

Владимирский государственный университет

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОХИМИЯ
Словарь-справочник

Владимир 2005

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Владимирский государственный университет

Т.А. ТРИФОНОВА, Л.А. ШИРКИН

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОХИМИЯ

Словарь-справочник

Владимир 2005

УДК 550.4(03)
ББК 26.301 я2
Т69

Рецензенты:

Доктор биологических наук, профессор
директор Владимирского научно-исследовательского института
сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук
М.А. Мазиров

Кандидат геолого-минералогических наук, доцент
зав. кафедрой географии Владимирского государственного
педагогического университета
И.А. Карлович

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Владимирского государственного университета

Трифонова, Т. А.

Т69

Экологическая геохимия : словарь-справочник / авт.-сост.:
Т. А. Трифонова, Л. А. Ширкин ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Ред.-
издат. комплекс ВлГУ, 2005. – 140 с. – ISBN 5-89368-000-0.

Основной предмет словаря-справочника – это миграция и трансформация веществ, химических элементов в эколого-геохимических системах. Раскрывается содержание основных понятий, используемых в геохимии ландшафта, биогеохимии, экологии, экотоксикологии и химии почв. Может быть использован при изучении обще-профессиональных дисциплин: «Ландшафтоведение», «Экологическая токсикология», «Техногенные системы и экологический риск», «Экологический мониторинг», «Экология почв», «Геоэкология», «Геохимия и геофизика ландшафтов», «Основы бонитировки и кадастров».

Предназначен для студентов III – V курсов дневной и заочной форм обучения, обучающихся по экологическим специальностям.

УДК 550.4(03)
ББК 26.301 я2

ISBN 5-89368-000-0

© Владимирский государственный
университет, 2005

Оглавление

Предисловие	15
-------------------	----

А

Абиогенный ландшафт	17
Автоморфные почвы	17
Агроландшафт.....	17
Агротехнические методы рекультивации загрязнённых почв.....	18
Агротехногенез	18
Азотфиксирующие бактерии.....	18
Азотфиксация.....	19
Аквальный (субаквальный) ландшафт	19
Активная кислотность почвы	19
Активный биомониторинг	20
Аниогенные химические элементы	20
Анионы обменные	20
Ариднитные растения.....	21
Аспекты геохимической деятельности организмов.....	21
Ассимиляция	21
Атмофильные химические элементы	21
Атмохимический (газовый) метод поиска	21

Б

Бактерии, расщепляющие клетчатку	22
Бактерии-аммонификаторы	22
Барьер экологический	22
Бентос	22
Биогенная миграция химических элементов	23
Биогенное минералообразование.....	23
Биогенность.....	23
Биогенный ландшафт	23
Биогеохимическая активность вида.....	24
Биогеохимическая аномалия	24
Биогеохимическая индикация	24
Биогеохимическая провинция	24
Биогеохимическая специализация растений.....	24
Биогеохимическая формула.....	25
Биогеохимическая эндемия	25
Биогеохимические особенности организмов.....	25

Биогеохимические провинции типа F с сильнощелочными водами.....	25
Биогеохимические провинции типа S с сильнокислыми водами.....	26
Биогеохимические провинции типа V с нейтральными и слабощелочными водами.....	26
Биогеохимические провинции типа W с кислыми и кислыми глеевыми водами.....	27
Биогеохимические процессы.....	27
Биогеохимический анализ.....	28
Биогеохимический метод поиска.....	28
Биогеохимический фильтр почвы (педосферы).....	28
Биогеохимия.....	28
Биоиндикация.....	28
Биологическая устойчивость геосистем.....	29
Биологические методы рекультивации загрязнённых почв.....	29
Биологический круговорот.....	30
Биометилизация.....	30
Биостазия.....	30
Биосфера.....	31
Биотичность.....	31
Биофильность.....	32
Биохимическая активность почв.....	32
Биохимически активное техногенное вещество.....	33
Буферная зона (система) почвы.....	33
Буферность почв.....	34
В	
Виды миграции химических элементов.....	34
Виды поведения загрязняющих веществ в ландшафтах.....	34
Влияние природных ландшафтно-геохимических факторов на геохимию техногенного ландшафта.....	35
Внешние факторы миграции.....	35
Внутренние факторы миграции.....	35
Водная миграция химических элементов в ландшафте.....	35
Воды, бедные растворёнными органическими веществами (род вод).....	36
Воды, богатые растворёнными органическими веществами гумусового ряда (род вод).....	36
Воды, богатые растворёнными органическими веществами нефтяного ряда (род вод).....	36
Воды, промежуточные по содержанию растворённых органических веществ (род вод).....	36
Вторичный (эпигенетический) геохимический ореол рассеяния.....	36
Второй биогеохимический принцип.....	36
Выветривание.....	37
Выщелачивание.....	37

Г

Геохимическая аномалия	37
Геохимическая дыра	38
Геохимическая классификация газов биосферы	38
Геохимическая классификация илов, подводных почв	38
Геохимическая классификация природных вод	38
Геохимическая миграция	38
Геохимическая провинция	39
Геохимическая совместимость техногенных воздействий с направлениями природных процессов	39
Геохимическая устойчивость геосистем	39
Геохимическая устойчивость ландшафта	39
Геохимическая формула	40
Геохимическая экология	40
Геохимически автономный ландшафт (эколого-геохимическая система)	40
Геохимически автономный элементарный ландшафт	40
Геохимически подчинённый ландшафт (эколого-геохимическая система)	40
Геохимически подчинённый элементарный ландшафт	41
Геохимические индикаторы	41
Геохимические методы поиска	41
Геохимические процессы	41
Геохимический барьер	41
Геохимический градиент	42
Геохимический ландшафт	42
Геохимический мониторинг	42
Геохимический отбор элементов растительностью	42
Геохимический реликт	43
Геохимический спектр	43
Геохимический фон	43
Геохимическое поле	43
Геохимическое сопряжение	43
Геохимия каскадных систем	43
Геохимия ландшафта	43
Геохимия техногенных ландшафтов	44
Гетеролитный ландшафт	44
Гидрогеохимический метод поиска месторождений	44
Гидролитическая кислотность почвы	44
Гидрологическая комплексность	44
Гидроморфные почвы	44
Гипергенез	45
Гипергенный метасоматоз	45
Глеевая обстановка	46
Глеевые воды, тип глеевых вод	46

Глеевые илы, глеевые горизонты подводных почв.....	46
Глеевый геохимический барьер (С).....	47
Горнопромышленный ландшафт	47
Городские почвы	47
Городской ландшафт.....	48
Градиент геохимического барьера.....	48
Гумидокатные растения	49
Гуминовые кислоты	49
Гумус почв.....	50
Гумусовые кислоты	50
Д	
Двусторонний геохимический барьер	51
Десерпция	51
Деструкционная активность элементов техногенеза	51
Деструкция ландшафта	51
Десульфуризация	51
Детритогенез	52
Дефицитные элементы в ландшафте	52
Дефлюкция	52
Дефляционная комплексность	52
Диагенез.....	52
Е	
Емкость геохимического барьера	52
Ж	
Железобактерии	53
Живое вещество	53
З	
Закон биологического круговорота химических элементов	53
Закон Вернадского.....	53
Закон Кларка - Вернадского	54
Закон константности количества живого вещества биосферы	54
Закон максимизации энергии и информации в эволюции.....	54
Закон оптимальности	54
Закон прогрессивного развития земной коры (верхней оболочки планеты).....	54
Закон развития системы за счёт окружающей её среды.....	54
Запрещённая ассоциация элементов.....	54
Засоленный ландшафт.....	55
Захороненный (погребённый) ореол рассеяния	55
Зольность	55
Зольные элементы	55
Зона аридная.....	55
Зона бореальная	55

Зона гумидная	56
---------------------	----

И

Иерархия природных систем (природных ландшафтов, эколого-геохимических систем)	56
Избыточные элементы в ландшафте	57
Изоморфизм	57
Иммиграция.....	57
Иммобилизация	57
Импактный геохимический мониторинг.....	57
Инвентаризационные эколого-геохимические карты.....	57
Индикаторные элементы.....	57
Индикационные эколого-геохимические карты.....	58
Интегральная устойчивость геосистем	58
Интенсивность биогенной миграции.....	58
Интенсивность физико-химической миграции.....	59
Интенсивные параметры миграции	59
Ископаемые почвы (реликтовые почвы, педолиты)	59
Испарительный геохимический барьер (F).....	59

К

Каскадные ландшафтно-геохимические системы.....	59
Катионогенные химические элементы.....	59
Катионы обменные.....	59
Кираса.....	60
Кислородные воды, тип кислородных вод.....	60
Кислые и слабокислые воды, класс кислых и слабокислых вод.....	60
Кислый геохимический барьер (E)	60
Кларк.....	61
Кларк концентрации.....	61
Кларк рассеяния.....	61
Когерентность ландшафта	61
Комплексный геохимический барьер.....	61
Контрастность геохимического барьера	61
Контрастность миграции	61
Концепция «химических бомб замедленного действия»	62
Кора выветривания.....	62
Коэффициент аккумуляции углерода.....	63
Коэффициент атмогеохимической активности	63
Коэффициент аэрозольной аккумуляции (концентрации).....	63
Коэффициент биогеохимической активности	63
Коэффициент биогеохимической подвижности.....	63
Коэффициент биологического поглощения.....	64
Коэффициент водной миграции.....	64
Коэффициент гидрогеохимической активности.....	64

Коэффициент деструкционной активности	64
Коэффициент относительного поглощения (относительное содержание элемента в видах растений – ОСВР)	64
Коэффициент относительной увлажнённости	65
Коэффициент преобразования взвешенного вещества вод	65
Коэффициент талассофильности	66
Коэффициент техногенной концентрации (аномальности)	66
Коэффициент техногенной трансформации	66
Коэффициент эмиссионной нагрузки	66
Криогенез	66
Критическая кислотная нагрузка	66
Критические эпохи	67
Ксенобиотик	67
Ксенобиотический профиль	67
Кутаны	67

Л

Ландшафтно-геохимическая арена	67
Ландшафтно-геохимическая катена	68
Ландшафтно-геохимическая структура	68
Ландшафтно-геохимические коэффициенты	68
Ландшафтно-геохимические условия миграции тяжёлых металлов и радионуклидов	68
Латеральная геохимическая структура	69
Латеральный геохимический барьер	69
Латерит	69
Лессиваж	69
Литоводосборный бассейн	69
Литологическая комплексность	70
Литофильные химические элементы	70
Литохимический метод поиска	70
Лихеноиндикация	70
Локальное (мозаичное) равновесие в системе	71

М

Малые реки	71
Месторождения полезных ископаемых	72
Металлометрия, металлометрическая съёмка	72
Метод кларков	72
Механическая денудация	72
Механическая дифференциация	72
Механическая миграция химических элементов	73
Механическая суффозия	73
Механические методы рекультивации почв	73
Механический ореол рассеяния	73

Миграционные потоки в геохимическом ландшафте	73
Миграция загрязняющего почву химического вещества	74
Микробиологическая трансформация элементов (тяжёлых металлов)	
в почвах.....	74
Микробиологическое превращение марганца в почве	75
Минерализация органических веществ	75
Минералофильные элементы	75
Минералофобные элементы	75
Мобилизация.....	76
Модуль аэрального поступления (показатель пылевой нагрузки)	76
Мониторинг химического загрязнения почвы.....	76
Монолитный ландшафт.....	76
Мощность элементарного ландшафта.....	76
Мутабельное соединение	76
Н	
Наносы.....	77
Незагрязнённая биокосная система	77
Нейстон.....	77
Нейтральные и слабощелочные воды, класс нейтральных и слабощелочных	
вод	77
Нектон.....	78
Неполное геохимическое сопряжение.....	78
Непрочносорбированные формы элементов (тяжёлых металлов)	78
Неспецифическая адсорбция металлов почвой	78
Нитрифицирующие бактерии.....	78
О	
Обменная кислотность почвы	79
Обменные формы элементов (тяжёлых металлов).....	79
Окислительная кислородная обстановка	79
Окислительно-восстановительная зональность систем.....	79
Окислительно-восстановительные условия вод.....	79
Окислительные илы, окислительные горизонты подводных почв.....	80
Окислительный (кислородный) геохимический барьер (А)	80
Опасные отходы.....	80
Оптимизация техногенеза.....	80
Органическая геохимия	81
Органическое вещество почвы.....	81
Органо-минеральные формы элементов (тяжёлых металлов).....	81
Ореол рассеяния	81
Основное геохимическое сопряжение.....	81
Основной геохимический закон В. М. Гольдшмидта	81
Открытый ореол рассеяния.....	82
Относительное содержание элементов в зависимости от сезона (ОИС)	82

Отношение содержания элементов в органах растений (ОСОР).....	82
Отходы гальванических производств (гальваношламы).....	82
Оценка водно-миграционной опасности отхода (вещества).....	83
Оценка воздушно-миграционной опасности отхода (вещества).....	84
Оценка экологического риска.....	85
Оценочные и прогнозныe эколого-геохимические карты.....	87
II	
Палеобиогеохимия.....	87
Парагенная ассоциация элементов.....	87
Параметры геохимического барьера.....	87
Парциальное содержание элемента.....	87
Пассивный биомониторинг.....	88
Педогенез.....	88
Педогеохимически активное техногенное вещество.....	88
Педоседименты.....	88
Первичный геохимический ореол рассеяния (месторождения).....	88
Первый биогеохимический принцип.....	88
Перлювий.....	88
Персистентность химического вещества в почве.....	89
Планктон.....	89
Площадь выявления элементарного ландшафта.....	89
Поведение веществ, химических элементов в геосистемах.....	90
Поглощающий комплекс.....	90
Поглощение тяжёлых металлов микроорганизмами.....	90
Подвижные формы элементов (тяжёлых металлов).....	90
Подвижные химические соединения в почве.....	90
Показатель ионного стока.....	91
Показатель пылевой нагрузки.....	91
Полициклические ароматические углеводороды в ландшафтах.....	91
Полное геохимическое сопряжение.....	91
Поля устойчивости минералов и ионов.....	92
Поровые воды.....	92
Потенциальная биогеохимическая подвижность.....	92
Почва.....	92
Почвенная катена.....	93
Почвенная микробиота (микрофлора).....	93
Почвенные комбинации.....	94
Предельно допустимое количество загрязняющего почву химического вещества (ПДК).....	94
Предельно допустимое состояние почв.....	94
Пресные воды, семейство пресных вод.....	95
Принцип «всюдности» всех химических элементов.....	95
Принцип Ле Шателье.....	95

Принцип минимума диссипации (рассеяния) энергии	95
Принцип подвижных компонентов	95
Принцип торможения химических реакций	95
Принцип централизации	96
Природно-техногенные геохимические процессы	96
Природно-техногенный ландшафт (система)	96
Природные илы	96
Природный биогеохимический барьер	97
Природный ландшафт	97
Природный механический (геохимический) барьер	97
Природный физико-химический (геохимический) барьер	97
Проточность геосистемы	97
Процесс цементации	97
Процессы почвообразования	98

Р

Радиальная геохимическая структура	98
Радиальный геохимический барьер	98
Районирование территории	98
Рассолы, семейство рассолов	98
Рексистазия	98
Рекультивация загрязнённых почв	99
Рудное тело	99

С

Самоорганизация ландшафта	99
Самоочищение почв	99
Сапропель	99
Седиментация	99
Сероводородная восстановительная обстановка	100
Сероводородные (сульфидные) воды, тип сероводородных вод	100
Сероводородные (сульфидные) илы	100
Сероводородный геохимический барьер (В)	100
Сидерофильные химические элементы	100
Сильнокислые воды, класс сильнокислых вод	101
Сильнощелочные воды, класс сильнощелочных вод	101
Систематика биогеохимических провинций	101
Систематика почв по степени техногенного изменения	102
Систематика техногенно-изменённых почв	102
Ситуационные (факторные) эколого-геохимические карты	103
Солёные воды, семейство солёных вод	103
Солифлюкция	103
Солоноватые воды, семейство солоноватых вод	103
Сорбционный геохимический барьер (G)	103
Специфическая адсорбция металлов почвой	104

Стационарность ландшафта	104
Структурный центр ландшафта (эколого-геохимической системы).....	104
Субаквальный (аквальный) элементарный ландшафт	105
Сумма зольных элементов	105
Суммарный показатель загрязнения.....	105
Супераквальный элементарный ландшафт	106

Т

Талассофильный элемент	106
Термодинамический геохимический барьер (Н).....	106
Технобиогеома	107
Техногенная аномалия	107
Техногенная зона выщелачивания	107
Техногенная кора выветривания	107
Техногенная миграция	108
Техногенная миграция тяжёлых металлов.....	108
Техногенная трансформация соединений тяжёлых металлов в почве.....	109
Техногенное геохимическое давление	110
Техногенное ожелезнение почв	110
Техногенное подкисление	111
Техногенное подщелачивание и карбонатизация.....	112
Техногенное рудное месторождение	113
Техногенные геохимические процессы.....	113
Техногенные илы	113
Техногенный водоносный горизонт	113
Техногенный галогенез	114
Техногенный геохимический барьер.....	114
Техногенный ландшафт	115
Техногенный неорельеф (горнопромышленных ландшафтов).....	115
Техногенный ореол рассеяния	116
Техногенный поток рассеяния	116
Техногенный эпигенез	116
Технопедобиома	116
Технофильность.....	116
Типоморфные элементы	117
Типы миграции химических элементов	117
Типы микробиологического поглощения элементов (тяжёлых металлов).....	117
Толерантность растений к тяжёлым металлам.....	118
Транслокация загрязняющего почву химического вещества.....	118
Трансформация миграционных потоков	119
Трансформация почвенно-геохимической структуры.....	119
Тяжёлые металлы в ландшафтах.....	119

У

Угнетённый ореол рассеяния	120
----------------------------------	-----

Ультрапресные воды, семейство ультрапресных вод.....	120
Уровень экологической опасности отхода (класс опасности отхода) для окружающей природной среды	120
Устойчивость геосистемы	120
Устойчивость ландшафта	121
Устойчивость почв к кислотным воздействиям	121
Ф	
Фактор биоаккумуляции	122
Факторы геохимической устойчивости ландшафтно-геохимических систем ...	122
Фанд	123
Ферсм	123
Физико-химическая миграция химических элементов.....	123
Физико-химические методы рекультивации загрязнённых почв	124
Физиологический барьер поглощения	125
Физическая устойчивость литогенной основы.....	126
Физические методы рекультивации загрязнённых почв	126
Фитонцид.....	126
Фитотоксичность тяжёлых металлов.....	127
Фоновая геохимическая структура ландшафта	127
Фоновый геохимический мониторинг.....	127
Формы нахождения химических элементов (тяжёлых металлов) в природных и техногенных водах	128
Формы нахождения элементов (тяжёлых металлов) в почве.....	128
Фульвокислоты	128
Х	
Халькофильные химические элементы	129
Химическая денудация	129
Химические методы рекультивации загрязнённых почв	129
Ц	
Цементация	131
Центр ландшафта.....	131
Щ	
Щелочной геохимический барьер (D)	132
Щелочно-кислотная зональность систем	132
Щелочно-кислотные условия вод	132
Э	
Экологическая геохимия.....	132
Экологический мониторинг.....	132
Экологический риск	133
Эколого-геохимическая классификация веществ, участвующих в техногенезе	133
Эколого-геохимическая классификация техногенных воздействий	133

Эколого-геохимические карты	134
Экотоксикант	134
Экотоксикодинамика	134
Экотоксикокинетика	134
Экотоксикология	135
Экотоксикометрия	135
Экотоксичность	135
Экотоксичные вещества (отходы)	135
Экотон	136
Экстенсивные параметры миграции	136
Элементарный ландшафт (элементарная эколого-геохимическая система)	137
Элементарный почвенный ареал	137
Элювиальный элементарный ландшафт	137
Эндемичные виды растений	137
Эоловые процессы	137
Эпигенез	138
Эрозионная комплексность	138
Эффект техногенного ударного загрязнения	138
Эффект фракционирования изотопов живыми организмами	139
Я	
Явление «концентрации доминирования»	139
Явление анионного выноса катионов	139

Предисловие

Экологическая геохимия – это научное направление, в рамках которого формируются принципы геохимического мониторинга окружающей среды, выявляются техногенные изменения геохимического фона биосферы в целом и отдельных эколого-геохимических систем, их влияние на природную среду и на человека. В настоящем справочнике рассматриваются вопросы миграции и трансформации веществ, химических элементов в эколого-геохимических системах. При этом в терминах и определениях представлены следующие аспекты:

1) *Экогеохимия систем.* Ландшафт как эколого-геохимическая система. Общие особенности миграции. Миграция химических элементов в различных ландшафтах. Характеристика механической, физико-химической, биогенной и техногенной миграции.

2) *Экогеохимия процессов.* Типы элементарных и геохимических ландшафтов (эколого-геохимических систем), условия и факторы миграции. Закономерности и особенности поведения парагенных ассоциаций элементов в современных природных и техногенных ландшафтах и средах. Техногенная миграция и устойчивость геосистем.

3) *Экогеохимия элементов.* Геохимия отдельных химических элементов и их групп в разных процессах и системах (природных и техногенных). Почвогеохимия.

Приведены основные термины и понятия, используемые в геохимии ландшафта, биогеохимии, экологии и химии почв (раздел почвоведения), экотоксикологии. Эти научные направления непосредственно изучают миграцию и трансформацию веществ, химических элементов, но с различных методологических позиций. Тем не менее, как отмечает В.В. Добровольский, в настоящее время разграничение биогеохимических, эколого-геохимических, почвенно-геохимических и ландшафтно-геохимических исследований весьма условно (Добровольский В.В. Основы биогеохимии. М., 1998). Для изучения и интерпретации химического состава компонентов ландшафтов и потоков вещества используются представления современной химии: физической химии, неорганической и органической химии в комплексе с методами химического и физического анализа.

Имея собственную теорию, методы и сферу приложения, экологическая геохимия в значительной степени использует теорию и

практику смежных наук: географии почв, биогеографии (география растений, геоботаника), геоморфологии, палеогеографии, гидрологии суши, климатологии, картографии и геоинформатики (экологическое картографирование).

При изучении геохимических аспектов взаимодействия природы и общества используются данные экономической географии, экономики, связанные с формированием потоков сырья и готовой продукции, технологическими циклами, размещением производства, экономическим районированием, эколого-экономическими аспектами и др.

Особое место в справочнике уделено миграции и трансформации соединений тяжёлых металлов (ТМ). Многие определения изложены на примерах миграции ТМ в различных процессах и ландшафтах. Острота экологических проблем вызвала необходимость изучения техногенной миграции ТМ, однако уровень теоретического обобщения существенно отстаёт от накопления фактического материала. Очевидно, что для изучения техногенных геохимических потоков тяжёлых металлов важнейшей становится система «отходы – почва – растения (животные)». В справочнике отражены результаты современных исследований по техногенной миграции тяжёлых металлов.

