



**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**

**Роль органических веществ в миграции техногенных
ПОЛЛЮТАНТОВ**

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

Выполнила:
Студентка группы ОФ-501/064-5-1
Сапкова Татьяна Сергеевна

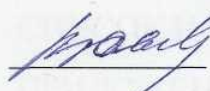
Проверка на объем заимствований:
59,44 % авторского текста

Научный руководитель: доцент, к.х.н
 Сутягин Андрей Александрович

Работа рекомендована к защите
рекомендована/не рекомендована

«26» мая 2017 г.

зав. кафедрой Химии, экологии и МОХ

 (название кафедры)
Сычев В.А.

**Челябинск
2017**

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА I. ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВ И ЕГО ФУНКЦИИ.....	8
1.1 Химическое загрязнение почв.....	8
1.2 Фракционный состав органического вещества почв.....	12
1.3 Методы количественного анализа органического вещества почв.....	22
1.4 Функции органического вещества почв и их изменение.....	29
ГЛАВА II. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	35
2.1 Физико-географические характеристики озер.....	35
2.2 Методы исследования.....	36
ГЛАВА III. ВЗАИМОСВЯЗЬ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА С МИГРАЦИЕЙ ТЕХНОГЕННЫХ ПОЛЛЮТАНТОВ.....	37
3.1 Определение фракционного состава органического вещества почв водосборной территории озер Шаблиш и Тыгиш.....	37
3.2 Взаимосвязь фракционного состава органического вещества почв с миграцией техногенных поллютантов.....	40
ГЛАВА IV. МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА ПРОВЕДЕНИЯ ДЕБАТОВ «АЭС: ПОЛЬЗА ИЛИ ОПАСНОСТЬ?».....	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	47
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	48
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	53

ВВЕДЕНИЕ

Озерные экосистемы представляют собой полузакрытые систему замедленного водообмена. Они являются накопителями загрязняющих веществ, поступающих с обширных площадей водосбора, имея при этом большое народнохозяйственное значение. В настоящее время остро встает вопрос изучения озер, испытавшие на себе разнообразные по генезису воздействия. Особенно актуально эта проблема встает на территории Уральского региона, так как современный уровень техногенного воздействия привел к тому, что все водоемы этой зоны находятся в состоянии различной степени антропогенного загрязнения[23].

Одними из самых распространенных поллютантов, выступающих также в качестве экотоксикантов, являются тяжелые металлы, поступающие в озерные экосистемы с ветровым разносом от источников эмиссии в виде аэрозольных скоплений, а также пылевых частиц, диспергированных в воздушном потоке. Поступая в водоем, они могут сохраняться в нем длительное время, при этом их содержание в водной массе может быть невысоким даже на начальной стадии загрязнения. Это связано с тем, что основная масса поллютантов быстро переходит в формы оксидов и гидроксидов и осаждаются в илы. В итоге водоем депонирует токсиканты, которые через определенный период времени и в определенных условиях снова могут переходить в воду.

Другим серьезным видом загрязнения водоемов является радиоактивное загрязнение среды, вызванное активным функционированием на территории Уральского региона предприятий атомной отрасли, в частности, ПО «Маяк». Деятельность этого предприятия привела во второй половине XX века к формированию обширной территории Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС), загрязненной радиоактивными веществами. Основными

компонентами – загрязнителями в данном случае являются долгоживущие радионуклиды, среди которых преобладают ^{90}Sr и ^{137}Cs . Особенностью этого вида загрязнения является то, что в течение многих лет после выброса вредное воздействие и накопление дозы облучения у людей будет обусловлено вовлечением в биологическую цепочку выпавших радионуклидов и употреблением загрязненных продуктов питания и воды. При этом в отдаленный период после аварии лишь около 15% будет составлять внешнее облучение, а 85% – внутреннее облучение. Следует отметить, что в цепочке радиоактивных превращений конечными стабильными продуктами являются тяжелые металлы, т.е. радиоактивное загрязнение может в конечном итоге привести к химическому загрязнению экосистем этими токсикантами [2].

На территории Восточно-Уральского радиоактивного следа расположено огромное количество озер, многие из которых используются в хозяйственной деятельности человека. На остальных водоемах происходит несанкционированная деятельность, например, отлов рыбы или выпас скота на территории водосбора. В настоящий момент встает вопрос об интенсификации хозяйственной деятельности на территории ВУРСа, что требует проведения мониторинговых исследований, в том числе и озерных экосистем [1].

В исследованиях прошлых лет (ОНИС ПО «Маяк», УНПЦ РМ и др.) проводили изучения по распределению долгоживущих радионуклидов в озерах территории ВУРСа. Из результатов этих работ можно определить возможность использования озер [43].

Озера являются первичным звеном становления водных ресурсов планеты, и на основе их экологического состояния оценивается состояние других водоемов, рек, подземных вод. Они имеют важное хозяйственное и бытовое значение, несут рекреационно-оздоровительную функцию: в близкой расположенности к водным ресурсам проживает большинство населения земли, строятся пансионаты, санатории, детские оздоровитель-

ные лагеря. Большую роль в формировании химического состава воды в озерах играют почвы водосборных территорий и донные отложения. Почва представляет собой сложную систему и способна накапливать химические загрязнители, что является важным показателем в оценке миграции этих элементов [29]. Экологическое равновесие этой системы может служить своего рода индикатором состояния экосистемы в целом.

Накопление загрязнителей в почвах оказывается одной из причин краткосрочного «выпадения» из круговорота вредных веществ и не продолжительного очищения водной системы, при этом загрязнение экосистемы в целом остается неизменным, а при некоторых условиях почвы могут быть аккумулятором вторичного загрязнения. Поэтому одной из самых значительных мер оценивания условий положения экологического состояния водной системы является мониторинг накопления химических загрязнителей в донных отложениях и почвах водосборных территорий, вблизи возможных источников антропогенного загрязнения. Также необходим мониторинг водоемов, которые когда-либо подвергались химическому загрязнению [44,45].

Химические загрязнители вероятно выступают в качестве факторов, влияющих на наследственные изменения, поэтому при изучении водных систем и прилегающих к ним территорий, важной частью является оценка генотоксической ситуации. Генотоксиканты – загрязнители, приспособленные изменять генетические структуры и нарушать жизненно-важные процессы. Такие изменения могут служить причиной увеличения количества онкологических, наследственных заболеваний, снижать иммунитет, что в совокупности приведет к негативным последствиям, некоторых видов растений и животных. Поэтому при разработке мероприятий по охране водоемов и прилегающих к ним территорий необходима оценка активности химических загрязнителей. В связи с этим в настоящее время особенности активности, в том числе и миграции загрязнителей в водоемах и почвах их водосборных территорий,

подвергшихся антропогенному загрязнению, широко изучаются. Примером являются многочисленные работы в этой области [19,21, 35].

Одним из важнейших структурных компонентов почвенной системы является органическое вещество. Обладая высокой сорбционной способностью, полимерные системы, формирующие почвенный гумус, накапливают поллютанты, связывают их и удерживают в почвенной системе. В итоге органическое вещество почв обуславливает барьерную функцию почв по отношению к переносу поллютантов в другие компоненты экосистемы. При этом процессы миграции обусловлены не только содержанием органического вещества в почве, но и его фракционным составом, который может как обуславливать накопление поллютанта, так и способствовать его перераспределению и повышению миграционной способности. В итоге, определение содержания органического вещества в почве водосборных территорий и его фракционного состава является важнейшим элементом исследования при определении экологического состояния озерных экосистем в целом [46].

Цель работы: изучение роли органического вещества почв и его фракционного состава в миграции техногенных поллютантов (радионуклидов и тяжелых металлов).

Задачи работы:

1. Изучение литературного материала, посвященного вопросам содержания органического вещества в почве, его фракционного состава и экологической роли.
2. Количественное определение общего углерода почв водосборных территорий озер Тыгиш и Шаблиш, расположенных в дальней зоне ВУРСа.
3. Определение фракционного состава органического вещества почв водосборных территорий озер Тыгиш и Шаблиш.

4. Провести сравнительный анализ содержания органического вещества и его фракционного состава с распределением техногенных поллютантов по глубине почвенного профиля.
5. Подготовить методические рекомендации к проведению диспута по теме «АЭС: польза или опасность?»

Объект квалификационной работы – почвы водосборных территорий озер, расположенных в зоне ВУРС (Тыгиш и Шаблиш).

Предмет квалификационной работы – содержание и фракционный состав органического вещества.

Методы исследования:

1. Фракционное разделение, растворение и переосаждение.
2. Гравиметрический анализ.
3. Титриметрический анализ в варианте окислительно-восстановительного титрования..

ГЛАВА 1. ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВ И ЕГО ФУНКЦИИ

1.1 Химическое загрязнение почв

Почва - один из важнейших компонентов биосферы, формирует оболочку земного шара. В почвенных объектах аккумулируется огромное количество разнообразных растительных, животных организмов, вирусов бактерий, а так же продукты жизнедеятельности этих организмов. Все компоненты почвы являются уникальным биологическим поглотителем различных химических соединений. В этом свойстве почв есть свои положительные и отрицательные характеристики. Плюсы: благодаря огромному количеству различных органических и неорганических соединений почва способствует разложению огромного количества мусора остающегося от жизнедеятельности человека. Минусы: концентрация разнообразных веществ, превышающих нормы, могут пагубно действовать на активность почвенных организмов.

Загрязнение экосистем элементами, которые оказывают губительное воздействие без изменения физико-химических результатов, называют механическим загрязнением. Такое выделение является условным, потому что практически всегда любое воздействие влечет за собой неблагоприятные физико-химические результаты [30].

Существенно меняют естественный профиль почв антропогенное воздействие и природные катаклизмы. Особенно сильно при этом изменяется профиль промышленных регионов. Почва адсорбирует многие химические соединения и элементы, поступающие в нее в больших количествах. Это и является причиной того, что почва будет являться аккумулятором загрязнений, а накопленные вещества будут выступать в качестве химических поллютантов.

Поллютанты – различные техногенные загрязняющие элементы экосистем: воздуха (аэрополлютанты), воды (гидрополлютанты), почвы

(терраполлютанты). Поллютанты в почвах по своему воздействию делятся на две группы.

1. Геохимические поллютанты меняют кислотно-щелочные и окислительно-восстановительные условия в почвах. В основном эту группу составляют нетоксичные и малотоксичные элементы с большим кларковым числом – Al, O, Si, Fe, Ca, Mg, щелочи, минеральные кислоты.

2. Биохимические поллютанты действуют в первую очередь на живые организмы. Они обычно содержатся в выбросах технологических предприятий, это высокотоксичные поллютанты с низкими кларками концентраций – Hg, Cd, Pb, Sb, Se [35].

Зоны с большим содержанием тяжелых металлов в почвах представляют собой аномальные зоны, которые являются индикаторами антропогенного загрязнения. Причиной такого загрязнения являются: промышленность, транспорт, энергетика, бытовые и производственные отходы. Такие зоны представляют экологическую опасность для людей, животных и растений [20].

Для оценки экологического и санитарно-гигиенического состояния почв используются предельно допустимые концентрации (ПДК) элементов. ПДК – утвержденный в законодательном порядке санитарно-гигиенический норматив. Под ПДК понимается такая концентрация химических элементов и их соединений в окружающей среде, которая при повседневном влиянии в течение длительного времени на организм человека не вызывает патологических изменений или заболеваний, устанавливаемых современными методами исследований в любые сроки жизни настоящего и последующего поколений.

Для городов с крупными промышленными производствами, прежде всего с предприятиями занимающиеся цветной и черной металлургии, высокое влияние оказывают тяжелые металлы. Сильное загрязнение также характерно для центров химического производства, машиностроения, приборостроения, нефтехимии [12].

Именно тяжелые металлы делают большой вклад в разрушение почв земного шара. Почвы выполняют важные биохимические функции, так как обладают адсорбирующими свойствами и являются универсальными очистителями экологической среды.

Тяжелые металлы относятся к числу важнейших загрязнителей, обуславливающих загрязнение природных систем. Их попадание в среду связано с деятельностью ряда отраслей промышленности, таких как целлюлозно-бумажная, горно-добывающая, очистка нефти, производство стали, цветная металлургия и многое другое. Попадая в компоненты озерных систем, соединения тяжелых металлов быстро распространяются по большому объему. Частично они фиксируются в виде карбонатов, сульфатов или сульфидов, частично адсорбируются на минеральных или органических частицах. Поэтому содержание тяжелых металлов в отложениях постоянно растет. Также осажденные металлы могут активно переходить в растворенную форму при снижении рН воды значительно меньше 7. Значение рН может снижаться при попадании кислот или в сильно заросших водоемах, когда в результате активной деятельности микроорганизмов выделяется много CO_2 . Снижение рН наблюдается в результате гидролиза солей тяжелых металлов. При окислении сульфидов получаются сульфаты металлов, которые расщепляются гидролитически. Система обогащается сульфатами металлов, которые снижают рН за счет образования при гидролизе серной кислоты. В сернокислотных водах происходит миграция металлов, таких как цинк, алюминий, медь и др [12].

Тяжелые металлы являются протоплазматическими ядами, токсичность которых растет по мере увеличения атомной массы. Их токсичность проявляется по-разному. Многие металлы при токсичных уровнях концентраций ингибируют деятельность ферментов (ртуть, медь), некоторые из них образуют комплексы с обычными метаболитами, нарушая нормальный обмен веществ (железо). Некоторые металлы

взаимодействуют с клеточными мембранами , изменяя их проницаемость (кадмий, медь, железо).

Для исследования возможности вторичного загрязнения биосферы накопленными веществами используют различные индикаторы, с помощью которых изучаются адсорбционные и ионообменные процессы в системах почва - растение, почва - воздух, почва - водные ресурсы. Очень мало исследований, в которых стабильные изотопы изучают в качестве ионов – мигрантов при изучении поведения радионуклидов при радиоактивном загрязнении почвы.

В качестве опасных радионуклидов и тяжелых металлов, могут выступать радиоактивные и стабильные изотопы одного химического элемента. Они могут присутствовать в радиоактивных отходах и обнаруживаться в озерах, почвах в районах расположения предприятий ядерной энергетики и атомной промышленности.

В загрязненных экосистемах концентрации элементов могут во много раз превышать ПДК [10,11], и информация о поллютантах, полученная при изучении такого типа системы, может быть полезна для понимания различных процессов. Если учитывать особенности геохимии почв, то можно прогнозировать их поведение, а конкретно миграции поллютантов [29].

Большую роль в радиоэкологических исследованиях играет изучение распределения долгоживущих радионуклидов по основным компонентам пресноводных экосистем. Главным депо радионуклидов в пресноводных биогеоценозах являются донные отложения водоема, которые поглощают 80% и более нуклидов, затем водная компонента и гидробионты [41].

Радиоэкология пресноводных водоемов рассматривается в качестве самостоятельной области, существенно отличается от морских и наземных биогеоценозов. Отличием пресноводных экосистем является то, что в результате снижения фактора разбавления концентрация радионуклидов, при радиоактивном загрязнении земной поверхности, возрастает гораздо

быстрее, чем в морях и океанах, а слабая минерализация воды способствует более высокому накоплению радионуклидов пресноводными гидробионтами увеличению тем самым доз облучения этих организмов ионизирующей радиацией [45].

Таким образом, почва как важнейший компонент экосистемы является своеобразным показателем экологического состояния, так как является хорошим адсорбентом и, как следствие, накопителем разных элементов и их соединений.

1.2. Фракционный состав органического вещества почв

Наличие органического вещества – характерная особенность почв, отличающая их от материнской породы. Породы становятся почвой только тогда, когда в ней появляется органическое вещество. Первоначальное накопление органического вещества происходит в результате жизнедеятельности низших организмов, обуславливающих превращение горных пород в почву. Кроме того, при выветривании происходит разрыхление почвы, приобретение ей необходимой влагоемкости: создаются условия для развития высших растений и резко ускоряется процесс накопления органического вещества [7].

