

# Программа курса «Практическая биогеохимия и экология» (для 8–11-х классов)

А.С. Саввичев

Экологическое образование считается приоритетным направлением в области образования. Программа курса построена, исходя из классического понимания экологии как научного направления. При этом изучение экологии позволяет, по нашему мнению, не только понять законы и методы познания «взаимодействия живых организмов друг с другом и с окружающей их внешней средой», но и выработать «гуманистическое мировосприятие».

Кроме того, одним из методов вдумчивого познания жизни природы является *решение исследовательской задачи*. В процессе решения такой задачи учащийся сталкивается с множеством вопросов об устройстве живого мира. Ответы на них могут быть получены лишь при пополнении знаний, а решение задачи требует комплексного научного подхода. Для формирования экологического воспитания нет специальных приёмов и методов, необходим непрерывный круглогодичный комплекс мероприятий.

Программа включает в себя несколько отдельных курсов, объединённых задачей организации учебно-исследовательской деятельности учащихся.

## Курс: «Методы анализа природных соединений (воды, почвы, растения)»

Программа курса составлена для проведения химического практикума. **Цель практикума** — познакомить учащихся с основами аналитической химии, дать представление о правилах работы в химической лаборатории, предоставить возможность самостоятельно обработать полевой материал, полученный в экспедициях. Особенность этого курса — незначительное количество теоретических (лекционных) занятий, отсутствие лабораторных работ (в классическом понимании). Основная часть времени посвящена обработке собственных материалов.

**Предметная область курса** «Методы анализа природных соединений» — исследовательская деятельность школьников в области экологии. Предметная сфера — практическая экология, основы геологических знаний, методы анализа природных соединений, позиции научного творчества, активация мотивов получения знаний и навыков.

Программа дополнительного образования «Методы анализа природных соединений» рассчитана на разновозрастный коллектив школьников 9–11-х классов (группа до 12 человек), прошедших предварительный курс по основам общей экологии и аналитической химии в рамках программы дополнительного образования (8-й класс).

**Календарный план занятий** формируется на основе личных творческих планов учащихся.

Реализация программы дополнительного образования «Методы анализа природных соединений» предполагает наличие у коллектива химической лаборатории на шесть индивидуальных рабочих мест. Основное оборудование является стандартным для лаборатории аналитической химии.

### Тематический план

#### Часть 1. Введение в аналитическую химию

Понятие о количественном анализе. Классификация методов количественного анализа: весовой анализ, объёмный (титриметрический) анализ, газовый объёмный, седиментационный объёмный. Подготовка пробы (вещества) к анализу, отбор средней пробы. Подготовка пробы для взвешивания, пересчёт на сухое вещество. Взвешивание: устройство аналитических весов, техника взвешивания на аналитических весах, правила обращения с аналитиче-

скими весами, запись результатов анализа.

Основы объёмного анализа: сущность объёмного анализа, определяемое вещество, реагент, титрование, стандартный (эталонный) раствор, титрант. Правило эквивалентности, точка эквивалентности и конечная точка титрования. Реагенты, используемые в объёмном анализе. Условия титрования. Классификация методов объёмного анализа. Общее уравнение реакции титрования и выводы из него. Общие приёмы титрования: прямое титрование, обратное титрование.

Техника химического эксперимента в объёмном анализе. Измерение объёмов растворов. Посуда, применяемая для измерения объёмов растворов: мерные колбы, пипетки, бюретки. Определение объёма капли растворителя. Приготовление стандартных растворов. Грамм-эквивалент. Установка титра раствора при помощи установочного вещества. Приготовление титрованных растворов по «фиксаналу». Вычисления в объёмном анализе. Концентрация растворов и способы её выражения. Способы вычисления в объёмном анализе. Индикаторы. Внутренние и внешние индикаторы. Классификация индикаторов.

Основы весового анализа. Классификация методов весового анализа: методы выделения, методы осаждения и отгонки. Расчёты в весовом анализе. Техника осаждения, количество растворителя и количество осадителя. Осаждение, фильтрование и промывание осадков, промывание осадка на фильтре. Получение весовой формы, сжигание влажного фильтра с осадком.

### **Часть 2. Анализ природных вод**

Классификация химического состава природных вод. Правила отбора проб на общий анализ воды. Способы отбора проб воды. Отбор специальных проб воды (кислород, растворённое железо, сероводородные воды). Методы химического анализа воды: анализ ультрапресных, пресных, слабосолёных, солёных и сильносолёных вод.

