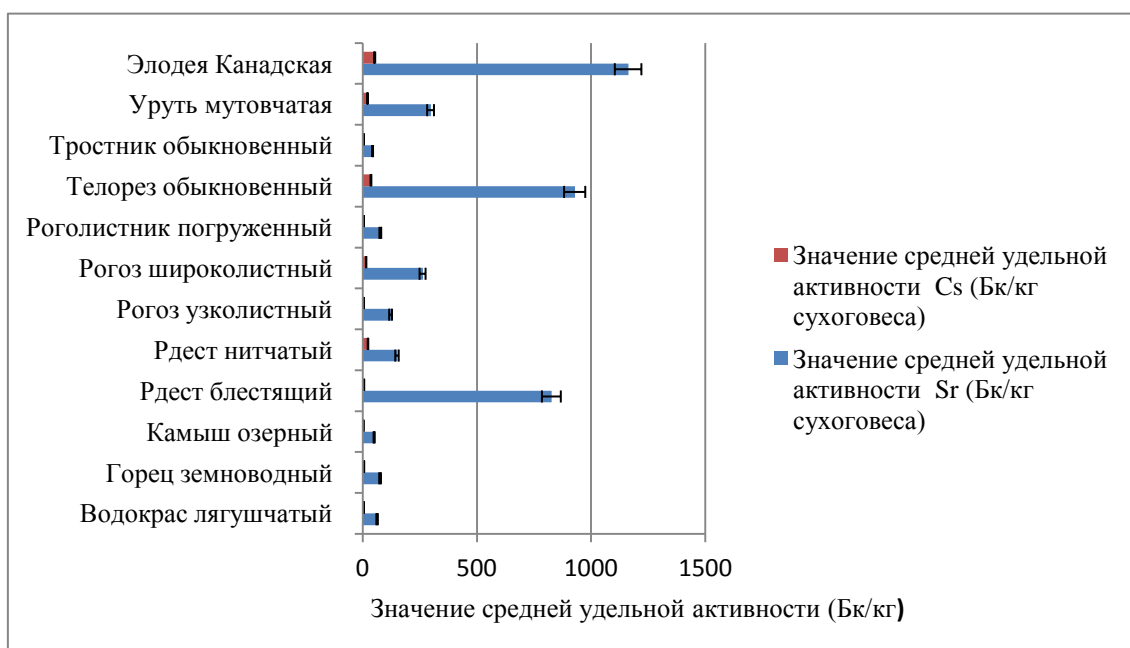


Рис 4 Удельная активность  $\text{Sr}^{90}$  и  $\text{Cs}^{137}$

Максимальные значения удельной активности  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  на исследованном озере были обнаружены у представителей видов Элодея Канадская и Телорез обыкновенный.

### **ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЕКТУАЛЬНОЙ ИГРЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ СТАРШЕЙ ШКОЛЫ «РАДИАЦИЯ ВОКРУГ НАС»**

На современном этапе происходит переход от «экологического» образования и просвещения, направленного на передачу знаний о живой природе и об отдельных экологических проблемах, вызванных человеческой деятельностью, к «образованию для устойчивого развития», которое по своей природе междисциплинарно и связывает воедино экологический, социальный и экономический аспекты окружающей среды.

Под экологическим образованием Боголюбов А.С [7] понимает развивающее образование, направленное на целостное развитие личности учащихся на основе эколого-ориентированных ценностей, его целью выступает создание условий для выработки экологически грамотного поведения в быстро меняющейся социоприродной среде в рамках экологической емкости естественных экосистем. Данного определения мы будем придерживаться в нашей работе. В основе экологического образования лежит информационно-деятельностное содержание, включающее учебное содержание, а также формы, методы и приемы, направленные на развитие личностных качеств учащихся, формирование УУД, ключевых образовательных компетентностей, развитие у учащихся умения учиться за счет овладения методами и приемами обучения с целью выработки индивидуального стиля познания [31].

Формой реализации экологического образования нами выбрана интеллектуальная игра. Выбор данной формы обусловлен следующими причинами:

1. Игра позволяет активизировать и интенсифицировать учебный процесс, за счет интерактивности и включение эмоционально-чувственной сферы.