В составе органических веществ почвы можно выделить:

- 1) свежие и неположительно разложившиеся организменные остатки;
- 2) сильно измененные растительные остатки, которые можно выделить и определить их происхождение с помощью микроскопа;
- 3) сложные органические соединения, образующие гумус.

Особое место в составе органических веществ занимают специфические для почв гуминовые вещества. Они образуются из остатков животных и растительных организмов в результате сложных биохимических и физико-химических преобразований органического вещества: процессов его разложения и вторичного синтеза. Органические соединения, поступающие в почву, либо разрушаются до простых

неорганических соединений (CO_2 , H_2O , NH_3), либо преобразуются в новые органические соединения. Комплекс новообразованных специфических почвенных органических соединений называется почвенным перегноем или гумусом, а процесс его образования – гумификацией (рис. 1).

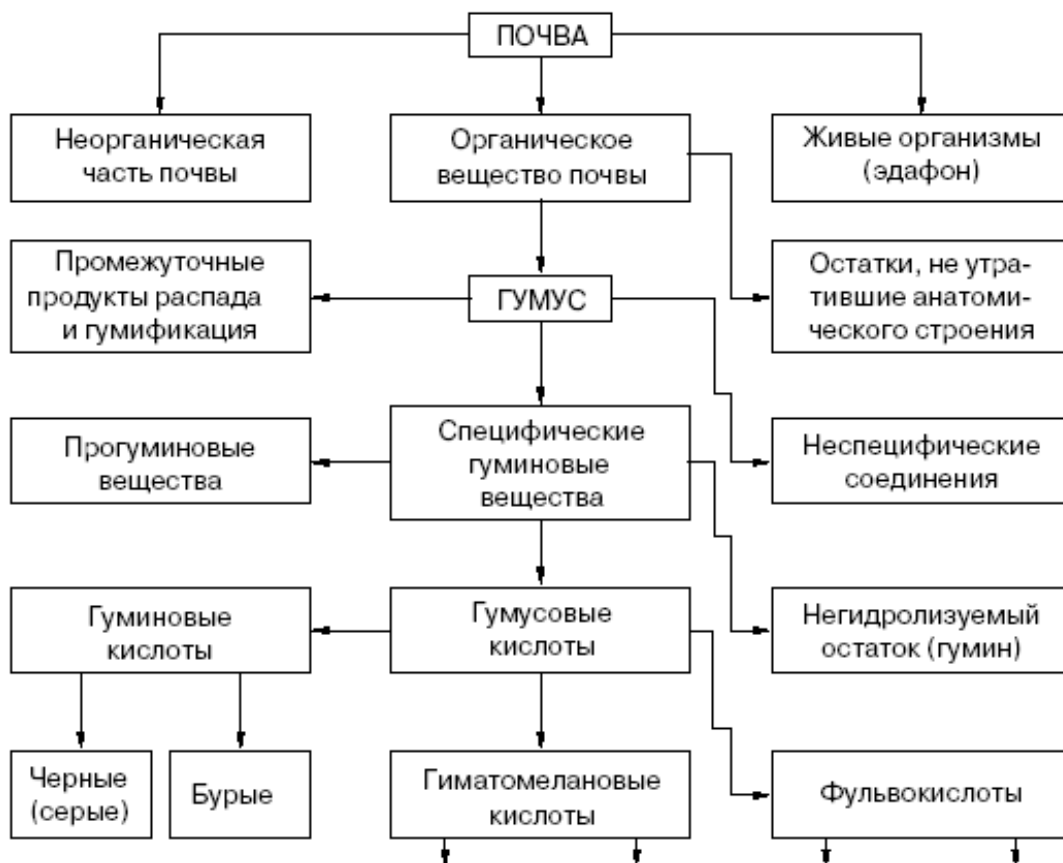


Рис. 1. Состав органического вещества почв

Гумус в разных типах почв неодинаков, его характер определяется рядом условий и факторов, среди которых основная роль принадлежит жизнедеятельности микроорганизмов. Важное значение имеет состав поступающих в почву растительных остатков и кислородный режим, определяющий аэробную или анаэробную среду превращения растительных остатков. При аэробном разложении конечными продуктами являются углекислота, вода и кислородные соединения азота и зольных элементов, пригодные для усвоения зелеными растениями. При анаэробном разложении образуются восстановленные соединения (метан,

сероводород) и закисные соединения железа и марганца. Чередование анаэробных и аэробных условий наиболее благоприятны для процессов синтеза гумуса. Большое значение имеют влажность, температура, механический и минеральный состав [13].

Для среднего элементного состава гумуса характерно повышенное содержание углерода и азота. Гумус обогащен серой, фосфором, калием, микроэлементами (кобальтом, молибденом, медью).

Гумус включает;

- а) собственно гумусовые вещества;
- б) продукты глубокого распада органических остатков и продуктов ресинтеза микроорганизмов.

Продукты распада и ресинтеза представлены органическими соединениями индивидуальной природы: белки и аминокислоты, углеводы и их производные, жиры, воски, дубильные вещества. Эта группа составляет 10-15% от общего запаса гумуса в почве.

Собственно гумусовые вещества составляют 85-90% гумуса. Это высокомолекулярные соединения кислотной природы. Большая часть из них связана с минеральной частью почвы. Это не химически индивидуальные соединения определенного строения, а группа соединений, сходных по химической структуре, при этом данная структура не выяснена а существуют лишь гипотетические формулы гуминовых веществ, например рис. 2:

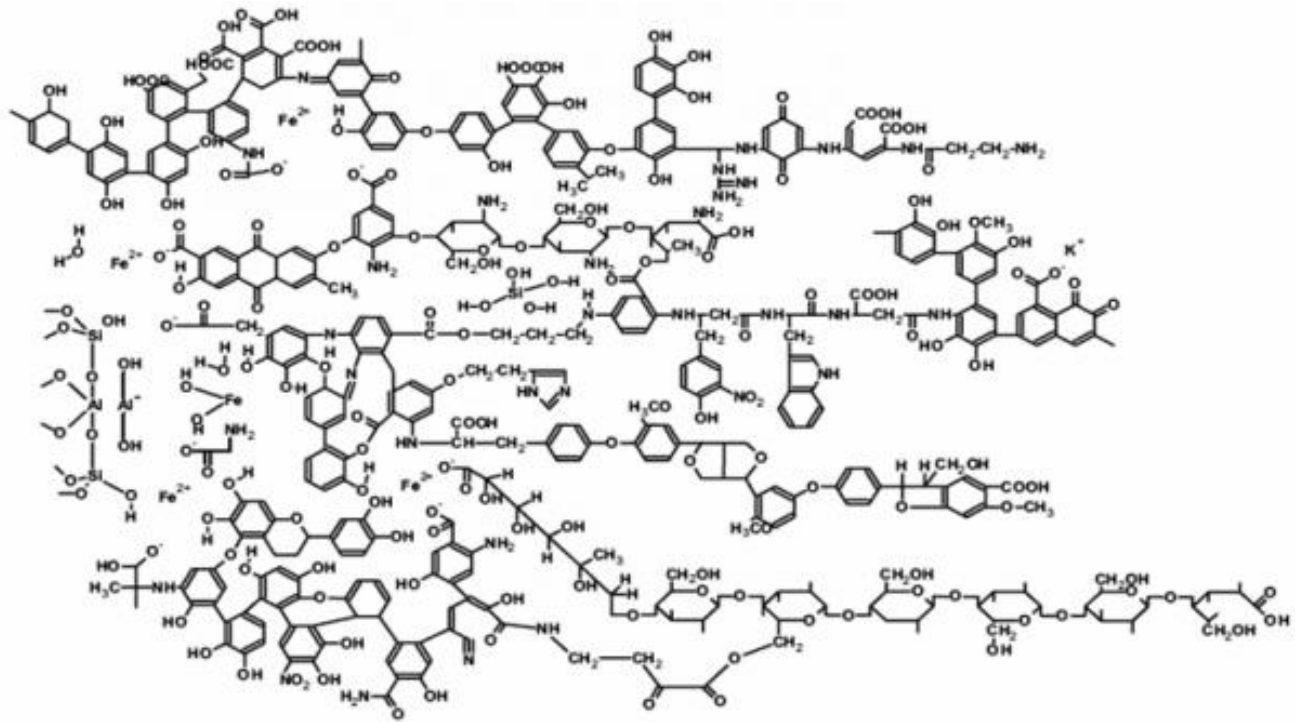


Рис. 2 Гипотетическая формула гуминовой кислоты

В составе гумусовых веществ различают несколько групп.

1) Гуминовые кислоты – группа веществ, извлекаемых из почвы щелочами в виде темноокрашенного раствора гуматов, и осаждаемого из щелочной вытяжки кислотами в виде геля. Их содержание в почве варьирует от 20 до 40% от состава органического вещества. Средний элементный состав гуминовых кислот: С – 50-62%; Н – 3-6,5%; О – 31-40%; N – 2-6%. Кроме основных элементов в состав гуминовых веществ входят P, S, Si, Fe, Al (1-10%) [17].

Основу гуминовых кислот составляют ароматические и гетероциклические ядра типа бензола, фурана, пиридина, нафталина, антрацена, индола, хинолина. Ароматические кольца соединены между собой мостиками, которые могут состоять из одного атома (O, N) или из групп атомов (NH, CH₂) рыхлую сетку. Боковые периферические структуры молекулы — алифатические цепи. Ядро молекулы гуминовой кислоты отличается гидрофобными свойствами, боковые цепи — гидрофильными. С ароматическими кольцами связаны функциональные

группы: карбоксильные, гидроксильные, карбонильные. Присутствие карбоксильных групп обуславливает принадлежность гуминовых кислот к слабым кислотам (рН водного раствора около 3). Кроме того, в состав гуминовых кислот входит небольшое количество остатков углеводов.

Свободная гуминовая кислота обладает растворяющей способностью по отношению ко многим минералам, но коагулирует под воздействием ионов кальция и железа. Способность атомов водорода карбоксильных и, частично, гидроксильных групп определяет значительную емкость гуминовых кислот по отношению к поглощению катионов. Свободные кислоты и их соли (гуматы) с двух- и трехвалентными катионами (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+}) нерастворимы в воде, а соли с однозарядными катионами (Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+) относительно растворимы, образуя темноокрашенные золи. В почвах гуминовые кислоты связываются преимущественно с кальцием и магнием, благодаря чему они не способны к передвижению по почвенному профилю и накапливаются в верхних горизонтах [28].

Гуминовые кислоты – наиболее ценная часть почвы. Обладая большой поглотительной способностью, они связывают поллютанты, препятствуя их переходу в растения. В то же время, они являются запасным источником питательных веществ, прежде всего азота [18].

2) Фульвокислоты – гумусовые вещества желтой или красноватой окраски, которые остаются в растворе после подкисления щелочной вытяжки. Содержание фульвокислот составляет 35-50% от массы органического вещества.

Как и гуминовые кислоты, это не индивидуальные соединения, а группа близких по строению высокомолекулярных соединений. Элементный состав фульвокислот: С - 44-49%; Н – 3,5-5%; О – 44-49%; N – 2-4%. Отношение С:N для фульвокислот всегда ниже, чем для гуминовых кислот, также ниже молекулярный вес. Каркас фульвокислот представлен ароматическими кольцами, но степень ароматичности для них значительно меньше, чем у гуминовых кислот (отсюда меньше процент

углерода и светлее окраска). Функциональные группы представлены карбоксильной, гидроксильной и метоксильной группами [27].

Фульвокислоты растворимы, растворы представляют собой достаточно сильные кислоты (рН водных растворов 2,6-2,8), благодаря чему фульвокислоты разрушающе действуют на минералы. Их соли со щелочными и щелочноземельными металлами водорастворимы. С железом и алюминием фульвокислоты образуют комплексные соединения, обладающие большой подвижностью.

Фульвокислоты можно рассматривать как начальную форму гуминовых кислот или продукты их деструкции. В процессе почвообразования возможен переход этих форм одна в другую [29].

3) Гумин – фракция, не извлекаемая из почвы щелочной вытяжкой. Это комплекс связанных между собой гуминовых кислот и фульвокислот, который образуется путем возникновения сложно-эфирных связей между гидроксильными и карбоксильными группами. При этом гумин теряет кислотные свойства. Он прочно связан с минеральной частью почвы, не растворяется в воде и в щелочах [32].

Как уже указывалось, за счет многочисленных функциональных групп гумусовые кислоты, взаимодействуя с минеральной частью почвы, образуют органо-минеральные производные. Органо-минеральное взаимодействие является одной из отличительных особенностей, существенно отделяющих почву от других природных систем. Пути образования органо-минеральных структур могут заключаться в сорбции гумусовых веществ минеральными соединениями твердой фазы почвы, за счет комплексообразования (в том числе, хелатообразования и мицеллообразования) с гетерополярными солями, путем образования простых гетерополярных солей, как правило, щелочных или щелочноземельных металлов [31].

Образование органо-минеральных производных придает стабильность гумусу, способствует его аккумуляции, накоплению микро- и

макроэлементов, способствует агрегатообразованию. В случае образования большого количества органо-минеральных производных фульвокислот может увеличиваться подвижность минеральных компонентов и, следовательно, потери их за счет выноса с током вод. При техногенном загрязнении почв образование органо-минеральных производных играет исключительно важную роль, так как этот процесс способствует связыванию токсинов и загрязнителей [16].

Все органические вещества почв по своему происхождению, характеру и функциям четко делятся на две большие группы: органические остатки и гумус. Система гумусовых веществ почвы занимает одно из главных мест в числе химических компонентов биogeоценозов, требующих глубокого теоретического анализа и практической конкретизации. Накопление гумуса в почвах и его состав зависят от скорости и условий минерализации органического вещества, от закрепления гумусовых веществ минеральными компонентами почвы, связывая это с гидротермическими условиями, механическим составом почв, особенностями растительного покрова и характером поступления в почву растительных остатков. К этому выводу впервые пришел В.В. Докучаев, а впоследствии были развиты в трудах И.В. Тюрина, М.М. Кононовой, В.В. Пономаревой [34].

Преобразование первичного органического вещества в почве проходит в несколько этапов. На первом этапе происходит химическое взаимодействие между отдельными химическими веществами отмершего растения (например, ароматические соединения клеточных оболочек могут вступать в химические реакции с белками растительных клеток), которое можно значительно ускорить за счет биологических и минеральных катализаторов.

На втором этапе происходят механическая подготовка и перемешивание с почвой растительных остатков с помощью почвенной фауны. При этом происходит определенная биохимическая подготовка

первичного органического вещества к микробному разложению при прохождении растительной массы через желудочно-кишечный тракт почвенных животных.

На третьем этапе превращения свежего органического вещества в почве происходит минерализация с помощью микроорганизмов. В первую очередь минерализуются водорастворимые органические соединения, крахмал, пектин и белковые вещества. Значительно медленнее минерализуется целлюлоза, при разложении которой освобождается лигнин, устойчивый к микробиологическому расщеплению. Конечными продуктами превращений первичного органического вещества являются минеральные продукты (углекислый газ, вода, нитраты, фосфаты, а в анаэробных условиях – вода и метан). Кроме того, в почве накапливаются в качестве продуктов метаболизма микроорганизмов низкомолекулярные органические кислоты (муравьиная, уксусная, щавелевая и др.). Часть продуктов биологического разложения первичного органического вещества превращается в гумусовые соединения, что и представляет собой процесс гумификации [8].

Процесс гумусообразования в почве регулируется, прежде всего, природно-климатическими условиями. Их многообразие и различие во многом обуславливают различия в процессах гумусообразования и разнообразный органический состав почв. Характер и скорость гумусообразования зависят от водно-воздушного и теплового режимов, состава гранулометрических фракций почвы, ее физико-химических свойств, состава и характера поступления растительных остатков, видового состава микрофлоры и ее активности.

