

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГАОУ ВО "Новосибирский национальный  
исследовательский государственный университет"**

**Факультет естественных наук**

УТВЕРЖДАЮ



Декан ФЕН НГУ, профессор

Резников В.А.

« 29 » августа 2014 г.

**Экологическая гидрохимия**  
Программа специального курса

**Специальность 020201 «Фундаментальная и прикладная химия»**

Специализация

**Химия окружающей среды, химическая экспертиза и экологическая безопасность**

Квалификация выпускника

**Специалист**

Форма обучения

**Очная**

Курс 4–й, VII семестр

Учебно-методический комплекс

УМК подготовлен в рамках реализации Программы развития НИУ-НГУ при поддержке ГК № 16.512.11.2160

© Новосибирский государственный университет, 2014

### *Содержание:*

Аннотация рабочей программы	3
1. Цели освоения дисциплины	3
2. Место дисциплины в структуре ООП	3
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины "Экологическая гидрохимия"	4
4. Структура и содержание дисциплины:	4
Рабочий план	4
Содержание отдельных разделов и тем (Программа курса лекций)	4
5. Образовательные технологии	6
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины	7
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	8
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины	8

## **Аннотация рабочей программы**

Дисциплина «Экологическая гидрохимия» относится к вариативной части (дисциплины специализации) профессионального цикла ООП по специальности подготовки 020201 «Фундаментальная и прикладная химия» (специалист), специализация «Химия окружающей среды, химическая экспертиза и экологическая безопасность». Дисциплина реализуется кафедрой химии окружающей среды на факультете естественных наук Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (НГУ).

В основу дисциплины положен традиционный курс "Гидрохимия", читаемый в ряде вузов России. Кроме того, определенный уровень знаний по вопросам химии водных растворов студенты приобретают ранее в общих курсах по физической химии, неорганической химии, химической термодинамике. Новизна данного курса заключается в системном подходе к химическим превращениям в природных водах с учетом роли биотических факторов формирования химического состава природных вод. Она дополняется рассмотрением самих превращений на уровне химических форм. Это позволяет, с одной стороны, отразить прямые и обратные связи в системе организмы – окружающая среда, с другой – более конструктивно использовать достижения химии для характеристики состояния вещества и его изменений в природных водах. Близкие направления содержатся в новых курсах смежных дисциплин (напр., "Экологическая геология"), возникших в последние годы в ведущих университетах России (МГУ, СПбГУ) и за рубежом. Это определяет актуальность данного курса для студентов, выбравших специализацию "химия окружающей среды", тем более, что при подготовке химиков в НГУ не предусмотрен курс традиционной гидрохимии.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника общекультурных компетенций: ОК-15; профессиональных компетенций: ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-21, ПК-23 выпускника, а также компетенций, обусловленных основным содержанием дисциплины.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа студента, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль посещения лекций, контрольные работы, итоговый контроль в форме экзамена. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 академических часа. Программой дисциплины предусмотрены 32 часа лекций, 36 часов самостоятельной работы студентов, остальное – различные формы контроля и оценки знаний.

### **1. Цели освоения дисциплины.**

Дисциплина "Экологическая гидрохимия" предназначена для студентов-химиков факультета естественных наук, специализирующихся по химии окружающей среды.

**Целью** освоения дисциплины является ознакомление студентов с современными подходами и методами химико-экологических исследований природных вод в их естественном и нарушенном состоянии.