2. Игра меняет мотивацию к обучению, в процессе игры знания усваиваются не для будущего времени, а для обеспечения непосредственных игровых успехов обучающихся в реальном для них процессе
3. Сокращение времени накопления опыта
4. Способствует благоприятному микроклимату в коллективе.

Проведение интеллектуальной игры направлено на развитие знаний учащихся знаний в области знаний о радиации, радиационной безопасности. Игра включает краеведческую составляющую. [1].

Научно-методической основой являются:

1. эколого-гуманистический подход, основанный на эколого-ориентированных ценностях;
2. принцип интеграции и метапредметности при отборе учебного содержания;
3. создание условий для принятия обучающихся эколого-гуманистических ценностей, основанных на осознанном ограничении потребностей и биосферосовместимых принципах деятельности человека; преобладание новых целей и задач с предшествующими в экологическом образовании.

Игра содействует формированию личностных УУД, таких как:

1. способность учащихся самостоятельно учиться, общаться, принимать решения, осуществлять выбор, нести ответственность за собственные действия и поступки, осознавать влияние жизнедеятельности человека на природную среду;
2. коммуникативные умения и опыт сотрудничества для выявления социально-экологических проблем и путей их решения;
3. развитие адекватной самооценки учебной и социально-значимой деятельности, уровня сформированности УУД, ключевых образовательных компетентностей [7].



Метапредметная цель – реализация системно-деятельностного подхода и интеграция знаний по химии, биологии, физики и ОБЖ для объяснения техногенного воздействия экологических катастроф на окружающую среду

Опорные понятия: радиоактивность, изотопы, виды ядерного распада. роль человека в сохранении окружающей среды и себя самого, ВУРС, радиационное загрязнение, радионуклиды.

Разработанная нами игра выполняет задачи развития у обучающихся:

1. потребности в непрерывном, самостоятельном и творческом подходе к овладению новыми знаниями в области радиационной безопасности;

2. современной картины мира и экологических представлений;

3. общеучебных умений и навыков;

4. обобщенного способа учебной, познавательной, коммуникативной и практической деятельности;

5. готовности учащихся использовать полученные общие знания, умения и способности в реальной жизни для решения практических задач;

6. теоретического мышления, памяти, воображения;

**Структура игры:** Игра состоит из четырех туров:

- общие вопросы, связанные с радиацией как явлением;
- радиационная обстановка в Челябинской области;
- способы защиты от радиационного воздействия;
- «Мифы и предубеждения».

**Правила игры.** Каждый тур включает из 10 вопросов. Обучающиеся формируют команды по 5 человек. В игре участвуют 4-5 команд. Перед началом игры участникам выдают листы для заполнения правильных ответов. Участники должны вписать правильный, по их мнению, ответ в соответствующее поле в бланке ответов. На каждый вопрос обучающимся

отводится по одной минуте, ведущий строго следит за выполнением и за возможными нарушениями правил игры. После завершения минуты ученики после звукового сигнала сдают правильные ответы на листах в течении 10 секунд, позднее ответы не принимаются, тем временем идет проверка правильных ответов (приложение 4) с комментариями ведущего, команда правильно ответившая на вопрос получает жетон.

По окончании мероприятия счетная комиссия подсчитывает количество полученных жетонов и выявляет команду-победителя, памятные грамоты получают все участники турнира (приложение 5). После этого учащимся предлагается заполнить анкеты обратной связи (приложение 6).

Технологическая карта игры представлена в таблице 3.

## Тема: Интеллектуальная игра «РАДИАЦИЯ ВОКРУГ НАС»

### **Цель:**

#### **Образовательная цель:**

Обобщить и актуализировать знания учащихся о явлении радиоактивности и его влиянии на биологические объекты;

#### **Развивающая цель:**

Расширить знания учащихся о различных сторонах проявления радиоактивности и проблемах ее использования в мирных целях

#### **Воспитательная цель:**

Сформировать правильное отношение к данной проблеме как одной из сторон взаимодействия человека и природы

#### **Учебные задачи, направленные на достижение личностных результатов обучения:**

1. Формировать самооценку и личностное самоопределение к видам деятельности (личностное УУД).
2. Формировать умение проявлять дисциплинированность, трудолюбие и упорство в достижении поставленной цели (личностное УУД).
3. Осуществлять анализ выполненных действий при игре; активно включаться в процесс игровой деятельности по правилам.