В зависимости от водно-воздушного режима гумусообразования протекает в аэробных или анаэробных условиях. При влажности почвы 60-80% от полной влагоемкости и температуре 25-30⁰С разложение растительных остатков протекает весьма интенсивно. Промежуточные продукты разложения органического вещества быстро минерализуются,

высвобождается значительное количество элементов минерального питания, но гумуса накапливается мало. То есть в таких условиях процессы минерализации доминируют над процессами гумификации.

При постоянном и значительном недостатке влаги количество растительного опада невелико, процессы трансформации замедлены. Это приводит к накоплению гумуса в небольших количествах.

При постоянном избытке влаги в анаэробных условиях процессы гумусообразования замедляются, особенно если избыток влаги сочетается с низкими температурами. В разложении растительных остатков участвуют анаэробные бактерии. Промежуточные продукты разложения содержат много низкомолекулярных органических кислот и восстановленных газообразных продуктов. Эти соединения подавляют микробиологическую активность, в результате чего разложение растительных остатков замедляется, происходит скопление полуразложившихся остатков, частично сохранивших анатомическое строение. Образуется торф [42].

Сочетание оптимального гидротермического режима и иссушения средней степени, повторяющегося в периодическом режиме, характерное для черноземных почв, обуславливает образование наибольшего количества гумуса.

На гумусообразование значительное влияние оказывает состав растительных остатков и характер их поступления в почву. Так, остатки травянистой растительности богаты белками, углеводами и зольными элементами. Основная часть их попадает непосредственно в почву в виде корней, их разложение происходит при тесном контакте с почвенными частицами в присутствии значительного количества оснований, прежде всего кальция [24].

При высокой интенсивности деятельности бактерий в почве образуется высококачественный мулевой («мягкий») гумус, равномерно пропитывающий минеральную часть почвы. Мулевой гумус также

образуется под лиственными лесами, хотя растительный опад в этом случае попадает на поверхность почвы.

Остатки древесной растительности бедны белками, содержат мало зольных элементов, но обогащены лигнином, восками, смолами, дубильными веществами. Они разлагаются преимущественно на поверхности почвы под воздействием грибной микрофлоры. При разложении такого опада образуется значительное количество легко передвигающихся с током воды вниз по профилю органических кислот. Нейтрализации их не происходит из-за недостатка оснований, процессы гумификации подавлены кислой реакцией. В таких условиях формируется модер («грубый») гумус, в составе которого преобладают фульвокислоты [40].

В результате, в почве накапливаются различные типы гумуса в различных количествах и соотношениях (от 0,5–1 до 10-12% и более), существенно различающегося по качеству. Качество гумуса определяют по соотношению количества гуминовых и фульвокислот в его составе. По этому признаку различают следующие типы почв:

- гуматный – отношение ГК : ФК > 1,5;
- фульфатно-гуматный – отношение ГК : ФК = 1-1,5;
- гуматно-фульватный – отношение ГК : ФК = 1-0,5;
- фульватный – отношение ГК : ФК < 0,5.

Значительное влияние на гумусообразование оказывают гранулометрический состав и физико-химические свойства почвы. Песчаные и супесчаные почвы имеют хорошую аэрацию, быстро прогреваются. В этих почвах органические остатки интенсивно разлагаются, образовавшиеся гумусовые вещества плохо закрепляются на поверхности песчаных частиц и быстро минерализуются.

В глинистых и суглинистых почвах процесс разложения растительных остатков происходит значительно медленнее, гумусовых

веществ образуется больше и они хорошо закрепляются на поверхности минеральных частиц.

Гумусонакопление зависит не только от количества образовавшегося гумуса, но и от условий его закрепления в почве. Большую роль в этом играет кальций, так как для почв, насыщенных кальцием, характерна нейтральная реакция среды, благоприятная для развития бактерий. В этих почвах образуется много нерастворимых гуматов кальция. Закреплению гумуса способствует наличие в почвах глинистых минералов [21].

1.3. Методы количественного анализа органического вещества почв

При выборе метода исследования химического состава почв нужно соблюдать основные требования, учитывающие специфические особенности почв.

1. Чувствительность метода – почва состоит из соединений химических элементов, содержащихся в сильно различающихся концентрациях, каждому уровню концентраций может соответствовать свой аналитический метод.

2. Высокая воспроизводимость метода – необходима в том случае, когда невозможно оценить природное варьирование определяемого показателя (например, при проведении лабораторных модельных экспериментов) или когда природное варьирование само по себе очень велико (например, при картировании территорий с высокой неоднородностью почвенного покрова).

3. Производительность метода – необходима при анализе большого числа почвенных проб. При этом, более производительные методы отличаются меньшей воспроизводимостью и чувствительностью и, вследствие этого, меньшей точностью.

Надежные методы непосредственного определения содержания почвенного гумуса практически полностью отсутствуют, поэтому для

определения валового состава органического вещества обычно определяют содержание углерода и азота, а по ним, косвенно, содержание органического вещества.

Все методы определения углерода органических соединений основаны на его окислении до углекислого газа и воды - озоления. Его проводят либо сжиганием навески почвы при температурах 650 – 750⁰С в муфельной печи до постоянной массы (сухое озоление), либо окислением растворами сильных окислителей при кипячении (мокрое озоление) [26].

Максимальное количество углерода органических соединений в почвах приурочено к их органогенным горизонтам (торф, лесная подстилка и многие другие), где общее содержание органического вещества превышает 30%. Далее следуют органо-минеральные горизонты почв, который наиболее богат органическим веществом перегнойно-аккумулятивный (гумусовый), содержащий от 1.0-1.5 (подзолы, почвы пустынь) до 10% и более (черноземы, луговые почвы). Вниз по профилю количество органического вещества падает. В почвах со сложным гумусовым профилем возможен второй максимум содержания гумуса в средней части профиля (иллювиально-гумусовые подзолы, разнообразные почвы со вторым гумусовым горизонтом, содержащим иногда не меньшее количество органического вещества, чем в верхний гумусовый слой).

Количественное определение образуемого при озолении углекислого газа осуществляется прямыми или косвенными методами.

Прямые методы основаны на количественном определении углекислого газа, образующегося при окислении органического углерода гравиметрическим, газовольюметрическим, кулонометрическим и другими количественными аналитическими.

Гравиметрический метод основан на изменении массы системы при различном воздействии, приводящем к изменению состава органического вещества. При определении углерода органических соединений

гравиметрическим методом применяют как сухое, так и мокрое озоление органического вещества почв.

На сухом озолении органического вещества почв при температуре 650-750⁰С основан метод Густавсона. При его реализации озоление почв проводят в тугоплавкой трубке, через которую непрерывно пропускают кислород или декарбонизированный воздух. Для более полного разложения гумуса озоление проводят в присутствии оксида меди (II), который, превращаясь через оксид меди (I) в металлическую медь, способствует более полному окислению компонентов органического вещества почв.

Летучие компоненты почв и продукты окисления гумуса улавливаются специальными поглотителями: воду – хлоридом кальция или концентрированной серной кислотой; углекислый газ – аскаритом (асбест, пропитанный щелочью), солями кальция. Поглотительные трубки взвешиваются до и после эксперимента, и по разности масс определяется содержание поглощенного компонента, а через него – органического вещества [8].

Методы, основанные на сухом озолении и гравиметрическом определении диоксида углерода, являются наиболее точными, для определения углерода органических соединений. При сухом озолении происходит полное окисление углерода независимо от типа органических соединений, а гравиметрический метод – наиболее точный из методов измерения массы углекислого газа. Недостатком этих методов является невозможное использование при анализе карбонатных почв без специальных приемов. При нагревании почв, содержащих карбонаты, возможно разложение последних, поэтому при анализе карбонатных почв может произойти поглощение не только диоксида углерода, образующегося при разложении органических веществ, но и от CO₂, образующегося в результате разложения карбонатов. В то же время, методы сухого сжигания привлекают все больше внимания, в связи с

появлением автоматических анализаторов. Так, метод основанный на скорости выделения CO_2 и разработанный специально для анализа почв, позволяет отдельно оценивать CO_2 , выделившийся при разложении органического вещества и при разложении карбонатов. По мере нагревания навески почвы в токе кислорода до 700°C возрастает скорость выделения CO_2 вследствие окисления углерода органических соединений. После достижения максимума скорости она начинает уменьшаться. При возрастании температуры возрастает скорость разложения карбонатов, в результате чего вновь интенсифицируется выделение углекислого газа. Анализатор автоматически регистрирует кривую скорости выделения CO_2 как функцию температуры и по высоте пика количественно определять содержание углерода органических соединений и карбонатов [4].

На мокром озолении органического вещества почв сернокислым раствором дихромата калия основан метод Кнопа-Сабанина. В результате взаимодействия почвы с раствором дихромата калия, углерод органического вещества превращается в диоксид углерода, а дихромат – анион – в Cr^{3+} . Выделяющийся диоксид поглощается щелочью, и по разности масс определяется его масса. С помощью этого метода может быть проведено определение не только углерода, входящего в состав гумуса, но и углерод карбонатов.

Газоволюмометрические методы основаны на измерении объема углерода, выделившегося при озолении гумуса, и вычислении количества углерода по объему CO_2 . Вычисления проводят с учетом температуры и давления, при которых проводился анализ.

В основе титриметрического метода И.В. Тюрина также, как и при мокром озолении в гравиметрии, лежит окисление углерода органического вещества почвы дихроматом калия в присутствии серной кислоты, сопровождаемое восстановлением Cr^{+6} до Cr^{+3} . Данный метод имеет некоторые недостатки и ограничения.

1) Дихромат калия взаимодействует не только с органическим веществом, но и с некоторыми минеральными компонентами. В присутствии двухвалентного железа получают завышенные результаты определения гумуса в почвах. Поэтому метод Тюринга не рекомендуют для анализа гидроморфных почв, для которых характерно наличие двухвалентного железа. Аналогичные завышения могут наблюдаться при высоком содержании в почве хлоридов, т.е. в засоленных почвах. Но содержание хлоридов можно учесть, и даже при высоком содержании хлоридов метод Тюринга может быть использован. В титриметрическом варианте остаточное количество дихромата восстанавливается солью Мора, а количество остаточного Fe (II) определяется обратным титрованием бихроматом.

2) В процессе кипячения может происходить саморазложение дихромата, не вызванное присутствием восстановителя. Для учета этого процесса при анализе выполняют холостое определение, при котором объем раствора окислителя, равный взятому на окисление навески почвы, кипятят с кусочками прокаленной пемзы и устанавливают концентрацию $K_2Cr_2O_7$ после кипячения титриметрически по раствору соли Мора известной концентрации.

3) Дихромат окисляет также водород органических соединений до воды: $12[H] + 2K_2Cr_2O_7 + 8H_2SO_4 = 2Cr_2(SO_4)_3 + 14H_2O + 2K_2SO_4$

Если в составе почвы соотношение Н : О > 2, то на окисление будет затрачено больше окислителя, в результате чего результаты анализа будут завышены. Если же соотношение Н : О < 2, то окислитель затрачивается в меньших количествах, и результаты анализа будут занижены. Реальные соотношения Н:О в разных компонентах органического вещества почв различны. Для гуминовых кислот они равны примерно 1,4 для горно-луговых почв и 2,4 для торфяно-болотных и каштановых почв. В составе фульвокислот отношение Н:О значительно меньше 2 и находятся в пределах 1,1 – 1,7.

Метод Тюрина может быть также применен в варианте фотометрического анализа. При этом градуировочный график строится по модельному восстановителю, эквивалентному данному количеству углерода гумуса. В качестве такого восстановителя используется Fe (II) в виде соли Мора. По значениям оптической плотности раствора окисленной почвы и по градуировочному графику находят содержание углерода гумуса в почвенном образце.

Результаты определения содержания гумуса, полученные разными методами, не всегда совпадают. Методы мокрого сжигания хромовой смесью по Кноп-Сабанину и по Тюрину в большей мере характеризуют «окисляемость» разнообразных соединений в почве, а сжигается («окисляется») лишь 80-90% углерода почвы в зависимости от состава органического вещества [4].

Косвенные методы основаны на определении количества окислителя, пошедшего на перевод углерода органических соединений в CO_2 , или на определение количества восстановленной формы используемого окислителя, образовавшегося в процессе анализа. Выбор метода определяется целью работы (массовые анализы или углубленное исследование небольшого числа проб), возможностями аналитика, а также особенностями почвы (наличием или отсутствием карбонатов, хлоридов, железа II). Чаще всего в почвенных лабораториях количество углерода в почве определяют косвенными методами [14].

Возможно определение содержания органического вещества почвы через измерение содержания в почве азота, около 95% которого связаны с почвенным гумусом. В практике лабораторных исследований для определения азота используют методы, основанные на мокром озолении органического вещества почв концентрированной серной кислотой (метод Кьельдаля) или серноокислым раствором CrO_3 (метод Тюрина). В результате азот органического вещества почв переходит в сульфат аммония, содержание которого находят обычными аналитическими

методами. Обогащенность гумуса азотом характеризуется молярным отношением C : N. Для большинства гумусовых горизонтов почв эта величина составляет 8-10, что соответствует высокой и средней обеспеченности гумуса азотом. Очень высокое отношение 18-20 свойственно обедненным азотом гумуса горизонтам красноземов и грубогумусным горизонтам лесных почв. Низкое отношение C : N = 2-3 характерно для очень бедных гумусом горизонтов.

Содержание органического углерода в почве обычно принято пересчитывать на содержание гумуса (перегноя), т.е. на общее содержание органических веществ в почве. Пересчет углерода на гумус почвы производят, умножая процентное содержание углерода на коэффициент 1,724. Этот коэффициент предложен Э. Вольфом в 1864 г. на основании данных Шпренгеля, установивших содержание углерода в гуминовой кислоте, равное в среднем 58 % C. Такое же содержание углерода было принято и для гумуса почвы в целом. Поэтому указанный коэффициент пересчета широко используется, и он приобрел международное значение. Однако допущение, что содержание углерода полностью соответствует содержанию гумуса в почве, вызвало и до сих пор вызывает сомнения, так как гумус имеет сложный состав и неоднороден в различных почвах. Следовательно, вычисление содержания гумуса на основании одного и того же коэффициента является условным приемом. Исследования показали, что содержание углерода в гумусе разных почв может колебаться от 45 до 55 %, и поэтому указанный коэффициент следует признать заниженным для большинства типов почв. Авторы работы [7,36] предлагают при пересчете углерода на гумус пользоваться коэффициентом, равным 2, что к тому же упрощает пересчет углерода на гумус.

В настоящее время на практике широкое распространение получили хроматографические методы анализа, в частности, газово-хроматографический вариант анализа, позволяющий разделять сложные многокомпонентные смеси. Метод широко применяется для определения

интенсивности процессов углеродного и азотного циклов в почве. Недостатками хроматографического метода является то, что содержание углерода менее 0.4 % хроматографическим методом можно оценить лишь полуколичественно [8].

1.4. Функции органического вещества почв и их изменение

Проблема органического вещества почв всегда занимала одно из центральных мест в теоретическом и прикладном почвоведении. Составляя примерно 10% от объема твердой фазы почвы, оно играет практически ключевую роль в почвенных процессах и плодородии. Следует отметить, что почва только тогда стала почвой, когда в ее составе появилось органическое вещество.

Органические вещества принимают участие в миграции различных элементов в почве и биосфере, аккумулируют большое количество углерода, элементов питания растений, препятствуют развитию эрозионных процессов, выполняя биогеохимическую функцию в земной коре. Важную роль играет способность органического вещества почв обеспечивать разнообразие и активность необходимых для поддержания почвенного плодородия микроорганизмов, ферментов, простейших. Одна из важных функций органического вещества – обеспечение растений элементами питания, в первую очередь, азотом. Освобождение азота органических соединений при их минерализации вносит существенную корректировку в систему применения удобрений [21].

Основные функции органического вещества почв достаточно многообразны.