Физические свойства вод: прозрачность, взвешенные вещества, осадок и изменение воды при стоянии пробы, цветность воды, запах, вкус. Плотность (удельный вес), определение ареометром и пикнометром. Основные показатели, характеризующие состояние воды: температура, концентрация водородных ионов (рН), способы определения рН. Окислительно-восстановительный потенциал.

Определения основных значимых газов — компонентов природных вод (углекислота (CO<sub>2</sub>), кислород (O<sub>2</sub>), сероводород (H<sub>2</sub>S)). Макрокомпоненты природных вод: аммоний-ион, гидрокарбонат- и карбонат-ионы, общая щёлочность, жёсткость воды, кальций и магний ионы. Микрокомпоненты природных вод.

### **Часть 3. Специальная обработка почвенных и растительных проб для анализа содержания в них микроэлементов**

Сухое озоление проб, работа с муфельной печью (взвешивание, доведение до сухого веса, расчёт зольности обработанного материала). Сведения о мокром озолении (работы с плавиковой и хлорной кислотами в рамках настоящей программы не предусмотрены). Доозоление материала концентрированной азотной кислотой. Количественный перенос материала в хлористо-водородную вытяжку.

Атомно-абсорбционный анализ (экскурсия). Отражение текущих и итоговых данных в рабочем журнале. Способы конструирования рабочих таблиц во время работы с промежуточными данными.

## **Курс: «Основы биогеохимии»**

Программа курса составлена для проведения цикла лекций, докладов и семинаров. **Цель программы** — познакомить учащихся с **основами биогеохимии** как современного научного направления.

### **Тематический план**

**1. Биогеохимия как наука.** Понятие о биосфере. Границы биосферы — распространение жизни в тропосфере, мировом океане, почве, глубинной литосфере. Понятие о ноосфере.

В.И. Вернадский — основатель биогеохимии как науки и как мировоззренческого взгляда на жизнь. Понятие о фотосинтезе как глобальном биогеохимическом процессе. Свободный кислород и восстановленное органическое вещество — глобальные аккумуляторы солнечной энергии. Ранний и современный газовый состав атмосферы. Эволюция атмосферы согласно долевого содержанию свободного атмосферного кислорода. Озоновый слой.

**2. Кислородный геохимический барьер.** Анализ состояния глубинных слоёв биосферы как зоны «восстановленного состояния». Сероводород, двухвалентное железо и марганец в зонах контакта с кислородным слоем. Формирование месторождений на участках кислородного барьера.

Литотрофные бактерии (тионовые, железобактерии) — их роль в окислении сероводорода, железа, марганца. Органическое вещество в земной коре. Образование органического вещества, его состав. Деструкция органического вещества в разных ландшафтных зонах. Запасание и депонирование органического вещества при частично незамкнутых циклах углерода. Образование торфов, сланцев, углей, нефти. Гумусовые, углистые и битумные вещества осадочных пород как главный депонент органического углерода. Расход органического вещества на процессы бактериальной сульфатредукции. Замкнутость геохимического процесса серы и продукция биогенного сероводорода.

**3. Сероводородный геохимический барьер.** Образование нерастворимых сульфидов в зоне контакта растворов металлов (железо, уран, молибден, медь, свинец, цинк) с сероводородом. Образование «ураноносных» и «медистых» песчаников в водоносных горизонтах прошлых эпох. Сульфиды как аккумуляторы энергии. Пирит — главный геохимический аккумулятор.

**Закон Вернадского** — миграция химических элементов на земной поверхности и в биосфере в целом осуществляется или при непосредственном участии живого вещества, или же протекает в среде, геохимические особенности которой обусловлены живым веществом, как тем, которое в настоящее время населяет биосферу, так и тем, которое действовало на Земле в течение всей геологической истории.

Испарение воды как аккумуляция солнечной энергии. Образование солончаков на испарительном капиллярно-грунтовой барьере. Расход солнечной энергии на раздробление твёрдого вещества и увеличение его суммарной поверхности. Коллоидная и тонкодисперсные фазы в биокосном веществе биосферы. Поверхностная энергия коллоидов как способность к сорбции различных соединений из проточных вод. Естественные сорбционные барьеры: гидрокислы железа, медные глины.

**4. Понятие о биологическом круговороте атомов.** Ассимиляция простых соединений и образование. Простейшие биохимические схемы синтеза. Минерализация биополимеров как необходимое звено круговорота биогенных элементов. Углекислота, вода и аммиак как ключевые вещества итогов минерализации.