#### **Учебные задачи, направленные на достижение метапредметных результатов обучения:**

1. Формировать умение общаться со сверстниками в соревновательной и игровой деятельности. Помощь учащихся в совместном освоении технических действий. Умение слушать и вступать в диалог с учителем и сверстниками. (коммуникативное УУД).
2. Договариваться о организации игры, распределять обязанности и роли в игровом процессе
3. Развивать умение осознанно и произвольно строить речевые высказывания в устной форме (познавательное УУД).

#### **Учебные задачи, направленные на достижение предметных результатов обучения:**

1. Формировать и развивать у учащихся интеллектуального и духовного потенциала в сфере гуманистического отношения к окружающей нас среде.

2. Создать каждому ученику условия для проявления своих способностей, интеллектуальных умений.
3. Межпредметные связи. Химия. Физика. Биология. ОБЖ

**Инвентарь и оборудование:** оценочный лист, экран, презентация, грамоты, листы рефлексии.

**Время занятия:** 60 мин.

Таблица 3

**Технологическая карта интеллектуальной игры «РАДИАЦИЯ ВОКРУГ НАС »**

Этапы урока	Деятельность учителя	Деятельность обучающихся	Формирование УУД
Вводная часть. Приветствие. Включение учащихся в режим работы Постановка цели занятия	<p>Приветствует учащихся. Стимулирование мотивации на занятие. Постановка цели занятия. Деление на команды для игры производится заранее для возможности совместной подготовки обучающихся.</p> <p><i>Здравствуйте, дорогие друзья, я рада приветствовать Вас на интеллектуальной игре посвященной такой интересной и насыщенной теме, как радиация!</i></p> <p><i>На протяжении всей нашей жизни мы довольно часто встречаемся с этим понятием, не только на уроках Химии, но и на уроках Биологии и на уроках ОБЖ. С самого детства мы слышим это слово. С одной стороны мы слышим угрозы и предостережения о тех ужасных последствиях,</i></p>	<p>Приветствуют учителя.</p> <p>Знакомятся, проявляют интерес в конечном результате.</p> <p>Осознают важность и интерес выполнения задания и активно включаются в процесс развития.</p> <p>Делятся на команды.</p>	<p><u>Личностные</u> – развитие эмоционально – нравственной отзывчивости, доброжелательности.</p> <p><u>Коммуникативные</u> - планирование сотрудничества с учителем и сверстниками.</p> <p><u>Регулятивные</u> – целеполагание. Планирование и регуляция своей</p>


	<p><i>которое она несет с собой, с другой стороны мы слышим понятия «Мирный Атом», гордимся нашим передовым атомным флотом. Поэтому данная тема вызывает, и всегда вызывала очень большой интерес. Поэтому сегодня, мы с вами попробуем вспомнить и систематизировать все, что вы знаете о ней и возможно открыть для Вас что-то новое по данной теме.</i></p> <p>Начнём! Игра состоит из четырех туров:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Общие вопросы, связанные с радиацией как явлением;</li> <li>2) Радиационная обстановка в Челябинской области;</li> <li>3) Защита от радиационного воздействия;</li> <li>4) «Эта страшная радиация» Мифы и Факты.</li> </ol> <p>Каждый тур состоит из 10 вопросов. Перед вами на столах находятся бланки ответов для каждого тура. Вопросы будут появляться на экране, на ответ вам отводится ровно одна минута, затем будет звучать особый сигнал, после которого вам необходимо сдать правильный, по вашему мнению, вариант ответа ведущему, по истечению 10 секунд ответы не принимаются. За каждый верный ответ, ваша команда получает 1 жетон, победит та команда, которая наберет большее количество жетонов.</p>		<p>деятельности.          Прогнозирование.  <u>Познавательные</u> –          поиск и выделение          необходимой          информации</p>
--	---	--	---


			
Мозговая гимнастика	<p>Показ слайда разминки</p> <p><i>ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ РАДИАЦИИ ПРИМЕНЯЕТСЯ.</i></p> 	Смотрят на экран. Отвечают. Идет проверка	Личностные - развитие навыков самопознания, самоконтроля. Коммуникативные – участвовать в работе группы. Регулятивные – определять цель деятельности. Контроль в сотрудничестве с учителем и сверстниками.