**Задачи курса:** приобретение теоретических знаний об эволюции химического состава гидросферы, ее современной структуре, факторах формирования состава вод атмосферы, поверхностных, подземных, океанических вод, проблемах их загрязнения, нормирования и контроля; ознакомление с современными методами оценки состояния веществ в природных водах; приобретение практических навыков химико-экологических исследований природных вод.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Экологическая гидрохимия» является частью профессионального цикла ООП, вариативная часть (дисциплины специализации) при подготовке по специальности 020201 «Фундаментальная и прикладная химия», специализация «Химия окружающей



1	Теоретические основы гидрохимии	1-6	12	5			
2	Гидрохимия атмосферных осадков, поверхностных, подземных и океанических вод	7-11	10	5	2		Контрольная работа
3	Химические загрязнения. Проблемы нормирования и контроля состояния гидросферы	12-16	10	5			
				21		2	Экзамен
	Итого по курсу: 72 ч	17	32	36	2	2	

### Содержание отдельных разделов и тем.

**В разделе 1** рассматриваются теоретические основы гидрохимии: эволюция и современная структура гидросферы; представления В.И.Вернадского о роли живого вещества и его биогеохимических функциях; общая характеристика состава природных вод и факторов его формирования; химические превращения в природных водах.

#### **Тема 1. Экология и гидрохимия**

Вода в Биосфере. Происхождение и генетическая взаимосвязь природных вод, гидрологический цикл. Массы и оборачиваемость океанических, подземных, поверхностных вод, вод атмосферы и в организмах. Биогеохимические функции живого вещества (по В.И.Вернадскому). Вода в техносфере. Предмет, объекты и задачи экологической гидрохимии.

#### **Тема 2. Общая характеристика состава природных вод.**

Природные воды как многокомпонентный раствор. Свойства воды как растворителя и их значимость для функционирования наземных и водных экосистем. Растворимость газов, минеральных и органических веществ в подземных, поверхностных, почвенных и атмосферных водах, влияние внешних факторов. Классификации природных вод.

#### **Тема 3. Газовый состав природных вод.**

Абиотические и биотические факторы формирования газового состава подземных, поверхностных, атмосферных вод. Газовые биогеохимические функции живого вещества. Кислород, азот, диоксид углерода, сероводород, метан в природных водах, аэробные и анаэробные процессы.

#### **Тема 4. Кислотно-основные равновесия в природных водах.**

Реакции диссоциации и гидролиза минеральных и органических веществ в сложных водных растворах. Буферная емкость (по рН) и системы ее поддержания в природных водах. Карбонатная система в атмосферных, поверхностных и почвенных водах, связь с продукционно-деструкционными процессами. Пространственная и временная динамика рН в водных экосистемах.

#### **Тема 5. Окислительно-восстановительные превращения в природных водах.**

Роль окислительно-восстановительных реакций в миграции веществ в природных водах. Потенциал-задающие системы в аэробных и анаэробных условиях, термодинамические и кинетические аспекты. Диаграммы  $p\varepsilon$ -рН, формы азота, серы, железа, ртути в природных водах. Влияние биотических процессов на формирование окислительно-восстановительной обстановки в подземных, почвенных, поверхностных водах.

#### **Тема 6. Процессы комплексообразования в природных водах.**

Неорганические и органические лиганды в океанических, пресных и почвенных водах. Роль процессов комплексообразования в миграции металлов и их воздействии на живые организмы, пространственная и сезонная динамика. Химико-термодинамическое

моделирование состояния растворенных в природных водах веществ на уровне химических форм.

**Раздел 2** посвящен более детальному описанию химического состава и факторов его формирования для отдельных разделов гидросферы; специальное внимание уделяется действию биотических процессов. В этом же разделе рассматриваются примеры загрязнений атмосферных осадков, речных, озерных, подземных и океанических вод.

#### **Тема 7. Экологическая гидрохимия атмосферных осадков.**

Общая характеристика состава атмосферных осадков и их роли в переносе веществ в Биосфере. Глобальные, региональные и локальные факторы формирования их состава. Ионный состав и кислотность осадков, воздействие техногенеза, проблема "кислотных осадков". Микрокомпоненты в осадках.

#### **Тема 8. Экологическая гидрохимия рек.**

Источники питания и основные процессы формирования речных вод. Пространственная и сезонная динамика минерализации, содержания взвешенных и органических веществ, биогенных элементов и растворенных газов в речных водах. Речной сток в переносе и трансформации веществ в Биосфере. Загрязнения рек, их источники и возможные последствия для наземных и водных экосистем.