Справочник предназначен для студентов, обучающихся по экологическим специальностям.

Цель словаря-справочника – обеспечение быстрого и удобного поиска необходимых сведений в области экологической геохимии.

Задачи словаря-справочника:

– дать лаконичное толкование термина или понятия, отражающего различные аспекты миграции и трансформации веществ, химических элементов в эколого-геохимических системах;

– помочь студенту закрепить и в определенной мере систематизировать знания по эколого-геохимическим терминам и понятиям, которые необходимы ему в процессе обучения.

Термины излагаются в алфавитном порядке, что позволит при минимальных затратах времени найти нужное слово. Дву- и многословные термины изложенные в наиболее употребительном виде, «как есть». Если слова или словосочетания имеют несколько смысловых значений, то с красной строки для них приводятся толкования, каждое из которых обозначается арабской цифрой. Для синонимов даются ссылки на те определения, которые наиболее употребительны. Для большинства терминов приводится ссылка на фамилии авторов, чьих работах раскрывается значение этих терминов.

А

Абиогенный ландшафт

Ландшафт, для которого характерна только механическая и физико-химическая миграция. Абиогенные ландшафты примитивны. Их однообразие говорит о малом количестве информации самой простой её формы – неорганической. Выделяют следующие группы абиогенных ландшафтов: 1) с окислительной атмосферой (современные земные); 2) с восстановительной атмосферой (современные ландшафты Венеры и Марса, вымершие земные); 3) без атмосферы и гидросферы (ландшафты Луны, Меркурия, астероидов).

Автоморфные почвы

Почвы автономных ландшафтов, существующие в условиях хорошей аэрации. Это почвы атмосферного увлажнения на хорошо дренированных формах рельефа, глубина грунтовых вод – более 6 м.

Агроландшафт

Техногенная ландшафтно-геохимическая система, основу которой составляют сельскохозяйственные площади и искусственно созданные биотические сообщества. Агроландшафты представляют особый отряд техногенных ландшафтов, важнейшей геохимической характеристикой которого, как и в большинстве природных ландшафтов, служит биологический круговорот атомов, отличающийся от исходных биогенных ландшафтов: запасы и структура фитомассы полностью трансформируются, сильно трансформируется круговорот азота и других биогенных элементов. Главное назначение агроландшафта – производить максимум сельскохозяйственной продукции – вступает в противоречие с загрязнением среды, возникающим в результате химизации и других видов агротехногенеза. Так, основным источником поступления тяжёлых металлов в агроландшафты являются нестандартизованные удобрения, отличающиеся высоким уровнем содержания комплекса металлов. ТМ включаются в местные миграционные циклы и частично выносятся за

пределы агроландшафтов. Данные указывают на селективную концентрацию в растениях приоритетных токсикантов (Hg, Cd, Pb). В то же время растения обладают защитным механизмом против высоких концентраций ТМ. Поэтому при экологических оценках агроландшафтов необходимо учитывать видовую биогеохимическую специализацию сельскохозяйственных культур.

Агротехнические методы рекультивации загрязнённых почв

Мероприятия, включающие внесение минеральных удобрений, что ведёт к обеспечению оптимального состояния растений и снижению токсического действия на них загрязняющих веществ. Необходимо выбирать устойчивые к загрязнению металлами сельскохозяйственные культуры, у которых в пищу используются плоды, так как в репродуктивных органах растений концентрация загрязняющих веществ повышается позже, чем в вегетативных.

Агротехногенез

Техногенез, включающий следующие виды воздействий: химизация, гидромелиорация (орошение, осушение), распашка почв, обезлесение, эрозия почв, опустынивание ландшафтов, деградация ландшафтов (совокупное воздействие нескольких видов агротехногенеза). По интенсивности и характеру воздействия выделяются два геохимических типа агротехногенеза: 1) прямое геохимическое влияние агротехногенеза на природные ландшафты, к которому относится химизация сельского хозяйства и агротехногенная обработка земли; 2) косвенные геохимические последствия, возникающие в результате гидромелиорации, эрозии почв, обезлесения, опустынивания и других процессов деградации ландшафтов. Эти типы определяют преимущественно площадное (химизация) или линейно-площадное (орошение) распространение загрязнения. Агротехногенез влияет на природную среду в глобально-региональном масштабе, особенно в регионах длительного интенсивного земледелия.

Азотфиксирующие бактерии

Группа почвенных микроорганизмов – клубеньковые и свободноживущие бактерии, обладающие исключительной способностью усваивать из воздуха атмосферный азот и в процессе жизнедеятельности образующие из молекулярного азота белки и другие органические соединения азота, которые используются растениями. Фиксацию азота осуществляют отдельные специализированные бактерии семейства

Azotobacter и в определённых условиях сине-зеленые водоросли. Разнообразные по составу комплексные соединения переменного-валентных элементов (Fe, Mn, Cr, Al, Ni, Cu, Ag и др.) с аминокислотами, кетокислотами, органическими кислотами, аминами и пр., образующиеся в результате азотфиксации, обладают повышенной растворимостью и тем самым ускоряют миграцию этих элементов, усиливая процесс «самоочищения» почв.

Азотфиксация

Процесс химического (микробиологического) превращения атмосферного газообразного азота в нитраты или аммонийные соединения. В почве осуществляется преобразование инертного молекулярного азота в формы, доступные для включения в биологический круговорот. Ярким показателем повышенного содержания в почве тяжёлых металлов служит уровень азотфиксирующей активности, определяемый ацетиленовым методом. Эффект подавления азотфиксирующей деятельности почв избыточными дозами металлов, к которым не адаптированы микроорганизмы, может быть использован для оценки интенсивности техногенного загрязнения почв. Промышленная фиксация атмосферного азота – наиболее сильное вмешательство в систему природных циклов массообмена химических элементов.

Аквальный (субаквальный) ландшафт

Конечное звено каскадной системы различного порядка: от простой – катены, где оно служит приёмником миграционных потоков с элементарных водосборов, до самой сложной каскадной системы – ландшафтно-геохимической арены, в которой аквальные ландшафты представлены крупными реками и озёрами, куда поступают вещества с большой водосборной площади. Аквальные ландшафты представляют собой сложные динамические системы, которые аккумулируют твёрдые и растворённые вещества, выносимые из расположенных гипсометрически выше автономных, транзитных и супераквальных ландшафтов. Аквальные ландшафты включают в себя водную массу, живое вещество, донные илы и занимают различные формы подводного рельефа. Считается, что по состоянию аквальных ландшафтов можно оценить состояние природной среды и степень техногенной нагрузки на ландшафты всего водосбора.

Активная кислотность почвы

Кислотность, обуславливаемая наличием в почвенном растворе свободных неорганических и органических кислот. Активная кислотность

определяется по величине рН водной вытяжки. Изменение кислотно-основного равновесия в почве влияет на мембранный потенциал корней, так как, например, при снижении рН почвенного раствора подавляется диссоциация активных групп липидов, протеинов и других компонентов клеточной мембраны, понижается отрицательный заряд поверхности корней и как следствие преимущественное поглощение катионов из раствора затрудняется. Нарушение процессов поглощения питательных веществ корневыми системами растений усугубляется изменениями в составе почвенного раствора. Доступность важных биофильных элементов кальция, магния, калия падает в результате их выщелачивания из ризосферы в более глубокие почвенные горизонты. Повышают мобильность некоторые элементы (тяжёлые металлы), обладающие фитотоксическими свойствами. Подвижность элементов и, следовательно, опасность их сохранения и накопления в почвах существенно зависят от реакции среды.

Активный биомониторинг

Мониторинг, использующий планшетные методы индикации загрязнения, основанные на свойствах низших, особенно эпифитных мхов, лишайников и некоторых видов высших растений (отдельные сорта табака, клевер и др.) активно поглощать поллютанты из атмосферного воздуха и почв.

Анионогенные химические элементы

Элементы, легко образующие растворимые анионные и карбонатные комплексы – В, V, Мо, As, S, Cr. Способность этих элементов образовывать в щелочной среде растворимые анионные и комплексные соединения существенно расширяет диапазон их миграции.

Анионы обменные

Находящиеся в почвенном поглощающем комплексе анионы, способные эквивалентно обмениваться на анионы взаимодействующего с почвой (твёрдой фазой) раствора. Основная часть обменных анионов находится в почвах на поверхности гидроксидов железа и алюминия, которые в условиях кислой реакции имеют положительный заряд. Интенсивно поглощаются анионы органогенными почвами и горизонтами. В обменной форме в почве могут присутствовать анионы Cl^- , NO_3^- , SeO_4^{2-} , MoO_4^{2-} , HMoO_4^- . Обменные фосфат-, арсенат- и сульфат-анионы могут содержаться в почвах в небольших количествах, так как эти анионы прочно поглощаются некоторыми компонентами твёрдых фаз почвы и не

вытесняются в раствор при воздействии других анионов. Поглощение анионов почвами в неблагоприятных условиях может приводить к накоплению ряда токсичных веществ.

Ариданитные растения

Виды растений, возникшие в аридных ландшафтах и энергично накапливающие анионогенные микроэлементы. Закрепляясь наследственностью, ариданитность может проявиться и в гумидных ландшафтах (при миграции ариданитных видов). Рационально также выделять и ариданитные виды животных (А.Д. Айвазян).

Аспекты геохимической деятельности организмов

1) Организмы как непосредственные концентраторы элементов, в результате деятельности которых образуются горные породы с органоморфной структурой и текстурой. 2) Живое вещество как фактор, определяющий физико-химические условия миграции элементов в данной биокосной системе. 3) Суммарный эффект деятельности живого вещества за геологическую историю: организмы выступают в качестве важнейшего фактора миграции элементов, определяющего всю геохимию земной коры.

Ассимиляция

Усвоение организмами поступающих из окружающей среды веществ в процессе создания живой материи.

Атмофильные химические элементы

Элементы, сосредоточенные в атмосфере: инертные газы, азот; всего 7 элементов (В.М. Гольдшмидт).

Атмохимический (газовый) метод поиска

Геохимический метод поиска месторождений, заключается в отборе проб воздуха. Газовые методы применяются при поисках радиоактивных руд, нефтяных и газовых залежей. Имеются данные об их эффективности при поисках и других типов рудных месторождений. Прямой метод поисков нефти и газа основан на определении метана и тяжёлых углеводородов в почвенном воздухе, в воздухе буровых скважин, в керне. В ряде районов, особенно в горноскладчатых, этот метод даёт хорошие результаты и позволяет обнаруживать залежи на глубине сотен метров.

Б

Бактерии, расщепляющие клетчатку

Группа почвенных микроорганизмов, вызывающих различные виды брожения, наблюдаемые при разложении микробами органических соединений (молочнокислое, спиртовое, маслянокислое, уксусное, пропионовокислое, ацетонобутиловое и др.). Важное значение для водной миграции имеют комплексные, особенно внутрикомплексные (хелатные), соединения металлов с кислыми органическими продуктами, в большом количестве образующимися в гумусовых горизонтах почв в результате брожения, частичного разложения поступающих органических соединений до более простых: карбоновые кислоты, аминокислоты, простые сахара, ароматические соединения (полифенолы), кислоты жирного ряда, гетероциклические соединения типа хинолина, гуминовые и фульвокислоты (И.В. Якушевская).

Бактерии-аммонификаторы

Группа почвенных микроорганизмов, являющихся гнилостными бактериями и вызывающих гниение остатков растений, трупов животных, разложение мочевины. Аммонификация – микробиологическая трансформация азота органических соединений (главным образом аминокислот) в ион аммония или аммиак. Разложение органического вещества протекает в аэробных условиях и сопровождается активным образованием CO₂. В процессе гниения участвуют аэробные бактерии – *B. subtilis*, *B. mesentericus*, *Serratia marcescens*, бактерии рода *Proteus*; грибы рода *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium*; анаэробы – *C. sporogenes*, *C. putrificum*; уробактерии – *Urobacillus pasteurii*, *Sarcina ureae*, расщепляющие мочевину.

Барьер экологический

Полоса территории (река, канал, лесополоса, зелёная зона и т. п.), которая благодаря местным особенностям ландшафта или растительного покрова может служить препятствием для распространения техногенных загрязнений или других вредных для природной среды агентов.

Бентос

Организмы, обитающие на дне водоёма и в донных илах. Различают фитобентос, представленный на мелководьях в основном макрофитами – водными растениями, прикрепленными к грунту (водоросли, камыш, роголистник, тростник и др.), и зообентос: животные, передвигающиеся по

поверхности грунта (моллюски, ракообразные), прикреплённые к грунту (губки, кораллы и др.) и обитающие в нём (черви, моллюски, иглокожие), многочисленные бактерии.

Биогенная миграция химических элементов

Определяется двумя противоположными, но взаимосвязанными процессами: 1) образованием живого вещества из элементов окружающей среды; 2) разложением органических веществ. В совокупности эти процессы образуют единый биологический круговорот атомов. Выделяют следующие стадии биогенной миграции: 1) разложение горных пород под влиянием биогенных факторов с образованием растворимых соединений; 2) извлечение из воздуха и водных растворов биогенных элементов и накопление их в организме; 3) накопление, разложение и минерализация отмерших органических остатков. В результате многократного повторения биогенных циклов накопление элементов в верхних горизонтах почв может быть весьма существенным.

Биогенное минералообразование

Образование при разложении органических веществ в телах растений и животных минералов, которые входят в состав клеточных выделений, скелета, панциря, раковин и т. д.

Биогенность

Показатель общей биогенности (B_o) – отношение средних содержаний элементов в золе растений континентов к кларкам литосферы. B_o представляет собой биогеохимическую константу. Аналогичный показатель для организмов конкретных регионов, местообитаний или отдельных систематических групп именуется специальной, или частной, биогенностью (B_c) элементов, которая под влиянием систематических и экологических факторов может существенно отличаться от общей биогенности. Частная биогенность (B_c) элементов меняется в зависимости от фазы вегетации, возраста организма, почвы и других условий. Содержание большинства элементов в золе значительно отличается от их среднего содержания в земной коре, так как растения избирательно поглощают элементы.

Биогенный ландшафт

Ландшафт с ведущим значением биогенной миграции и подчинённой ролью физико-химических и механических процессов. В биогенных ландшафтах живое вещество, поглощая и трансформируя солнечную

энергию, обуславливает важнейшие черты миграции химических элементов.

Биогеохимическая активность вида

Способность вида накапливать химические элементы, выраженная в суммарных кларках концентрации. Она вычисляется отдельно для катионогенных и анионогенных элементов (А.Д. Айвазян).

Биогеохимическая аномалия

Участки повышенных концентраций металлов в растениях, организмах и верхнем горизонте почвы.

Биогеохимическая индикация

Анализ ответной реакции эколого-геохимических систем (ландшафтов) на техногенез и оценка состояния техногенных ландшафтов, основанные на способности растений аккумулировать загрязняющие вещества вблизи техногенных источников. Биогеохимическая индикация включает определение содержания тяжёлых металлов и других поллютантов в растениях, выбор индикаторных видов и органов для опробования, выявление биогеохимических ореолов. Биогеохимическая индикация даёт информацию о загрязнении растений преимущественно в период вегетации и достаточно активной водной миграции поллютантов, поступающих из загрязнённых почв. Индикационное значение лиственных деревьев выше, чем у трав; а кора деревьев – универсальный индикатор загрязнения. Одним из эффективных индикаторов загрязнения воздуха является кора сосны, не имеющая физиологических пределов поглощения загрязнителей и способная к аккумуляции поллютантов. Биогеохимические ореолы в коре сосны гораздо протяжённее и на порядок контрастнее, чем в снеге и почвах.

Биогеохимическая провинция

Район, в котором концентрация химических соединений в верхних горизонтах почв и организмах в силу природных причин оказывается выше или ниже оптимального уровня. Биогеохимические провинции – это территории, где флора и фауна, а во многих случаях и люди резко реагируют на содержание в атмосфере, почвах, водах, продуктах питания определённых химических элементов, – районы распространения биогеохимических эндемий (А.П. Виноградов).

Биогеохимическая специализация растений

См. *Геохимический отбор элементов растительностью*.

Биогеохимическая формула

Формула элементарного ландшафта, имеющая вид неправильной дроби: на месте целого числа указывается типоморфный элемент, в скобках после него – растворённый в воде газ, в числителе указываются индикаторные рассеянные элементы, у которых коэффициент биологического поглощения больше коэффициента водной миграции, в знаменателе – элементы с обратными соотношениями K_b и K_v . Для отличия автономного элементарного ландшафта от подчинённого в формуле последнего над типоморфным элементом ставится знак «*». Например,

формула $Ca^{2+}(O_2) \frac{Mo, Cu, Zn, Mn}{Sr}$ означает, что имеется автономный элементарный ландшафт, в котором перераспределение химических элементов происходит при наличии большого количества ионов кальция в поверхностных водах и свободного доступа кислорода, т. е. в слабощелочной окислительной среде. В биологический круговорот наиболее активно вовлекаются молибден, медь, цинк, марганец, а в поверхностные и грунтовые воды интенсивно поступает и мигрирует стронций.

Биогеохимическая эндемия

Болезни животных, растений, а иногда и человека, вызванные резким дефицитом или избытком элементов (А.П. Виноградов).

Биогеохимические особенности организмов

Содержание элементов в систематических единицах разного таксономического ранга (вида, рода, семейства и т. д.).

Биогеохимические провинции типа F с сильнощелочными водами

Содовые воды образуются в различных ландшафтно-геохимических условиях: в солонцах, в аридных вулканических регионах на участках разгрузки сильнощелочных гидротерм (Восточная Африка, Калифорния и др.), при выходе на поверхность «нефтяных» вод и т. д. Видообразование здесь протекает в условиях дефицита многих важных биоэлементов, особенно Ca. Содовые воды благоприятны для миграции и накопления Na, Li, B, Zn, Cu, Ag, Be, Si, Ge, Sn, Ti, W, Mo, Y, редкоземельных элементов иттриевой группы. Биогеохимия многих этих элементов не изучена, и можно только предполагать, какие особенности организмов в провинциях типа F обусловлены повышенным содержанием в среде редких земель, Y, Zr и других элементов «содовой миграции». Провинции типа F до сих пор не привлекали должного внимания исследователей. К

палеобиогеохимическим провинциям типа *F* относили многие районы распространения красноцветных ландшафтов пермского периода в России, мела, палеогена и миоцена в Средней Азии и Казахстане, эоцена в США (А.И. Перельман).

Биогеохимические провинции типа S с сильноокислыми водами

Провинции класса S_1 с серноокислыми водами формируются на участках окисления горных пород и руд, содержащих пирит и другие сульфиды. При участии различных бактерий здесь образуется серная кислота, рН вод понижается до 2 – 3, местами до 0, в водах приобретают высокую подвижность многие металлы, которые накапливаются растениями, обуславливая биогеохимические эндемии. Таковы цинковые, медные и другие провинции, особенно характерные для складчатых металлогенетических поясов: это серебряный пояс, простирающийся на западе Америки от Аляски до Огненной Земли, рудные провинции Урала, Тянь-Шаня, Альпийского складчатого пояса и др. В прошлые геологические эпохи палеобиогеохимические провинции с избытком многих рудных элементов, вероятно, были центрами видообразования организмов, обогащённых Cu, Pb, Zn, Ni, Cd и другими металлами. Провинции класса S_2 с солянокислыми водами известны в вулканических областях, где за счёт продукта вулканизма HCl идут кислые дожди, текут солянокислые реки, образуются источники, озёра, почвы, имеющие низкий рН. В водах высоко содержание алюминия, железа, они часто богаты фтором и хлором, но содержание халькофильных металлов может быть невысоким. Подобные провинции известны на Камчатке, Курильских островах, в Японии, Индонезии и других вулканических областях (А.И. Перельман).

Биогеохимические провинции типа V с нейтральными и слабощелочными водами

Данные провинции характерны для лесостепи, степей и пустынь, а также для гумидных территорий, сложенных карбонатными породами. Палеобиогеохимические провинции типа *V* существовали на территории России в четвертичные ледниковые эпохи, в девонском и пермском периодах, на территории Средней Азии – в конце юры, меловом периоде и кайнозойе. Класс V_1 – провинции с пресными, преимущественно гидрокарбонатно-кальциевыми водами. Характерны расчленённый, реже плоскоравнинный рельефы, преобладают незасоленные почвы. Аридный климат определил здесь сравнительно слабую миграцию кальция, флора и

фауна в основном не испытывают дефицита этого элемента, дефицит многих других элементов выражен слабее, чем в провинциях типа W , но всё же он полностью не исключается. Возможен здесь и избыток элементов с соответствующими эндемиями. В районах с гумидным климатом провинции класса V распространены на карбонатных и других породах, богатых кальцием и магнием. Провинции класса V_2 – с сильноминерализованными хлоридно-сульфатными водами, засоленными почвами, как и провинции класса V_1 , распространены в степях и пустынях, занимают огромные площади, особенно в депрессиях рельефа бессточных областей (Прикаспийская, Туранская и другие низменности, соляная пустыня Деште-Кевир в Иране, засоленные котловины Тибета и Цайдама в Китае и т. д.). Организмы здесь существуют в условиях высокого содержания в почвах и водах Na, Mg, Cl, сульфат-иона. Это центры видообразования многих семейств растений (А.И. Перельман).

Биогеохимические провинции типа W с кислыми и кислыми глеевыми водами

Эти провинции широко распространены в районах с гумидным климатом, с ландшафтами тундры, тайги, широколиственных лесов, влажных субтропиков и тропиков. Кислое выщелачивание почв приводит здесь к резкому дефициту многих биоэлементов, что определяет минеральное голодание фауны, низкое содержание в организмах кальция, развитие различных «биогеохимических эндемий дефицитности». В некоторых почвах высока подвижность Al, Fe, и растения накапливают эти элементы (например, в золе плаунов, чая десятки процентов Al_2O_3). И эти провинции, вероятно, были центрами видообразования. Биогеохимические провинции типа W были широко распространены на территории России в нижнем карбоне, конце триаса и юре, многих эпохах мела и палеогена. К классу W_1 относятся провинции с кислыми водами и почвами, а к классу W_2 – с кислыми глеевыми почвами, болотными и грунтовыми водами, богатыми растворёнными органическими веществами. Это в основном заболоченные низменности, но в районах с многолетней мерзлотой они распространены и на возвышенностях, и в горах (А.И. Перельман).

Биогеохимические процессы

Процессы, геохимические по существу (как закономерные миграции химических элементов), но протекающие не под воздействием геологических факторов, а в результате жизнедеятельности организмов. Биогеохимические процессы имеют циклический характер.

Биогеохимический анализ

Анализ ответной реакции организмов на техногенез на молекулярном и атомарном уровнях, заключающийся в выявлении биогеохимических аномалий.