1. Источник энергии для микроорганизмов и растений. Органическое вещество, консервирующее энергию солнца в химически связанной форме, – единственный источник энергии для развития почвы и формирования ее плодородия. Сам гумус, имея темную окраску, способствует поглощению почвой солнечной энергии. В итоге богатые

гумусом почвы более теплые, в них создаются благоприятные условия для роста и развития культурных растений и почвенных микроорганизмов.

2. Участие в формировании механического состава почвы. Органическое вещество увеличивает рыхлость почвы, водопрочность почвенных агрегатов, уменьшает плотность почвы. Почвы с низким содержанием гумуса отличаются бесструктурностью, плохими водными, воздушными и тепловыми свойствами.

3. Участие в регуляции усвоения питательных элементов растениями. В гумусе содержатся основные элементы питания растений (N, P, K, S, Ca, Mg) и различные микроэлементы. Эти элементы в процессе постепенной минерализации гумусовых веществ становятся доступными для растений.

4. Повышение влагоемкости, поглотительной способности и буферности почв. Почвы, богатые гумусом, характеризуются большей поглотительной способностью, лучшими водными и физическими свойствами. В этом отношении особая роль принадлежит гуминовым кислотам, которые образуют с катионами кальция и магния устойчивые соединения, предохраняют эти элементы от вымывания.

5. Повышение связности легких и уменьшение связности тяжелых почв. Гумус склеивает почвенные частицы в агрегаты, способствуя созданию агрономически ценной структуры и благоприятных для жизни растений физических свойств почвы.

6. Влияние на биологическую активность. Гумусовые вещества почвы служат пищей для гетеротрофных почвенных микроорганизмов. От содержания гумуса в почве зависит интенсивность биологических и биохимических процессов, обуславливающих накопление питательных веществ, необходимых растениям.

7. Санитарно-защитная. Органические вещества ускоряют детоксикацию почвы за счет разложения пестицидов.

8. На почвах с большим содержанием гумуса растения лучше переносят избыток минеральных удобрений. Это связано с образованием органоминеральных комплексов, препятствующих проникновению избыточного количества минерального вещества в растения [9].

Большую значимость приобретают такие функции органических веществ почв, как способность изменять подвижность и усвояемость элементов питания в почвах. При этом роль органических соединений может быть как положительной, так и отрицательной. Например, при значительном содержании в почве гуминовых кислот, они способны закреплять попавшие в почву поллютанты, например, тяжелые металлы. В результате их переход в другие компоненты экосистемы, в том числе, в надпочвенные растения, затрудняется. В этом заключается защитная барьерная функция гумуса. Присутствие же в почве большого количества фульвокислот, наоборот, может способствовать увеличению подвижности поллютантов за счет образования водорастворимых или коллоидных форм, в результате возрастает экотоксичность поллютанта [49].

Гумус выполняет многочисленные функции в формировании почв и почвенного плодородия. Оптимальное содержание гумуса в почве обеспечивает агрономически ценную структуру и благоприятный водно-воздушный режим, улучшает прогреваемость почв. Важнейшие физико-химические показатели почв тесно связаны с гумусом, такие как высокая емкость катионного обмена, кислотно-основная буферность почв; гумусовые вещества инактивируют многие элементы, в частности, тяжелые металлы, поступающие в почву в результате техногенных загрязнений; от качества и уровня содержания гумуса зависит кислотность почвы и развитие восстановительных процессов. Для оптимизации режима органического вещества почвы, большое влияние оказывает количественные параметры его компонентов, их качественный состав, свойства, а также идентификация факторов, влияющих на эти показатели. Среди факторов влияющих на превращение органических веществ в

гуминовое состояние почв, наиболее заметно прослеживается влияние процессов почв, способов и приемов обработки, а также действие удобрений [48].

Органическое вещество почвы, аккумулируя огромное количество углерода, способствует большей устойчивости круговорота углерода в природе. В этом, а также в накоплении еще ряда элементов в земной коре состоит важная биогеохимическая функция органического вещества в земной коре.

Гумусовый слой образует особую энергетическую оболочку планеты, называемую гумосферой. Энергия, накапливаемая в гумосфере, является основой существования и эволюции жизни на Земле. Гумосфера выполняет следующие важные функции: аккумулятивную, транспортную, регуляторную, протекторную, физиологическую.

Аккумулятивная функция характерна для гуминовых кислот. Ее сущность заключается в накоплении в составе гуминовых веществ важнейших элементов питания живых организмов. В форме аминокислотных веществ в почвах накапливается до 90-99 % всего азота более половины фосфора и серы. В этой форме аккумулируются и сохраняются длительное время калий, кальций, магний, железо и практически все необходимые растениям и микроорганизмам и микроэлементы [47].

Транспортная функция связана с тем, что гуминовые вещества могут образовывать с катионами металлов устойчивые, но растворимые и способные к геохимической миграции комплексные органоминеральные соединения. Активно мигрируют в такой форме большинство микроэлементов, значительная часть соединений фосфора и серы.

Регуляторная функция обусловлена тем, что гуминовые вещества принимают участие в регулировании практически всех важнейших почвенных свойств. Они формируют окраску гумусовых горизонтов и на этой основе их тепловой режим. Гумусированные почвы всегда значительно теплее почв, содержащих мало гуминовых веществ.

Гуминовые вещества играют важную роль в образовании почвенной структуры. Они участвуют в регулировании минерального питания растений. Органическое вещество почвы используется ее обитателями в качестве основного источника пищи. Около 50 % азота растения берут из почвенных запасов [9].

Гуминовые вещества могут растворять многие почвенные минералы, что приводит к мобилизации некоторых труднодоступных растениям элементов минерального питания. От количества свойств гуминовых веществ в почвах зависят емкость катионного обмена, ионно-солевая и кислотнo-основная буферность почв окислительно-восстановительный режим. С содержанием гумуса его групповым составом тесно связаны физические, водно-физические и физико-механические свойства почв. Хорошо гумусированные почвы лучше оструктурены, в них разнообразнее видовой состав микрофлоры, больше численность беспозвоночных животных. Такие почвы более водопроницаемы, легче поддаются механической обработке, лучше удерживают элементы пищевого режима растений, обладают высокой емкостью поглощения и буферностью, в них выше эффективность минеральных удобрений [15].

Протекторная функция связана с тем, что гуминовые вещества почвы защищают или сохраняют почвенную биоту, растительный покров в случае возникновения различного рода неблагоприятных экстремальных ситуаций. Гумусированные почвы лучше противостоят засухе или переувлажнению, они меньше подвержены эрозии дефляции, дольше сохраняют удовлетворительные свойства при орошении повышенными дозами или минерализованными водами.

Богатые гуминовыми веществами почвы выдерживают более высокие техногенные нагрузки. При равных условиях загрязнения почв тяжелыми металлами их токсическое действие на растений на чернозёмах проявляется в меньшей мере, чем на дерновое подзолистых почвах. Гуминовые вещества довольно прочно связывают многие радионуклиды,

пестициды, предупреждая тем самым их поступление в растения или другое отрицательное воздействие.

Физиологическая функция состоит в том, что гуминовые кислоты и их соли могут стимулировать прорастание семян, активизировать дыхание растений, повышать продуктивность крупного рогатого скота, птицы [42].

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Физико-географические характеристики озер

Объектом исследования являются озера Тыгиш, Шаблиш. Водоёмы расположены на Среднем Урале на границе Свердловской и Челябинской областей.

Территория на которой расположено озеро Тыгиш, относится в зоне лесостепи. Равнинность территории и отсутствие сильного стока способствует инфильтрации вод и повышенному механическому и физико-химическому воздействию их на просадочные породы.

Озеро используют как место для рыболовства. На берегу расположена база для рыбаков.

Озеро Шаблиш, расположено в 140 километрах от Челябинска в северном направлении. Западная часть водосбора расположена на отложениях верхнего отдела девонской системы, представленной конгломератами, песчаниками, глинистыми и кремнистыми сланцами. Восточная часть водосбора лежит на молодых отложениях нижнего отдела каменноугольной системы, представленной аналогичными осадочными и метаморфологическими породами. Южная часть водосбора представлена морскими отложениями нижнего эоцена-опоки, песчаники алевролиты [22].

Биоклиматически ландшафт относится к зоне мелколиственных лесов, фрагментарно – к южной светлохвойной тайге с примесью лиственных пород. Водосбор озера расположен на геологическом фундаменте палеозойского возраста с выходом интрузий с дизъюнктивными нарушениями. Восточная часть водосбора в основном относится к биоклиматической зоне березовоколючной северной лесостепи. Почвы – серые лесные и серые лесные осолоделые. Встречаются полугидроморфные варианты – луговые почвы.

Отселение населенных пунктов с прибрежной зоны озера Шаблиш не производилось. На северо-восточном участке побережья озера находится поселок Шаблиш.

Отобранные с водосбора озер Шаблиш и Тыгиш почвы представляли собой темно-серые лесные почвы с развитой типичной лесной подстилкой. Почвы суглинистые, с большим количеством корней и развитой наземной растительностью [41].

2.2. Методы исследования

Пробы почвы отбирались по берегу озера на расстоянии от 25 до 100 м от уреза воды. Во всех случаях проводился анализ времени последнего антропогенного воздействия на почвы и выбирались точки с наибольшей вероятностью значительной длительности периода покоя. Почву из почвенных разрезов вынимали слоями по 2-5 см с учетом генетических горизонтов. Глубина отбора проб почвы составляла 30-65 см.

Подготовка почв к анализу заключалась в высушивании образца на воздухе в кристаллизаторах с периодическим перемешиванием. Цель высушивания – прекращение микробиологических процессов и связанного с ними биохимического изменения образца. Далее почву в ступке растирают по возможности раздавливанием. Растирание считается законченным, если растертая почва не царапает кожу. Измельченный образец просеивают через почвенное сито с ячейками в 1 мм. Цель просеивания – отделение мелкозема от скелета почвы и удаление посторонних частиц.

Определение содержания органического вещества проводилось по методу Тюрина. Метод основан на взаимодействии органического углерода гумусовых веществ с избытком бихромата калия в сернокислой среде при кипячении с последующим восстановлением остаточного бихромата солью Мора и определением остаточной соли Мора обратным

титрованием бихроматом в присутствии индикатора фенолортаниловой кислоты.

Определение фракционного состава органического вещества проводилось по методу Тюрина в модификации Пономаревой – Плотниковой. Метод основан на разделении фракций гуминовых и фульвокислот растворением их в щелочи с последующим высаживанием гуминовой кислоты нейтрализацией системы. Количество гуминовой кислоты определяется из осадка по методу Тюрина, а по разности общего углерода щелочной вытяжки и гуминовой кислоты находится содержание фульвокислот [34].

Для сравнительного анализа определения влияния органического вещества на миграцию поллютантов использованы данные о содержании в почве тяжелых металлов и радионуклидов.

Данные о содержании тяжелых металлов предоставлены лабораторией техногенеза Института минералогии УрО РАН. Определение металлов проводилось на атомно – абсорбционных спектрометрах: с пламенным режимом атомизации воздух – ацетилен «Perking – Elmer 3110» (Cu, Zn, Co); с электротермическим режимом атомизации «Analyst 300, HGA 850» с действительной коррекцией фона фирмы «Perking – Elmer 3110» (Pb).

Информация о содержании радионуклидов предоставлено лабораторией Биофизической станции Отдела континентальной радиоэкологии Института экологии растений и животных УрО РАН. Определение ^{137}Cs в почве проводили на γ -спектрометре фирмы «CANBERA». Относительная погрешность измерения не превышала 20 %. Удельную активность ^{90}Sr в почвенных образцах определяли радиохимическим методом выделения радионуклида в виде оксалатов и дальнейшего измерения бета-активности выделенных препаратов ^{90}Sr на малофоновой установке УМФ-2000 и комплексе «Прогресс». Относительная погрешность измерения не превышала 20 % [4,25].

ГЛАВА 3. ВЗАИМОСВЯЗЬ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА С МИГРАЦИЕЙ ТЕХНОГЕННЫХ ПОЛЛЮТАНТОВ

3.1 Определение фракционного состава органического вещества почв водосборной территории озер Шаблиш и Тыгиш

На первом этапе работы нами проведено разделение фракций почвенного гумуса и определение компонентов фракционного состава органического вещества почв водосборной территории озер Тыгиш и Шаблиш. Метод разделения основан на различной растворимости компонентов почвенного гумуса (рис. 3)

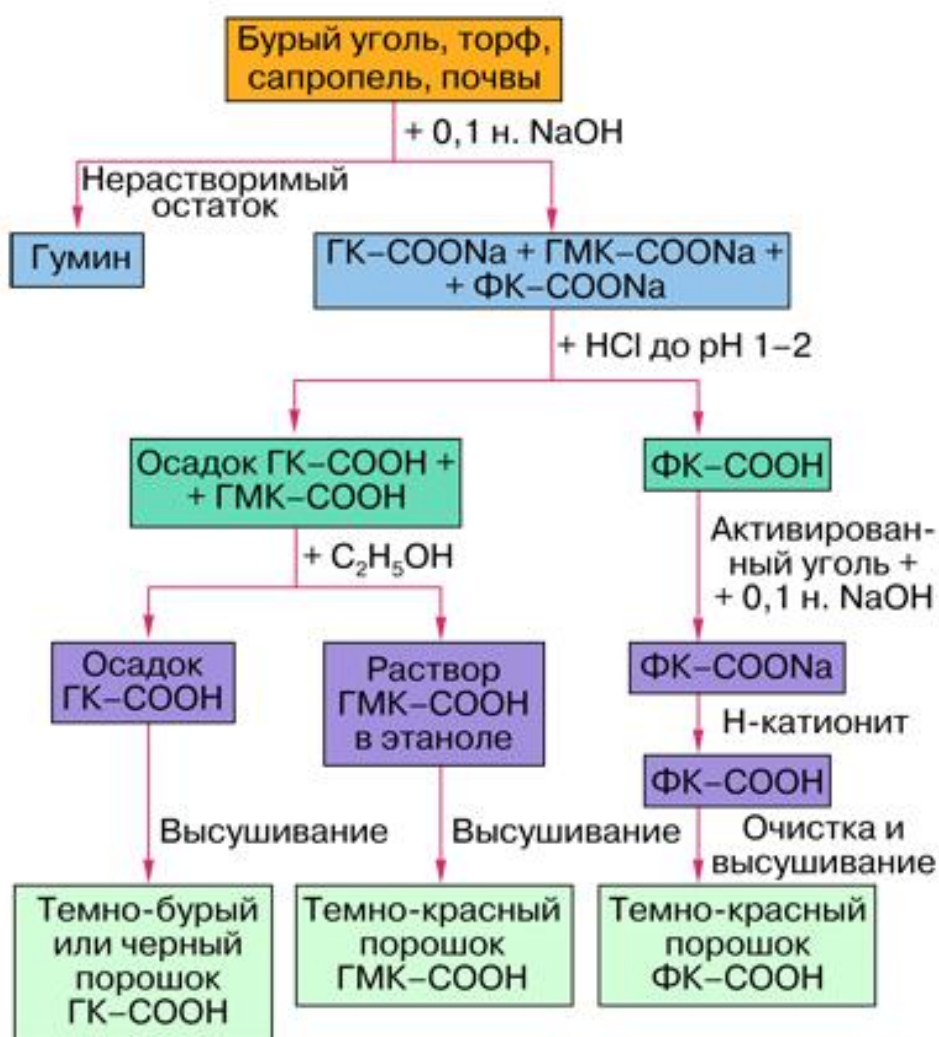


Рис. 3. Схема разделения компонентов гумуса

На основании данной схемы из навески почвы получали щелочную вытяжку, в которую переходили гуминовые и фульвокислоты в виде гуматов и фульватов щелочных металлов. Из этой вытяжки определяли содержание органического углерода по методу Тюрина [4].