<p>Основная часть. Развитие познавательных процессов</p>	<p>Тур 1 : Общие вопросы, связанные с радиацией как явлением;</p> 	<p>выполняют задание по группам. Обсуждают результаты.</p>	<p><u>Личностные</u> – учет разных мнений, координирование в сотрудничестве разных позиций. <u>Коммуникативные</u> – участвовать в работе группы. <u>Познавательные</u> – самостоятельно делать выводы, перерабатывать информацию. <u>Регулятивные</u> – Самоконтроль.</p>
	<p>Тур 2: Радиационная обстановка в Челябинской области</p>	<p>Выполняют задание по группам. Обсуждают результаты.</p>	<p><u>Личностные</u> – учет разных мнений, координирование в сотрудничестве разных позиций. <u>Коммуникативные</u> – формирование умения слушать и слышать, ясно и четко излагать свое мнение, выстраивать речевые конструкции.</p>

	29 СЕНТЯБРЯ 1957. ГОДА НА ХИМКОМБИНАТЕ «МАЯК», РАСПОЛОЖЕННОМ В ЗАКРЫТОМ ГОРОДЕ ОЗЁРСК ПРОИЗОШЛА АВАРИЯ, ОДНАКО В ТО ВРЕМЯ ГОРОД НОСИЛ ДРУГОЕ НАЗВАНИЕ. КАКОЕ?	<p><u>Познавательные</u> – формирование проблемы, анализ с целью выделение признаков, самостоятельное создание способов решения и творческого поискового характера. Построение логической цепи рассуждений.</p> <p><u>Регулятивные</u> – постановка и формулирование проблемы, планировать свою деятельность, умение контролировать процесс и результаты своей деятельности, контроль в сотрудничестве с учителем и сверстниками, готовность к преодолению трудностей,</p>
--	---	--



			<p>формирование установки на поиск способов разрешения трудностей, волевая саморегуляция.</p>
	<p>Тур 3: Защита от радиационного воздействия</p>  <p>The diagram consists of a central teal circle with a white border. Inside the circle, the text reads "НАИБОЛЕЕ СИЛЬНАЯ СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ". Surrounding the circle are four teal rectangular boxes, each containing a white circle with a number and a corresponding time period: 1. УТРОМ (Morning), 2. ВЕЧЕРОМ (Evening), 3. В ПАСМУРННУЮ ПОГОДУ (In overcast weather), and 4. В ПОЛДЕНЬ (In the afternoon).</p>	<p>Обучающиеся командами выполняют задания игры.</p>	<p><u>Личностные</u>- учет разных мнений, координирование в сотрудничестве разных позиций. <u>Коммуникативные</u> – Общение и сотрудничество со сверстниками, работа в группе, использование критериев для обоснования своего суждения. <u>Познавательные</u> – сосредоточивание, рассмотрение, создание обобщений, самостоятельный выбор критериев, установление аналогий, определение понятий,</p>

			структурирование знаний. <u>Регулятивные</u> – Самостоятельное планирование путей достижения целей.
Заключительная часть	<p>Тур 4:</p> <p>«Эта страшная радиация» Мифы и предрассудки.</p> 	Выполняют задание по группам. Обсуждают результаты.	<u>Коммуникативные</u> – работа в группе. <u>Познавательные</u> – определение понятий, структурирование знаний. <u>Регулятивные</u> – самостоятельное планирование путей достижения целей.
3. Рефлексия занятия. Подведение итогов занятия	<p>Сообщает детям об успешности проделанной работы. Анализируем с помощью листа для рефлексии (Приложение 6)</p> <p>Награждение победителей грамотами, участников – сертификатами.(Приложение 7)</p>	Оценивают результаты своей деятельности, высказывают своё отношение, степень своей активности и заинтересованности на занятии. Дети	<u>Личностные</u> - формирование положительной учебной мотивации, самооценки, развитие доброжелательности и эмоционально – нравственной