Биогеохимический метод поиска

Метод поиска месторождений, заключающийся в отборе проб растений, проб из верхнего горизонта почвы. Существо метода заключается в выявлении участков повышенных концентраций рудообразующих элементов в растениях, продуктах их отмирания и метаболизма. Опробование растений позволяет обнаружить биогеохимические ореолы, а по ним и сами месторождения. Биогеохимические методы особенно важны при поисках рудных тел, перекрытых мореной, золовыми песками и другими аллохтонными отложениями. Методика биогеохимических поисков неодинакова в разных ландшафтах (А.П. Виноградов, Д.П. Малюга, С.М. Ткалич, Н. Брундин, Р. Брукс, А.Л. Ковалевский, Г. Уоррен).

Биогеохимический фильтр почвы (педосферы)

Бактериальная система, защищающая атмосферу от поступления рассеянных углеводов и других веществ. Г.А. Заварзин высказал гипотезу о наличии в почве микробиологического механизма, замыкающего метилированные соединения (тяжёлых металлов) во внутрипочвенный круговорот и таким образом предохраняющего атмосферу от их поступления. Процесс метилизации металлов обусловлен деятельностью бактерий, в то же время одна из морфологических групп бактерий – гифобактерии – способна использовать различные метилированные соединения.

Биогеохимия

Наука, изучающая жизнедеятельность организмов в качестве ведущего фактора миграции и распределения масс химических элементов на Земле.

Биоиндикация

Анализ ответной реакции организмов (биоиндикаторов) на техногенез, т.е. анализ морфологических, физиологических, продукционных и популяционно-динамических изменений. Выделяют следующие критерии выбора биоиндикаторов (по Степанову и др.): широкий ареал, эврибиотность и эвритопность, оседлость (отсутствие миграций), чувствительность к токсикантам, толерантность, лабильность, антисинантропность, высокая численность, отсутствие колебаний

численности, малое число видов, легкость (надежность) определения, разработанность систематики, изученность морфологии и экологии, изученность закономерностей накопления токсикантов, изученность межвидовых различий в накоплении токсикантов в пределах родов и семейств, достаточная масса пробы (относительная крупность размеров вида), представительство от разных звеньев трофодинамических цепей, включая продуцентов, простота добычи и учета, ненанесение ущерба популяциям в результате периодического отбора. Считается, что таким критериям отвечают, например, следующие виды: 1) обыкновенная бурозубка (*Sorex araneus*); 2) европейский крот (*Talpa europaea*); 3) алтайский крот (*Talpa altaica*); 4) бурый медведь (*Ursus arctos*); 5) лось (*Alces alces*); 6) рыжая полевка (*Clethrionomus glareolus*); 7) красная полевка (*Clethrionomus rutilus*). В настоящее время представление о биоиндикаторах вышло за рамки понимания их только лишь как видов, способных концентрировать токсиканты. Индикаторами могут быть любые биологические объекты на всех уровнях организации (от субклеточного до экосистемного). В этом плане задачи биоиндикации во многом совпадают с задачами экотоксикологии.

Биологическая устойчивость геосистем

Оценка восстановительных и защитных свойств биоты (Д.Г. Звягинцев, О.Е. Марфенина, Г.М. Зенова, Ю.Г. Гельцер).

Биологические методы рекультивации загрязнённых почв

Способы очистки грунта с использованием микроорганизмов, способных преобразовать токсичные соединения в нетоксичные или поглощать токсичные радионуклиды, что, однако, потребует в дальнейшем сбора микроорганизмов. Биологические методы обезвреживания почв основаны на способности различных штаммов микроорганизмов в процессе жизнедеятельности разлагать или усваивать в своей биомассе многие органические загрязнители. В процессе биообезвреживания происходит вторичное загрязнение атмосферного воздуха продуктами гниения клеток микроорганизмов – сероводородом и аммиаком. Биологическая очистка чаще всего используется для нейтрализации органических токсикантов и тяжелых металлов, а также азотных и фосфорных соединений в почвах и грунтах. Биологические методы можно условно подразделить на микробиодеградацию загрязнителей, биопоглощение и перераспределение токсикантов. Микробиодеградация – это деструкция органических веществ определенными культурами

микрофлоры, внесенными в грунт. Процесс биоразложения протекает с заметной скоростью при оптимальной температуре и влажности. Микробиодеградация может быть использована во всех случаях, где естественный микробиоценоз сохранил жизнеспособность и видовое разнообразие. Хотя процесс идет крайне медленно, его эффективность высока. Биопоглощение (фиторемедиация) – это способность некоторых растений и простейших организмов ускорять биодеградацию органических веществ или аккумулялировать загрязнения в клетках.

Биологический круговорот

1) Круговорот биогенных элементов и вовлекаемых им других веществ в экосистемах, в биосфере между их биотическими и абиотическими компонентами.

2) Циклическая миграция элементов в системе «почва – растение – почва».

Биометилизация

Серия биогеохимических превращений в водах и почвах ландшафтов, богатых органическими соединениями и содержащих свободный кислород, приводящих к образованию летучих металлоорганических соединений (типа метилртуть, тетраметил свинец и др.). Способностью к метилированию (алкилированию) обладают практически все микроорганизмы – бактерии и грибы, и, следовательно, процесс может протекать в любых почвах при попадании в них тяжёлых металлов или их производных. Наиболее активен он в аэробных условиях, при нейтральной реакции среды и повышенной температуре. Активно функционирующая микробная система позволяет почвам «самоочищаться» от попадающих в них разнообразных токсичных химических веществ путём преобразования в летучие соединения. Процессы биометилизации недостаточно изучены, однако имеют большое значение для аэральной миграции тяжёлых металлов.

Биостазия

Биологическое равновесие. Соотношение масс растворимых соединений и твёрдых взвесей в речном стоке в значительной мере зависит от характера растительности суши. Факты свидетельствуют, что на протяжении геологической истории это соотношение неоднократно изменялось (теория биорексистазии). Эпохи биостазии характеризуются широким распространением устойчивых лесных фитоценозов, препятствующих механической эрозии почв, но способствующих

вовлечению химических элементов в водную миграцию в растворимых формах (Г. Эрар).

Биосфера

Глобальная система, в которой в неразрывной связи существуют, с одной стороны, инертное вещество в твёрдой, жидкой и газовой фазах, а с другой – разнообразные формы жизни и их метаболиты. В основе всех жизненных процессов лежит обмен веществ. По этой причине взаимодействие организмов с окружающей средой происходит в форме циклических процессов массообмена. Циклы разных рангов в совокупности обуславливают глобальную систему обмена химических элементов, которая обладает высокой способностью к саморегуляции. Важная особенность миграционных циклов в биосфере – их незамкнутость, возможность свободного перехода мигрирующих масс из одного цикла в другой или частичного вывода и аккумуляции в каком-либо природном резервуаре. Сочетание множества незамкнутых циклов определяет развитие и устойчивость биосферы: нарушение в ту или иную сторону баланса масс одного цикла компенсируется за счёт других, сопряжённых с ним.

Биотичность

Отношение содержания элемента в сухом веществе организма к кларку биосферы. Данный показатель включает в себя данные по распространённости элемента не только в литосфере, но и части атмосферы, гидросфере и почвах (Н.Ф. Глазовский). Концентрация микроэлементов в растениях зависит от большого числа независимых факторов: от содержания элементов в почвообразующих породах, их минералогического состава, типа почв, рельефа и расположения уровня грунтовых вод, морфологических особенностей растений, особенностей их вегетации и др. Поэтому распределение концентраций в образцах растительности определяется статистическими законами. По мнению биохимиков (Х. Боуэн, 1966) и геологов (А.Л. Ковалевский, 1975), наиболее часто распределение приближается к логарифмически нормальному закону распределения. На геохимических аномалиях усиливается контраст содержания рассеянных металлов в разных растениях и их частях, что отражается на возрастании вариабельности концентраций. Это явление предложено использовать при биогеохимических поисках руд (В.В. Добровольский, М.В. Ржаксинская).

Биофильность

Кларк концентрации элемента в живом веществе. Наибольшей биофильностью обладает С (7800), менее биофильны N (160) и H (70). Близки по биофильности анионогенные элементы O (1,5), Cl (1,1), S (1,0), P (0,75), B (0,83), Br (0,71) и т. д. Наименее биофильны Fe (0,002) и Al (0,0006). То есть живое вещество в основном состоит из элементов, образующих газообразные и растворимые соединения, его состав лучше коррелирует с составом гидросферы и атмосферы, чем литосферы. Преобладание в ландшафтах определённых систематических групп организмов, огромное разнообразие климата и геологического строения определяют своеобразие химического состава живого вещества конкретных ландшафтов, его отличие от кларков. Так, живое вещество солончаков обогащено Na, Cl и S; в организмах степей много Ca, но мало Al, Fe; организмы влажных тропиков, напротив, бедны Ca и богаты Al. Поэтому средний элементарный состав живого вещества ландшафта является важным систематическим признаком.

Биохимическая активность почв

Активность почв, оцениваемая по ферментативным показателям. Информативной является активность дегидрогеназы (класс оксидоредуктаз), так как уровень этого показателя зависит от интенсивности процессов нитрификации, азотфиксации, дыхания, поглощения почвой кислорода. Определяют также активность уреазы и фосфотазы (класс гидролаз) и интенсивность дыхания почвы по выделению CO₂. Тяжёлые металлы ингибируют важные микробиологические процессы в почве, в первую очередь трансформацию соединений углерода, его высвобождение из различных органических соединений в виде углекислоты. Тяжёлые металлы могут оказывать ингибирующее действие и на процесс естественного вовлечения азота в биологический круговорот – азотфиксацию. Это происходит при обоих типах азотфиксации, как симбиотической (показано угнетение жизнедеятельности азотфиксирующих клубеньковых бактерий), так и несимбиотической. Воздействие тяжёлых металлов на несимбиотическую азотфиксацию зависит от типа почв и сильнее проявляется на бедных почвах. В целом влияние тяжёлых металлов на микробные сообщества и микробиологические процессы в почве определяется типом тяжёлого металла, его дозой, формой соединения, свойствами загрязняемых почв.

Биохимически активное техногенное вещество

Вещество, действующее, прежде всего, на живые организмы. Это обычно типоморфные для каждого вида производства высокотоксичные поллютанты с низкими кларками (Hg, Cd, Pb, Sb, Se и др.), образующие более контрастные относительно фона ореолы и представляющие опасность для флоры, фауны и человека (М.А. Глазовская). Все тяжёлые металлы, особенно по отношению к высшим животным и человеку, токсичны и могут выступать в качестве биохимически активных техногенных веществ. Они попадают в организм с пищей, водой, при вдыхании загрязнённого воздуха и в зависимости от химической формы их соединений иногда довольно быстро выводятся из организма. Но определённая их часть задерживается в органах и тканях, вступая в соединение с биогенными элементами и радикалами. Так как эти соединения не участвуют в нормальном обмене веществ и для большинства из них характерны длительные периоды полувыведения (от месяцев до десятков лет), происходит постепенное накопление ТМ, ведущее к различным поражениям и тяжёлым хроническим заболеваниям. Тяжёлые металлы – это в основном политропные яды, которые с относительно небольшой избирательностью накапливаются в разных органах и тканях и дают широкий спектр трудно диагностируемых патологий. Их варианты обусловлены сочетаниями с действием других патогенных агентов. Поэтому газовые выбросы, сточные воды, твёрдые продукты сложного полиметалльного состава – наиболее опасные виды промышленных отходов. Накоплению этих соединений в почвах, по М.А. Глазовской, способствуют процессы: 1) изоморфные замещения в решётках глинистых минералов; 2) сорбция ионов металлоглинистыми минералами, особенно аллофаноидами; 3) соосаждение с оксидами и гидроксидами, особенно железа; 4) образование малоподвижных комплексных органометаллических соединений.

Буферная зона (система) почвы

На основе показателя рН водной суспензии почвы условно выделяют 5 буферных систем или зон, в пределах которых происходит потребление протонов: 1) карбонатная ($6,2 < \text{pH} < 8,6$) – переход карбонатов в бикарбонаты с высвобождением в почвенный раствор Са; 2) силикатная ($5,0 < \text{pH} < 6,2$) – выветривание силикатов с высвобождением в почвенный раствор катионов I – III групп; 3) катионообменная ($4,2 < \text{pH} < 5,0$) – внедрение кислых катионов в ППК с вытеснением в почвенный раствор

обменных оснований; 4) алюминиевая ($3,0 < \text{pH} < 4,2$) – растворение алюмосодержащих минералов с высвобождением в почвенный раствор мономерного Al^{3+} ; 5) железная ($2,5 < \text{pH} < 3,0$) – растворение полуторных окислов с образованием ионов Fe^{3+} . Компоненты буферных систем (за исключением карбонатов) присутствуют в той или иной степени в каждом виде почв, однако в различных интервалах значений pH одна из зон получает ведущую роль. Кислотные осадки, поступая в почву, нейтрализуются в течение времени, определяемого буферной ёмкостью действующей зоны (Ulrich, 1980).

Буферность почв

1) Способность почв противостоять изменению значений pH при воздействии кислот или щелочей.

2) Буферность почв по отношению к загрязняющим почву элементам – способность поддерживать концентрацию элементов в почвенном растворе на постоянном уровне. Считается, что при извлечении металлов из почвенного раствора растениями или нисходящим водным потоком потери их восполняются из запаса элементов в составе твёрдых фаз. При избыточном поступлении элемента в почву в растворённом состоянии он может из почвенного раствора переходить в состав твёрдых фаз, повышая запас подвижных соединений элемента.

В

Виды миграции химических элементов

1) Механическая миграция; 2) физико-химическая миграция; 3) биогенная миграция; 4) техногенная миграция (А.И. Перельман).

Виды поведения загрязняющих веществ в ландшафтах

1) Сопряжённый – сохраняется известное соотношение между поставкой вещества и загрязнением почв, растений и донных осадков, лежащее в основе применения концепции депонирующих сред при эколого-геохимических оценках техногенных ландшафтов; 2) диссонансный – сопряжённое соотношение нарушается в ту или иную сторону (техногенный геохимический диссонанс): а) аккумулятивный диссонанс – возникает, когда природные и природно-техногенные факторы миграции усиливают относительно небольшое по контрастности и объёму выбросов техногенное загрязнение, б) ослабляющий диссонанс – возникает, когда, например, воздействие мощных техногенных выбросов

минимизируется кислым выщелачиванием из почв лёгкого гранулометрического состава, имеющих к тому же очень низкий природный фон (А.И. Перельман, Н.С. Касимов).

Влияние природных ландшафтно-геохимических факторов на геохимию техногенного ландшафта

Изучено недостаточно, но можно выделить два основных его вида: 1) аккумулярующее, связанное, например, с положением ландшафта в конечных бассейнах местного стока, тяжёлым гранулометрическим составом почв и почвообразующих пород и высоким природным фоном тяжёлых металлов, развитием поверхностного переувлажнения и оглеения, щелочным фоном почв; 2) мобилизирующее, вызванное кислым выщелачиванием металлов из почв, особенно хорошо выражено на почвообразующих породах лёгкого гранулометрического состава и др. (А.И. Перельман, Н.С. Касимов).

Внешние факторы миграции

Ландшафтно-геохимические условия, определяющие поведение элементов в различных окислительно-восстановительных, щелочно-кислотных и других обстановках (А.Е. Ферсман).

Внутренние факторы миграции

Свойства химических элементов, определяемые строением атомов, – их способность давать летучие, растворимые и инертные формы (А.Е. Ферсман).

Водная миграция химических элементов в ландшафте

Физико-химическая миграция химических элементов в водах ландшафта, осуществляемая путём диффузии, конвекции или их сочетаний (конвективной диффузии). Большинство химических элементов мигрирует в ионных, молекулярных или коллоидных растворах в сочетании с суспензиями. Вода находится в сложных обратимых взаимоотношениях с организмами, горными породами, атмосферой. Важнейшими компонентами являются растворённые газы, особенно O_2 , CO_2 , H_2S . Значительная часть растворённых веществ находится в форме ионов, среди которых преобладают Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- («шестикомпонентный состав»). Все воды содержат также ионы H^+ и OH^- , роль которых чрезвычайно велика. Мало содержание распространённых элементов Ni, Co, Cu, Zn и других ТМ (обычно не более 10^{-5} – 10^{-7} г/л). Кроме ионной формы растворённые неорганические соединения находятся в форме молекул и коллоидных частиц. Велика роль и растворённого

органического вещества. Характерна также миграция тонкой мути и более крупных взвешенных частиц. Почти все воды – биокосные тела, т. е. содержат живое вещество. Газовый и ионный состав вод ландшафта во многом обязан деятельности организмов, как тех, которые находятся непосредственно в водоёме или почве, так и тех, которые населяют область формирования вод, питающих данный водоём или почву. Химизм почвенных и грунтовых вод зависит также от их подвижности. Свободные гравитационные воды находятся в трещинах, крупных полостях и легко перемещаются по почвенным и водоносным горизонтам. Установлено, что состав вод и минералов в ландшафте во многом определяется не равновесием (или не только им), а главным образом кинетикой процессов.

Воды, бедные растворёнными органическими веществами (род вод)

К ним относятся воды некоторых горных рек, высокогорных озёр, аридных ландшафтов.

Воды, богатые растворёнными органическими веществами гумусового ряда (род вод)

Воды, широко распространенные в гумидных ландшафтах, для них характерны гуминовые и фульвокислоты, прочие органические вещества, в соединении с которыми мигрируют многие элементы.

Воды, богатые растворёнными органическими веществами нефтяного ряда (род вод)

Воды, в составе растворённых органических веществ которых преобладают низкомолекулярные жирные кислоты, обнаруживаются также нафтеновые кислоты, бензол, толуол, фенолы, спирты, сложные эфиры. Есть и вещества гуминового ряда. В ландшафтах такие воды редки.

Воды, промежуточные по содержанию растворённых органических веществ (род вод)

К ним относятся океанические и многие другие воды.

Вторичный (эпигенетический) геохимический ореол рассеяния

Природное образование, сформировавшееся в результате выветривания и денудации рудного тела и первичного ореола месторождения. Различают литохимические ореолы (в почвах, породах), гидрогеохимические (в водах), атмогеохимические (в атмосфере), биогеохимические (в организмах и почвах).

Второй биогеохимический принцип

Эволюция органического мира развивалась в направлении усиления биогенной миграции (В.И. Вернадский).

Выветривание

См. *Гипергенез*.

Выщелачивание

Процесс постепенного растворения и удаления из почв и горных пород подвижных элементов. При этом почвы и породы обогащаются менее подвижными элементами и минералами. Выщелачивание играет важную роль в формировании химического состава вод. Ранее выщелачивание изучалось представителями разных наук: почвоведом, литологами, гидрогеологами, минералогами и т.д. Однако независимо от объекта во всех случаях имеет место взаимодействие вод с литосферой, что позволяет рассматривать выщелачивание с общих геохимических позиций (С.Л. Шварцев). В соответствии с классами вод выделяется 12 классов выщелачивания. Хорошо изучено сернокислотное выщелачивание на выходах сульфидных руд, кислотное выщелачивание в тропических корках выветривания и почвах. С ним связано удаление из почв и пород преимущественно Ca, Mg, Fe, Ni, Cu, Co, Zn, Sr и др. Для щелочного выщелачивания характерен вынос Si, Ge, Mo и других анионогенных элементов. Важное значение имеют также кислотное глеевое, содовое и прочее выщелачивание. По И.С. Гольдбергу и др., в процессах выщелачивания играет роль и электрохимическое перераспределение металлов: вынос их из вмещающих пород и осаждение на геохимических барьерах. В лабораторных экспериментах электрохимическое выщелачивание было установлено на порошках песчаников, кварцитов и др. При этом в анолите накапливались анионогенные элементы и часть катионогенных (Si, Al, Mg, Fe, Pb, Cu), а в катоде поступали Ca, Al, Mg, Fe и другие катионогенные элементы. Для микроэлементов степень извлечения достигала десятков процентов. Практическое значение подобных исследований велико, в частности, при охране окружающей среды, подземном выщелачивании руд, строительстве.

Г**Геохимическая аномалия**

Участки горных пород с повышенной концентрацией рассеянных элементов (изменение содержания рассеянных элементов очень контрастно на ограниченной площади).

Геохимическая дыра

Участок, в котором на коротком расстоянии резко изменяются гидрогеохимические условия, усиливается подвижность элементов вплоть до их исчезновения в зоне «дыры» (Н.И. Еникеев).

Геохимическая классификация газов биосферы

(А) Активные газы. 1. Неорганические газы; а) окислители: O_2 , O_3 , NO_2 , H_2O_2 , NO ; б) восстановители: H_2S , H_2 , H_2Se , NH_3 , N_2 , N_2O , CO , Hg . в) полярные газы, влияющие преимущественно на щелочно-кислотные условия: CO_2 , H_2O , HCl , HF , SO_2 , SO_3 . 2. Органические газы – углеводороды и их производные: CH_4 , C_2H_6 , C_4H_{10} , C_2H_4 , и другие органические соединения (в том числе элементоорганические). (Б) Пассивные газы (инертные): Ar , He , Ne , Kr , Xe , Rn (по А.И. Перельману).

Геохимическая классификация илов, подводных почв

Среди подводных почв (илов) в морских и пресноводных водоёмах с наиболее распространённой нейтральной и слабощелочной реакцией среды выделяют три геохимических класса и соответствующие им горизонты: а) окислительные илы; б) глеевые илы; в) сероводородные (сульфидные) илы. В аквальных ландшафтах окислительные, глеевые и сероводородные классы и горизонты илов закономерно сочетаются в пределах подводной катены, хотя отдельный класс может распространяться на сотни квадратных километров дна, а набор горизонтов профиля может меняться. Особенно важное значение имеют границы между горизонтами, где формируются геохимические барьеры (А.И. Перельман, В.В. Батоян).

Геохимическая классификация природных вод

Группы: а) холодные и слаботермальные зоны гипергенеза и биосферы; б) горячие и умеренно перегретые ($50 - 200$ °С); в) сильноперегретые ($200 - 375$ °С); г) Флюидные (выше 375 °С). Типы: а) кислородные; б) глеевые; в) сероводородные. Классы: а) сильнокислые; б) кислые и слабокислые; в) нейтральные и слабощелочные; г) сильнощелочные. Семейства: а) ультрапресные; б) пресные; в) солоноватые; г) солёные; д) рассолы. Роды: а) богатые растворённым органическим веществом (РОВ) гумусового ряда; б) богатые РОВ нефтяного ряда; в) бедные РОВ; г) промежуточные по содержанию растворённых органических веществ. Виды: гидрокарбонатные, сульфатные, хлоридные и др. (А.И. Перельман).

Геохимическая миграция

Перемещение атомов химических элементов в земной коре, обычно ведущее к их рассеянию или концентрации. Геохимическое изучение

пород и почв показало, что круговорот химических элементов в процессе экзогенеза зависит от физико-химических условий, влияющих на растворимость элементов, которые присутствуют в определённой среде. В зависимости от этих условий химические элементы находятся или в рассеянном состоянии, или накапливаются в процессе миграции (А.Е. Ферсман).