Аналогичный образец щелочной вытяжки нейтрализовали кислотой. В нейтральной среде соли переходили в кислоты, при этом нерастворимая в воде гуминовая кислота выпадала в осадок, а в растворе оставалась растворимая фульвокислота.

Осадок гуминовой кислоты отфильтровывали, растворяли его в щелочи и определяли из раствора содержание гуминовой кислоты. По разности содержания углерода в общей щелочной вытяжке и углерода гуминовой кислоты находили содержание фульвокислот.

Результаты анализа фракционного состава органического вещества в почвах водосборной территории озера Тыгиш представлены на рис. 4.

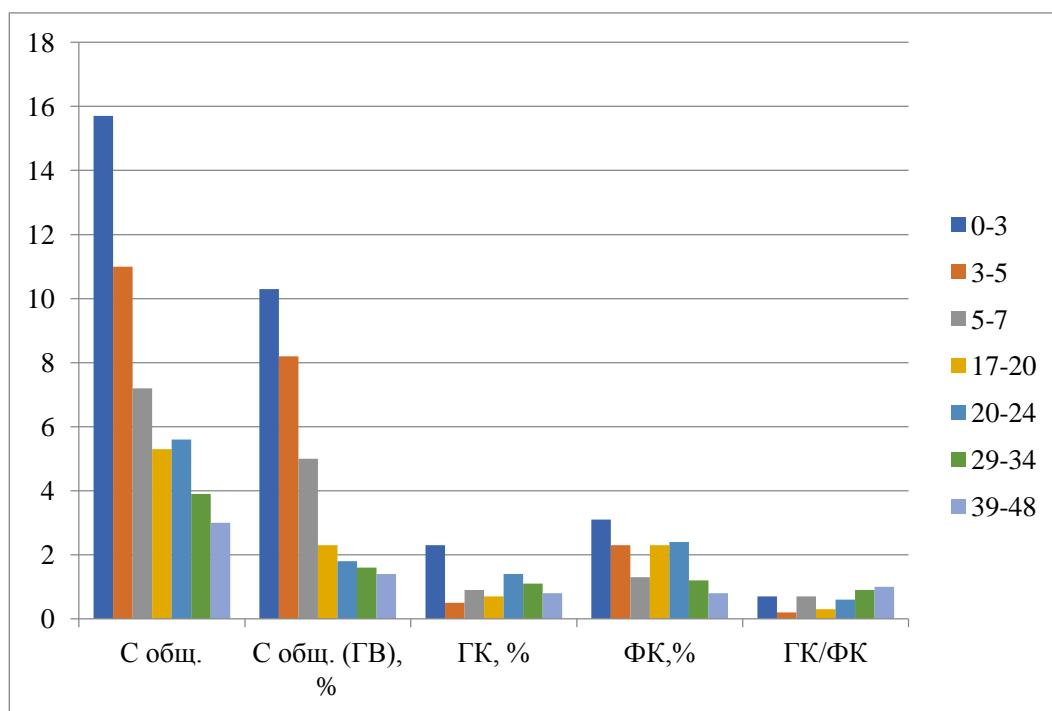


Рис. 4 Фракционный состав органического вещества почв водосборной территории озера Тыгиш

Результаты анализа показывают, что для исследуемой почвы характерно равномерное с незначительными флуктуациями снижение содержания органического углерода по глубине почвенного профиля. В целом почва сильно гумифицирована с высоким содержанием гуминовых веществ, растворимых в щелочах, содержание которых в верхних горизонтах достигает 10%. В целом для исследуемой почвы характерен фульватно-гуматный тип, отношение ГК/ФК в верхних горизонтах находится в интервале 0,3-0,7, и только на глубине до 25 см наблюдается выравнивание содержания фракций гумусовых веществ.

Результаты анализа фракционного состава органического вещества в почвах водосборной территории озера Шаблиш представлены на рис. 5.

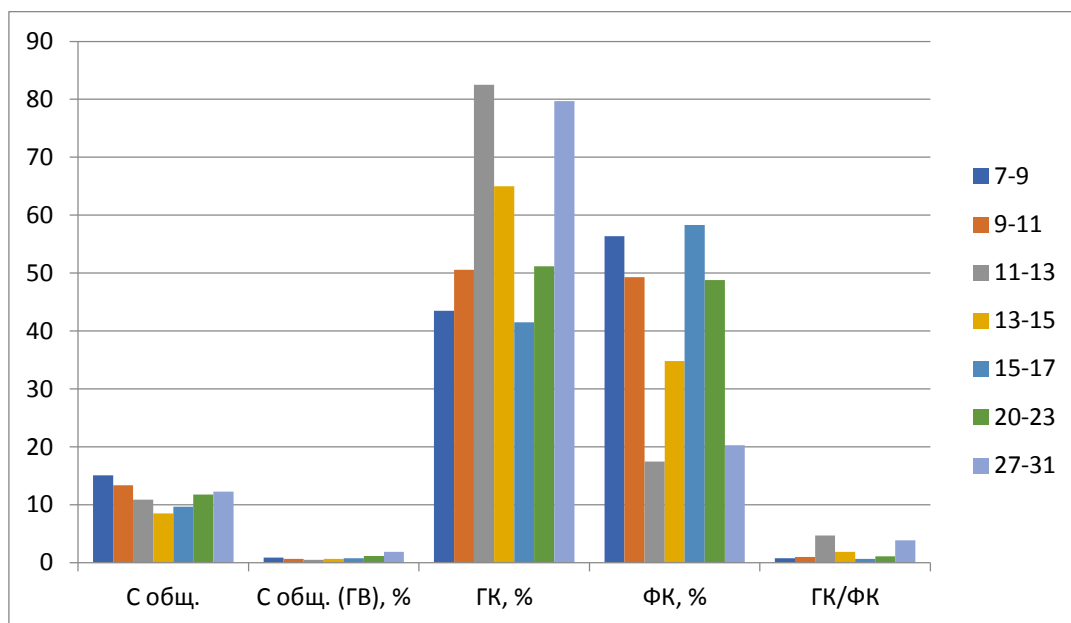


Рис. 5 Фракционный состав органического вещества почв водосборной территории озера Шаблиш

Почвы водосбора озера Шаблиш менее гумусированы по сравнению с почвами водосбора озера Тыгиш, но они характеризуются более равномерным распределением органического углерода по глубине разреза. Содержание фракции гумусовых веществ, растворимых в щелочах, не превышает 1%. В целом для почв характерен гуматно-фульватный тип, отношение ГК/ФК минимально в подстилке, где оно составляет 0,8, в

верхнем гумусированном горизонте фракции выравниваются, а затем доля гуминовых кислот снова резко возрастает [38].

3.2 Взаимосвязь фракционного состава органического вещества почв с миграцией техногенных поллютантов

Для изучения взаимосвязи фракционного состава органического вещества с миграцией тяжелых металлов рассмотрено содержание некоторых из них в исследуемых почвах. Данные о содержании поллютантов и его распределении по глубине почвенного профиля представлены на рис. 6,7.

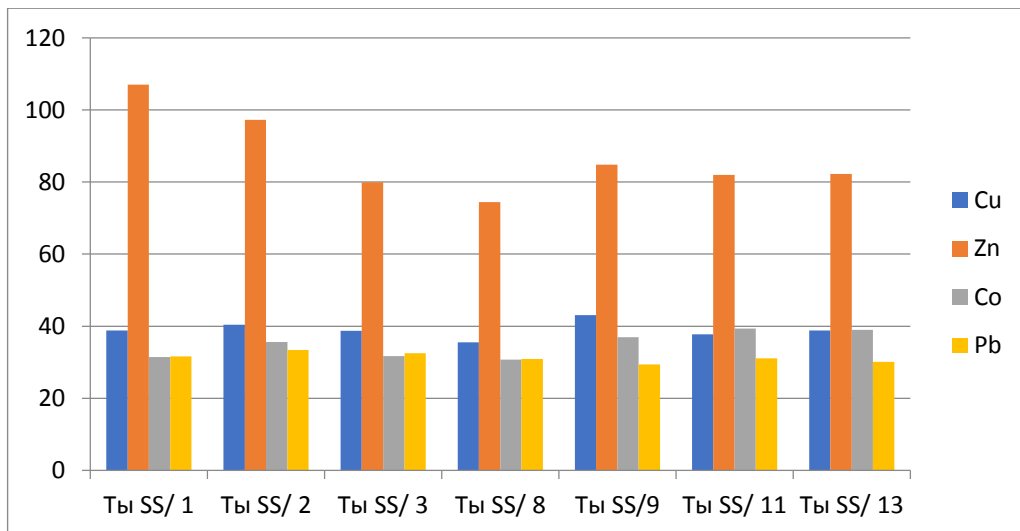


Рис. 6 Содержание тяжелых металлов в почве водосборной территории озера Тыгиш

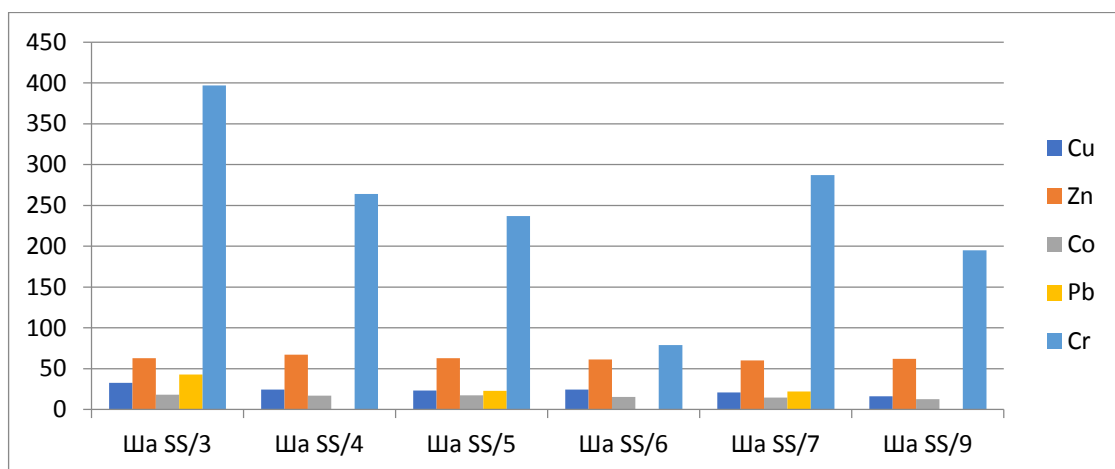


Рис. 7 Содержание тяжелых металлов в почве водосборной территории озера Шаблиш

Различия во фракционном состав органического вещества оказывает воздействие на распределение техногенных поллютантов. Так, для всех исследованных почв характерно относительно равномерное распределение тяжелых металлов по глубине почвенного профиля. Это может быть обусловлено высоким содержанием фульвокислот, которые образуют водорастворимые формы с тяжелыми металлами или коллоидные формы комплексных соединений, обладающие высокой миграционной подвижностью. В итоге соединения металлов, за счет водного потока равномерно распределяются по всей глубине почвенного профиля. При этом, для почв водосбора озера Тыгиш отмечается более равномерное распределение металлов по разрезу, что обусловлено более значительным вкладом фульвокислот.

На примере почв водосбора озера Шаблиш показана взаимосвязь фракционного состава органического вещества с миграционной способностью долгоживущих радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs .

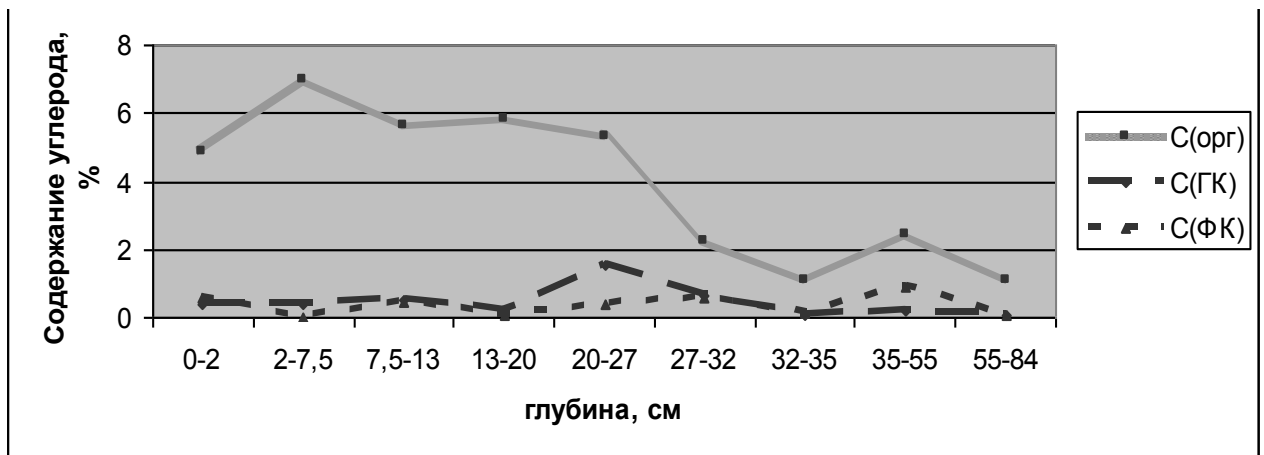


Рис. 8. Распределение фракций органического вещества по глубине почвенного разреза водосбора озера Шаблиш

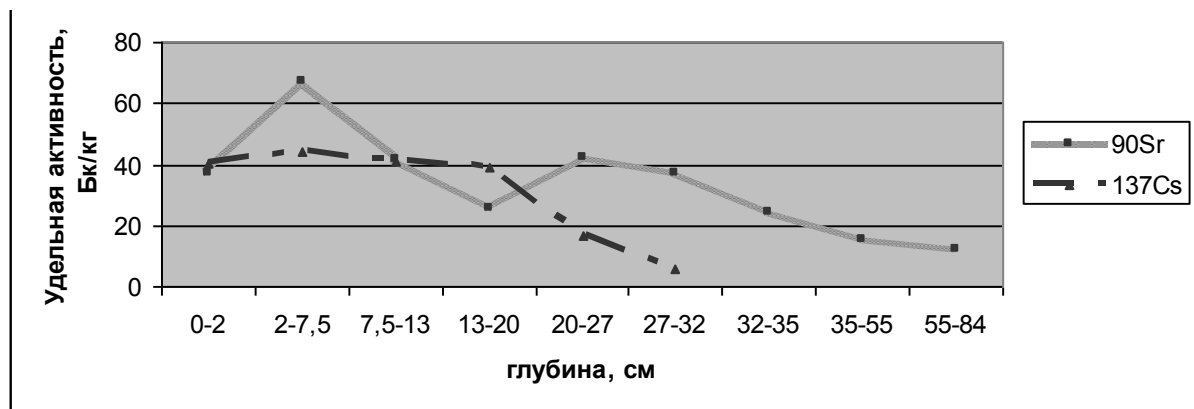


Рис. 9. Распределение удельной активности радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs по глубине почвенного разреза водосбора озера Шаблино

Сравнивая между собой графики изменения фракционного состава органического вещества по глубине (рис. 8) и изменения удельной активности радионуклидов (рис. 9), можно отметить, что основная часть удельной активности распределена в верхнем 30-ти сантиметровом слое, а в целом по разрезу распределение активности соответствует распределению органического вещества. Отмечается определенная взаимосвязь между распределением удельной активности по глубине почвенного профиля и изменением в составе органического вещества почвы доли фульвокислот. Так, при увеличении процентного содержания последних происходит некоторое возрастание удельной активности ^{90}Sr , что может быть объяснено высоким сродством радионуклида к фульвокислотам.

ГЛАВА 4. МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА ПРОВЕДЕНИЯ ДЕБАТОВ «АЭС: ПОЛЬЗА ИЛИ ОПАСНОСТЬ?»

Методической частью работы является разработка проведения дебатов на тему «АЭС: польза или опасность?» для обучающихся 11 классов.

Цель дебатов: знакомство обучающихся с проблемами и перспективами атомной энергетики.