#### **Тема 9. Экологическая гидрохимия озер и водохранилищ.**

Влияние физико-географических факторов на химический состав озерных вод. Озера как гидроэкосистемы, роль биотических факторов в пространственной и временной динамике химического состава озерных вод. Автохтонные и аллохтонные биогенные вещества. Схемы баланса веществ в озерах и водохранилищах. Оценка продукционно-деструкционных характеристик биогидроценоза по динамике кислорода и рН. Эвтрофирование, причины, последствия.

#### **Тема 10. Грунтовые и артезианские воды.**

Факторы формирования химического состава подземных вод. Грунтовые воды выщелачивания и континентального засоления. Зоны активного и затрудненного водообмена. Минерализация, газовый состав и органические вещества в артезианских водах. Макро- и микрокомпоненты соленых и рассольных вод.

#### **Тема 11. Экологическая гидрохимия морей и океанов.**

Химический состав океанических и морских вод, связь с соленостью. Гидрохимическая структура океана. Вещественный обмен океанических вод с атмосферой и донными отложениями. Системы химических равновесий в океанических водах, абиотические и биотические факторы. Загрязнения океана, их источники.

**Раздел 3** посвящен проблемам экологических последствий загрязнения природных вод.

#### **Тема 12. Химические загрязнения природных вод.**

Определение загрязнения гидросферы. Трансформация (на уровне химических форм) загрязняющих веществ в природных водах в зависимости от их состава. Влияние превращений поллютантов на их миграцию и воздействие на водные организмы.

#### **Тема 13. Проблемы нормирования и контроля качества природных вод.**

Принципы и методы контроля загрязняющих веществ в окружающей среде. Санитарно-гигиенические и экологические нормативы качества природных вод. Сфера применения существующей системы контроля загрязняющих веществ в гидросфере.

#### **Тема 14. Химико-экологический мониторинг состояния гидроэкосистем.**

Понятие состояния гидроэкосистемы. Функционирование гидроэкосистем в естественном и нарушенном состояниях, влияние на процессы формирования качества воды. Научные основы мониторинга (система наблюдений, оценки и прогноза) состояния водных экосистем.

## 5. Образовательные технологии

В курсе предусматриваются традиционные лекционные системы обучения, использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий. Формы организации учебного процесса – лекции и самостоятельная работа студента. Каждое лекционное занятие содержит элементы диалога преподавателя со студентами, поскольку каждый из участников – студенты или преподаватель имеют право задавать вопросы в ходе решения задачи и участвовать в ее разборе. Таким образом, на лекциях реализуется интерактивная форма обучения.

В случае возникновения у студента трудностей с усвоением лекционного материала или решением задач предусмотрены также индивидуальные занятия во внеучебное время.

Преподаватель курса является действующим специалистом в области экологической гидрохимии. В связи с этим студентам часто предлагается решать не умозрительные шаблонные задачи, а задачи, построенные на реальных объектах, приближенных к практике научных исследований.

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

По материалам прослушанных лекций студенты получают задания для самостоятельной работы. Их выполнение оценивается в ходе индивидуальных собеседований.

*Перечень примерных контрольных вопросов и задач для самостоятельной работы*

1. В задании приведены конкретные параметры (температура, химический состав, pH и др.) образца природной воды. Используя классификации природных вод А.И.Перельмана и А.О.Алекиной, сделайте заключение о гидрохимическом типе данной воды.

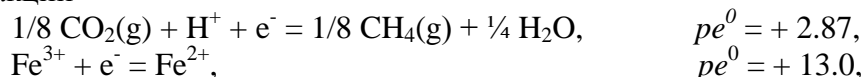
2. По данным химического анализа пробы природной воды выскажите и обоснуйте суждение о месте ее отбора (дождевая, озерная, почвенная, подземная; аридная зона или зона избыточного увлажнения для континентальных вод; для дождевых вод – фоновая или загрязненная территория, характер загрязнения и т.п.)