Геохимическая провинция

Территория, в пределах которой горные породы одного типа обладают выдержанными статистическими параметрами, в первую очередь содержания одного или нескольких рассеянных элементов. Среднее содержание некоторых элементов в однотипных породах разных геохимических провинций может сильно различаться (в несколько раз). При этом химический состав этих пород, определяемый содержанием главных элементов, остаётся одинаковым или имеет очень слабые отличия.

Геохимическая совместимость техногенных воздействий с направлениями природных процессов

Техногенез может быть совместим с основными природными процессами и усиливать их, уменьшать устойчивость (например, воздействие кислых атмосферных осадков на кислые лесные почвы) и вызывать дополнительную мобилизацию тяжёлых металлов. Техногенез может быть несовместим с направлением природных процессов: кислые осадки, выпадая на карбонатные почвы, нейтрализуются, в результате почвы проявляют устойчивость к техногенному воздействию. Таким образом, природная обстановка в значительной мере определяет поведение продуктов техногенеза, поступающих в ландшафт (Н.П. Солнцева).

Геохимическая устойчивость геосистем

Способность к самоочищению от продуктов техногенеза, зависящая от скорости химических превращений и интенсивности выноса последних из геосистем.

Геохимическая устойчивость ландшафта

Способность ландшафта и его компонентов к самоочищению от продуктов техногенеза (их выносу или переводу в инертное состояние). Почвы в значительной степени определяют буферные возможности ландшафта. Основную роль в поддержании устойчивости ландшафта к техногенезу играют подстилка, органогенные и гумусоаккумулятивные горизонты почв. Стабильность почвенного покрова позволяет сохранять последовательное расположение элементов эколого-геохимических систем

(ландшафтов), т. е. сохраняет их структуру как одно из условий устойчивости (М.А. Глазовская, Г.В. Мотузова, Л.К. Садовникова).

Геохимическая формула

Формула элементарного ландшафта, имеющая вид неправильной дроби: на месте целого числа в квадратных скобках указывается класс ландшафта, в числителе – мигрирующие элементы (в скобках – предположительно мигрирующие), в знаменателе – элементы, осаждающиеся на геохимических барьерах (в скобках – преимущественно осаждающиеся), после дроби указываются элементы, мигрирующие и осаждающиеся в равной степени. Например, геохимическая формула сильно заболоченных таёжных ландшафтов, распространенных на плоских слабодренированных равнинах Западной Сибири, Мещеры (автономные и супераквальные ландшафты кислой глеевой тайги) имеет вид:



Геохимическая экология

Раздел экологии, задача которого состоит в изучении взаимодействия организмов и их сообществ с геохимической средой, а также организмов между собой (В.В. Ковальский).

Геохимически автономный ландшафт (эколого-геохимическая система)

Эколого-геохимическая система, независимая от биогеохимических процессов, происходящих на соседних участках.

Геохимически автономный элементарный ландшафт

Элементарная эколого-геохимическая система, в которой внутриландшафтный массообмен между её компонентами происходит сравнительно независимо от соседних элементарных ландшафтов, а массообмен с окружающей территорией поддерживается только посредством переноса масс через тропосферу.

Геохимически подчинённый ландшафт (эколого-геохимическая система)

Эколого-геохимическая система, которая формируется (функционирует) под воздействием биогеохимических процессов, происходящих на окружающей территории, откуда выносятся определённые химические элементы.

Геохимически подчинённый элементарный ландшафт

Элементарная эколого-геохимическая система, систематически получающая с водным стоком дополнительное количество элементов.

Геохимические индикаторы

Химические элементы, их соединения, по изменениям особенностей распределения которых в различных геохимических объектах (в том числе и в разных составных частях геохимического ландшафта) ведутся поиски месторождений полезных ископаемых геохимическими методами. Геохимические индикаторы, которые соответствуют основным химическим элементам, слагающим тела полезных ископаемых, называют прямыми. Индикаторы, не составляющие основу тел полезных ископаемых, но часто являющиеся их «спутниками» или связанные с ними определёнными закономерностями, получили название косвенных индикаторов.

Геохимические методы поиска

В зависимости от объекта анализа различают литохимический (металлометрический), гидрогеохимический, биогеохимический и атмогеохимический (газовый) методы поисков месторождений. Теория геохимических методов поиска и особенно понятие об ореолах рассеяния имеет большое значение и для решения экологических задач – борьбы с загрязнением окружающей среды и мониторинга. Разрушающееся на земной поверхности рудное месторождение и образующиеся при этом вторичные ореолы рассеяния оказались хорошей моделью загрязнения среды от локального источника (Н.И. Сафронов, А.П. Соловов, В.А. Соколов и др.).

Геохимические процессы

См. *Геохимическая миграция; Виды миграции химических элементов.*

Геохимический барьер

Участки земной коры, в которых на коротком расстоянии происходит резкое уменьшение интенсивности миграции химических элементов и, как следствие, их концентрация. В основу классификации геохимических барьеров положены виды миграции. Выделяется два основных их типа – природные и техногенные, которые, в свою очередь, подразделяются на три класса: механические, физико-химические и биогеохимические барьеры. Состав и протяжённость потоков техногенных веществ в ландшафтах контролируется общей ландшафтно-геохимической обстановкой и различными геохимическими барьерами. Учение о

геохимических барьерах полностью применимо для анализа и прогноза поведения химических веществ в загрязнённых почвах, для обоснования практических мероприятий по локализации загрязнения. Считается, что дальнейшим развитием учения о геохимических барьерах должно стать экспериментальное и математическое моделирование процессов, протекающих на разнообразных геохимических границах и в пограничных «геохимических экотонах» (А.И. Перельман).

Геохимический градиент

Результат постепенных или резких изменений характеристик среды, вызывающих колебания распределения и содержания химических элементов в ландшафтах. Геохимические градиенты существуют в растительном, почвенном и в других компонентах ландшафта. Геохимические градиенты возникают на локальном, региональном и глобальном миграционном уровнях и обычно связаны с водными или воздушными потоками. На глобальном уровне они включают также колебания притока солнечной энергии в ландшафты. В природе градиенты обусловлены, как правило, естественными процессами, однако некоторые из них бывают спровоцированы непосредственно действиями человека и часто изучаются в связи с загрязнением окружающей среды.

Геохимический ландшафт

Парагенетическая ассоциация сопряжённых элементарных ландшафтов, связанных между собой миграцией элементов (Б.Б. Польшов, А.И. Перельман).

Геохимический мониторинг

Наблюдение за геохимическими параметрами природных и техногенных ландшафтов. По иерархии ландшафтов или экосистем мониторинг делится на комплексный (экосистемный, геосистемный) и компонентный (атмосферный, водный, биологический, почвенный). Ландшафтно-геохимический мониторинг характеризует поведение элементов не только в отдельных компонентах, но и в ландшафте в целом. Поэтому методология геохимии ландшафта особенно адекватна целям комплексного экологического мониторинга.

Геохимический отбор элементов растительностью

Избирательная (селективная) аккумуляция определённых рассеянных элементов растениями. Отбор происходит в растительных клетках благодаря комплексообразованию – способности ряда элементов к образованию стойких комплексных органических соединений. В

биологическом обмене металлы на молекулярном уровне соединяются с биомолекулами (липиды, белки, пептиды, аминокислоты и их производные) в основном через S, N и O. По Е. А. Бойченко (1966), Fe, Zn, Cu⁺, Cd, Hg, а также Pb предпочтительно соединяются с серосодержащими группами, Cu²⁺, Ni и Co – с азотными, Mn²⁺, как и s-элементы, – с кислородосодержащими группами.

Геохимический реликт

Ассоциация химических элементов, возникшая в ландшафтах прошлых эпох.

Геохимический спектр

Ломаная линия – ранжированный ряд кларков концентрации (рассеяния) элементов в коре выветривания (породах, почвах и т. д.). Геохимический спектр позволяет сравнивать разные системы по распределению в них многих химических элементов.

Геохимический фон

Среднее содержание химического элемента для данного типа пород в определённом районе.

Геохимическое поле

Земное пространство с определёнными содержаниями химических элементов и их соединений (А.И. Перельман).

Геохимическое сопряжение

Закономерное сочетание элементарных ландшафтов в геохимическом ландшафте – связь потоком вещества серии элементарных ландшафтов, находящихся на разных уровнях рельефа.

Геохимия каскадных систем

Направление, раздел геохимии ландшафта, изучающий процессы миграции и концентрации веществ в катенарных и бассейновых ландшафтно-геохимических системах (геохимия катен, аквальных ландшафтов рек, озёр, водохранилищ, дельт, прибрежной зоны морей и океанов). Катенарная (природная и техногенная) ландшафтно-геохимическая миграция, сопряжённость и дифференциация, поиск адекватных ей натуральных моделей и результаты их исследования лежат в основе современной геохимии ландшафта и экологической геохимии.

Геохимия ландшафта

Научное направление, изучающее историю атомов в ландшафте, т.е. процессы миграции и концентрации элементов в ландшафтах. В геохимии ландшафта исторический подход разрабатывается в двух направлениях:

историческая геохимия ландшафта изучает эволюцию современных ландшафтов, а палеогеохимия ландшафта – особенности ландшафтов прошлых геологических эпох. В геохимии ландшафта исследуются свойства ландшафтной системы и особенности её функционирования и развития путём анализа миграции химических элементов.

Геохимия техногенных ландшафтов

Направление, раздел геохимии ландшафта, изучающий экогеохимию городов, агроландшафтов, горнопромышленных ландшафтов и др.

Гетеролитный ландшафт

Ландшафт, образованный на различных горных породах, причём эти различия изменяют взаимодействие между горными породами и другими частями ландшафта.

Гидрогеохимический метод поиска месторождений

Заключается в отборе проб воды. Вблизи месторождений содержание элементов в водах возрастает в десятки и сотни раз. Преимуществом гидрогеохимического метода является возможность обнаружения глубоко залегающих рудных тел. Метод эффективен при поисках урановых, медных, молибденовых, борных и других месторождений (А.А. Бродский, Г.А. Голева, С.Р. Крайнов, А.А. Сауков, П.А. Удодов и др.).

Гидролитическая кислотность почвы

Обусловливается ионами водорода, прочно связанными в почвенном поглощающем комплексе и вытесняемыми из почвенного поглощающего комплекса при взаимодействии почвы с растворами щелочей или солей, гидролизующихся с образованием гидроксид-ионов (например, 1н раствор ацетата натрия).

Гидрологическая комплексность

Пестрота (комплексность) элементарных ландшафтов, связанная с неравномерным перераспределением атмосферных осадков и вызванная особенностями мезо- и микрорельефа. Гидрологическая комплексность особенно характерна для славодренированных и недренированных низменностей (Западно-Сибирская, Прикаспийская и др.). По С.С. Неуструеву, исключительно широко развиты гидрологические комплексы на плоских аккумулятивных равнинах.

Гидроморфные почвы

Водонасыщенные почвы с затруднённой аэрацией. Это почвы избыточно увлажнённые, характеризующиеся отсутствием дренажа и глубиной залегания грунтовых вод до 3 м. Избыточное увлажнение, тем

более насыщение почвы водой, подавляет продуцирование диоксида углерода микроорганизмами. Одновременно усиливаются анаэробные микробиологические процессы, сопровождающиеся образованием метана, сероводорода, метилированных соединений тяжёлых металлов.

Гипергенез

Выветривание – процесс приспособления к условиям биосферы минералов и горных пород, образовавшихся в глубинных условиях. Происходит в результате изменения физико-химической обстановки, в которой формировались эти породы, минералы при их попадании в зону выветривания (гипергенеза). Постоянный приток солнечной энергии к земной поверхности определяет большое разнообразие гипергенных процессов, их сложность, неравновесность, богатство энергией. Поэтому, несмотря на низкие температуры и давление, химические элементы в зоне гипергенеза мигрируют очень энергично; здесь достигается высокая дифференциация вещества и большие концентрации отдельных элементов, не известные в гипогенных условиях. Условно выветривание разделяют на физическое, химическое и биологическое. С химической точки зрения выветривание может быть описано как совокупность процессов растворения, гидратации, гидролиза, окисления, восстановления и карбонатизации: 1) растворение – минералы растворяются в водной фазе; 2) гидратация – в минералах возрастает содержание воды; 3) гидролиз – реакция минералов с водой, дающая новые ионы и/или нерастворимые компоненты; 4) окисление – вхождение кислорода в химические соединения или повышение валентности элементов; 5) восстановление – реакции, обратные окислению; 6) карбонатизация – превращение соединений в карбонаты, вызванное поглощением CO_2 . Химическое выветривание приводит к разрушению исходных минералов и переходу элементов из этих минералов в растворы и взвеси.

Гипергенный метасоматоз

Процесс, когда неустойчивые минералы замещаются устойчивыми без существенного изменения объёма. При этом растворение старых минералов протекает одновременно с отложением из раствора новых: твёрдое состояние системы сохраняется. Гипергенный метасоматоз распространён во всех ландшафтах, но наиболее энергичен во влажном климате, где гидроксиды Fe и Mn замещают глинистые минералы (кварц и полевые шпаты изменяются меньше) (В.В. Добровольский).

Глеевая обстановка

Восстановительная бессероводородная среда, показателем которой является содержание (концентрация) углеводов, растворённых органических соединений, Fe^{2+} , H_2 (А.И. Перельман, 1989). Горные породы и почвы в глеевой обстановке принимают белую, сизую, серую и зелёную окраску. При переходе в окислительную обстановку (т.е. при доступе свободного кислорода) окраска изменяется на бурую в основном за счёт перехода Fe^{2+} в Fe^{3+} .

Глеевые воды, тип глеевых вод

Восстановительные воды без H_2S формируются там, где мало O_2 и много органических остатков. Анаэробные бактерии здесь окисляют органические вещества за счёт O неорганических соединений. В водах появляются CH_4 , Fe^{2+} , H_2 , Mn^{2+} и другие ионы и соединения. Так как воды содержат мало SO_4^{2-} , то H_2S не образуется или образуется в очень малых количествах; высокую подвижность приобретают Fe и Mn , отчасти и другие металлы, входящие в состав органических комплексов. В почвах, осадках и коре выветривания развивается оглеение. Эти воды особенно характерны для болот тундры, тайги, широколиственных лесов, влажных тропиков и лесостепи (E_h ниже $+0,4$ В, местами ниже 0). Цвет оглеенных пород белый, сизый, серый, зелёный, пестрый (с охристыми пятнами).

Глеевые илы, глеевые горизонты подводных почв

Характерны для водоёмов влажного климата, например озёр тундры, тайги, влажных тропиков, где продуцируется много органического вещества, а для окисления остатков растений и животных не хватает кислорода. Сульфатов в водах мало, и в илах развивается окислительная обстановка без сероводорода, железо и марганец восстанавливаются, формируется глеевый горизонт (G) тёмно-серого, сизого, зеленоватого и охристо-сизого цвета. Карбонатные глеевые илы характерны для лесостепной и северной части степной зоны. E_h в горизонте G (-0) – (-150) мВ. Типичным проявлением глеевых илов является сапропель. В профиле подводной почвы глеевый горизонт обычно залегает под окислительным горизонтом (O), нередко между ними формируется переходный горизонт (OG) с менее восстановительными условиями. Под глеевым горизонтом обстановка часто становится более окислительной, под ним формируется другой переходный горизонт (GO), ниже которого обычно залегает окисленная литифицированная порода (А.И. Перельман, В.В. Батоян).

Глеевый геохимический барьер (С)

Восстановительный физико-химический барьер, формирующийся при резком уменьшении Eh при встрече кислородных вод с глеевой средой. Широко распространён в краевой зоне болот гумидных ландшафтов. Для этого барьера характерна концентрация Mo, U, Se, Au, Cu и других элементов ($U^{6+} \rightarrow U^{4+}$; $Se^{6+} \rightarrow Se^0$; $Au^+ \rightarrow Au^0$; $Cu^{2+} \rightarrow Cu^+ \rightarrow Cu^0$ и т. д.) (А.И. Перельман).

Горнопромышленный ландшафт

Техногенная ландшафтно-геохимическая система, основная геохимическая черта которой – слабо контролируемое рассеяние больших масс веществ с аномально высоким содержанием элементов, которое наблюдается при добыче полезных ископаемых. Это площади почти полного уничтожения природных ландшафтов, занятые скважинами, шахтами, карьерами, отвалами пород, отходами первичного обогащения руд, угольными терриконами, транспортными магистралями и др. Главные геохимические особенности горнопромышленных ландшафтов определяются техногенными параметрами, второстепенные – природными. Специфическая особенность горнопромышленных ландшафтов – наложение техногенного загрязнения на природные геохимические аномалии – вторичные ореолы и потоки рассеяния месторождений в почвах, растениях, поверхностных и подземных водах.

Городские почвы

Почвы, имеющие созданный человеком поверхностный слой мощностью более 50 см, полученный перемещением, насыпанием, погребением или загрязнением материалами урбаногенного происхождения (строительно-бытовой мусор и др.). Любой профиль, претерпевший нарушения, изменения или добавления материала менее 50 см, ведёт себя как природное тело, если только он не подвергся резкому изменению (например, почвы запечатаны слоем асфальта или цемента в 15 см). Аналогичный показатель был принят в американской классификации (Keys to..., 1994). Все почвы города разделяются на группы почв: естественные ненарушенные, естественно-антропогенные поверхностно преобразованные, антропогенные глубокопреобразованные урбанозёмы и почвы техногенных поверхностных почвоподобных образований – урботехнозёмы. К химически преобразованным городским почвам относят: 1) почвы промышленно-коммунальных зон: сильно техногенно загрязнённые тяжёлыми металлами и другими токсичными

веществами, которые изменяют почвенно-поглощающий комплекс почв, предельно сокращают биоразнообразие почвенной биоты, делают почву почти абиотичной; уплотнённые, бесструктурные, с включениями токсичного непочвенного материала объёмом более 20 %; 2) почвы, пропитанные органическими масляно-бензиновыми жидкостями; они формируются на территории бензозаправочных станций и автомобильных стоянок, когда масло и бензин постоянно проникают в грунт. К химически преобразованным и загрязнённым почвам могут относиться и техногенно-загрязнённые почвы, в которых сохраняется генетический профиль.

Городской ландшафт

Техногенный ландшафт города. Города – это мощные источники техногенных веществ, включающихся в региональные миграционные циклы. Главные геохимические особенности городских ландшафтов определяются техногенными параметрами, второстепенные – природными. В городских ландшафтах выделяют функциональные зоны: а) парково-рекреационная; б) агротехногенная; в) селитебная; г) селитебно-транспортная; д) промышленная. Наиболее сильное техногенное воздействие на природную среду и человека проявляется в крупных промышленных городах и зонах, которые по интенсивности и площади аномалий химических элементов представляют собой техногенные геохимические и биогеохимические провинции. Экологические блоки промышленного города, между которыми формируются потоки загрязняющих веществ, условно делятся на три группы: а) источники выбросов, к которым относится промышленный комплекс города, жилищно-коммунальное хозяйство и транспорт; б) транзитные среды, непосредственно принимающие выбросы, где происходит транспортировка и частичная трансформация загрязняющих веществ, – атмосфера, атмосферные выпадения, временные и постоянные водотоки, поверхностные водоёмы, грунтовые воды; в) депонирующие среды, в которых накапливаются и преобразуются продукты техногенеза, – донные отложения, почвы, растения, микроорганизмы, городские сооружения, население города.

Градиент геохимического барьера

Изменение геохимических показателей m (t , p , Eh, pH и т. д.) в направлении миграции химических элементов называется градиентом барьера G : $G = \frac{dm}{dl}$ или $G = \frac{m_2 - m_1}{l}$, где m_1 – значение геохимического

показателя до барьера; m_2 – после барьера; l – ширина барьера. Интенсивность накопления элемента увеличивается с ростом контрастности и градиента барьера. Ландшафтно-геохимические барьеры обладают различной проницаемостью для потоков веществ и определённой емкостью по отношению к отдельным компонентам и ко всей их совокупности.

Гумидокатные растения

Виды растений, сформировавшиеся в гумидных ландшафтах, где преобладают кислые почвы, и интенсивно накапливающие катионогенные элементы и слабее – анионогенные. Закрепляясь наследственностью, гумидокатность может проявиться и в аридных ландшафтах (при миграции гумидокатных видов). Рационально также выделять гумидокатные виды животных (А.Д. Айвазян).

Гуминовые кислоты

Кислоты, основными структурными единицами молекулы которых являются сконденсированная центральная часть (ядро), боковые цепи и периферические функциональные группы: карбоксильные, фенолгидроксильные, метоксильные, карбонильные, хиноидные, аминогруппы. Ядро состоит из сконденсированных ароматических и гетероциклических кольцевых соединений, боковые цепи – из углеводных, аминокислотных и других групп. Согласно Д.С. Орлову (1974), структурная ячейка гуминовых кислот из дерново-подзолистой почвы имеет вид $C_{173}H_{183}O_{86}N_{11}$, из чернозёма – $C_{73}H_{61}O_{32}N_4$. В составе гуминовых кислот содержание углерода колеблется от 40 до 60 %, азота – от 3,5 до 6 %. Реакционная способность гуминовых кислот связана с карбоксильными и фенолгидроксильными группами, водород которых может замещаться другими катионами. В почве обычно присутствуют не свободные гуминовые кислоты, а их соли: гуматы кальция, магния и др. Гуминовые кислоты не растворяются в воде, но хорошо растворимы в щелочных растворах. Содержание гуминовых кислот в поверхностных водах обычно составляет десятки и сотни микрограммов в 1 дм^3 по углероду, достигая нескольких миллиграммов в 1 дм^3 в природных водах лесных и болотистых местностей, придавая им характерный бурый цвет. В воде многих рек гуминовые кислоты не обнаруживаются. Концентрация металлов в гуминовых кислотах не только значительно выше их концентрации в почвах, но также выше средней концентрации в растительности.

Гумус почв

Основными компонентами являются гуминовые и фульвокислоты, их соли, а также гумин – своеобразный комплекс гумусовых кислот, связанных с высокодисперсными минеральными частицами. Гумус почв играет двоякую роль. С одной стороны, он выступает как источник азота и других элементов, приоритетно необходимых для высших растений и освобождающихся из органического вещества в результате микробиологической деятельности. С другой стороны, гумусовые кислоты и их производные благодаря особенностям молекулярного строения активно влияют на миграцию и аккумуляцию химических элементов в педосфере. По этой причине гумусовые вещества являются важной частью механизма регулирования миграционных потоков в педосфере.