Образовательные задачи:

- ☉ расширить кругозор, активизировать опыт учащихся, развить логические и аналитические способы мышления;
- ☉ мотивировать учащихся на успех, на индивидуальное и коллективное творчество;
- ☉ формировать и совершенствовать навыки самостоятельной и коллективной творческой работы;
- ☉ формировать метапредметные результаты обучения; воспитывать устойчивый интерес к изучаемому предмету, взаимную требовательность и уважение.

Дебаты помогают подросткам развить умения критически мыслить, рассуждать, продуктивно организовывать процесс дискуссии. Они формируют готовность противостоять «информационному зомбированию» и умение самостоятельно, осознанно вырабатывать жизненную позицию. У обучающихся вырабатываются навыки самостоятельной работы с литературой и источниками, умения ведения дискуссии и отстаивания собственной точки зрения, правильное восприятие мнения другого человека и его права на это мнение. Как командное мероприятие, дебаты учат взаимодействию, работе в команде, развивают умение делиться с

участниками команды своими идеями и соображениями, помогать и поддерживать друг друга.

Отличительными признаками дебатов являются: соблюдение строгого временного лимита, четкие ролевые предписания, разнообразие и объективность критериев оценки.

На подготовительном этапе создаются 2 команды по 5-7 человек. Командам выдается тема игры, для того чтобы они подготовили информацию по заданной теме.

ХОД МЕРОПРИЯТИЯ

1) Вступительное слово (5 минут)

Добрый день! Какие ассоциации возникают у нас при слове «дебаты»? Спор, дискуссия, столкновение мнений, выборы президента... Для 100 тысяч студентов и школьников и 20 тысяч преподавателей «Дебаты» являются интересной и познавательной интеллектуальной игрой. И сегодня мы познакомимся с такой формой общения. Тема наших дебатов: «АЭС: польза или опасность?»

В игре принимают участие 2 команды.

Команда утверждения _____

и Команда отрицания _____

Необходимо помнить, что дебаты - это спор ради победы. И этот спор оценивается. Здесь будет проигравший и победивший. Поэтому задача команд в течение дебатов попытаться убедить судей в своей правоте. Поприветствуем наш судейский состав.

Члены судейской коллегии: _____

Уважаемые судьи, вы на основе приведенных аргументов и качества презентации (звучания голоса, четкости и различных ораторских приемов) вынесете своё решение о том, кто выиграл. По ходу игры вы будете заполнять судейский протокол (см. приложение 4), в котором оценивают аргументы и способ доказательства этих аргументов. Команда, набравшая

наибольшее количество баллов, побеждает. Победа в дебатах всецело зависит от мастерства команды: именно индивидуальное умение спикеров, коллективная работа, высокий класс игры.

2) Разминка

Начнем с разминки. Я задам вам вопрос, а вы отвечаете на него экспромтом. Итак, вопрос: «Что такое АЭС?»

3) Выступление участников – заявление позиций.

Для выступления вам отводится 4 минуты. За это время вы должны высказать свою позицию по изучаемому вопросу.

4) Перекрестные вопросы

Нам ваши позиции ясны, переходим к перекрестным вопросам участников друг к другу. Каждая команда задает вопросы соперникам, время на обдумывание ответов у вас нет, но ваш ответ не должен превышать одной минуты (по 3 вопроса).

5) Вопросы от гостей в аудитории

Переходим к следующему этапу наших дебатов, вопросы от гостей. Есть желающие задать вопросы нашим командам?

6) Оппонирование, т.е. оспаривание аргументов оппонента по 2 минуты

Примеры высказываний за и против АЭС (см. приложение 5)

Переходим к следующему этапу. Оппонировать - выступать с возражениями кому-либо в публичной беседе, на диспуте. Выступать с критическим разбором чего-либо.

7) Заключительное слово участников (1мин)

Сейчас мы выслушаем наши команды, которые в течении одной минуты постараются подвести итог сегодняшних выступлений.

8) Подведение итогов

Жюри подсчитывают баллы заработанные каждой командой.

9) Объявление решения судей.

Слово для оглашения итогов предоставляется одному из членов судейской коллегии.

10) Заключительное слово ведущего.

Ребята, вы сегодня были на высоте! И не важно кто победил, я считаю, что победу одержал каждый из Вас, ведь сегодня вы научились отстаивать свое мнение не с помощью силы, а пытаясь убедить человека с помощью аргументов, фактов, что является незаменимым достоинством в жизни. В дебатах вы научились не только говорить, но и слушать своих оппонентов. Я думаю, что сегодняшняя игра помогла получить знания и умения, необходимые для успешной жизнедеятельности в современном обществе. Действительно, дебаты учат многому, и не просто учат, а развивают. Удачи Вам! Спасибо за игру!

Темы для обсуждения:

- 1) Проблема безопасности атомных реакторов.
- 2) Проблема радиоактивных отходов не решена.
- 3) Распространение атомной энергетики ведет к распространению атомного оружия.
- 4) Атомная энергетика — экономически выгодна.
- 5) Атомная энергетика — спасение от изменений климата.
- 6) Атомная энергетика — спасение от энергетического кризиса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно цели исследовательской работы был изучен фракционный состав органического вещества почв водосборных территорий озер Тыгиш и Шаблиш и рассмотрена его роль в миграции техногенных поллютантов.

По результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1) Изученные почвы водосборных территорий озер Шаблиш и Тыгиш, расположенных в дальней зоне ВУРСа, относятся к серым лесным и темно-серым лесным почвам с развитыми гумусоносными горизонтами и высоким содержанием органического вещества.

2) Для почв водосборной территории озера Шаблиш характерно низкое содержание фракции гумусовых соединений, растворимых в щелочах, в общей доле органического вещества почв. Для почв водосбора озера Тыгиш доля этой фракции достигает 10%.

3) Для почв водосборной территории озера Шаблиш характерен гуматно-фульватный тип, в то время как почвы водосбора озера Тыгиш характеризуются как фульватные с резким преобладанием фульвокислот.

4) Фракционный состав органического вещества оказывает воздействие на миграционную способность тяжелых металлов: высокое содержание фульвокислот обуславливает равномерное распределение поллютантов по всей глубине почвенного профиля.

5) На примере почв водосбора озера Шаблиш показана взаимосвязь фракционного состава органического вещества с миграцией долгоживущих радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs : при увеличении процентного содержания фульвокислот происходит некоторое возрастание удельной активности ^{90}Sr , что может быть объяснено высоким сродством радионуклида к фульвокислотам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аклеев А.В. Восточно-Уральский радиоактивный след / А.В. Аклеев, М.Ф. Киселев. – Челябинск: Изд-во «Фрегат», 2012.
2. Аклеев А.В. Экологические и медицинские последствия радиационной аварии 1957 года на ПО «Маяк» / А.В. Аклеев. – Челябинск: Изд-во «Фрегат», 2012.
3. Апплби Л. ДЖ. Пути миграции искусственных радионуклидов в окружающей среде. Радиоэкология после Чернобыля / Л.ДЖ. Апплби, Л. Девелл, Ю.К. Мишра. – Москва: Мир, 1999. – 512с.
4. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. Издание 2-е. – М.: 1970. – 490с.
5. Бобович Б.Б. Переработка отходов производства и потребления / Б.Б. Бобович, В.В. Девяткин. – М.: Интермет Инжиниринг, 2000. – 496с.
6. Варшал Г.М. Геохимическая роль гумусовых кислот в миграции элементов. // Сборник «Гуминовые вещества в биосфере». / Г.М. Варшал, Т.К. Велюханова, И.Я. Кошечева. – М.: Наука, 1993. – С.97–116.
7. Возбуцкая А.Е. Химия почвы / А.Е. Возбуцкая. – Москва: Наука, 1985 – 350с.
8. Воробьева Л.А. Химический анализ почв / Л.А. Воробьева. – Москва: МГУ, 1998. – 272с.
9. Гедройц К.К. Учение о поглотительной способности почв. / К.К. Гедройц. – 4 изд. – Москва: Сельхозгиз, 1933. – 207с.
10. ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. – Москва: Издательство стандартов, 2008.
11. ГОСТ 27593-88(2005). ПОЧВЫ. Термины и определения. УДК. – Москва: Издательство стандартов. – 2005.

12. Глико А.О. Изменение окружающей среды и климата. Природные и связанные с ними техногенные катастрофы. / А.О. Глико. – М.: Изд. ИФЗ РАН Москва, Т. I. – с. 19 – 42.
13. Гришина Л.А. Трансформация органического вещества и гумусное состояние почв: автореф. дис. на соиск. учен. степ. доктора биол. наук. / Л.А. Гришина. – М.: Изд-во МГУ – 1982. – 50с.
14. Гришина Л.А. Трансформация органического вещества почв. / Л.А. Гришина. – М.: Изд-во Моск. Ун-та – 1990. – 87с.
15. Дину М.И. Взаимодействие ионов металлов в водах с гумусовыми веществами глееподзолистых почв. // Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН. / М.И. Дину. – 2015, №3. – с. 276 – 288.
16. Егоров Б. В. Органическое вещество почвы и ее плодородие / Б.В. Егоров. – Вестник с.-х. науки. – 1978. – №5. – 12с.
17. Жилин Д.М. Исследование взаимодействия гумусовых кислот со ртутью(II). // Экологическая химия. / Д.М. Жилин, И.В. Перминова, В.С. Петросян. – 1996. Т.5. N 2. – с. 131 – 137.
18. Закорчевный И.И. Гуминовые вещества и удобрения на их основе. / И.И. Закорчевный, Л.Н. Михальская, В.В. Швартау. – Гуматознаство. 2012. Т. 13, № 1–2. – с. 60 – 78.
19. Кауричев И.С. Почвоведение / И. С. Кауричев, Н.П. Панов. – Москва: Агропромиздат, 1989. – 719 с.
20. Кирюшин Н.В. Миграция радионуклидов и тяжелых металлов в системе почва – растение и разработка мелиоративных приемов, снижающих загрязнение почв и продукции растениеводства. / Н.В. Кирюшин. – Лунино, 2002.
21. Клебанович Н.В. Почвоведение и земельные ресурсы. / Н.В. Клебанович. – Минск, 2013. – 113с.
22. Левина С.Г. Закономерности поведения ^{90}Sr и ^{137}Cs в озерных экосистемах Восточно-Уральского радиоактивного следа в отдаленные сроки после аварии. // автореф. дис. ...доктора биол. наук / С.Г. Левина – Москва, 2008. – 248 с.

23. Левит А.И. Южный Урал: география, экология, природопользование: учеб. пособие / А.И. Левит. – Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 2001. – 246с.
24. Методы защиты человека от воздействий приоритетных поллютантов: учебно-методическое пособие / Е.Г. Лебедева, Н.В. Шарапова, О.А. Свиридов и др. – Оренбург: Оренбургский государственный институт менеджмента, 2011. – 141с.
25. Молчанова, И.В. Миграция и распределение ^{90}Sr , ^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$ в почвенно-растительном покрове головной части ВУРСа / И.В. Молчанова, Е.В. Караваева, Л.Н. Михайловская, Л.В. Лобанова // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. 2008. №4(8). – С 133 – 139.
26. Мотузова Т.В. Принципы и методы почвенно-химического мониторинга / Т.В. Мотузова. – Москва: МГУ, 1988. – 99с.
27. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. / Д.С. Орлов. – Изд-во МГУ, М., 1990. – 325с.
28. Орлов Д.С. Химия почв. / Д.С. Орлов. – Москва: Изд-во Моск. Ун-та, 1992. – 220с.
29. Орлов Д.С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, И.Н. Лозановская. – М.: Высш. шк., 2002. – 334с.
30. Орлов Д.С. Химическое загрязнение почв и их охрана: Словарь-справочник / Д.С. Орлов, М.С. Малинина. – Москва: Агропромиздат, 1991. – 303с.
31. Перминова И.В. Детоксикация тяжелых металлов, полиароматических углеводородов и пестицидов гумусовыми веществами в водах и почвах. // Материалы международного конгресса «Вода: экология и технология». / И.В. Перминова, Н.Н. Данченко, Н.Ю. Яценко и др. – Москва. 1994. Т.IV. – с. 1136 – 1143.
32. Перминова И.В. Гуминовые вещества – вызов химикам XXI века. / И.В. Перминова. // Журнал «Химия и жизнь» – №1. – 2008.

33. Подтесов Г.Н. Челябинская область: ликвидация последствий радиационных аварий / Г.Н. Подтесов, А.В. Аклеев, А.Ю. Даванков и др.; Под ред. проф. А.В. Аклеева. – Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 2006. – 340с.
34. Пономарева, В.В. Гумус и почвообразование. / И.В. Пономарева, Т.А. Плотникова. – М.: Изд-во Наука, 1980.
35. Попова Л.Ф. Особенности кумуляции и миграции химических элементов I класса опасности в почвах / Л.Ф. Попова, М.В. Пилюгина // Научно-теоретический журнал «Фундаментальные исследования». – 2009 – №4. – с. 7 – 10.
36. Природа, общество, радиация. // Сборник избранных докладов участников Южно-Уральских общественных слушаний 1996-2001 гг. – Челябинск: издатель Татьяна Лурье, 2001. – 168с.
37. Прохоров В.М. Миграция радиоактивных загрязнителей в почвах / В.М. Прохоров; под ред. Р.М. Алексахин. – Москва: Энергоиздат, 1981. – 98 с.
38. Прожорина Т.И. Химический анализ почв. Часть 1: Лабораторный практикум для вузов. / Т.И. Прожорина. – Воронеж: изд-во ВГУ. – 1983. – 15с.
39. Савенко В.С. Радиоэкология. / В.С. Савенко. – Мн.: Дизайн ПРО, 1997.
40. Симонов Д. А. Элементы адаптивной энергосберегающей сортовой технологии возделывания озимой пшеницы на серых лесных почвах юго-запада Нечерноземья России / Д.А. Симонов. // дис. ... канд. с.-х. наук. – Брянск, 2007. – 146 с.
41. Сутягин А.А. Накопление и распределение долгоживущих радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs в почвах водосборной территории озера Шаблиш (дальняя зона Восточно-Уральского радиоактивного следа) / А.А.Сутягин, С.Г.Левина, Н.С. Парфилова, В.В. Дерягин. – Челябинск, 2011.
42. Таргульян В.О. Процессы почвообразования и эволюция почв / В.О. Таргульян, А.А. Величко. – Москва: Наука, 1985.

43. Трапезников А.В. Распределение радионуклидов по основным компонентам озер на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа в пределах Свердловской области / А.В. Трапезников, П.И. Юшков, В.Н. Николкин и др. // Проблемы радиоэкологии и пограничных дисциплин. – Екатеринбург – 2000. – №3. – с. 54 – 92.
44. Трапезников А.В. Стронций – 90 и цезий – 137 в некоторых озерах ВУРСа. / А.В. Трапезников, П.И. Юшков, М.Я. Чеботина и др. // Проблемы радиоэкологии и пограничных дисциплин. – Заречный – вып. 4. – 2001. – с. 123 – 130.
45. Трапезников А.В. Миграция радионуклидов в пресноводных и наземных экосистемах. / А.В. Трапезников, И.В. Молчанова, Е.Н. Караева. – Екатеринбург: изд-во Уральского университета, 2007. – Т. II. – 400с.
46. Чуканов В.Н. Восточно-Уральский радиоактивный след (Свердловская область). / В.Н. Чуканов. – Екатеринбург: УрО РАН, 1996.
47. Шеин Е.В. Курс физики почв. / Е.В. Шеин. – Москва: МГУ, 2005. – 431с.
48. Шергина О.В. Биогеохимические взаимодействия. // Конференция молодых ученых Современные проблемы геохимии. / О.В. Шергина. – Иркутск, 2011.
49. Шинкарев А.А. Органические компоненты глино-металлоорганического комплекса почв лесостепи (теоретические и экспериментальные аспекты излучения). / А.А. Шинкарев, К.Г. Гиниятуллин, Л.В. Мельников и др. – Казань: Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова – Ленина, 2007. – 248 с.