		рассказывают о занятии.	отзывчивости. <u>Коммуникативные</u> – планирование учебного сотрудничества. <u>Познавательные</u> – контроль и оценка процессов результата деятельности. <u>Регулятивные</u> – соотношение своих действий с планируемыми результатами, самоконтроль, умение контролировать процесс и результаты своей деятельности.
--	--	-------------------------	---

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализируя полученные результаты можно сделать вывод, что содержание  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в прибрежной зоне оз. Куяш достаточно интенсивно.

Структура и состав донных отложений рассматриваемого озера показывают нам, что оно неоднократно меняло режим своего существования. Прошло такие стадии, как заболоченный пресный водоем, минерализованный водоем и постепенно приобрело, в результате распреснения, свой современный вид.

На основании анализа экспериментальных данных были выявлены виды макрофитов, являющиеся специфическими накопителями  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ . Элодея Канадская (*Elodea Canadensis* Michx.), Рдест блестящий (*Potamogeton lucens* L.) и Рдест обыкновенный (*Potamogeton natans* L.).

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

1. Основные физико-химические показатели воды озерной экосистемы озера Куяш не превышают фонового значения ПДК, а незначительное увеличение рН с естественными сезонными процессами.

2. Значение удельной активности долгоживущих радионуклидов в донных отложениях не превышает фонового значения для Уральского региона.

3. Такие виды растений как Элодея Канадская, Рдест блестящий и Рдест обыкновенный можно отнести к специфическим накопителям  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ .

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абрамов Н.Н. Водоснабжение [Текст] / Н. Н. Абрамов. – М., 1967.
2. Арутюнян Р.В Авария на АЭС «Фукусима-1»: опыт реагирования и уроки [Текст] / под. общ. ред. чл.-кор. РАН Л.А. Большова; науч. ред. Р. В. Арутюнян // Труды ИБРАЭ РАН. – Вып. 13. – М.: Наука, 2013. – 246 с.
3. Арутюнян Р.В Модели выхода продуктов деления из облученного топлива [Текст] / под общ. ред. чл.-кор. РАН Л.А. Большова; науч. ред. Р.В. Арутюнян. //Труды ИБРАЭ РАН. – Вып.5. – М.: Наука, 2008. – 157 с.
4. Арутюнян Р.В Чернобыль – Фукусима: путевые заметки ликвидатора [Текст] / Р. Арутюнян. – М., 2018. — 300 с.
5. Арутюнян Р.В. Ядерное топливо в объекте «Укрытие» Чернобыльской АЭС [Текст] / Р. В. Арутюнян, Л. А. Большов, А. А. Боровой, Е. П. Велихов, А. А. Ключников. – М.: Наука, 2010. – 240 с.
6. Бахур А.Е. Стронций-90 в почвах: радиохимические и инструментальные методы определения [Текст] / А.Е. Бахур, Л.И. Мануйлова, Д.М. Зуев, Т.М. Иванова, Т.П. Трухина // АНРИ. – 2003. – №1 (32). – С.20-28.
7. Боголюбов А.С. Методы гидрологических исследований: проведение измерений и описание озер [Текст] / А.С. Боголюбов. – М.: Экосистема, 2005. – 127 с.
8. Большова Л.А. Модели взаимодействия материалов топливных элементов в процессах разрушения активной зоны реактора при тяжелых авариях на атомных станциях (на английском языке) [Текст] / Под общей редакцией чл.-кор. РАН Л.А. Большова; под науч. ред. д.ф.-м.н. В.Ф. Стрижова // Труды ИБРАЭ РАН. – Вып. 1. – М.: Наука, 2007. – 127 с.