Гумусовые кислоты

Гуминовые и фульвокислоты, объединяемые под названием гумусовые кислоты, нередко составляют значительную долю органического вещества природных вод и представляют собой сложные смеси биохимически устойчивых высокомолекулярных соединений. Главным источником поступления гумусовых кислот в природные воды являются почвы и торфяники, из которых они вымываются дождевыми и болотными водами. Значительная часть гумусовых кислот вносится в водоемы вместе с пылью или образуется непосредственно в водоеме в процессе трансформации «живого органического вещества». Гумусовые кислоты в поверхностных водах находятся в растворенном, взвешенном и коллоидном состояниях, соотношения между которыми определяются химическим составом вод, рН, биологической ситуацией в водоеме и другими факторами. Наличие в структуре фульво- и гуминовых кислот карбоксильных и фенолгидроксильных групп, аминогрупп способствует образованию прочных комплексных соединений гумусовых кислот с металлами. Некоторая часть гумусовых кислот находится в виде малодиссоциированных солей – гуматов и фульватов. В кислых водах возможно существование свободных форм гуминовых и фульвокислот. Гумусовые кислоты в значительной степени влияют на органолептические свойства воды, создавая неприятный вкус и запах, затрудняют дезинфекцию и получение особо чистой воды, ускоряют коррозию металлов. Они оказывают влияние также на состояние и устойчивость карбонатной системы, ионные и фазовые равновесия и распределение миграционных форм микроэлементов. Повышенное содержание

гумусовых кислот может оказывать отрицательное влияние на развитие водных растительных и животных организмов в результате резкого снижения концентрации растворенного кислорода в водоеме, идущего на их окисление, и их разрушающего влияния на устойчивость витаминов. В то же время при разложении гумусовых кислот образуется значительное количество ценных для водных организмов продуктов, а их органоминеральные комплексы представляют наиболее легко усваиваемую форму питания растений микроэлементами. Почвенные кислоты – гуминовые (в щелочной среде) и особенно хорошо растворимые фульвокислоты – играют наибольшую роль в миграции тяжелых металлов.

Д

Двусторонний геохимический барьер

Барьер, образующийся на участках встречной миграции вод. Для двусторонних барьеров характерна ассоциация элементов с противоположными свойствами (например, металлов и неметаллов).

Десерпция

Движение сухого обломочного материала (песка, дресвы, щебня) в верхних частях склонов за счёт изменения его объёма при колебаниях температуры (С.С. Воскресенский).

Деструкционная активность элементов техногенеза

Характеризует степень опасности элементов для живых организмов и равна отношению технофильности элемента (с учётом содержания его в углях) к его биофильности (на суше) (Д) (М.А. Глазовская).

Деструкция ландшафта

Нарушение структуры ландшафта, процессов обмена веществ и энергии в нём, а также стабильности вследствие отрицательного воздействия на отдельные компоненты ландшафта и на ландшафт в целом.

Десульфуризация

Окисление органических веществ анаэробными бактериями за счёт восстановления сульфатов. Во всех системах, содержащих органические вещества и сульфаты и не содержащих свободного кислорода, развивается деятельность десульфуризирующих бактерий (десульфуризаторы), отнимающих кислород у сульфатов для окисления органического вещества: $2C_{орг} + SO_4^{2-} \rightarrow S^{2-} + 2CO_2$. Пищей для этих микроорганизмов служат многие органические соединения растений и животных, нефти,

битумы, рассеянные в осадочных породах, тяжёлые углеводороды, начиная с гексана, и другие соединения. Десульфуризаторы развиваются при обычных температурах (но они установлены и в горячих водах) в солончаках, илах морей и солёных озёр, в подземных водах, местами и в морской воде. В результате десульфуризации в почвах, илах и подземных водах накапливается сероводород, возникает восстановительный сероводородный барьер.

Детритогенез

Накопление в ландшафтах неразложившихся и полуразложившихся остатков растений и животных (М.А. Глазовская).

Дефицитные элементы в ландшафте

Химические элементы, добавление подвижных форм которых в ландшафт увеличивает биомассу. К ним в разных ландшафтах относятся О, N, P, K, F, B, J, Cu и многие другие элементы. Один и тот же элемент может быть дефицитным в одном ландшафте и избыточным в другом.

Дефлюкция

Самопроизвольное движение вязкопластичной массы (почвы, коры выветривания и др.).

Дефляционная комплексность

Пестрота (комплексность) элементарных ландшафтов в пределах одного мезорельефа, обусловленная деятельностью ветра.

Диагенез

Процесс превращения осадков в горные породы.

Е

Ёмкость геохимического барьера

Максимальные количества веществ в потоке, которые данный барьер способен выдерживать в течение длительного времени без нарушения его структурных и функциональных свойств. Так, ёмкость щелочного барьера в почвах измеряется количеством карбонатов, способных нейтрализовать кислые потоки. Ёмкость сорбционного барьера зависит от ёмкости поглощения почв, рыхлых отложений, донных осадков и мощности сорбирующего слоя. Ёмкость восстановительных и окислительных барьеров зависит от количества восстановителей или окислителей, что обусловлено микробиологической активностью среды (М.А. Глазовская, 1988).

Ж**Железобактерии**

Истинные железобактерии – группа облигатно-ацидофильных автотрофных бактерий, для которых окисление двухвалентного Fe является источником энергии – дыхательным актом. Окисление железа в кислой среде происходит с участием специфических железобактерий, например *Thiobacillus ferrooxidans*. Процесс окисления $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$ идёт за счёт кислорода воздуха и с образованием энергии, которая используется в форме аденозинтрифосфатов (АТФ) для фиксации CO_2 по типу хемосинтеза. Истинные железобактерии хемолитоавтотрофы участвуют также и в превращениях серы. С этими процессами связывают образование некоторых железных руд.

Живое вещество

1) Постоянно существующая планетарная совокупность организмов. С позиций геохимии рассматривается как особая форма материи.

2) Совокупность живых организмов, выраженная в единицах массы и энергии. Можно говорить о живом веществе отдельных материков, стран, морей, ландшафтов (В.И. Вернадский).

З**Закон биологического круговорота химических элементов**

В ландшафте химические элементы, поглощаясь живыми организмами, входят в состав органических соединений, их тела «организуются». Это процесс негэнтропийный (энтропия системы уменьшается), химические элементы заряжаются энергией, становятся геохимическими аккумуляторами. При разложении органических веществ энергия выделяется, «геохимические аккумуляторы разряжаются». Носителями энергии в основном становятся природные воды, приобретающие агрессивность и совершающие в ландшафте большую химическую работу. Это процесс энтропийный. Поступательное развитие ландшафта осуществляется через систему таких круговоротов, в ходе которых закономерно изменяется также информация (В.И. Вернадский, Б.Б. Польшов, В.Р. Вильямс).

Закон Вернадского

Миграция химических элементов в биосфере осуществляется или при непосредственном участии живого вещества (биогенная миграция), или же

она протекает в среде, геохимические особенности которой обусловлены живым веществом – как тем, которое в настоящее время населяет данную биокосную систему, так и тем, которое действовало в биосфере в течение геологической истории (формулировка А.И. Перельмана).

Закон Кларка - Вернадского

Все элементы есть везде, речь может идти только о недостаточной чувствительности анализа, не позволяющего определить содержание того или иного элемента в изучаемой системе. Это положение о всеобщем рассеянии химических элементов Н.И. Сафронов предложил именовать законом Кларка - Вернадского.

Закон константности количества живого вещества биосферы

Количество живого вещества (биомассы всех организмов) биосферы для данной геологической эпохи постоянно (В.И. Вернадский).

Закон максимизации энергии и информации в эволюции

Наилучшими шансами на самосохранение обладает система, в наибольшей степени способствующая поступлению, выработке и эффективному использованию энергии и информации.

Закон оптимальности

Любая система с наибольшей эффективностью функционирует в некоторых характерных для неё пространственно-временных пределах.

Закон прогрессивного развития земной коры (верхней оболочки планеты)

Земная кора и верхняя мантия представляют собой сложную динамическую систему с обратными связями; непрерывное поступление в систему солнечной энергии, а также глубинной энергии определяет направленное развитие тектоносферы и биосферы, в ходе которого увеличиваются их сложность и разнообразие, неравновесность, накапливается свободная энергия, уменьшается энтропия. Это прогрессивное развитие осуществляется через систему последовательных геохимических циклов – тектономагматических и биосферных (А.И. Перельман).

Закон развития системы за счёт окружающей её среды

Любая система может развиваться только за счёт материально-энергетических и информационных возможностей окружающей её среды; абсолютно изолированное саморазвитие невозможно.

Запрещённая ассоциация элементов

Ассоциация элементов, невозможная в данной системе.

Засоленный ландшафт

Ландшафт, для которого характерно накопление легкорастворимых солей, их активное участие в биологическом круговороте элементов и водной миграции (А.И. Перельман).

Захороненный (погребённый) ореол рассеяния

Ореол рассеяния, не проявляющийся на поверхности: перерыв в накоплении отложений и возрастание в них аллохтонного материала способствуют экранированию геохимической аномалии.

Зольность

Процент золы от сухого органического вещества.

Зольные элементы

Химические элементы, которые при полном разрушении организма (испарении воды и сгорании органического вещества до углекислого газа) образуют минеральный остаток (золу). Важно определять водные мигранты не только в живых организмах, но и в золе. В золе можно более точно выяснить соотношение зольных элементов, входящих в состав органов и тканей живого организма. Знать относительное содержание химических элементов в золе наземных растений необходимо для сопоставления их с концентрацией элементов в минеральном субстрате, на котором они произрастают и из которого получают зольные элементы. Содержание большинства элементов в золе значительно отличается от их среднего содержания в земной коре, так как растения избирательно поглощают элементы. Интенсивность поглощения характеризуется отношением количества элемента в золе растений к его количеству в почве или горной породе (см. *Коэффициент биологического поглощения*).

Зона аридная

Территория или природно-климатическая зона с малым естественным увлажнением – засушливая (полупустыни и пустыни). Аридная зональность зависит от увлажнения. В тёплом сухом климате более характерно восходящее движение микроэлементов (тяжёлых металлов). Аридизация климата, смена промывного типа водного режима непромывным, наличие мерзлоты в профиле существенно увеличивают опасность загрязнения почв и уменьшают их способность к самоочищению.

Зона бореальная

Зона лесов умеренного пояса. Общая биогеохимическая особенность лесных экосистем – продолжительное задерживание поглощённых

химических элементов в живом веществе. Основная часть биомассы находится над почвой. В результате замедленного биологического круговорота на поверхности почв залегает слой слаборазложившихся продуктов опада – лесная подстилка. Преобладание атмосферных осадков над испарением и присутствие легкорастворимых гумусовых кислот, образующихся при разложении растительных остатков микроорганизмами, среди которых особую важную роль играют грибы, способствуют формированию кислых систематически промывных почв. Для всех типов почв лесных ландшафтов характерна аккумуляция элементов питания растений в лесной подстилке, под которой расположен горизонт их выноса. Ещё ниже концентрация элементов постепенно увеличивается вплоть до почвообразующей породы. Для поверхностных вод бореальных ландшафтов характерна низкая минерализация и присутствие значительного количества растворимых органических соединений. Экспериментальное изучение миграционных форм тяжёлых металлов в водах лесных ландшафтов показало важное значение комплексных органических соединений металлов, а также частиц коллоидных размеров. Благодаря биогеохимической деятельности микроорганизмов (образование в почвах водорастворимых комплексных органических соединений) в водную миграцию вовлекаются значительные массы тяжёлых металлов.

Зона гумидная

Территория или природно-климатическая зона с высоким естественным увлажнением (например, дождевые тропические леса). Гумидная зональность определяется в основном различиями в количестве тепла (при оптимальном увлажнении). В целом в почвах, формирующихся в прохладном влажном климате, вымывание микроэлементов (тяжёлых металлов) вниз по профилю почвы проявляется сильнее, чем их накопление, если только нет большого привноса этих элементов в почву.

И

Иерархия природных систем (природных ландшафтов, эколого-геохимических систем)

Функциональное соподчинение (вхождение более мелких и простых в более крупные сложные) систем различного уровня. Примером иерархии природных систем может быть ряд: элементарный ландшафт (фация, биогеоценоз, экосистема) – местность – урочище – ландшафт –

ландшафтная зона – физико-географический сектор – биосфера. Каждый уровень иерархии имеет свои особенности круговорота веществ: так, на первых уровнях преобладают вертикальные связи, на последующих все большую роль в качестве системообразующих начинают играть горизонтальные или латеральные связи.

Избыточные элементы в ландшафте

Химические элементы, удаление которых из ландшафта увеличивает продукцию живого вещества. К ним в разных ландшафтах относятся Cl, S, Na, Cu, Ni, Fe, F и др.

Изоморфизм

Взаимное замещение ионов в кристаллической структуре благодаря близости их радиусов.

Иммиграция

Поступление химического элемента (соединения) в систему.

Иммобилизация

Обездвиживание – прекращение миграции веществ, уменьшающее их активность (например, в донных отложениях).

Импактный геохимический мониторинг

Слежение за региональным и локальным антропогенным воздействием в местах кризисных экологических ситуаций. Современные исследования ведутся по следующим направлениям: 1) анализ закономерностей формирования техногенных потоков загрязняющих веществ в различных ландшафтных зонах; 2) изучение реакций отклика почв и природных ландшафтов, эколого-геохимических систем в целом на техногенное воздействие; 3) изучение в модельных опытах влияния загрязняющих веществ на почвы и процессы трансформации загрязняющих веществ; 4) определение индикаторов загрязнения почв в целях мониторинга, 5) обоснование мероприятий по прогнозу и снижению отрицательного воздействия техногенеза на почвы.

Инвентаризационные эколого-геохимические карты

Карты техногенных источников загрязнения с учётом объёма и структуры выбросов, стоков и отходов. Они относятся к типу достаточно простых аналитических карт. Источники показаны, как правило, точками, пунсонами, зонами воздействия.

Индикаторные элементы

Рассеянные элементы, принимающие участие в биологической или водной миграции и характеризующие процесс внутриландшафтного

перераспределения. Для каждого ландшафта выделяются две основные группы индикаторных элементов, способствующие геохимическому сопряжению: первая – наиболее интенсивно вовлекаемые в биологический круговорот, вторая – в водную миграцию.

Индикационные эколого-геохимические карты

Составляются по данным геохимического мониторинга и показывают изолиниями, заливкой, знаками распределение отдельных загрязняющих веществ в воздухе, почвах, водах, растениях и других компонентах ландшафта. Это карты аналитического типа (статические и динамические).

Интегральная устойчивость геосистем

Определяет устойчивость геосистем ко всему комплексу антропогенных воздействий. Среди ряда параметров состояния экосистем, играющих роль в оценке их устойчивости в целом и их отдельных составляющих (Снакин В. В., и др. Оценка состояния и устойчивости экосистем М., 1992. 127 с.), большая часть непосредственно связана со свойствами почв. Это прежде всего характеристики чисто почвенные, затем параметры, связанные с продукционными процессами и с процессами трансформации органического вещества. В какой-то мере почвенными факторами определяются проективное покрытие, спектр жизненных форм, видовое разнообразие и некоторые другие. Поэтому особенно важны разработки принципов оценки состояния и устойчивости почв, основанные на методах нормирования отдельных показателей с последующим их суммированием по балльной системе. В качестве параметров состояния почвы предлагаются: катионообменные свойства; гумус, содержание С и мощность гумусового горизонта; водно-физический режим (промывной, непромывной, периодически промывной); положение в ландшафте (элювиальном, транзитном, аккумулятивном); крутизна склона. В число показателей качества почв, определяющих их устойчивость, включают также характеристику почвообразующих пород и тип природной растительности.

Интенсивность биогенной миграции

$$P_x = \frac{M}{R} A_x$$
 – интенсивность биологического поглощения, которая

прямо пропорциональна коэффициенту биологического поглощения A_x . M/R – отношение количества золы к количеству горных пород и почв,

находящихся в сфере досягаемости растений; величина постоянная для данного ландшафта.

Интенсивность физико-химической миграции

Интенсивность миграции $P_x = \frac{db}{b} \frac{1}{dt}$, где db/b – относительная часть атомов, перешедших в подвижное состояние в единицу времени t (А.И. Перельман).

Интенсивные параметры миграции

Количество веществ, которое в единицу времени переходит в подвижное состояние (например, в природные воды) (А.И. Перельман).

Ископаемые почвы (реликтовые почвы, педолиты)

Неперемещённые горные породы, литолого-геохимические свойства которых возникли в результате почвообразования и его последующего изменения эпигенетическими (наложенными) процессами.

Испарительный геохимический барьер (F)

Физико-химический барьер, формирующийся в аридных ландшафтах при испарении воды в соляных озёрах, засоленных почвах, на котором концентрируются Ca, Na, K, Mg, F, S, Sr, Cl, Zn, Li, N, U, Mo и другие элементы (А.И. Перельман).

К

Каскадные ландшафтно-геохимические системы

Парагенетические ассоциации элементарных ландшафтно-геохимических систем, целостность которых определяется потоками вещества, энергии и информации от верхних гипсометрических уровней рельефа к нижним (М.А. Глазовская).

Катионогенные химические элементы

Элементы, которые подвижны в слабокислых почвах, поглощаются деревьями и кустарниками и могут концентрироваться на биогеохимическом барьере в гумусовых горизонтах гидроморфных почв: Sr, Mn, частично Ba и Zn.

Катионы обменные

Находящиеся в почвенном поглощающем комплексе катионы (катионы твёрдой фазы), способные к эквивалентному обмену на катионы раствора. Обменные катионы находятся на обменных позициях глинистых минералов и органического вещества, их состав сильно различается в

почвах разных природно-климатических зон. В гумидных областях и тундровых, подзолистых, бурых лесных почвах, краснозёмах и желтозёмах среди этих катионов преобладают ионы Al^{3+} , $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$, $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ и H^+ . В аридных почвах – чернозёмах, каштановых, серозёмах – обменные катионы представлены преимущественно Ca^{2+} и Mg^{2+} , а в засоленных почвах – также Na^+ . Во всех почвах среди обменных катионов всегда есть небольшое количество K^+ . Некоторые тяжёлые металлы (Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} и др.) могут присутствовать в почвах в качестве обменных катионов (К.К. Гедройц).

Кираса

Плотная железистая кора, образующаяся на латеритах плоских возвышенностей после удаления эрозией рыхлого покрова.

Кислородные воды, тип кислородных вод

Для подобных вод характерно присутствие свободного O_2 , поступающего из воздуха или за счёт фотосинтеза водных растений. Ен выше 0,15 В, часто выше 0,4 В, Fe чаще всего находится в форме Fe^{3+} . Кислородные воды обладают высокой окислительной способностью, в них действуют аэробные бактерии, окисляющие органические вещества до CO_2 и H_2O , происходит окисление и неорганических веществ. S, Cr, V, Se здесь имеют высокие степени окисления и образуют растворимые соединения – сульфаты, хроматы, ванадаты, селенаты. В ландшафтах с преобладанием окислительной среды эти элементы имеют высокую миграционную способность.

Кислые и слабокислые воды, класс кислых и слабокислых вод

Это воды, рН которых колеблется от 3–4 до 6,5; чаще всего их кислотность обусловлена разложением органических веществ, приводящим к поступлению в воду CO_2 , фульвокислот и других органических кислот. Если в горных породах мало подвижных сильных катионов, то кислотность нейтрализуется неполностью и в почвах и коре выветривания господствует слабокислая среда. В таких водах легко мигрируют металлы в форме бикарбонатов и комплексных соединений с органическими кислотами. Подобные воды распространены исключительно широко в гумидных ландшафтах.

Кислый геохимический барьер (Е)

Физико-химический барьер, возникающий при резком уменьшении рН. На кислом барьере осаждаются Si, Se, Mo, Ge и другие анионогенные элементы (А.И. Перельман).

Кларк

Среднее значение относительного содержания химических элементов в земной коре и других глобальных и космических системах (А.Е. Ферсман).

Кларк концентрации

Отношение содержания химического элемента в горной породе, руде, минерале (A) к кларку этого элемента в земной коре: $K_K = A/K$. Также кларк концентрации именуют как «вернад» (В.И. Вернадский).

Кларк рассеяния

Величина, обратная кларку концентрации, – отношение кларка элемента в литосфере к его содержанию в изучаемой системе (K_P).

Когерентность ландшафта

Свойство ландшафта, вытекающее из системного подхода, важнейшими факторами которого являются биологический круговорот, рельеф, геологическое строение, техногенез; эти факторы связывают между собой все компоненты ландшафта и существенно видоизменяют их. В природных ландшафтах чем интенсивнее биологический круговорот атомов, тем больше когерентность ландшафта. Высокая степень когерентности характерна, например, для гумидных равнин, где растительность находится в полном соответствии с особенностями почв и вод. К ландшафтам с низкой когерентностью относятся, например, многие пустыни: состав почв здесь может быть слабо связан с деятельностью растительности. Понятие о когерентности применимо и к анализу техногенных ландшафтов. По сравнению с природными ландшафтами когерентность в них резко уменьшается при загрязнении окружающей среды (А.И. Перельман, Н.С. Касимов).

Комплексный геохимический барьер

Барьер, формирующийся при совмещении в одном месте различных геохимических процессов; образующийся в результате наложения двух или нескольких взаимосвязанных геохимических процессов.

Контрастность геохимического барьера

Характеризуется отношением величины геохимических показателей в направлении миграции до и после барьера (S). Интенсивность накопления элемента увеличивается с ростом контрастности и градиента барьера.

Контрастность миграции

Различие поведения элементов (мобилизации, рассеивания и концентрации) в разных частях ландшафта или разных ландшафтов. Одни элементы обладают высокой контрастностью (Zn , U), другие – низкой.

Малоконтрастные элементы везде или энергично (S, Cl), или очень слабо (Zr, Th и т. д.) мигрируют. Мерой контрастности служит отношение коэффициентов водной миграции для разных процессов.

Концепция «химических бомб замедленного действия»

Теория быстрых, порой катастрофических геохимических изменений свойств ландшафта, обусловленных изменениями факторов миграции токсичных химических элементов (колебания уровня грунтовых вод, кислотные дожди и др.), и связанных с ними последствий – мобилизации, рассеяния, концентрации токсикантов, ведущих к нежелательным экологическим эффектам (В. Стиглиани, Г. Хекстра и др.).

Кора выветривания

Профиль, состоящий из горизонтов постепенного изменения гипогенных силикатов в гипергенные глинистые минералы, находящийся вне сферы почвенных процессов. По А.И. Перельману, это рыхлые продукты изменения горных пород, образующихся под почвой за счёт поступающих из неё растворов. Для коры выветривания характерны широкое развитие процессов окисления и гидратации при отсутствии биогенной аккумуляции элементов под влиянием растений (А.И. Перельман, 1989). Начиная с верхнего палеозоя намечается несколько эпох глубокой почвенно-гипергенной трансформации вещества горных пород и образования кор выветривания. Их образование происходило в периоды длительной биостазии гумидных лесных фитоценозов. В последующие периоды рексистазии и энергичной эрозии коры выветривания размывались, а их минеральные компоненты входили в состав осадочных отложений. Интенсивность продуцирования сложных продуктов метаболизма биотой суши является важным фактором гипергенного преобразования кристаллических горных пород и образования коры выветривания. По содержанию элементов, наиболее влияющих на биологический круговорот, выделяют 4 группы почвообразующих пород (кор выветривания): 1) породы преимущественно лёгкого состава с резко пониженным геохимическим фоном биологически важных элементов (аллювиальные и флювиогляциальные пески и супеси в гумидных зонах, кварциты и др.); 2) породы с околокларковыми содержаниями элементов – лессовидные покровные отложения, силикатные кислые, средние, основные породы и др.; 3) породы с повышенными содержаниями металлов, например ультраосновные; 4) породы с резко аномальными содержаниями элементов в районах

месторождений. Различают природные и техногенные коры выветривания (В.В. Добровольский).