Приложение

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

**Определение состава гумуса по схеме Тюрина в модификации
Пономаревой - Плотниковой**Стадия 1. Определение общего гумуса.

Навеску пробы (1г) помещают в тигель и прокаливают при темп. 450° С в течении 5 часов. Разность масс до прокаливания и после прокаливания соответствует содержанию органического вещества (общего гумуса). Содержание орг. в-ва переходят в проценты, в зависимости от его величины берется навеска для дальнейшего анализа.

>10% гумуса – навеска почвы 2,5- 5 г

10 – 3% гумуса – навеска почвы 5-10 г

3 – 0,5% гумуса – навеска почвы 10- 15 г

< 0.5% гумуса – навеска почвы 20 г

Стадия 2 и 3 осуществляются параллельно из разных навесок почвы.

Стадия 2. Приготовление щелочной вытяжки (определение гуминовых кислот, свободных и связанных с подвижными полуторными оксидами).

Навески почвы (в зависимости от содержания общего гумуса, см. стадию 1) помещают в конические колбы на 300-400 мл. Приливают к навескам по 200 мл 0,1 Н NaOH (точный объем, мерная колба), плотно закрывают пробками, перемешивают и оставляют на 24 часа с периодическим перемешиванием. Затем добавляют (точный объем) 50 мл насыщенного раствора Na_2SO_4 (1/4 объема жидкости), хорошо перемешивают, оставляют на 10-15 мин, снова перемешивают и отфильтровывают (фильтр белая лента). Фильтрат должен быть прозрачным! Остаток почвы на фильтре и в колбах выбрасывают, в полученном фильтрате определяют содержание органического углерода по Тюрину.

Стадия 2.1. определение содержания органического углерода по Тюрину.

В конические колбы на 100 мл вносят от 10 до 50 мл полученной (стадия 2) вытяжки в зависимости от густоты ее окраски, добавляют «кипелки» и выпаривают до состояния «влажных солей» (сильно не кипятить, чтобы избежать разложения органики). Окончательно досушивают остаток на водяной бане или в сушильном шкафу (температура 80-90° С). Органический углерод определяют по Тюрину.

Определение органического углерода по Тюрину.

Навеска почвы (в зависимости от содержания гумуса, см. ниже) вносится в коническую колбу на 100-150 мл и заливается 10 мл 0,4 Н $K_2Cr_2O_7$ в разбавленной (1:1) H_2SO_4 (объем отмеряется с большей точностью! Каждый раз от нулевого деления бюретки и с одинаковой скоростью приливания).

7-10 % гумуса – черная окраска почвы – навеска 0,1 г

4-7 % гумуса – темно-серая окраска почвы – навеска 0,2 г

2-4% гумуса – серая окраска почвы – навеска 0,3 г

1-2% гумуса – светло-серая окраска почвы – навеска 0,4 г

0,5- 1% гумуса – белесая окраска почвы – навеска 0,5- 1 г

Вставляют в колбы маленькие воронки и кипятят в течении 5 мин. (Холостая проба с 10 мл 0,4 Н $K_2Cr_2O_7$ в разбавленной (1:1) H_2SO_4). По Никитину Б.А. : окисление гумуса $K_2Cr_2O_7$ проводить при нагревании в термостате при температуре 150° С в течение 20 мин. После нагревания раствор должен быть зеленовато-бурого цвета (если ярко-зеленый, то анализ повторить, уменьшив навеску или увеличить количество $K_2Cr_2O_7$). Колбы охлаждают, водой споласкивают горло колбы и воронку (расход воды 10-20 мл). затем добавляют 5 капель 0,2% фенилантраниловой кислоты и титруют 0,2 Н раствором соли Мора до перехода красно-фиолетовой окраски в зеленую.

Для установления нормальности соли Мора по бихромату в конические колбы емкостью 100-250 мл помещают 15 мл водного 0,2 Н стандартного раствора $K_2Cr_2O_7$, H_2SO_4 (конц.) 5 мл., несколько капель фенилантраниловой кислоты и титруют раствором соли Мора до перехода красно-фиолетовой окраски в зеленую.

Определение углерода по Тюрину можно считать надежным, если разница между холостым и испытуемым титрованием составляет не менее 2 и не более 10 -12 мл соли Мора при величине холостого титрования 20-22 мл. В противном случае нужно повторить определение С. Взяв для этого соответственно большую или меньшую пробу раствора.

Стадия 2.2. Определение содержания углерода БГК (бурых гуминовых кислот).

В коническую колбу на 100-200 мл берут (точный объем) 50-100 мл щелочной вытяжки и прибавляют к ней двойное эквивалентное кол-во 1Н H_2SO_4 (т.е. соответственно 10 или 20 мл, так, чтобы концентрация H_2SO_4 в подкисленной вытяжке была $\approx 0,05$ Н, рН=1,3-1,5). Нагревают до 70-80° С (не кипятить!) и фильтруют (белая и синяя лента). Осадок ГК в колбочке и на фильтре промывают 2-3 раза 0,05-1 Н H_2SO_4 (водой не промывать-растворяются ГК). Воронки с осадками ГК вставляют в те же колбочки на 100-200 мл, в которых проводили осаждение, растворяют ГК из промывалки небольшими порциями горячего 0,1 Н NaOH, переносят в мерные колбы на 100 мл, доводят объем раствора до метки и определяют $C_{ГК}$ (также как и общий углерод щелочной вытяжки).

Стадия 2.3. Определение содержания углерода ФК.

$C_{ФК}$ вычисляют по разности между $C_{общ}$ щелочной вытяжки и $C_{ГК}$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 1.

Отбор проб почв водосборных территорий озера Тыгиш август 2011

Маркировка	Горизонт	Глубина, см	Описание
Ты SS/1	A0	0-3	Лесная подстилка, черный, дождевые черви
Ты SS/2	A1	3-5	Супесь, много корней травянистой и древесной растительности, коричнево-черный
Ты SS/3		5-7	
Ты SS/8	A2	17-20	Легкий суглинок, древесные корни, темно-серый
Ты SS/9	B1	20-24	Легкий суглинок, древесные корни, дождевые черви, темно-серый
Ты SS/11	B2	29-34	
Ты SS/13	BC	39-48	Коричневый с черным, средний суглинок

Супераквальный разрез, 60 м от берега, осинник, береза, подлесок (шиповник, костяника, крапива). Серая лесная почва.

Площадь отбора 45 см *58 см

Отбор проб производился Сутягиным А.А., Сарычевым А.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица 2.

Отбор проб почв водосборных территорий озера Шаблиш август 2010

	Горизонт	Глубина, см	Описание
Ша (SS)/3	A0	7-9	Степной войлок, коричневый
Ша (SS)/4	A1	9-11	Супесь, черно-серая
Ша (SS)/5		11-13	
Ша (SS)/6		13-15	
Ша (SS)/7	A2	15- 17	Супесь, серая с вымыванием черного, с золой
Ша (SS)/9	B1	20-23	Легкий суглинок, коричневый с вымыванием гумуса
Ша (SS)/11	B2	27-31	Легкий суглинок, коричневый

Почвенный разрез заложен в 700 м от берега в поле рядом с листовным пролеском, разнотравье. В разрезе – муравейник.

Объем пробы 20см* 70см

Отбор проб был выполнен Сутягиным А.А., Парфиловой Н., Гуммель К.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Таблица 3.

СУДЕЙСКИЙ ПРОТОКОЛ

Команда утверждения	Команда отрицания
Разминка	
Заявление позиций	
Перекрёстные вопросы	
Вопросы гостей в аудитории	
Заключительное слово участников	
Оппонирование	
Общий балл	

Судья _____

При выставлении баллов оцениваются: содержательность аргументов; правильность тезисов умение задавать вопросы; красноречивость жестикуляция; зрительный контакт; убедительность соблюдение регламента; наличие речевых ошибок; излишняя агрессивность; уважение к сопернику

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Таблица 4.

ВЫСКАЗЫВАНИЯ ЗА И ПРОТИВ

За атомную энергетику	Против атомной энергетики
<p>Худший инцидент, который мог бы произойти с атомной электростанцией – плавление активной зоны реактора (АЭС «Three Mile Island») и выброс радиоактивных веществ в окружающую среду (пожар в Чернобыле). Такая авария немислима на современных атомных станциях, которые построены и эксплуатируются правильно.</p>	<p>После катастрофы на японской АЭС «Фукусима Дайичи», где в 2011 г. расплавленное топливо прожгло корпуса трех реакторов американской конструкции и огромное количество радионуклидов попало в атмосферу, почвы и океан, даже скептикам стало ясно, что такие «инциденты» не только «мыслимы», но и вполне реальны. Кроме упомянутой американской АЭС «Три Майл Айленд», расплавление активной зоны атомных реакторов происходило в том числе на АЭС «Сен Лорен», Франция (1969), Ленинградской АЭС, СССР (1975) и на Белоярской АЭС, СССР (1977).</p> <p>Задолго до Фукусимы мир неоднократно был под угрозой расплавления активной зоны реакторов АЭС. Иногда к этому приводили аварии линий электропередачи с халатным отношением к обеспечению аварийного охлаждения. Так было в 1993 г. на Кольской АЭС (Россия), в 1998 г. на АЭС «Дэвид Бессе» (США)</p>

и на АЭС «Хантерсон Бис» (Шотландия), в 2006 г. — на АЭС «Форсмарк» (Швеция). Везде потребовалось охлаждать аварийно остановленные реакторы, и везде не включались аварийные дизельные двигатели. Вот как описывали ситуацию по горячим следам участники:

«Чистое везение, что активная зона не расплавилась, все могло закончиться катастрофой» (директор шведской АЭС Л.(О. Хеглунд) [8]; «Сердце просто уходило в пятки» (начальник аварийной службы американской АЭС Б. Донеллон.

В США на АЭС «Дэвид Бессе» десяток инспекций проглядели, что в стальной крышке реактора образовалась впадина глубиной 155 мм, и от катастрофы с неизбежным расплавлением активной зоны мир отделяла полоска металла толщиной в 5 мм!

Проверка в 1999 г. показала, что проблемы с аварийными дизель-генераторами есть более чем на 50 % всех АЭС США [5]. Проверка в 2011 г. обнаружила опасные нарушения правил эксплуатации на подавляющем

	<p>большинстве (60 из 67) АЭС США .</p> <p>Только чудовищное везение уберегло мир от страшных катастроф в трех упомянутых выше случаях, которые оказались возможными на современных АЭС.</p> <p>Катастрофа с выбросом значительного количества радионуклидов из бассейна выдержки отработанного ядерного топлива (ОЯТ) на АЭС «Фукусима Дайичи» в 2011 г. показала справедливость многолетних опасений экологов по поводу хранилищ ОЯТ. В таких хранилищах может содержаться больше опасных долгоживущих радионуклидов, чем в работающих реакторах АЭС. Атомные специалисты хорошо знают об этих опасениях экологов, но пока их игнорируют (эти хранилища повсеместно слабо защищены от разных угроз).</p>
<p>Единственной в мире страной, которой удалось найти область экономически оправданного применения атомной энергии на море, стала Россия. С 1959 года семь атомных ледоколов и атомный лихтеровоз</p>	<p>Представление о том, что атомные ледоколы экономически эффективны — из области фантазий. Эксплуатация атомных ледоколов в СССР/России всегда была убыточной. Неверно и то, что судовые атомные реакторы работают «безопасно и безупречно с точки зрения экологии». На самом деле за это время</p>

<p>«Севморпуть» успешно эксплуатируются в Северном Ледовитом океане... экономика атомных судов будет улучшаться при сохранении достигнутого уровня безопасности и безупречности с точки зрения экологии</p>	<p>произошли две аварии реакторов и не менее трех радиационных инцидентов с выбросом радиоактивных продуктов и переоблучением персонала. Реакторная установка атомного ледокола «Ленин» до сих пор лежит на небольшой глубине у Новой Земли в зал. Цивольки Карского моря. [37]</p> <p>Напомню и о 35 крупных авариях на атомных подводных лодках со сходными по конструкции реакторами</p>
<p>Атомные электростанции приносят нам существенную пользу, обеспечивая электричеством и не приводя к загрязнению природы при относительно низком риске и ограниченных последствиях аварии</p>	<p>Учитывая реальные масштабы атомных катастроф (Чернобыль и Фукусима значимо затронули практически все Северное полушарие, и выброшенные ими радионуклиды будут активны в биосфере на протяжении сотен и тысяч лет). АЭС: вырабатывая в наши дни около 13 % электроэнергии, и давая работу нескольким миллионам людей во всем мире, АЭС конечно же приносят пользу. Но сравним прибыль от производства атомного электричества со стоимостью ликвидации последствий атомных аварий и катастроф. Для минимизации последствий Чернобыльской катастрофы (именно минимизации, поскольку эти последствия</p>

невозможно ликвидировать) три наиболее пострадавшие страны (Беларусь, Украина и Россия) суммарно потратили за первые 20 лет после Катастрофы более 500 млрд долларов. Не исключено, что общий ущерб хозяйству и здоровью населения всех стран от Чернобыльской катастрофы уже достиг порядка триллиона долларов, что превышает, по-видимому, всю прибыль от всех АЭС. Пока рано оценивать последствия катастрофы на АЭС «Фукусима Дайичи», но уже называются цифры в несколько десятков миллиардов долларов. Оценка последствий возможных аварий на американских АЭС оценивается в многие триллионы долларов (только возможный ущерб от аварии на АЭС «Индиан Пойнт» (3 — 314 млрд долларов). Получается так: прибыль от производства атомного электричества получают сравнительно немногие, а ущерб, который многократно превышает эту прибыль, возмещают очень многие. При этом оказывается, что атомная индустрия заранее предполагает, что она не будет в состоянии полностью оплачивать

	<p>«ядерный ущерб».</p> <p>Под давлением атомного лобби принята международная Венская конвенция о гражданской ответственности за ядерный ущерб (1997), по которой ответственность «оператора» (то есть АЭС) не превышает 500 млн долларов — смехотворно малая сумма сравнительно с реальными ущербами, как показывает жизнь. То есть «низкие риск» и «ограниченные последствия» — это только для самих атомщиков, но не для остальных граждан.</p> <p>[3]</p>
<p>Отвод тепла. Даже если случится общий отказ системы электропитания энергоблока, продублированная и рассчитанная с запасом мощности система охлаждения гарантированно отведет остаточное тепло после аварийной остановки реактора</p>	<p>После катастрофы на АЭС «Фукусима Дайичи», проверка еще в 1999 г. обнаружила проблемы с состоянием дизель-генераторов аварийного охлаждения на более чем половине АЭС в США (на некоторых АЭС дизель-генераторы бездействовали). На любой из современных АЭС возможна авария, при которой «гарантированного» отвода тепла после аварийной остановки реактора не произойдет и реактор может взорваться.</p>
<p>Реакторы четвертого поколения разрабатываются так, чтобы они</p>	<p>Вот уже лет 30, как атомщики в разных странах говорят о реакторах</p>

<p>обладали конструктивной внутренней безопасностью. Эти реакторы будут невосприимчивы к неправильным действиям персонала даже в самой сложной ситуации</p>	<p>с «внутренней безопасностью», но почему-то строят не такие реакторы, а продолжают строить те, которые они сами считают опасными. Пока нет реакторов «с внутренней безопасностью», т. е. таких, в которых авария гасится не усилиями человека (оператора), а автоматически, в силу заложенных в него физических причин. Все без исключения современные реакторы (и на быстрых, и на медленных нейтронах) работают по схеме выжигания активного компонента топлива (^{235}U, Pu^{239}) в активной зоне. В них изначально закладывается активного материала больше, чем требуется для непосредственного поддержания критического уровня, тем больше, чем больше предполагаемая продолжительность компании (период между зарядками атомного топлива). Процессы ядерного деления в атомном реакторе управляются регулирующими стержнями — поглотителями запаздывающих нейтронов. Эти стержни позволяют атомному топливу — после достижения нижнего критического состояния — как бы тлеть, не позволяя развиваться неуправляемой цепной</p>
---	--

	<p>реакции за счет нарастания неуправляемого потока мгновенных нейтронов.</p> <p>Если регулирующие стержни по каким-то причинам покинут активную зону случайности, как показывает практика, гораздо изобретательнее любых конструкторов, немедленно возникнет надкритичность — в реакторе в доли миллисекунды начнется неуправляемая цепная реакция. Неуправляемая цепная реакция в замкнутом пространстве реактора превращает его в атомную бомбу. Ни один из ныне существующих реакторов, работающих по принципу выгорания, нельзя отнести к внутренне безопасным.</p> <p>По инициативе Министерства энергетики США несколько лет назад был создан Международный форум для разработки реакторов «четвертого поколения» (США, Канада, Япония, Франция, Бразилия, Аргентина, Великобритания, Южная Корея и Россия). Разговоры о реакторах «четвертого поколения» (с «внутренней безопасностью») сегодня</p>
--	---

ведутся атом(ной индустрией в основном для того, чтобы привлечь средства в отрасль, вызывающую все больше недоверия инвесторов. Чего только не обещается атомщиками: и что новые реакторы будут экономичными и безопасными, не будут давать радиоактивных отходов, будет надежно обеспечен эффективный режим нераспространения. При этом налицо колоссальное несоответствие между тем, как «четвертое поколение» представляется для политиков и общественности, и фактическим положением вещей.