3. Оцените насыщенность воды в пресном водоеме по  $\text{CaCO}_3$  ( $\text{PP} = 3.8 \cdot 10^{-9}$ ) в придонных слоях ( $\text{pH} = 7.0$ ) и на поверхности ( $\text{pH} = 9.0$ ) при  $\text{Alk}_{\text{карб}} = 1 \cdot 10^{-3}$  М и  $[\text{Ca}]_{\text{общ}} = 5 \cdot 10^{-4}$  М, приняв значения констант диссоциации  $\text{H}_2\text{CO}_3$ :  $K_1 = 4.3 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_2 = 4.7 \cdot 10^{-11}$ .

4. Оцените направленность потока  $\text{CO}_2$  на границе атмосфера – пресный водоем в летний период при pH, равном 7 и 9, используя значения констант диссоциации  $\text{H}_2\text{CO}_3$ :  $K_1 = 4.3 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_2 = 4.7 \cdot 10^{-11}$ , константы Генри  $k_2 = 0.0355$  моль  $\text{дм}^{-3}$   $\text{атм}^{-1}$ ,  $p(\text{CO}_2) = 3.3 \cdot 10^{-4}$  атм,  $\text{Alk}_{\text{карб}} = 1 \cdot 10^{-3}$  М.

5. Рассчитайте равновесное значение pH поверхностной воды, контактирующей с атмосферой, при  $\text{Alk}_{\text{карб}} = 1 \cdot 10^{-3}$  М. В численном расчете используйте значения константы Генри  $k_2 = 0.0355$  моль  $\text{дм}^{-3}$   $\text{атм}^{-1}$ ,  $p(\text{CO}_2) = 3.3 \cdot 10^{-4}$  атм,  $K_1(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4.3 \cdot 10^{-7}$ . Чем объяснить наблюдаемое на практике в летний период более высокое значение pH на поверхности, и более низкое – в придонных слоях озерных вод?

6. В анаэробных условиях вода с  $\text{pH} = 7.0$  находится в равновесии с газовой фазой, содержащей 65% метана и 35% диоксида углерода. Основываясь на справочных данных для реакций



рассчитайте соотношение концентраций окисленной и восстановленной форм железа.

7. Оцените соотношение неорганических растворенных форм свинца в пресной воде, содержащей  $10^{-4}$  М хлоридов при pH 6 и 8, учитывая возможность образования комплексов  $\text{PbOH}^+$  ( $\lg \beta_1 = 7.52$ ),  $\text{PbCl}^+$  ( $\lg \beta_1 = 1.62$ ). Как изменится распределение этих форм при поступлении речной воды в океан ( $[\text{Cl}^-] = 0.55$  М)?

8. Рассчитайте концентрацию ионов  $\text{Cu}^{2+}$  в растворе природной воды приведенного состава с использованием данных по константам устойчивости комплексов с неорганическими лигандами и органическими веществами, валовому содержанию Cu. Принимая, что при  $p\text{Cu} > 10$  наблюдается угнетение ряда видов фитопланктона, оцените степень токсичности меди в данном водоеме для гидробионтов при pH воды, равном 7 и 9.