9. Большова Л.А. Развитие систем аварийного реагирования и радиационного мониторинга [Текст] / под общ. ред. чл.-кор. РАН Л.А. Большова; науч. ред. Р.В. Арутюнян //Труды ИБРАЭ РАН. – Вып. 15. – М.: Наука, 2013. – 315 с.
10. Головизнин В.М. Аномальная диффузия радионуклидов в сильно-неоднородных геологических формациях [Текст] / В.М. Головизнин, П.С. Кондратенко, Л.В. Матвеев и др.; под. ред чл.-кор. РАН Л.А. Большова. – М.: Наука, 2010. – 342 с.
11. Гудков Д.И. Распределение радионуклидов по основным компонентам озерных экосистем [Текст] / Д.И. Гудков, В.В. Деревец, Л.Н. Зуб, А.Е. Каглян, С.И. Киреев, В.Г. Кленус, М.И. Кузьменко, А.В. Кулачинский, В.П. Машина, А.Б. Назаров, А.Л. Савицкий // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2005. – Т.45, №3. – С.271–28 .
12. Иойрыш А.И. Нормативное правовое обеспечение безопасности при выводе из эксплуатации ядерно- и радиационно-опасных объектов атомного флота России [Текст] / А.И. Иойрыш, А.А. Козодубов, В.Г. Маркаров, В.Г. Терентьев, А.Б. Чопорняк; под. ред. акад. РАН А.А. Саркисова. – М.: Наука, 2008. – 204 с.
13. Ихер Т.П. Экологический мониторинг объектов водной среды [Текст] / Т.П. Ихер, Н.Е. Шиширина, Л.Ф. Тарарина. – Тула, 2003.
14. Казаков С.В. Подходы и принципы радиационной защиты водных объектов / [Текст] / С.В. Казаков, С.С. Уткин; под. ред. И.И. Линге. – М.: Наука, 2008. – 381 с.
15. Карпов Ю. А. Методы пробоотбора и пробоподготовки / Ю. А. Карпов, А.П. Савостин. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 243 с.
16. Коготков А.Я. Результаты многолетних наблюдений за содержанием и распределением радиоизотопов в различных компонентах водоемов Восточно-Уральского радиоактивного следа: реф.отчета 1967 г.

- [Текст] / А. Я. Колотков, В.Г. Осипов // Вопросы радиационной безопасности. – 2002. – Вып.3. – 60 с.
17. Левина С.Г. Современная радиоэкологическая характеристика озерных экосистем Восточно-Уральского радиоактивного следа: монография [Текст] / С.Г. Левина, А.В. Аклеев; под ред. профессора А.В.Аклеева. – М., 2010. – 216 с.
  18. Носов А.В. Моделирование миграции радионуклидов в поверхностных водах [Текст] / А.В. Носов, А.Л. Крылов, В.П. Киселев, С.В. Казаков; под. ред. Р.В. Арутюняна. – М.: Наука, 2010. – 253с.
  19. Основные направления исследований в области безопасности атомной энергетики. Результаты работ за 1988–2018 гг. [Текст] / Под общ. ред. акад. РАН Л.А. Большова. – М., 2018. – 240 с.
  20. Павлоцкая Ф.И. Формы нахождения радионуклидов в воде и донных отложениях некоторых промышленных водоемов ПО «Маяк» [Текст] / Ф.И. Павлоцкая, А.П. Новиков, Т.А. Горяченкова [и др.] // Радиохимия. – 1998. – Т.40, № 5. – С. 462-467.
  21. Панченко С.В. Практические рекомендации по вопросам оценки радиационного воздействия на человека и биоту [Текст] / С.В. Панченко.. – М.: «САМ полиграфист», 2015. – 296 с.
  22. Пивоваров Ю.П. Гигиена и основы экологии человека [Текст] / Ю.П. Пивоваров. – М.: Академия, 2006. – С. 94-102.
  23. Позолотина В.Н. Отдаленные последствия действия радиации на растения [Текст] / В.Н. Позолотина. – Екатеринбург: Академкнига, 2005. – 4244 с.
  24. Проблемы ядерного наследия и пути их решения [Текст] / Под общей редакцией Е.В. Евстратова, А.М. Агапова, Н.П. Лаверова, Л.А. Большова, И.И. Линге. — М.: 2012. – 356 с. — Т.1.

25. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. Вывод из эксплуатации [Текст] / Под общей редакцией Л.А. Большова, Н.П. Лаверова, И.И. Линге. — М.: 2015 – 316 с. – Т. 3.
26. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. Развитие системы обращения с радиоактивными отходами в России. [Текст] / Под общей редакцией Л.А. Большова, Н.П. Лаверова, И.И. Линге. – 2013. – 392 с. – Т. 2.
27. СанПиН 2.1.4.1175-02 Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. [Электронный ресурс] – Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901836057>, свободный.
28. Саркисов А.А. Атомное наследие холодной войны на дне Арктики. Радиоэкологические и технико-экономические проблемы радиационной реабилитации морей [Текст] / А.А. Саркисов, Ю.В. Сивинцев, В.Л. Высоцкий, В. С. Никитин. – М., 2015. — 699 с.
29. Селезнев Е.Ф. Кинетика реакторов на быстрых нейтронах / Е. Ф. Селезнев; под ред. акад. РАН А. А. Саркисова. – М.: Наука, 2013. – 239 с.
30. Толстиков В. С. Ядерное наследие на Урале: исторические оценки и документы [Текст] / В.С. Толстиков, В.Н. Кузнецов; отв. ред. А.В. Сперанский. – Екатеринбург: БКИ, 2017. – 400 с.
31. Хаханина Т.И. Химия окружающей среды [Текст] / Т.И. Хаханина, Н.Г. Никитина, Л.С. Суханова. – М.: Юрайт, 2013. – 215 с.
32. Хотунцев Ю.Л. Человек, технологии, окружающая среда. [Текст] / Ю.Л. Хотунцев. – М.: Устойчивый мир, 2001.
33. Чекренев С.А. Исследование донных отложений и обезвреживание их от тяжелых металлов [Текст] / С.А. Чекренев; В.П. Панов. – М.: ЭКСМО, 2011. – 164 с.



34. Эльконин, Д. Б. Психология игры [Текст] / Д. Б. Эльконин. – 2-е изд. – М. : Гумант. центр ВЛАДОС, 2003. – 360 с.
35. . Юзбекова, Е. А. Ступеньки творчества – Место игры в интеллектуальном развитии школьника : метод. рекомендации для учителей и родителей. [Текст] / Е. А. Юзбекова– М. : ЛИНКА-ПРЕСС, 2006. – 128 с.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**



## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 4

Значение средней удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ 

№ п/п	Код пробы	Горизонт, см	Масса пробы, г		Активность, Бк / кг	
			$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
1	Кш101 Кш102	0 – 4	50,08	50,00	598,6 ±43,5	608,4±28,4
2	Кш103 Кш104	4 – 8	50,03	50,01	577,1± 32,2	589,4±24,7
3	Кш105 Кш106	8 – 12	50,04	50,06	550,9± 35,3	755,2±32,1
4	Кш107 Кш108	12 – 16	33,52	50,03	651,1± 42,0	569,5±26,5
5	Кш109 Кш110	16 – 20	50,10	50,04	205± 18,73	511,9±27,8
6	Кш 111 Кш 112	20 – 24	49,58	50,04	299± 21	524,7±28,2
7	Кш 113 Кш 114	24 – 28	50,00	44,7	121± 8,86	132,3±3,5
8	Кш 115 Кш 116	28 – 32	40,62	50,01	н/о	72,2±5,0
9	Кш 118	34 – 36	–	43,53	н/о	53,0±7,4
10	Кш 119 Кш 120	36 – 40	33,87	33,41	н/о	131,1±18,6
11	Кш 123	50 – 55	–	49,32	н/о	327,7±19,7
12	Кш 125	60 – 65	–	48,61	н/о	29,6±9,4
13	Кш 127	70 – 75	–	49,51	н/о	45,6±26,1
14	Кш 132	95 – 100	48,55	48,52	н/о	32,0±6,5
15	КшНИЗ	<100	–	49,13	н/о	26,7±1,8
16	КШ	0 – 18	–	48,71	н/о	115,2±30,5