Технические разработки АЭС «четвертого поколения» показывают, что улучшения безопасности в одном создает проблемы в чем-то другом. Получается, что разговоры о безопасных реакторах — отвлекающий маневр, если не сказать обман, и общества, и политиков, принимающих решение.

Надо добавить к указанному выше, что даже по оценке Министерства энергетики США реакторы «четвертого поколения» будут готовы к

	<p>коммерческому применению не ранее 2030 г. (по мнению французских атомщиков — к 2045 г!).</p> <p>Как хорошо написал известный антиатомный активист М. Пискунов (Димитровград): «В реакторах любого поколения суть будет той же: управляемая цепная реакция в атомном топливе (которая может выйти из-под контроля) и наработка радиоактивных отходов (без которых невозможна работа любого реактора)».</p>
<p>Все современные атомные электростанции практически безопасны, так как их реакторы находятся внутри очень прочной защитной оболочки из железобетона около одного метра толщиной — контейнента</p>	<p>Во-первых, контейнменты (защитные железобетонные колпаки) отсутствуют на целом ряде АЭС. Нет колпаков на всех реакторах РБМК (в том числе на Курской, Смоленской, Ленинградской и Чернобыльской АЭС), нет колпаков на реакторах типа ВВЭР(440 (на Нововоронежской и Кольской АЭС, а также на АЭС «Козлодуй» (Болгария) и «Богунце» (Чехия). Нет колпаков на британских АЭС «Олдберри» и «Вильфа». Можно, конечно, не считать все эти АЭС «современными», но безопасности в мире от этого определения не прибавится.</p>

Во-вторых, самые толстые контейнменты могут выдержать падение только очень небольшого самолета и никак не удар обычного современного пассажирского самолета весом 300–400 тонн. Как показали события 11 сентября 2001 г. в США, такое событие более чем реально. Не рассчитаны контейнменты и на удар небольшой ракеты. В марте 1995 г. мир был в полутора минутах от катастрофы на Нововоронежской АЭС. Тогда боевая авиационная ракета «воздух — земля», запущенная военным самолетом, сошла с курса и взорвалась в 4,5 км от атомного реактора. Российский министр по атомной энергии сказал по похожему поводу (в связи с опасностью попадания ракеты в АЭС «Козлодуй» во время косовского конфликта): те, кто забыл, что такое Чернобыльская катастрофа, «после такого попадания могут узнать это во всей полноте». Любой контейнмент может быть разрушен изнутри таким взрывом реактора, как в Чернобыле. Катастрофа на АЭС «Фукусима

	<p>Дайичи» показала, что контеймент может быть разрушен и без взрыва реактора — сильным давлением образующихся газов. В общем, ясно, что контеймент АЭС не в состоянии препятствовать утечке значительного количества радионуклидов в окрестности АЭС.</p> <p>Наверное, можно сделать контеймент потолще (не метр толщиной, а, скажем, два метра), чтобы он выдержал все мыслимые и немыслимые нагрузки, но тогда стоимость АЭС станет заоблачной</p>
<p>Атомные электростанции производят радиоактивные отходы, которые должны быть переработаны или храниться под тщательным контролем долгое время, хотя объем этих отходов невелик</p>	<p>В одной фразе есть ошибочные (или по меньшей мере очень спорных) положения.</p> <p>Самые опасные отходы АЭС — отработавшее ядерное топливо — вовсе не обязательно «должны быть» переработаны. В мире переработано не больше сотой доли образовавшегося на АЭС к 2010 г. более 300 тыс. ОЯТ (ежегодно это количество увеличивается на 10 тыс. т). Атомщики часто утверждают, что ОЯТ — это не отходы, а ценное сырье, из которого в будущем можно получать плутоний и уран. На этот аргумент есть контраргумент:</p>

только очень небольшую часть ОЯТ, которое перерабатывается, можно не считать отходами. Большая часть образующегося ОЯТ, которая недоступна для переработки в обозримом будущем (по разным причинам, в том числе технологическим и экономическим), – это настоящие высокорadioактивные отходы. Говорить о том, что они будут переработаны, никто из современников не имеет права, потому что нельзя принимать решения за грядущие поколения.

«Долгое время», когда плутоний Pu^{239} и Pu^{240} в ОЯТ будут опасными и требуют «тщательного контроля», для первого — более 240 тыс. лет, для второго — более 65 тыс. лет. Атомная энергетика производит такие отходы своей деятельности, за которыми придется присматривать («тщательно контролировать») тысячам грядущих поколений. Есть ли у нас моральное право портить жизнь бесконечной череде будущих поколений? Имеем ли мы моральное право поддерживать такую технологию, которая несет угрозу благополучию человечества?

	<p>Некорректно считать, что объем радиоактивных отходов от деятельности АЭС «невелик». Для того чтобы работала АЭС, нужно добыть уран а значит, получить миллионы тонн отвалов на рудниках или загрязнить геологические горизонты (при подземном выщелачивании урана). При изготовлении из добытого урана топлива для АЭС образуется огромное количество жидких и твердых радиоактивных отходов. При работе АЭС образуются огромные объемы газообразных и аэрозольных радиоактивных отходов. Наконец, весьма значительный объем РАО получается при разборке отработавшей свой срок самой АЭС. По количеству отходов на единицу продукции атомная энергетика, пожалуй, занимает первое место не только среди всех других способов производства электроэнергии, но и вообще среди всех отраслей промышленного производства.</p> <p>[5]</p>
<p>Простое захоронение этих (высокоактивных РАО.) отходов в подходящем месте под землей в глинистом слое делает их безвредными</p>	<p>«Простое захоронение под землей делает их безвредными» — именно так говорят атомщики больше 50 лет. На безрезультатные поиски такого «подходящего» места, которое обеспечило бы безопасность</p>

	<p>высокоактивных РАО на весь период их опасной радиоактивности, в разных странах потрачены многие миллиарды долларов. Строящиеся подземные хранилища в Швеции и Финляндии (и планируемые во Франции, США, Великобритании, Японии и России) рассчитаны не на ЗАХОРОНЕНИЕ, а на ХРАНЕНИЕ РАО на первые столетия. Как поведут себя материалы оболочек, в которые заключены РАО за это время, никому не известно. Напомню, что даже стальная, толщиной до 20 см, стенка реактора становится через какое-то время хрупкой под влиянием облучения.</p> <p>Получается, что проблему безопасного обращения с РАО атомщики перекладывают на следующие поколения. Такое «решение» вряд ли можно считать приемлемым.</p>
<p>Около 97% отходов регенерируются и возвращаются в цикл. Это дорогостоящее, но экологически выгодное решение, потому что в итоге остается только 3% от первоначального объема отходов</p>	<p>Голубая мечта атомщиков — создание так называемого замкнутого ядерного топливного цикла, в котором побывавшее однажды в реакторе и отработавшее атомное топливо перерабатывается («регенерируется»): образовавшиеся там плутоний и уран выделяются и используются вновь.</p>

Для такого цикла нужны реакторы, которые могли бы использовать уран-плутониевое топливо (МОКС-топливо). Эксперименты по использованию МОКС(топлива в обычных реакторах дают неоднозначные результаты (может нарушаться устойчивость работы реакторов, т. е. повышается их опасность—увеличиваются газоаэрозольные радиоактивные выбросы и др.). В мире перерабатывается не более 25% (в России — 15%).

Стоимость переработки ОЯТ в среднем в мире составляет около 500 евро за один килограмм тяжелого металла.

Огромной трудностью становится получение чистого, свободного от примесей других долгоживущих радионуклидов, урана и плутония после второй регенерации.

По-видимому, даже чисто технологически, без резкого увеличения степени опасности атомной энергетики и удорожания топлива использование МОКС-топлива окажется бесперспективным.

<p>Атомная электростанция производит примерно 15 кубометров твердых радиоактивных отходов в год, большая часть которых имеет короткий срок жизни, и эти отходы частично могут быть регенерированы</p>	<p>Любая АЭС производит ежегодно десятки тонн ОЯТ, которое в большинстве стран считается отходами, поскольку его даже не планируется перерабатывать (например, в США, Германии, Швеции, Швейцарии, Испании, Финляндии и других странах). Там же, где некоторая часть ОЯТ перерабатывается («регенерируется») в небольших масштабах (например, в России, Франции, Великобритании, Японии, Китае, Индии), при переработке возникает огромное количество не только отходов с «коротким сроком жизни», но и долгоживущих отходов, которые будут опасно активны практически вечно.</p>
<p>Мы кричим об отходах от переработки ядерного топлива, да нам следовало бы использовать такие отходы для эффективной охраны красивейших мест на Земле. Кто посмел бы вырубать лес, в котором находится хранилище отходов?</p>	<p>Трудно воспринять всерьез идею об использовании высокоактивных РАО для защиты «красивейших мест на Земле». В результате такой «защиты» эти места потеряют свою привлекательность (не говоря уже о неизбежной трансформации этих самых красивейших мест в результате мутагенного влияния дополнительного излучения на окружающую живую природу). Впрочем, эту идею — использование опасных РАО как</p>

	<p>барьеров защиты — развил несколько лет назад скандальный российский политик В. Жириновский. В телевизионной дискуссии со мной об опасности ОЯТ он предложил поместить высокорadioактивные РАО на границу России с Китаем. Впрочем, наивно думать, что никто бы не «посмел» нарушить такую radioактивную охрану: и radioактивные чернобыльские леса тайно вырубаются, и radioактивный металлолом с Чернобыльской АЭС растаскивается и продается. Даже РИТЕГи (radioактивные термоэлектрогенераторы для автономного снабжения электроэнергией маяков) «раскурочивают», несмотря на смертельную опасность этого.</p>
<p>Пока люди на земле не смогут сознательно отказаться от войны как продолжения политики, мы должны прилагать все меры, чтобы ограничить распространение ядерных вооружений. Способствовать этому могут Договор о нераспространении ядерного оружия (NPT) и разработка</p>	<p>Все последние десятилетия лучшие умы атомщиков безуспешно пытаются найти «такие ядерные технологии, которые обеспечат нераспространение». Генеральный секретарь ООН К. Аннан, на сессии ООН по нераспространению атомного оружия в 2005 г. отметил, что все три колонны, на которых держится Договор о нераспространении ядерного оружия (собственно нераспространение</p>

<p>только таких ядерных технологий, которые обеспечат нераспространение</p>	<p>ядерного оружия, ядерное разоружение и мирное использование атомной энергии) «дали трещины» . Трагедия для всего мира в том, что создание АЭС в какой-то стране сегодня предопределяет возможность создания в этой стране ядерного оружия.</p> <p>Исправить роковое для мира решение развивать атомную энергетику на той же основе, что и атомное оружие (на основе расщепления урана), атомщики могут, только перейдя от урановой к ториевой энергетике. При использовании тория в качестве делящегося материала в атомном реакторе не возникает плутония. Ториевая атомная энергетика теоретически возможна, но практически неосуществима из-за необходимых колоссальных базовых затрат.</p>
<p>Нет другой экологически чистой альтернативы ископаемым топливам...</p>	<p>Есть не одна альтернатива атомному электричеству. Прежде всего-энергосбережение. Сейчас АЭС дают около 13% всего электричества в мире (около 4% всей производимой энергии).</p> <p>Резервы энергосбережения в целом по миру составляют не менее 20–25%, а в таких странах, как Россия - около 40%. Энергосбережение - самая</p>

дешевая и надежная альтернатива АЭС, вложенный в энергосбережение, дает в 3–4 раза больше электроэнергии и существенно больше уменьшает выбросы углекислого газа, чем рубль, вложенный в строительство АЭС.

Среди возобновляемых источников есть «экологически чистые альтернативы ископаемым топливам...». Атомщики презрительно относятся к возможностям ветровой энергетики. И напрасно. Например, на Кольском полуострове резервы ветроэнергетики в четыре раза больше, чем полная мощность Кольской АЭС. Эффективность ветровых энергоустановок в последние годы резко увеличивается, а стоимость — заметно снижается.

Стали очевидными колоссальные возможности экологически чистой солнечной термальной энергетики. Уже начал осуществляться проект строительства в Сахаре термальных солнечных электростанций, способных в перспективе дать Европе до 30 % необходимой электроэнергии. Россия могла бы договориться с Казахстаном об использовании таким же образом

приаральских пустынь и получать оттуда электроэнергию, эквивалентную производимой на многих АЭС. Среди перспективных экологически чистых источников электричества – приливные электростанции (с подводными турбинами), способные давать колоссальное количество электроэнергии на любом побережье Мирового океана. Сооружение таких электростанций уже началось в 2011 г. в Великобритании.

Неисчерпаемым и неизмеримо более экологически чистым, чем атомная, может стать низкотемпературная геотермальная энергетика. С помощью технологии «теплового насоса» можно превращать в электричество тепло Земли (закачивая воду в одну скважину на глубину сотен метров и получая подогретую недрами воду в другой — в любом месте на поверхности земли). Уже сейчас с помощью тепловых насосов отапливаются за счет тепла первых метров от поверхности земли десятки тысяч домов в Европе и Северной Америке.

Все такие технологии уже существуют, и их промышленное

	<p>освоение зависит только от политической воли. Если бы на развитие возобновляемых энергоисточников была выделена половина средств, которые выделяются сегодня на поддержку атомной энергетики — об атомной энергетике можно было бы забыть, как о страшном сне.</p>
<p>Ядерная энергия в сочетании с другими альтернативными источниками, такими, как энергия солнца, геотермальное тепло, энергия ветра и воды, остаются единственными безопасными и экологически дружественными средствами в разрешении мирового энергетического кризиса</p>	<p>Никакого «мирового энергетического кризиса» пока нет — производство электроэнергии в мире устойчиво растет. Кризис прогнозируется при условии, что в пределах нескольких десятков лет могут быть исчерпаны запасы нефти (возможно, через 20–30 лет), газа (возможно, через 50–60 лет) и урана (через 60–70 лет). Эти прогнозы чисто теоретические, без учета постоянного технического прогресса. Резко растет энергоэффективность (при меньших затратах энергии получается больше продукции), промышленно осваиваются новые источники энергии (в последнее десятилетие, например, сланцевый газ и солнечная термальная энергия). «На подходе» промышленное освоение низкотемпературной</p>

	геотермальной (неисчерпаемые резервы — в любом месте планеты) и приливной (подводные турбины у берегов).
--	--