*Образцы вопросов для подготовки к экзамену*

1. Происхождение, эволюция и взаимосвязь вод биосферы, гидрологический цикл. Общая характеристика и факторы формирования химического состава природных вод.
2. Биогеохимические функции живого вещества (по В.И.Вернадскому) и роль биотических процессов в формировании химического состава поверхностных и почвенных вод.
3. Природные воды как многокомпонентные растворы. Принципы классификации природных вод по В.Т.Вернадскому, А.И.Перельману, О.А.Алекину.
4. Газовый состав природных вод, абиотические и биотические факторы формирования.
5. Кислотно-основные равновесия в природных водах. Буферная емкость (по pH) и системы ее поддержания.
6. Карбонатная система в поверхностных водах, связь с биотическими (продукционно-деструкционными) процессами.
7. Окислительно-восстановительные процессы в природных водах, диаграммы  $p\text{e}$ -pH. Потенциал-задающие системы в аэробных и анаэробных условиях.
8. Роль биотических процессов в формировании окислительно-восстановительной обстановки в поверхностных, почвенных, подземных водах.
9. Процессы комплексообразования в природных водах, их значимость для миграции элементов. Неорганические и органические лиганды в океанических, пресных и почвенных водах.
10. Процессы формирования состава речных вод, роль абиотических и биотических факторов. Минерализация, газовый режим, микроэлементы, растворенное органическое вещество в речных системах. Роль речного стока в биогеохимических циклах элементов в биосфере.
11. Озера как гидрозкосистемы. Влияние абиотических и биотических факторов на пространственную и сезонную динамику состава озерных вод. Баланс веществ в озерных системах. Проблемы эвтрофирования, причины, последствия.
12. Химический состав подземных вод и факторы его формирования. Минерализация, газовый режим, микроэлементы, растворенные органические вещества в подземных водах активного и затрудненного водообмена.
13. Общая характеристика и факторы формирования химического состава атмосферных осадков. Роль атмосферных осадков в переносе веществ в биосфере. Проблема "кислотных дождей".
14. Общая характеристика химического состава морских и океанических вод (ионный состав, растворенные газы, микроэлементы, биогенные вещества, растворенные органические вещества).
15. Вертикальная неоднородность химического состава океанических вод в связи с неоднородностью продукционно-деструкционных процессов.
16. Принципы нормирования качества пресных вод с санитарно-гигиенических и экологических позиций.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

*Основная литература*

1. Никаноров А.М. Гидрохимия. Изд. 2-е (2001).С-Пб.: Гидрометеиздат.
2. Сметанин В.И. Восстановление и очистка водных объектов(2003) М.: КолосС.
3. Прыткова М.Я. Научные основы и методы восстановления озерных экосистем при



- разных видах антропогенного воздействия. (2002) С-Пб.: Наука.
- Исидоров В.А. Экологическая химия. (2001). С.-Пб., Химиздат.
  - Смоляков Б.С. Экологическая гидрохимия (учебное пособие, 2013 г. НГУ, Новосибирск, 87 с.

*Дополнительная литература*

- Алекин О.А., Ляхин Ю.И. Химия океана. (1984) Л.: Гидрометеиздат.
- Перельман А.И. Геохимия природных вод. (1982).М.: "Наука".
- Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. (1987) М.: Мир.
- Тинсли И. Поведение химических загрязнителей в окружающей среде. (1982). М.: Мир.
- Смоляков Б.С. Проблема кислотных выпадений в Западной Сибири. // Химия в интересах устойчивого развития. 10 (2002) 521-545.
- Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в природных поверхностных водах. (1986). Л.: Гидрометеиздат.
- Экологическое нормирование и моделирование антропогенного воздействия на водные экосистемы. Вып. 1. Ред. А.М.Никаноров.(1988). Л.: Гидрометеиздат.
- Кирюхин В.А. Прикладная гидрогеохимия (учебник), 2010 г, СПГТИ (ТУ), СПб, 205 с.

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- Ноутбук, медиа-проектор, экран.
- Программное обеспечение для демонстрации слайд-презентаций.
- Компьютерные программы, в том числе для расчета равновесий в природных водах.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и ОС ВПО, принятым в ФГАОУ ВО Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, с учетом рекомендаций ООП ВПО по специальности «020201 ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ».

Автор: Смоляков Борис Сергеевич, к.х.н., доцент кафедры химии окружающей среды ФЕН НГУ, в.н.с. ИНХ СО РАН

Программа одобрена на заседании кафедры химии окружающей среды "5" июня 2014 г.

Секретарь кафедры к.б.н., доцент

Л. А. Бельченко