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица 5

#### Значение средней удельной активности $^{137}\text{Cs}$ (Бк/кг сухого веса)

Вид растения	Значение средней удельной активности $^{137}\text{Cs}$ (Бк/кг сухого веса)
Водокрас лягушчатый	6±1
Горец земноводный	7±1
Камыш озерный	4±1
Рдест блестящий	7±1
Рдест нитчатый	24±4
Рогоз узколистный	5±1
Рогоз широколистный	16±2
Роголистник погруженный	5±1
Телорез обыкновенный	37±6
Тростник обыкновенный	5±1
Уруть мутовчатая	22±3
Элодея Канадская	53±8

Таблица 6

#### Значение средней удельной активности $^{90}\text{Sr}$ (Бк/кг сухого веса)

Вид растения	Значение средней удельной активности $^{90}\text{Sr}$ (Бк/кг сухого веса)
Водокрас лягушчатый	64±13
Горец земноводный	77±15
Камыш озерный	51±10
Рдест блестящий	872±107
Рдест нитчатый	151±30
Рогоз узколистный	123±20
Рогоз широколистный	263±53
Роголистник погруженный	78±16
Телорез обыкновенный	928±180
Тростник обыкновенный	44±9
Уруть мутовчатая	298±60
Элодея Канадская	1163±250

**ПРИЛОЖЕНИЕ 4****Правильные ответы обучающихся**

## Первый тур

<b>№</b>	<b>ОТВЕТ</b>	<b>Баллы</b>
<b>1</b>	Поток ядер атомов гелия	<b>1</b>
<b>2</b>	Поток электронов	<b>1</b>
<b>3</b>	Уран	<b>1</b>
<b>4</b>	Рентген	<b>1</b>
<b>5</b>	Доза	<b>1</b>
<b>6</b>	Не имеет	<b>1</b>
<b>7</b>	Лучевая болезнь	<b>1</b>
<b>8</b>	Период полураспада	<b>1</b>
<b>9</b>	Ветер	<b>1</b>
<b>10</b>	Эвакуация населения	<b>1</b>

**Второй тур**

<b>№</b>	<b>ОТВЕТ</b>	<b>Баллы</b>
<b>1</b>	Челябинск-40	<b>1</b>
<b>2</b>	След	<b>1</b>
<b>3</b>	Челябинская и Свердловская области	<b>1</b>
<b>4</b>	Заповедник	<b>1</b>
<b>5</b>	Гриб	<b>1</b>
<b>6</b>	Маяк	<b>1</b>
<b>7</b>	Мирный атом	<b>1</b>
<b>8</b>	Ликвидация	<b>1</b>
<b>9</b>	Кыштымская авария	<b>1</b>
<b>10</b>	29 сентября	<b>1</b>

**Третий тур**

<b>№</b>	<b>ОТВЕТ</b>	<b>Баллы</b>
<b>1</b>	Факт	<b>1</b>
<b>2</b>	Полдень	<b>1</b>
<b>3</b>	счетчик Гейгера	<b>1</b>
<b>4</b>	Микроволновая печь	<b>1</b>
<b>5</b>	Ударная волна	<b>1</b>
<b>6</b>	К средствам защиты органов дыхания	<b>1</b>
<b>7</b>	Ставропольский край	<b>1</b>
<b>8</b>	Суммарная	<b>1</b>
<b>9</b>	Поглощенная	<b>1</b>
<b>10</b>	Рассеянная	<b>1</b>



**Четвертый тур**

<b>№</b>	<b>ОТВЕТ</b>	<b>Баллы</b>
<b>1</b>	Миф	<b>1</b>
<b>2</b>	Факт	<b>1</b>
<b>3</b>	Миф	<b>1</b>
<b>4</b>	Миф	<b>1</b>
<b>5</b>	Миф	<b>1</b>
<b>6</b>	Миф	<b>1</b>
<b>7</b>	Миф	<b>1</b>
<b>8</b>	Миф	<b>1</b>
<b>9</b>	Миф	<b>1</b>
<b>10</b>	Факт	<b>1</b>

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5



Рис.6 Грамота за участие в интеллектуальной игре

## ПРИЛОЖЕНИЕ 6



Рис.7 Лист для обратной связи