Коэффициент аккумуляции углерода

Отношение углерода, связанного на единице площади в процессе годового фотосинтеза, к количеству углерода, выделившегося в составе CO_2 за год из почвы в атмосферу за счёт разрушения мёртвого органического вещества.

Коэффициент атмогеохимической активности

Коэффициент, равный отношению количества элемента, поступающего с осадками, к их количеству, потребляемому растениями (КА) (М.А. Глазовская).

Коэффициент аэрозольной аккумуляции (концентрации)

Отношение содержания элемента в твёрдой фазе аэрозоля (A) к кларку этого же элемента в гранитном слое континентальной земной коры (K): $K_a = A/K$. При формировании аэрозолей концентрация одних элементов в твёрдых частицах аэрозолей возрастает на 1 – 2 математических порядка по сравнению с гранитным слоем литосферы (Cd, Pb, Zn), а других – слабо меняется (V, Ti). Считается установленным, что аэрозоли обогащаются в тропосфере определёнными химическими элементами, поступающими в парогазовом состоянии. Сложную проблему представляет установление источников парогазового потока тяжёлых металлов и близких им элементов с переменной валентностью (В.В. Добровольский).

Коэффициент биогеохимической активности

Отношение потребления элемента живым веществом в год к его выносу с ионным стоком с континентов в океан или из крупных речных бассейнов (KB) (М.А. Глазовская).

Коэффициент биогеохимической подвижности

Отношение содержания элемента в сухом веществе растений к его подвижным, доступным для растений воднорастворимым, солевым, органоминеральным формам, извлекаемым из почв слабыми растворителями (B_x). Данный показатель характеризует доступность элементов растениям и степень использования ими подвижных форм элементов, содержащихся в почве. Коэффициент биологического поглощения (A_x) отражает скорее потенциальную биогеохимическую подвижность элементов, более объективную картину даёт коэффициент B_x . Значения B_x у большинства элементов обычно значительно выше, чем A_x (Н.С. Касимов).

Коэффициент биологического поглощения

Частное от деления содержания химического элемента в золе растения на его содержание в почвообразующей породе или в почве, на которой произрастает данное растение (K_6 или A_x). Интенсивность биологического поглощения в ландшафте прямо пропорциональна коэффициенту биологического поглощения. Коэффициент биологического поглощения меняется в зависимости от фазы вегетации, возраста организма, почвы и других условий. В первом приближении все элементы можно разделить по глобальным значениям интенсивности биологического поглощения на две большие группы. К первой относятся те, концентрация которых в золе больше, чем в земной коре. Особенно активно захватываются В, Вг, I, Zn и Ag, у которых $K_6 > 10$. Для значительной части рассеянных элементов $10 > K_6 > 1$: Cu, Mo, Mn, Sr, Pb, Co, Ni и другие металлы. Их важная физиологическая роль твёрдо установлена или предполагается. Ко второй группе относятся элементы с низкой интенсивностью поглощения, имеющие $K_6 < 1$. Некоторые из них присутствуют в земной коре преимущественно в формах, труднодоступных для растений (Ga, Zr, Ti, Y, La), другие токсичны и поэтому ограничено поглощаются (F, U). (Б.Б. Польшов, А.И. Перельман)

Коэффициент водной миграции

Отношение концентрации элемента в сухом (минеральном) остатке воды к его концентрации в почвообразующих породах или почвах данного района (K_B). В ландшафте коэффициенты водной миграции элементов относятся друг к другу как интенсивности их миграции. Коэффициент водной миграции может устанавливаться для зоны гипергенеза в целом, для отдельных водоносных горизонтов и т.д. (А.И. Перельман).

Коэффициент гидрогеохимической активности

Коэффициент, равный отношению количества элементов, выносимых ионным стоком, к их количеству, поступающему с атмосферными осадками (КИ) (М.А. Глазовская).

Коэффициент деструкционной активности

Отношение поступления элемента в биосферу (добыча, складирование) к потреблению растительностью и др. (М.А. Глазовская).

Коэффициент относительного поглощения (относительное содержание элемента в видах растений – ОСВР)

Биогеохимический параметр – относительное содержание химических элементов в видах, растущих в сопоставимых условиях (т. е. в одном

элементарном ландшафте): $ОСВР = C_1 / C_T$, где C_1 – содержание элемента в изучаемом виде, а C_T – в эталонном. Содержание элемента в золе берёзы плосколистной А.Л. Ковалевский принял равным 1 (эталон). Если ОСВР превышает 2,5, то такие растения относят к концентраторам, а если менее 0,4 – к деконцентраторам. Концентраторы: а) слабые (2,4 – 4,0); б) умеренные (4,0 – 25,0); в) интенсивные (25 – 400 и более). Деконцентраторы: а) слабые (0,4 – 0,25); б) умеренные (0,25 – 0,04); в) интенсивные (0,04 – 0,0025). Химический состав растений зависит от их систематического положения и геохимических особенностей ландшафта. Для некоторых элементов ОСВР не зависит от ландшафтных условий (А.Л. Ковалевский).

Коэффициент относительной увлажнённости

Отношение суммы атмосферных осадков к величине испаряемости (K_y). В.Г. Голубев (1974) проанализировал ареалы распространения почв всех типов и установил следующие интервалы однотипной увлажнённости ландшафтов: 1) крайне сухие – $K_y < 0,20$; 2) сухие – 0,20 – 0,40; 3) умеренно сухие 0,40 – 0,75; 4) умеренно влажные – 0,75 – 1,20; 5) влажные – 1,20 – 1,95; 6) очень влажные – 1,95 – 2,90; 7) особо влажные – $K_y > 2,90$. Первые три интервала характеризуют территории различной степени аридности, три последние – гумидные. Интервал относительной увлажнённости, характеризуемый коэффициентом 0,75 – 1,20, намечает области с уравновешенным водным балансом. Коэффициент относительной увлажнённости можно вычислить и по сезонам, получив возможность выделить времена года благоприятные и неблагоприятные для самоочищения почв (В.В. Докучаев, Н.Г. Высоцкий).

Коэффициент преобразования взвешенного вещества вод

Отношение средней концентрации элемента в речной взвеси к его кларку в континентальной земной коре (K_p). По значениям коэффициента K_p выделяют три группы элементов. Элементы первой группы (Ca, Na, Sr, Ba, Li, Mg) характеризуются K_p меньше единицы, т. е. уменьшением относительного содержания во взвесах по сравнению с кларком гранитного слоя земной коры. Вторую группу образуют элементы (Ti, Zr, Ga, Fe, Mn), у которых K_p равны или немного больше единицы. К третьей группе относятся элементы (Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, V, Cd), концентрация которых возрастает во взвесах, а значения K_p – от 2 до 9. Выраженная аккумуляция тяжёлых металлов в речных взвесах даёт основание предполагать, что это явление связано с биогеохимическими процессами.

Коэффициент талассофильности

Отношение между концентрациями в сумме растворимых солей морской воды и в илах (K_T). Так, коэффициент талассофильности показывает, во сколько раз данного элемента больше в солевой части океанической воды по сравнению с осадком.

Коэффициент техногенной концентрации (аномальности)

Отношение содержания элемента в рассматриваемом аномальном объекте к его фоновому содержанию в компонентах ландшафта (K_C).

Коэффициент техногенной трансформации

Соотношение поступления элемента в техногенный и природный ландшафты (В.П. Учватов).

Коэффициент эмиссионной нагрузки

Коэффициент, показывающий количество выбросов на одного жителя в год.

Криогенез

Гипергенез при низких температурах. Для него характерны повышенная растворимость газов в водах, понижение рН вод, усиление выщелачивания карбонатов. Миграция в мёрзлых толщах происходит в результате передвижения плёночной влаги и растворённых в ней веществ, меньшее значение имеет диффузия. В мёрзлых грунтах коллоиды коагулируются, что приводит к накоплению в почвах и коре выветривания пылеватой фракции – продукта агрегации. В мерзлотных ландшафтах кора выветривания часто совпадает с почвой (А.А. Тютюнов).

Критическая кислотная нагрузка

Максимальное количество осаждающихся кислотных компонентов, которое не вызывает химических изменений, приводящих к долговременным негативным воздействиям на структуру и функционирование экосистемы. Расчёт критических кислотных нагрузок на почву может быть осуществлён балансовым методом, исходящим из предположения о равновесном состоянии процессов ионного обмена: $CL(AC) = BC_W - BC_U - ANC_L - AC_n$, где $CL(AC)$ – критическая нагрузка кислотности, BC_W – скорость высвобождения основных катионов (Ca, Mg, K, Na) при выветривании минералов, BC_U – поглощение основных катионов корнями растений, ANC_L – потери кислотно-нейтрализующей способности с поверхностным и внутрипочвенным стоком, AC_n – продуцирование ионов водорода при трансформации азота в почве. Хотя балансовый метод не учитывает всей совокупности почвенных процессов и

изменения их интенсивности по почвенному профилю, он используется для расчёта критических нагрузок, например, для лесных почв (Sverdrup et al., 1990).

Критические эпохи

Эпохи, когда вымирали целые систематические группы флоры и фауны, а также эпохи быстрого развития новых систематических групп. Таковы вымирание многих земноводных и папоротникообразных в конце палеозоя, ящеров в конце мела, бурное развитие покрытосеменных в ту же эпоху, развитие млекопитающих в палеогене и т. д. Критические эпохи привлекают особое внимание при палеобиогеохимических исследованиях.

Ксенобиотик

Чужеродное для живых организмов вещество, не присутствующее в норме в окружающей среде. Например, пестициды или диоксины.

Ксенобиотический профиль

Совокупность чужеродных веществ, содержащихся в окружающей среде (воде, почве, воздухе и живых организмах) в форме (агрегатном состоянии), позволяющей им вступать в химические и физико-химические взаимодействия с биологическими объектами экосистемы. Ксенобиотический профиль следует рассматривать как один из важнейших факторов внешней среды (наряду с температурой, освещенностью, влажностью, трофическими условиями и т.д.), который может быть описан качественными и количественными характеристиками.

Кутаны

Метакинематические структуры, образующиеся при осаждении по трещинам и порам, оси которых ориентируются одинаково (образуются, как правило, в виде тонких глинистых плёнок). Геохимическая роль этих микроструктур изучена недостаточно.

Л

Ландшафтно-геохимическая арена

Открытое аккумулятивное звено – наиболее сложная каскадная ландшафтно-геохимическая система (противоположно катене), в которой аквальные ландшафты представлены крупными реками и озёрами, куда поступают вещества с большой водосборной площади. Катены и арены первого и второго порядков представляют собой локальные каскадные системы, являющиеся базовыми для установления основных особенностей

ландшафтно-геохимической дифференциации территории. Исследования на этом уровне дают информацию о радиальной почвенно-геохимической и биогеохимической контрастности ландшафтов, латеральной миграции веществ. В зависимости от порядка водосборных бассейнов выделяют микро-, мезо-, макро- и мегаарены (М.А. Глазовская).

Ландшафтно-геохимическая катена

Геохимическое сопряжение элементарных ландшафтов на склоне. В зависимости от сложности пространственной структуры, в первую очередь литогенного субстрата, катены делятся на монолитные и гетеролитные. Монолитные катены располагаются обычно в каскадных системах водосборных бассейнов 1 – 2-го порядков, где геохимия супераквальных ландшафтов практически полностью определяется миграцией веществ из автономных ландшафтов. Это автохтонные или геохимически подчинённые катены. В каскадных системах более высоких порядков формируются в основном гетеролитные катены. Вещество в них поступает из других ландшафтов, и они называются геохимически слабоподчинёнными, или аллохтонными.

Ландшафтно-геохимическая структура

См. *Фоновая геохимическая структура ландшафта.*

Ландшафтно-геохимические коэффициенты

Специальные показатели, характеризующие интенсивность вовлечения химических элементов в циклическую миграцию в элементарных ландшафтах (кларки концентрации K_K , коэффициенты биологического поглощения K_b , коэффициенты водной миграции K_v и др.).

Ландшафтно-геохимические условия миграции тяжёлых металлов и радионуклидов

Отображаются специальной геохимической формулой, имеющей вид неправильной дроби: в числителе – классы водной миграции ландшафтов (кислый H^+ , кислый глеевый H^+-Fe^{2+} , кальциевый Ca^{2+} и др.), в знаменателе – виды аномалий на геохимических барьерах, т. е. индексы геохимических барьеров (типы концентраций химических элементов на геохимических барьерах по А. И. Перельману – В3, С2, А6 и др.). Важное значение для миграции тяжёлых металлов и радионуклидов в ландшафтах имеют рельеф, геологическое строение, вид техногенеза и некоторые другие особенности (например, наличие многолетней мерзлоты). Поэтому геохимические ландшафты характеризуются различными условиями водной миграции металлов и их концентрирования на геохимических

барьерах, сведения о которых записываются в условных обозначениях, например: Костромские агроландшафты – Н⁺, Н⁺–Fe²⁺/ С2, С6, D2, G2, G6.

Латеральная геохимическая структура

Инвариантные связи геохимически сопряжённых систем типа «автономный ландшафт – подчинённый ландшафт» (*L*-анализ).

Латеральный геохимический барьер

Барьер, образующийся при движении вод в субгоризонтальном направлении (например, на границе элементарных ландшафтов).

Латерит

- 1) Почвы и коры выветривания, обогащённые гидроксидами Fe и Al.
- 2) Железистые аккумуляции, связанные с грунтовыми водами.

Лессиваж

Вымывание тонкодисперсных частиц из самой верхней части почвенного профиля и осаждение их в средней.

Литоводосборный бассейн

Область земной поверхности, дренируемая единичным потоком или целой речной системой, – это вертикально организованная геосистема с преобладанием нисходящих вещественных потоков, область концентрации атмосферных осадков и грунтовых вод. Доминирование экзогенных процессов позволяет определить эти системы как нестабильные, динамичные, где ведущим фактором выступает рельеф. Водосборные бассейны отличаются собственным специфическим рельефом, формы которого имеют существенное значение для характеристики потенциальных запасов влаги, величины стока, перемещения твердого материала, интенсивности миграции химических элементов, что в конечном итоге влияет на формирование почвенно-растительного покрова. Все это позволяет трактовать бассейн как один из самых фундаментальных геоморфологических элементов и свидетельствует об упорядоченности в ландшафте (стационарности ландшафта), которая выражается в виде систематической и повторяющейся зависимости между склонами, почвами, местоположением и интенсивностью деятельности потоков. Каждый бассейн ограничен водоразделами. В качестве внутренних основных морфологических элементов выделяются: стоковая система (перистовидная или древовидная русловая система), склоновая подсистема (листьевидная или лопастьевидная) и водораздел, фиксируемый при картографировании в виде одномерной водораздельной линии. Проявление факторов почвообразования на различных морфологических элементах

неоднозначно. Поэтому структура миграционных потоков и структура почвенного покрова определяются строением бассейна, а его различные морфологические элементы характеризуются и различным почвенным содержанием. Бассейновый подход при изучении и предотвращении техногенного загрязнения природных сред приобретает возрастающую роль, так как именно по водосборной сети идет миграция большинства токсических веществ. Поэтому пункты экологического мониторинга должны размещаться с учетом структуры водосборной речной сети (Т.А. Трифонова).

Литологическая комплексность

Пестрота (комплексность) элементарных ландшафтов, связанная с различием горных пород в условиях одного элемента мезорельефа (плоский водораздел, склон и т.д.).

Литофильные химические элементы

Элементы, обладающие большим сродством к кислороду, из которых сформированы земная кора и мантия (54 элемента) (В.М. Гольдшмидт).

Литохимический метод поиска

Геохимический метод поиска месторождений, заключается в отборе проб почв и делювия с глубины 0,1 – 0,2, иногда около 0,5 м. Пробы отбираются по сетке, частота которой зависит от масштаба съёмки (обычно 1:10000 – 1:100000). Аномальные участки нередко являются «рудными аномалиями» и приурочены к месторождениям. Но существуют и слабые безрудные аномалии, формирующиеся на участках распространения пород, обогащённых отдельными элементами. Безрудными являются и «ландшафтные аномалии», образовавшиеся на геохимических барьерах.

Лихеноиндикация

Методы определения степени загрязнения среды по химическому составу лишайников. Вычисляют коэффициенты их биологического поглощения, которые рассчитывают как отношение содержания элемента в лишайнике к его концентрации в корнеобитаемом слое почвы. Это даёт возможность оценить относительную способность разных видов лишайников одного местообитания концентрировать элементы и выявить таким образом виды-индикаторы. Лишайники являются биоиндикаторами на загрязнение почв тяжёлыми металлами. Показано, что напочвенные лишайники имеют более постоянный ряд поглощения, чем эпифитные. Лишайники эффективны и при индикации атмотехногенных загрязнений.

Считается, что лишайниками металлы поглощаются в результате пассивной диффузии аэрозольных частиц в клеточные структуры. Различают три группы методов лишеноиндикации: 1) методы, основанные на изучении изменений, происходящих в лишайниках под влиянием загрязнений; 2) методы, основанные на изучении изменений видового состава лишайников, происходящих под влиянием загрязнений; 3) методы изучения лишайниковых сообществ в загрязненных районах и составление специальных карт.

Локальное (мозаичное) равновесие в системе

Когда система в целом неравновесна и в ней протекают стационарные процессы, связанные с изменением температуры, давления, концентрации веществ, однако в каждой конкретной точке эти параметры принимают постоянное значение, что и определяет возможность на отдельных участках локального равновесия. Оно возникает при более медленном изменении параметров, чем устанавливается равновесие (Д.С. Коржинский).

М

Малые реки

Реки, бассейн которых располагается в одной географической зоне, но гидрологический режим под влиянием местных факторов может быть несвойственен для рек этой зоны; к категории малых рек относятся реки, имеющие бассейн площадью не более 2000 км² (водосборные бассейны 1 – 2-го порядков). Морфологическое строение бассейна малой реки отражается в его соответствующем ландшафтном рисунке (геоизображении), состоящем из стоковой и водораздельной систем. Последняя, в свою очередь, представлена двумя взаимосвязанными элементами: нижним – фандами (наиболее устойчивыми к разрушению формами) и верхним, аппроксимирующимся дугой, которая соединяет два соседних фанда. Различия в рисунках стоковой системы (перистовидная или древовидная русловая система) свидетельствуют о формировании различных типов бассейнов. Исследования показывают, что существует достаточно тесная взаимосвязь между характером структурной организованности бассейнов и подстилающим геологическим фундаментом. Устойчивость к воздействию экзогенных процессов и эрозии выше у почв лопастьевидных бассейнов; листовидный тип

бассейна свидетельствует о высоком потенциале к денудации склонов и деградации почв (Т.А. Трифонова). В каскадных системах водосборных бассейнов 1 – 2-го порядков располагаются обычно автохтонные или геохимически подчинённые катены, геохимия супераквальных ландшафтов в которых практически полностью определяется миграцией веществ из автономных ландшафтов.

Месторождения полезных ископаемых

Участки земной коры, минеральное вещество которых по количеству, качеству и условиям залегания при данной экономической конъюнктуре пригодно для промышленного использования.

Металлометрия, металлометрическая съёмка

См. *Литохимический метод поиска*.

Метод кларков

Метод ландшафтно-геохимического мониторинга; так называются исследования распространённости химических элементов в различных природных средах – от глобальных геосфер до локального уровня (ландшафтов, экосистем).

Механическая денудация

Процесс (эрозия, абразия, экзарация, дефляция), характеризуемый двумя показателями: сток – расход взвешенных частиц, проходящих через створ реки в год, т/год; модуль стока – сток взвешенных наносов, отнесённый к площади речного бассейна или региона, континента, т/(км²·год). Механическая денудация измеряется, как правило, для одного и того же речного бассейна при изменении техногенной нагрузки.

Механическая дифференциация

Процессы, основными агентами которых служат сила тяжести, текучая вода, ветер, лёд, подчиняются законам механики и не зависят непосредственно от химических свойств элементов, основное значение приобретают величина, плотность и форма частиц (частицы близкого размера и близкой плотности осаждаются вместе). Механическая дифференциация приводит к изменению и химического состава отложений, т. к. глинистые фракции почв и пород по сравнению с песчаными обычно содержат больше Fe, Al, Mn, Mg, K, V, Cr, Ni, Co, Cu и меньше SiO₂. Это объясняется тем, что при выветривании соединения Fe, Al, Mg и K участвуют в образовании глинистых минералов, которые сорбируют V, Cr, Ni, Co, Cu, Zn и другие элементы.

Механическая миграция химических элементов

Подчиняется законам механики: образование россыпей, ветровая и водная эрозия и т. д. Механическая миграция зависит преимущественно от величины частиц минералов и пород, их плотности, скорости движения вод, ветра. Химические свойства элементов часто не имеют значения.

Механическая суффозия

Вымывание и переотложение на механических барьерах тонких частиц. Это явление важно учитывать при поисках золота. С механической дифференциацией связано образование элювиальных, аллювиальных, делювиальных, прибрежно-морских, эловых и ледниковых россыпей (руды Au, Hg, Sn, W, Zr, Ti и др.).

Механические методы рекультивации почв

Механические способы дезактивации включают снятие и дальнейшее захоронение зараженного слоя почвы, засыпку почвы слоем незагрязненного грунта, глубокую вспашку или переворот пласта. Механические приёмы: а) удаление верхнего, наиболее загрязнённого слоя почвы и его захоронение; б) нанесение на загрязнённую почву слоя чистой плодородной земли мощностью до 10 см. Для загрязнённых участков территорий сравнительно небольших размеров (участков дорог, подворья, огородов, зеленых зон городов) можно применять высокопроизводительный метод гидроклассификации грунта, при котором большая доля загрязнений концентрируется в мелкой фракции грунта, составляющей 10 – 20 % общего его объема. В дальнейшем эта небольшая часть грунта увозится на захоронение, а оставшаяся основная масса уже чистого грунта возвращается на те же участки земли. Этот метод позволяет избежать вредного воздействия на свойства почв, сохранение которых необходимо для сельскохозяйственной или, по крайней мере, для хозяйственной деятельности.

Механический ореол рассеяния

Ореол, формирующийся при физической дезинтеграции рудных тел в элювиально-делювиальных и других рыхлых отложениях, в которых минеральные компоненты руд присутствуют в виде устойчивых в зоне гипергенеза первичных и вторичных минералов.