Участники трофической пирамиды: продуценты, консументы, деструкторы. Цикл углерода — его замкнутая и открытая части. Закон биологического круговорота атомов.

Окислительно-восстановительная зональность. Зональность на примере евтрофного озера: фотический слой, зона термоклина, анаэробная зона как зона деструкции органического вещества. Окислительно-восстановительная зональность на примере меромиктических озёр, болот, морских осадков. История сероводородной зоны Чёрного моря. Повышенная активность процессов в зонах окислительно-восстановительного скачка.

Круговорот воды. Океаны как основной депозит воды. Уникальность и ценность пресных запасов в озёрах и ледниках. Испарение воды. Осадки и речной сток. Работа рек.

Геохимическое единство биосферы. Единые структурно-функциональные составляющие биосферы (органическое вещество, биогенные макроэлементы). Оазисы жизни с точки зрения биогеохимии — апвеллинги, литораль, морской шельф, лессовые и припойменные почвы. Прогрессивная дифференциация химических элементов — процесс накопления информации.

История Земли как процесс чередования информационных взрывов. Захоронение ин-

формации в определённые эпохи геологической истории. Общая историческая тенденция биосферы — увеличение информации.

**5. Структурные единицы биосферы.** Почва — верхний слой земной коры — особое природное тело, состоящее из твёрдых, жидких, газообразных веществ, живых организмов и их останков, тесно между собой связанных и взаимно обусловленных. Илы материковых и океанических водоёмов как аналог почвы — явление диагенеза.

Понятие ландшафта как единицы биосферы, включающей биокосные тела и живое вещество в единой совокупности. Важнейшие показатели живого вещества ландшафта: общая биомасса «Б» и ежегодная продукция «П». Коэффициент рентабельности  $K = \lg\langle П \rangle / \lg\langle Б \rangle$ . Эволюция растительного покрова на планете, прогрессивное повышение «К».

Культурные ландшафты, возрастание «К», незамкнутость культурных ландшафтов. Влажные тропики — ландшафт наибольшей работы живого вещества и резкого дефицита подвижных элементов. Кисло-таёжные ландшафты — замедленная биогеохимическая модель влажных тропиков. Полесье — лесисто-болотистые песчаные равнины — зоны особого дефицита подвижных элементов. Влияние дефицита кобальта, фтора, меди, молибдена, йода на состояние живого вещества. Применение минеральных удобрений. Кальциевый ландшафт. Мерзлотные ландшафты. Стронциевый ландшафт. Степи — ландшафты быстрого круговорота атомов.

Основные характеристики быстрого круговорота: высокая продукция и деструкция, обилие микроорганизмов, нейтральная кислотность. Кальций — типоморфный элемент степного ландшафта. Субтропические степи — ландшафты крайне быстрого, сезонно ограниченного биологического круговорота.

Геохимические методы поиска рудных месторождений. Классический геологический поиск — поиск поверхностных месторождений. Представления В.И. Вернадского о неминеральной рассеянной форме нахождения химических элементов в земной коре. Определение рудных тел по первичным ореолам рассеяния. Вторичные — ландшафтные — ореолы рассеяния.

**6. Ноосфера — новое геологическое явление на планете,** при котором человек становится крупнейшей геологической силой. Принципиальная разница геохимической деятельности животных, растений, микроорганизмов, с одной стороны, и человека — с другой. Главное существенное отличие ноосферы от биосферы — огромное ускорение развития. Технофильность химических элементов. Общая тенденция использования человеком химических элементов.

Понятие о «кларках» — показателях распространённости элементов в земной коре. Влияние кларка и степени геохимической рассеянности на использование человеком химических элементов в разные эпохи.

## Литература

1. Вернадский В.И. химическое строение биосферы земли и её окружения. М., 1965.
2. Заварзин Г.А. Бактерии и состав атмосферы. М., 1984.
3. Лапо А.В. Следы былых биосфер. М., 1987.
4. Лархер В. Экология растений. М., 1978.
5. Лисицын А.П. Потоки вещества и энергии в океане и их биогеохимическое значение // Биогеохимия океана. М., 1983.
6. Методы определения микроэлементов в почвах, растениях и водах / Под ред. А.Г. Важенкина. М., 1974.
7. Одум Ю. Экология: В 2-х т. М., 1986.
8. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М., 1975.