Миграционные потоки в геохимическом ландшафте

Выделяют три главных типа потоков химических элементов и их соединений в геохимическом ландшафте: 1) основной миграционный цикл; 2) ландшафтно-геохимический поток; 3) внеландшафтный геохимический

поток. Основной миграционный цикл характеризуется преимущественно вертикальным перемещением вещества и близок более узкому понятию биогеохимического круговорота. Ландшафтно-геохимический поток отображает непрерывное поступательное движение вещества в ландшафтах (например, атмосферного воздуха в элювиальном ландшафте или воды в аквальном ландшафте) и может вызывать физические или химические перестройки в ландшафте, связанные с удалением или привносом вещества. Когда вещество удаляется или, наоборот, привносится в ландшафт, формируется внеландшафтный геохимический поток. Этот поток будет положительным в случае привноса вещества в ландшафт и отрицательным при удалении вещества из ландшафта. Основные положения и принципы, необходимые для конструирования в общем виде моделей миграционных потоков химических элементов и соединений в ландшафтах, были сформулированы Ф.И. Козловским (1972).

Миграция загрязняющего почву химического вещества

Горизонтальное и (или) вертикальное перемещение химического вещества, загрязняющего почву, и (или) из почвы в другие объекты природной среды и обратно.

Микробиологическая трансформация элементов (тяжёлых металлов) в почвах

К главным микробиологическим явлениям в процессах круговорота вещества в почвах относятся: 1) перенос элементов в клетки или из них; 2) изменение заряда атомов элементов; 3) взаимодействие элементов с органическими веществами с образованием функциональной системы; 4) образование комплексов элементов с органическими кислотами и другими веществами, выделяемыми микроорганизмами; 5) микробиологическая аккумуляция или мобилизация элементов; 6) микробиологическая детоксикация отравленной почвы. Микробиота ответственна за множество различных процессов в почве – от мобилизации до аккумуляции химических элементов, однако наиболее важная микробиологическая функция в почве – это разложение растительных и животных остатков. Подавление и (или) стимуляция биосинтеза у микроорганизмов тяжёлыми металлами зависит от свойств организма, характера металла и pH почвы. В естественных биогеохимических провинциях, где почва обогащена тяжёлыми металлами, почвенные микроорганизмы проявляют повышенную способность к связыванию этих элементов по сравнению с обеднёнными провинциями, что объясняет,

возможно, адаптивные явления в отношении этих геохимических факторов среды (С.В. Летунова, В.В. Ковальский, 1978). По современным представлениям микробиологические последствия загрязнения почв тяжёлыми металлами определяются возможностью трансформации металлов почвенными микроорганизмами, воздействием металлов на состав и функционирование почвенной биоты. Наибольшую опасность для высших организмов, в том числе и для человека, представляют последствия микробной трансформации неорганических соединений тяжёлых металлов в органо-металлические соединения.

Микробиологическое превращение марганца в почве

Превращения марганца в почве включают процессы его мобилизации из устойчивых природных соединений (минералов), образование и разрушение металлорганических комплексных соединений, биогенное окисление и аккумуляцию микроорганизмами, восстановление. Наиболее изученный микроорганизм, участвующий в окислении и аккумуляции марганца, – *Metallogenium*. В окислительных процессах, разрушении минералов и разложении органоминеральных комплексных соединений с марганцем участвуют почвенные грибы, гетеротрофные бактерии, простекобактерии рода *Pedomicrobium*. Восстановление окислов марганца осуществляют факультативно-анаэробные микроорганизмы, которые понижают окислительно-восстановительный потенциал среды. Специфических восстановителей марганца типа денитрификаторов нет. Бактерии, аналогичные железоокисляющим хемолитоавтотрофам, в природе не обнаружены.

Минерализация органических веществ

Совокупность процессов разложения органических веществ, в ходе которых химические элементы высвобождаются из сложных, богатых энергией органических соединений и снова образуют более простые и более бедные энергией минеральные соединения (CO_2 , H_2O , CaCO_3 , Na_2SO_4).

Минералофильные элементы

химические элементы с большой способностью к минералообразованию (U, S, Se и др.) (Е.М. Квятковский).

Минералофобные элементы

Химические элементы с малой способностью к минералообразованию (Ga, Ra, Sc, In, Tl, TR и др.) (Е.М. Квятковский).

Мобилизация

Перевод в раствор обычно нерастворимых соединений, минералов. Так, мобилизованные в результате процессов выветривания (гипергенеза) и почвообразования (педогенеза) массы металлов, не включённые в биологический круговорот и не фиксируемые в педосфере, поступают в поверхностные воды и мигрируют с речным стоком.

Модуль аэрального поступления (показатель пылевой нагрузки)

Поступление веществ с атмосферными осадками и пылью, т/км² (П.В. Елпатьевский, В.С. Аржанова).

Мониторинг химического загрязнения почвы

Система регулярных наблюдений, включающая в себя наблюдения за фактическими уровнями, определение прогностических уровней загрязнённости, выявление источников загрязнённости почвы.

Монолитный ландшафт

Ландшафт, в образовании которого участвует комплекс горных пород, близких в литологическом отношении.

Мощность элементарного ландшафта

Расстояние от верхней границы элементарного ландшафта до нижней. Верхняя граница находится в тропосфере и определяется зоной распространения пыли (из данного или соседнего ландшафта), обитания организмов. Нижней границей в ряде случаев является горизонт грунтовых вод (включительно). Чем разнообразнее элементарный ландшафт, т.е. чем больше в нём информации и чем она сложнее, тем больше и мощность элементарного ландшафта.

Мутабельное соединение

Соединение переменного состава – это преимущественно гели и неустойчивые коллоидные минералы, образующие ряд промежуточных стадий от исходного геля до относительно более устойчивой формы, обладающей кристаллической структурой (А.Е. Ферсман). Наиболее важные составные части ландшафта, определяющие его своеобразие, или находятся в коллоидном состоянии, или в процессе своего образования прошли через коллоидное состояние. Накопление коллоидов (мутабельных соединений) пропорционально интенсивности и длительности протекания в геохимических ландшафтах биологического круговорота элементов. Это правило было сформулировано А.И. Перельманом и имеет большое значение при изучении развития ландшафтов и миграции химических элементов.

Н***Наносы***

Частицы – песок, пыль и глина, переносимые водой и постепенно из неё оседающие. Из-за различных скоростей осаждения частиц разной плотности и размеров наносы, как правило, состоят из песка, пыли и глины в чистом виде (механическая дифференциация).

Незагрязнённая биокосная система

Система, в которой колебания концентрации и баланс форм нахождения техногенных веществ не нарушают газовые, концентрационные и окислительно-восстановительные функции живого вещества, не вызывают нарушения биогеохимических пищевых цепей, количества и качества биологической продукции, не снижают её генетическое разнообразие. Нарушение названных условий означает техногенную трансформацию или разрушение природной системы (М.А. Глазовская).

Нейстон

Водные организмы зоны 0 – 5 см и поверхностной плёнки на границе воздух – вода. Это зона сгущения жизни, в первую очередь бактерий, количество которых в плёнке в 500 раз больше, чем на глубине (М.В. Горленко и др.). На контакте воздух – вода действуют силы поверхностного натяжения, на него поступают атмосферные аэрозоли, несущие тяжёлые металлы, пестициды и другие поллютанты. Широко известно поверхностное загрязнение водоёмов нефтью даже при попадании в них незначительных количеств нефтепродуктов. Приповерхностная плёнка – комплексный двусторонний геохимический барьер: кислородный, термодинамический, биогеохимический и др., на котором осаждаются химические элементы из воздушной и водной сред.

Нейтральные и слабощелочные воды, класс нейтральных и слабощелочных вод

Воды имеют рН от 6,5 до 8,5. Их реакция часто определяется отношением бикарбоната Са к его карбонату или же бикарбоната Са к CO_2 . Эти воды менее благоприятны для миграции большинства металлов, которые осаждаются в форме нерастворимых гидроксидов, карбонатов и других солей. Анионогенные элементы, напротив, мигрируют сравнительно легко (Si, Ge, Ag, V, U, Mo, Se и др.). Такие почвы особенно характерны для аридных ландшафтов, вод известняков и изверженных

пород, морей и океанов. При разложении органических веществ в них тоже образуются CO_2 и органические кислоты, которые полностью нейтрализуются CaCO_3 и другими минералами Ca, а также Mg, Na, K, которыми богаты почвы и породы.

Нектон

Совокупность свободно плавающих млекопитающих, рыб и крупных беспозвоночных. Для оценки экологического состояния важное значение имеет биогеохимический анализ накопления тяжёлых металлов и других загрязняющих веществ в рыбах в зависимости от способа питания и органа, содержания элементов в водах, физико-химических параметров вод и донных осадков. Считается, что в хищных рыбах микроэлементы накапливаются меньше, чем в планктофагах и бентофагах. Исключение составляет ртуть, которая на порядок и более накапливается в крупных хищниках. Органы рыб, контактирующие с водой и служащие своеобразными барьерами или фильтрами (кожа, чешуя, жабры, плавники), а также некоторые внутренние органы, особенно печень, избирательно накапливают многие микроэлементы. Содержание химических элементов в рыбах претерпевает сезонные колебания и изменяется на протяжении жизненного цикла.

Неполное геохимическое сопряжение

Сопряжение не содержит одного из компонентов, характерных для катен (автономный, супераквальный или субаквальный ландшафт).

Непрочносорбированные формы элементов (тяжёлых металлов)

Количества элементов, экстрагируемые 1н раствором HCl. Лучшая индикация загрязнения почв тяжёлыми металлами – по непрочносорбированным формам.

Неспецифическая адсорбция металлов почвой

Катионы металлов занимают на поверхности твёрдого тела места с низкой энергией связи, при этом изотермы металлов расположены под небольшим углом к оси абсцисс (пологая кривая). Неспецифически адсорбированные катионы связаны с твёрдой фазой почвы преимущественно ионообменными связями.

Нитрифицирующие бактерии

Группа почвенных микроорганизмов – Nitrosomonas и Nitrobacter. Процесс нитрификации идёт в два этапа: преобразование аммиака в нитритный ион одними бактериями, а затем в нитратный – другими. Nitrosomonas обладают способностью окислять аммиак (образующийся как

результат жизнедеятельности аммонифицирующих бактерий) до азотистой кислоты, образуя нитриты. При деятельности *Nitrobacter* азотистая кислота окисляется до азотной и превращается в нитраты. Нитрифицирующие бактерии обладают автотрофными свойствами и исключительной специфичностью действия (С.Н. Виноградский).

О

Обменная кислотность почвы

Обусловливается ионами водорода и алюминия, связанными с почвенным поглощающим комплексом (ППК). Эта форма кислотности определяется по взаимодействию ППК с нейтральными солями (например, 1н раствор KCl).

Обменные формы элементов (тяжёлых металлов)

Количества элементов, экстрагируемые ацетатным раствором. В загрязнённых почвах, подверженных антропогенному воздействию, наблюдается повышенное содержание металлов (Cu, Zn, Cd, Pb, Cr, Ni), извлекаемых раствором 1 н $\text{CH}_3\text{COONH}_4$.

Окислительная кислородная обстановка

Среда, характеризующаяся присутствием свободного (атмосферного или растворённого в воде) кислорода. Осадочные породы, образовавшиеся в кислородной обстановке, окрашены обычно в жёлтую, бурую и красную окраску в основном за счёт Fe (III).

Окислительно-восстановительная зональность систем

Смена окислительно-восстановительных условий в почвах, корках выветривания, илах, водоёмах. Анализируя окислительно-восстановительную зональность различных систем, А.И. Перельман вывел следующее правило: геохимическая работа живого вещества создала преобладание резко окислительной обстановки на земной поверхности, сменяющейся с глубиной на восстановительную.

Окислительно-восстановительные условия вод

Оцениваются по окислительно-восстановительному потенциалу Eh. По окислительно-восстановительным условиям в ландшафтах выделяются три типа вод: 1) кислородные; 2) глеевые; 3) сероводородные. Они зависят от содержания в воде O_2 , H_2 , H_2S и других газов, Fe^{2+} , Fe^{3+} , S^{2-} , HS^- , H^+ , OH^- и других ионов, молекул органических веществ.

Окислительные илы, окислительные горизонты подводных почв

Образуются в морях, озёрах, реках, водохранилищах, где господствуют кислородные воды, создаются условия для перемешивания вод. Особенно характерны окислительные условия для песчано-алевритовых осадков прибрежных зон, в которых мало органических остатков. Окислительный горизонт (*O*) обычно располагается у поверхности дна, его мощность от миллиметров до первых десятков сантиметров. Он имеет жёлтую, бурую и красную окраску за счёт окисленных форм железа. При нейтральных рН значения Eh обычно (-50) – (+150) мВ. По щелочно-кислотным условиям выделяются сильнокислые, кислые, нейтральные, слабощелочные и сильнощелочные разновидности окислительных илов (А.И. Перельман, В.В. Батоян).

Окислительный (кислородный) геохимический барьер (А)

Физико-химический барьер, формирующийся при резком увеличении Eh, для которого характерна концентрация Fe, Mn, Co, S. Барьер А, как правило, является кислородным, например в местах выхода на поверхность глеевых вод, обогащённых Fe²⁺ и Mn²⁺, где осаждаются их гидроксиды, образуя «ожелезнение в зонах разломов», железомарганцевые конкреции, болотные и озёрные руды. Окислительный барьер может возникнуть и в условиях восстановительной среды, например, при смене резко восстановительной обстановки на восстановительную, а также при смене слабоокислительной на окислительную (А.И. Перельман).

Опасные отходы

Отходы, которые содержат вредные вещества, обладающие опасными свойствами или содержащие возбудителей инфекционных болезней, либо которые могут представлять непосредственную или потенциальную опасность для окружающей природной среды и здоровья человека самостоятельно или при вступлении в контакт с другими веществами. В перечень опасных отходов включены отходы, обладающие хотя бы одним из опасных свойств: радиоактивностью, инфекционностью, взрывоопасностью, огнеопасностью, окислительной способностью, коррозионностью, экотоксичностью, токсичностью.

Оптимизация техногенеза

Теория создания оптимальных техногенных ландшафтов для различных природных районов. Одна из важных практических задач организации территории: в каждом ландшафте должен быть центр управления, регулирующий взаимоотношения между его частями,

решающий задачу оптимизации. Такие задачи разрабатываются в экономической географии, начиная с классических работ Н.Н. Баранского и Н.Н. Колосовского.

Органическая геохимия

Направление, изучающее органические соединения в осадочных породах. Выделяются соединения углистой и битумной групп. Их изучением занимается геохимия угля и геохимия нефти и горючих газов.

Органическое вещество почвы

Различают три главные группы форм: 1) грубый гумус – не разложившиеся или слабо разложившиеся остатки преимущественно растительного происхождения; 2) модер – остатки, образующие рыхлое чёрное вещество из измельчённых и сильно изменённых растительных остатков; 3) собственно гумус – аморфные скопления от хорошо прозрачных светло-жёлтых до плохо прозрачных тёмно-бурых. Перечисленные формы – наиболее устойчивые компоненты в почвах, образуются в условиях хорошей аэрации. Тяжёлые металлы способны образовывать сложные комплексные соединения с органическим веществом почвы, поэтому в почвах с высоким содержанием гумуса они менее доступны для поглощения растениями. Органическое вещество может действовать как важный регулятор подвижности тяжёлых металлов в почвах. Однако в большинстве минеральных почв органическое вещество не превышает 2 % общего веса почвы, поэтому оно не может быть наиболее важным контролирующим фактором в поведении металлов в почвах.

Органо-минеральные формы элементов (тяжёлых металлов)

Количества элементов, экстрагируемые раствором ЭДТА.

Ореол рассеяния

Образование, в котором рудное тело находится как бы в чехле постепенно убывающей концентрации металлов.

Основное геохимическое сопряжение

Полное геохимическое сопряжение в условиях однородного геологического строения без реликтов предшествующей стадии.

Основной геохимический закон В. М. Гольдшмидта

Кларки элементов зависят от строения атомного ядра, а их миграция – от наружных электронов, определяющих химические свойства элементов. Это глубокое обобщение нуждается в коррективах: миграция элемента определяется как его химическими свойствами, так и величиной кларка.

Открытый ореол рассеяния

Выходящий на поверхность ореол рассеяния, образованный маломощными отложениями, в составе которых преобладают обломки местного материала.

Относительное содержание элементов в зависимости от сезона (ОИС)

Биогеохимический параметр, характеризует относительное содержание элементов в зависимости от сезона: $OIS = C_I / C_{ф.с}$, где C_I – содержание данного элемента в золе, в промежуточной фазе, а $C_{ф.с}$ – в фазе созревания или в зимний период (для деревьев и кустарников). Химический состав организмов периодически меняется. Закономерности установлены для определённых видов и не являются универсальными. В целом наибольшая сезонная изменчивость характерна для молодых растущих органов (листья) и наименьшая – для старых (ствол, крупные корни). С возрастом состав растений также меняется, в частности увеличивается зольность (А.Л. Ковалевский).

Отношение содержания элементов в органах растений (ОСОР)

Биогеохимический параметр – отношение содержания элементов в органах растений: $OSOR = C_O / C_{т.о}$, где C_O – содержание изучаемого элемента в исследуемом органе, а $C_{т.о}$ – в эталонном. Для некоторых элементов ОСОР меняется на два математических порядка. Химический состав органов растений неодинаков: наиболее высоко содержание металлов в листьях и тонких ветвях, меньше – в корнях и коре, минимально – в древесине (А.Л. Ковалевский).

Отходы гальванических производств (гальваношламы)

Включают в себя нейтральные или щелочные отходы, содержащие гидроокиси металлов, нейтрализованные и обезвреженные цианистые соединения, отходы, образующиеся при обезжиривании металлических поверхностей, отходы, содержащие жидкое стекло, отходы полиграфической промышленности. Твёрдые отходы включают в себя шлам гальванических производств, фоторезисты, органические твёрдые отходы, песок и грунт, загрязненные нефтепродуктами, ядохимикаты 3-го и 4-го класса токсичности. Шламы гальванических производств или гальваношламы (ГШ) представляют собой суспензию или пасту гидроксидов различных ТМ. Гальваношламы являются основными источниками поступления тяжёлых металлов в окружающую среду. Утилизация гальваношламов по своей значимости следует

непосредственно за утилизацией радиоактивных отходов. По составу В.М. Макаров выделил 5 основных групп шламов: 1) Гальваношламы после электрокоагуляционной очистки сточных вод, содержащие 50 % и более железа в пересчёте на $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Содержание каждого вида других тяжёлых металлов, как правило, не превышает 10 %. 2) ГШ, образующиеся после реагентной очистки сточных вод при использовании в качестве защелачивающего реагента «известкового молока», в связи с чем в их составе доминирует кальций, содержание которого в пересчёте на $\text{Ca}(\text{OH})_2$ достигает 25 – 28 %. При этом содержание $\text{Fe}(\text{OH})_3$ не превышает 20 %. Другие металлы в этой группе ГШ содержатся в количествах, не превышающих 10 % каждого вида. 3) ГШ, образующиеся также при реагентной очистке, но содержание железа может превышать его количество в ГШ второй группы, так как для восстановления хрома шестивалентного используется отработанный травильный раствор, содержащий FeSO_4 . 4) К четвёртой группе относятся ГШ, образующиеся при реагентном методе очистки сточных вод, когда защелачивающими реагентами являются кальцинированная сода или натриевая щелочь. В этом случае ни один металл не доминирует, а их содержание в пересчёте на гидроксид составляет не более 10 % каждого. 5) В пятую группу входят ГШ, содержащие наряду с тяжёлыми металлами и кальцием продукты травления поверхности алюминия, которые также поступают на станцию нейтрализации. Их содержание не превышает 10 %, а высушенный продукт более дисперсен (В.М. Макаров, 2001). Процесс выщелачивания из гальваношламов завершается образованием сольватных комплексов – соединений растворённых ионов ТМ и молекул растворителя. Исследователями отмечается, что молярная теплота выщелачивания близка к величине реакции образования молекул воды из ионов водорода и гидроксид-ионов, а лимитирующей стадией процесса является диффузия – в изотермических условиях процесс протекает во внешнедиффузионной области.

Оценка водно-миграционной опасности отхода (вещества)

Для предварительной оценки водно-миграционной опасности (ОВМП) отхода используется ориентировочный водно-миграционный показатель, который характеризует возможное отрицательное влияние отхода на условия жизни и здоровье человека в результате миграции его компонентов в грунтовые и поверхностные воды. ОВМП определяется по результатам количественного химического анализа ацетатно-аммонийного

буферного (ОВМП_б) и водного (ОВМП_в) экстрактов, отражающих содержание в отходе подвижных и водорастворимых форм элементов.

Расчет величины ориентировочного водно-миграционного показателя проводится по результатам химического анализа буферного экстракта отхода (ОВМП_б) и водного экстракта (ОВМП_в) по формулам

$$\text{ОВМП}_б = \sum_i \frac{C_{Б,i}}{\text{ПДК}_i} \text{ и } \text{ОВМП}_в = \sum_i \frac{C_{В,i}}{\text{ПДК}_i},$$

где $C_{Бi}$ и $C_{Вi}$ – фактические концентрации i -го компонента в буферном и водном экстрактах соответственно, мг/л; ПДК_i – предельно допустимая концентрация содержания данного компонента в воде водоемов, мг/л. Класс опасности отхода по величине ОВМП определяется в соответствии с СП 2.1.7.1386-03. При получении разных классов опасности одного и того же отхода по указанным показателям приоритет отдается результатам, полученным по ОВМП_б, который отражает не только его реальную, но и потенциальную опасность.

Изучение миграции ингредиентов отхода по профилю почвы в расширенном эксперименте проводится в стационарных опытах с учетом конкретных почвенно-климатических условий, специфики отхода и предполагаемого способа его утилизации. Доза внесения отхода рассчитывается по наиболее токсичному компоненту с учетом его $\text{ПДК}_п$ и предполагаемой нагрузки на почву. Показателем водно-миграционной опасности является глубина миграции компонентов отхода по профилю почвы и уровень содержания их в фильтрате. Эффект миграции определяется по кратности превышения $\text{ПДК}_в$ для определяемых элементов. Ранжирование отхода по классам опасности проводят в соответствии с СП 2.1.7.1386-03.

Оценка воздушно-миграционной опасности отхода (вещества)

Предварительная оценка воздушно-миграционной опасности отхода проводится при наличии в них летучих веществ расчетным методом.

Если известно давление насыщенных паров при температуре 20 °С, то максимально возможную концентрацию вещества при этих условиях можно рассчитать по следующей формуле:

$$C = \frac{M \cdot P \cdot 1000}{18,3}.$$

Если давление насыщенных паров устанавливается при других температурах, то расчет проводится по формуле:

$$C = \frac{16 \cdot M \cdot P \cdot 1000}{T},$$

где C – максимально возможная концентрация вещества в воздухе, мг/м³; M – молекулярный вес вещества; P – давление насыщенных паров при 20 °С, мм рт. ст.; T – абсолютная температура, К, при которой производилось определение давления насыщенных паров.

Если расчетом установлено, что концентрация или давление насыщенных паров веществ, создающихся в приземном слое воздуха при температуре 50 °С, больше чем их ПДК_{мр} в атмосферном воздухе, то необходимо проведение расширенных исследований.

Экспериментальное изучение миграции ингредиентов отхода в атмосферный воздух проводится в стационарных условиях в микроклиматических камерах, обеспечивающих возможность установления различных почвенно-климатических параметров (температура, влажность и пр.). Уровень воздушно-миграционной опасности определяется кратностью превышения ПДК_{мр} компонентов отхода. Ранжирование отходов по классам опасности осуществляется в соответствии с СП 2.1.7.1386-03.

Оценка экологического риска

Процесс определения вероятности развития неблагоприятных эффектов со стороны биогеоценоза в результате изменений различных характеристик среды. Важным элементом оценки экологического риска является выявление опасности, связанной с возможным массивным воздействием на среду различных химических веществ (изменение ксенобиотического профиля среды) и определение вероятности такого воздействия. Как правило, оценка экологического риска проводится в форме заказного исследования, выполняемого с целью получения информации, носящей перспективный или ретроспективный характер и необходимой заказчику (законодательные, управленческие структуры и т.д.) для принятия административных решений. Поэтому в отличие от научных экотоксикологических исследований, в ходе которых рассматриваются объективные закономерности реакций биоценоза на действие стрессора, при определении экологического риска в качестве объектов среды, подлежащих изучению и защите, могут выступать характеристики биосистемы, имеющие антропоцентрическое значение, а порой и отдельные элементы окружающей человека природы, субъективно воспринимаемые общественным мнением как весьма значимые.

Методология оценки экологического риска до конца не разработана. В подавляющем большинстве случаев её выводы носят качественный, описательный характер. Попытки внедрить методы количественной оценки сталкиваются с серьезными трудностями. Это обусловлено сложностью экосистем, комплексностью воздействия на среду стрессоров (не только химической, но и физической и биологической природы), недостаточной изученностью характеристик экотоксической опасности большого количества ксенобиотиков, используемых человеком и т.д. Поскольку процедура оценки риска сложна и в значительной степени страдает известной неопределенностью, с целью стандартизации исследований U.S. EPA разработало и утвердило план проведения таких работ. Он содержит описание последовательности решения задачи, организации и анализа данных, учета неопределенностей и допущений с целью получения в какой-то степени унифицированной приблизительной информации о вероятности развития неблагоприятных экологических эффектов. Согласно этому плану оценка экологического риска включает этапы: 1) формулирование проблемы и разработка плана анализа ситуации, включающие: совместное обсуждение целей исследования специалистами по оценке риска и лицами, принимающими решение; определение характеристик так называемых стрессоров, под которыми подразумеваются не только потенциально опасные вещества, но и энергетические поля, ионизирующая радиация и даже резкое изменение температуры и др.; идентификацию экосистемы, подверженной риску; идентификацию возможных экологических эффектов; выбор значимой меры ответа, используемой в качестве индекса влияния на организм или экосистему в целом; выбор концептуальной модели риска, в рамках которой анализируются исходные данные; оценку надежности данных, верификацию точности модели; разработку и проведение программы мониторинга; 2) анализ экологической ситуации, включающий: характеристику условий и уровней воздействия; характеристику экологических эффектов; анализ экологических ответов с установлением профилей доза-ответ; проверку надежности используемых данных; 3) характеристика экологического риска, включающая: интегрирование предыдущей информации с определением коэффициентов риска; описание риска; интерпретацию значимости экологических эффектов; передачу информации по характеристике риска с анализом неопределенностей для разработки управленческих решений.

Оценочные и прогнозные эколого-геохимические карты

Носят преимущественно комплексный и синтетический характер (карты комплексного, а также синтетического типа). К ним относятся медико-геохимические (медико-эколого-ландшафтные) карты, карты экологического риска, карты потенциальной опасности загрязнения природных сред. В методическом отношении наиболее сложны карты эколого-геохимического районирования, на которых оценка территории учитывает техногенные и природные факторы миграции и степень экологического риска для компонентов ландшафта, ландшафта в целом и населения. Составление подобных карт основывается на геоинформационных технологиях.

П

Палеобиогеохимия

Направление, изучающее геохимические особенности организмов прошлых геологических эпох (В.И. Вернадский, Я.В. Самойлов).

Парагенная ассоциация элементов

Совместная концентрация элементов, обусловленная единым процессом. Ассоциация может быть как одновременной, так и неодновременной, связанной, например, с последовательным осаждением элементов из вод. Понятие парагенезиса элементов применимо и к более крупным системам – ландшафтам, бассейнам рек, всей биосфере.

Параметры геохимического барьера

1) Направление миграции химических элементов до барьера; 2) направление миграции химических элементов после барьера; 3) область концентрации элементов.

Парциальное содержание элемента

Часть от общего содержания химического элемента, которая извлекается из образца природного вещества, отобранного по стандартной методике с использованием экстрагирующих растворов единого состава в течение определённого времени и при заданных температурах. Данные о парциальном содержании представляют большой интерес, особенно при изучении почв и речных или озёрных наносов. Произвести парциальный анализ одного и того же элемента можно с помощью различных видов вытяжек и экстрагирующих веществ. Концепции общего, относительного и

парциального содержания элементов имеют фундаментальное значение для геохимии ландшафта и экологической геохимии.

Пассивный биомониторинг

Состоит в анализе свободно живущих организмов.

Педогенез

Процессы образования почвенного профиля, в которых помимо реакций, входящих в процесс выветривания (гипергенеза), участвует ряд дополнительных специфических реакций. Эти реакции, хотя они и чрезвычайно разнообразны, включают следующие элементарные акты: 1) поступление органических и минеральных веществ в почву; 2) потеря этих веществ почвой; 3) пространственное перемещение этих веществ в почве как вертикальное, так и горизонтальное; 4) превращения органических и минеральных веществ в почве. Эти процессы могут быть конструктивными и деструктивными. На ранних стадиях выветривания и почвообразования состав микроэлементов в почве, как правило, наследуется от материнской породы. Со временем состояние микроэлементов в почве начинает дифференцироваться под действием доминирующих почвообразовательных процессов.

Педогеохимически активное техногенное вещество

Вещество, преобладающее по массе в выбросах, которое изменяет щелочно-кислотные и окислительно-восстановительные условия почв. Это в основном нетоксичные элементы с высокими кларками: Fe, Ca, Mg, щелочные элементы, минеральные кислоты. Педогеохимически активны и некоторые газы, например сероводород, метан, изменяющие окислительно-восстановительную обстановку миграции (М.А. Глазовская).

Педоседименты

Переотложенный материал древних почв и педолитов, сохранивший свойства, приобретённые при былом почвообразовании.

Первичный геохимический ореол рассеяния (месторождения)

Та часть месторождений, которая окружает рудное тело.

Первый биогеохимический принцип

Одно из основных свойств живого вещества – стремление к прогрессирующему увеличению постоянно возобновляемой живой массы и к максимальному заполнению доступного пространства (В.И. Вернадский).

Перлювий

Остаточные речные отложения (В.В. Ламакин).

Персистентность химического вещества в почве

Продолжительность сохранения биологической активности загрязняющего химического вещества, характеризующая степень его устойчивости к процессу разложения. Биотическая и абиотическая трансформация химического вещества может привести к следующим результатам: 1) образование более токсичных продуктов, в том числе обладающих отдаленными эффектами или новыми свойствами; 2) образование продуктов с более выраженным влиянием других критериев опасности; 3) образование продуктов, токсичность которых близка к токсичности исходного вещества; 4) образование менее токсичных продуктов. Персистентность обычно характеризуется временем полусуществования химического вещества в объектах окружающей среды. К персистентным относят химические соединения с периодом полусуществования более 50 дней.

Планктон

Совокупность организмов, пассивно плавающих в водоёмах. Различают фито- и зоопланктон. В пресноводных водоёмах фитопланктон состоит из диатомовых, сине-зелёных и зелёных водорослей, а зоопланктон – из рачков и коловраток. Выделяется и бактериопланктон. Фитопланктон – основной продуцент органического вещества в водоёмах и начальное звено биогеохимических циклов многих элементов в водоёмах. Распределение химических элементов в планктоне, водах и донных осадках водоёмов суши хорошо коррелирует, что определяет высокое индикационное значение планктона. Установлено, что и фитопланктон селективно концентрирует тяжёлые металлы. Вследствие этой селективности концентрации некоторых элементов в водах могут сезонно понижаться, тогда как другие элементы могут переходить в раствор при отмирании растительности.

Площадь выявления элементарного ландшафта

Наименьшая площадь, на которой размещаются все части элементарного ландшафта. В своём типичном проявлении элементарный ландшафт должен представлять один определённый тип рельефа, сложенный одной породой или наносом и покрытый в каждый момент своего существования определённым растительным сообществом. Все эти условия создают определённую разность почвы и свидетельствуют об одинаковом на протяжении элементарного ландшафта развитии взаимодействия между горными породами и организмами (Б.Б. Польшов).

Чем сложнее элементарный ландшафт, чем интенсивнее в нём протекает миграция химических элементов, чем больше видовое и прочее разнообразие, т.е. чем больше в нём информации, тем больше и площадь выявления. Площадь выявления – это важная константа, имеющая большое значение для классификации элементарных ландшафтов.

Поведение веществ, химических элементов в геосистемах

Совокупность процессов мобилизации, рассеивания, концентрации веществ, химических элементов.

Поглощающий комплекс

Породы, фракция почвы, способная к ионному обмену (К.К. Гедройц).

Поглощение тяжёлых металлов микроорганизмами

См. *Типы микробиологического поглощения элементов (тяжёлых металлов)*.

Подвижные формы элементов (тяжёлых металлов)

Представлены легкорастворимыми и обменными формами и частично формами, связанными с органическим веществом почвы. Определяются по анализам в вытяжке ацетатно-аммонийным буферным раствором (рН = 4,8). Распределение подвижных форм элементов в почвах во многом определяется техногенезом и ландшафтно-геохимическими условиями. Особенно интенсивны аномалии подвижных форм в почвах автономных ландшафтов и наветренных к техногенным источникам склонов, а также в супераквальных ландшафтах – на побережьях рек, озёр и водохранилищ, куда загрязнители поступают с поверхностным, внутрипочвенным и грунтовым стоком.

Подвижные химические соединения в почве

Характеризуются по содержанию веществ в почвенном растворе или в составе солевых вытяжек из почв. Так, запас подвижных соединений тяжёлых металлов в составе твёрдых фаз почвы находят по анализам солевых вытяжек, вытяжек разбавленными кислотами или щелочами, экстрагирующее действие которых усилено присутствием комплексообразователей, такова, например, вытяжка ацетатно-аммонийным буферным раствором с рН = 4,8. Подвижные формы тяжёлых металлов доступнее для организмов и экологически более опасны. Однако из-за варьирования содержания и разнообразия методов экстракции металлов из различных почв надёжные предельно допустимые концентрации подвижных форм тяжёлых металлов не установлены.

Показатель ионного стока

Годовой ионный сток с 1 км² площади бассейна реки ($P_{и}$). Ионный сток – количество минеральных растворимых веществ в жидком стоке.

Показатель пылевой нагрузки

Соотношение количества пыли в техногенном и природном ландшафтах (Е.П. Сорокина и др.).

Полициклические ароматические углеводороды в ландшафтах

Высокомолекулярные органические соединения бензольного ряда, различающиеся по числу бензольных колец (от 2 до 7). Они имеют как природное, так и техногенное происхождение. Техногенные ПАУ образуются при сжигании углеводородного топлива в промышленности и энергетике, производстве кокса, работе двигателей внутреннего сгорания. Из-за своей токсичности и канцерогенности ПАУ отнесены к приоритетным загрязняющим веществам. К ПАУ относятся сотни соединений, среди которых наиболее токсичны 3,4-бензпирен и 1,12-бензперилен, особенно часто определяемые в объектах окружающей среды, а также нафталин, антрацен, пирен, хризен, фенантрен, флуорантен, бензантрацен, коронен и др. 3,4-бензпирен в 70 – 80 % случаев занимает первое место среди веществ, определяющих высокий уровень загрязнения техногенных ландшафтов. Техногенные аномалии ПАУ в снежном покрове вокруг металлургических комбинатов и ТЭЦ часто имеют более компактную конфигурацию и высокую контрастность по сравнению с аномалиями тяжёлых металлов. ПДК для ПАУ, в частности для 3,4-бензпирена, установлены только для водоёмов – 5 нг/л. Попадающие в почву и природные воды ПАУ могут мигрировать, связываться твёрдыми фазами и взвесями, трансформироваться в другие соединения. Закономерности адсорбции ПАУ как неполярных гидрофобных соединений различными минеральными и органическими частицами полностью не изучены. В числе механизмов разрушения ПАУ особенно важны два: трансформация конкретными видами микроорганизмов и фотохимическая деструкция. Однако среди большого спектра соединений ароматической природы ПАУ наиболее устойчивы в почвах.

Полное геохимическое сопряжение

Включает в себя автономный, супераквальный и субаквальный ландшафты (катена).

Поля устойчивости минералов и ионов

Соотношение между компонентами после достижения термодинамического равновесия, выраженное в форме Eh-pH-диаграмм, на которых по оси абсцисс откладывают pH, а по оси ординат Eh. В таких координатах чётко ограничиваются поля существования различных минералов и ионов. Для процессов растворения-осаждения макрокомпонентов составление Eh-pH-диаграмм вполне приемлемо, но для тяжёлых металлов они не всегда отвечают действительности, так как параметры Eh и pH характеризуют равновесные условия и указывают лишь, в каком направлении пойдут реакции с участием тяжёлых металлов (если они начнутся), а следовательно, и миграция ТМ. Однако известно, что состав вод, почв, минералов во многом определяется не равновесием, а главным образом кинетикой процессов. Тем не менее Eh и pH являются важнейшими геохимическими параметрами природных вод ландшафта и биосферы.

Поровые воды

Относительно неподвижные почвенные, иловые и горные (породные) растворы. Они связаны с твёрдой фазой поверхностными силами капиллярного или коллоидного характера (плёночная вода, капиллярная вода и т. д.). Эти воды длительное время соприкасаются с породами, часто находятся в равновесии с ними. Есть свидетельства о биогенном характере формирования состава поровых растворов (П.А. Удодов).

Потенциальная биогеохимическая подвижность

Отношение содержания элемента в золе растений к его валовому содержанию в почвах.

Почва

Верхний горизонт литосферы, вовлечённый в биогенную миграцию при участии растений, животных и микроорганизмов. Почвы – это особенно неравновесные, чрезвычайно динамичные биокосные системы. Богатство почв свободной энергией определило чрезвычайно резкую дифференциацию химических элементов по профилю, огромный рост разнообразия (информации). В результате почвообразования верхний горизонт литосферы мощностью 1 – 2 м расчленяется на горизонты (A0, A1, A2, B1, B2 и т.д.), причём каждый из них представляет собой особую физико-химическую систему. Принципиальное отличие почвы от коры выветривания состоит в биогенной аккумуляции элементов под влиянием растительности, которая отсутствует в коре. К числу важнейших физико-

химических процессов, обуславливающих распределение различных элементов в почвах, относят: 1) выщелачивание из почвы; 2) осаждение; 3) включение в минералы; 4) адсорбция минеральными компонентами почвы; 5) адсорбция органическим веществом. Почва – это специфический компонент биосферы, поскольку она не только геохимически аккумулирует компоненты загрязнений, но и выступает как природный буфер, контролирующий перенос химических элементов и соединений в атмосферу, гидросферу и живое вещество. Тяжёлые металлы и другие поллютанты, поступающие из различных источников, попадают в конечном итоге на поверхность почвы, и их дальнейшее поведение зависит от её геохимических и физических свойств. Знание доминирующих реакций и форм соединений позволяет прогнозировать миграцию как природных, так и техногенных элементов.

Почвенная catena

Сочетание почв приблизительно одного геологического возраста, образовавшихся на сходных материнских породах и в сходных климатических условиях, но имеющих разные характеристики в связи с различиями в рельефе и условиях естественного дренажа (Донахью Р.Л. и др. Почвы: введение в почвоведение и растениеводство. М., 1971).

Почвенная микробиота (микрофлора)

В составе микрофлоры почвы принято выделять физиологические группы микроорганизмов, которые участвуют в различных процессах и на разных этапах постепенного разложения органических веществ: 1) бактерии-аммонификаторы; 2) нитрифицирующие бактерии; 3) азотфиксирующие бактерии; 4) бактерии, расщепляющие клетчатку, вызывающие различные виды брожений; 5) бактерии, участвующие в круговороте серы, железа, фосфора и других элементов: серобактерии, железобактерии и т. д., разнообразные виды которых осуществляют окисление и восстановление этих соединений. Микробиота ответственна за множество различных процессов в почве – от мобилизации до аккумуляции химических элементов. Устойчивость почв обусловлена главным образом способностью микроорганизмов осуществлять трансформацию и геохимическую миграцию подавляющего большинства химических элементов (не менее 65 элементов подвергаются микробному воздействию). Хотя микроорганизмы чувствительны как к дефициту, так и к избытку тяжёлых металлов, они могут адаптироваться к высоким их концентрациям в окружающей среде. Доминирование микроорганизмов

при различных концентрациях тяжёлых металлов позволяет разделить диапазон толерантности микробного сообщества на несколько участков – адаптивных зон: 1) зона гомеостаза, в которой изменяется интенсивность микробиологических процессов (возрастание суммарной биомассы); 2) зона стресса, в которой происходят существенные изменения сообщества; 3) зона резистентности – резко сокращается состав сообщества, а доминантами становятся резистентные виды микроорганизмов (явление концентрации доминирования); 4) зона репрессии – прекращается развитие микроорганизмов на поверхности почвы (Левин, Гузев и др., 1989). Величина зоны определяется как диапазон концентраций химических веществ, в пределах которых сохраняются выделенные выше уровни толерантности.

Почвенные комбинации

Сочетание элементарных почвенных ареалов. К почвенным комбинациям относятся почвенные комплексы, пятнистости, сочетания, вариации, мозаики, ташеты и т.д. (В.М. Фридланд).

Предельно допустимое количество загрязняющего почву химического вещества (ПДК)

Максимальная массовая доля загрязняющего почву химического вещества, не вызывающая прямого или косвенного влияния, включая отдельные последствия, на окружающую среду и здоровье человека. Н.Г. Зыриным и А.И. Обуховым показано, что основными факторами, влияющими на ПДК тяжёлых металлов в почвах, являются их щелочно-кислотные свойства и содержание гумуса, определяющие устойчивость почв к загрязнению этими элементами. Для кадмия и свинца зависимость между рН почв и ПДК почти линейная, т. е. в кислых и щелочных почвах их ПДК могут отличаться почти на порядок. Поэтому ПДК необходимо устанавливать для крупных почвенно-геохимических регионов, для геохимических ассоциаций почв со сходными щелочно-кислотными и окислительно-восстановительными условиями и обладающими близким уровнем устойчивости к загрязняющим веществам.

Предельно допустимое состояние почв

Уровень, при котором начинает изменяться оптимальное количество и качество создаваемого живого вещества, т.е. биологическая продукция. Для экологической и санитарно-гигиенической оценки загрязнения почв используются предельно допустимые концентрации (ПДК) элементов, установленные экспериментально. Содержание элементов в почвах

(например, городов) нормируется обычно через значения почвенно-геохимического фона, кларки литосферы и предельно допустимые концентрации для почв одной геохимической ассоциации. Подвижные формы элементов, тяжёлых металлов доступнее для организмов и экологически более опасны. Однако из-за варьирования содержания и разнообразия методов экстракции металлов из различных почв надёжные предельно допустимые концентрации подвижных форм тяжёлых металлов не установлены (М.А. Глазовская).

Пресные воды, семейство пресных вод

Общая минерализация вод 0,1 – 1 г/л. Они характерны для большинства рек и озёр влажного климата, многих грунтовых, пластовых и трещинных вод, составляют главную базу питьевого и технического водоснабжения.

Принцип «всюдности» всех химических элементов

См. Закон Кларка - Вернадского.

Принцип Ле Шателье

1) Изменения в равновесных системах происходят в направлении, противодействующем внешнему воздействию. Принцип Ле Шателье позволяет определить направление процесса при изменении внешних условий – давления, температуры и концентрации. Он применим только к равновесным системам, его использование при анализе неравновесных систем ведёт к ошибкам.

2) Обобщённый принцип Ле Шателье: всякая стационарная система стремится измениться таким образом, чтобы свести к минимуму эффект внешнего воздействия (формулировка А.Л. Тахтаджяна).

Принцип минимума диссипации (рассеяния) энергии

При вероятности развития процесса в некотором множестве термодинамически допустимых направлений реализуется то, которое обеспечивает минимум рассеяния энергии (Л. Онсагер, И. Пригожин).

Принцип подвижных компонентов

Геохимическая особенность ландшафта определяется элементами с высокими кларками, наиболее активно мигрирующими и накапливающимися в данном ландшафте (А.И. Перельман).

Принцип торможения химических реакций

Если в системе один из реагентов присутствует в количестве, недостаточном для реализации всех возможных реакций, то будут осуществляться лишь те реакции, для которых характерно максимальное

химическое средство. Эти реакции, «расходуя на себя» дефицитные реагенты, препятствуют реализации других возможных реакций – с меньшим средством, часто и с меньшим тепловым эффектом (А.И. Перельман).

Принцип централизации

Значение веществ в ландшафте определяется не только их свойствами, но и положением в пространстве относительно центра ландшафта. При геохимической классификации биокосной системы (почвы, коры выветривания, ила, ландшафта в целом) за основу следует брать геохимические особенности её центра (А.И. Перельман).

Природно-техногенные геохимические процессы

1) Миграция в транзитных средах (атмосфере, водах); 2) имиссия – загрязнение депонирующих сред: почв, растений, донных отложений, населения; 3) трансформация, метаболизм, дальнейшая миграция и вторичная аккумуляция поллютантов (схема природно-техногенных процессов при добыче и переработке полезных ископаемых Н.П. Солнцевой).

Природно-техногенный ландшафт (система)

Система, в которой важную роль играет биологический круговорот элементов, сочетающий в себе признаки техногенных и природных систем, которые находятся в ней в разных соотношениях (агроландшафты, парки и рекреационные зоны городов, мелиорируемые земли, аквальные ландшафты и т. д.).

Природные илы

Донные отложения, подводные почвы. В строении и свойствах илов проявляются стороны подводного осадконакопления и почвообразования. С одной стороны, илы подчиняются литолого-геохимической и гидродинамической дифференциации осадочного процесса в качестве современного геологического образования – донного осадка. С другой – биологический круговорот и процессы радиальной дифференциации, приводящие к расчленению ила по вертикали на горизонты. Илы – это неравновесные динамические биокосные системы, богатые свободной энергией. Илы насыщены водой, важную роль в их геохимии играют окислительно-восстановительные и сорбционные процессы. Илы служат интегральным индикатором техногенной нагрузки на водосборы. Различают природные и техногенные илы.

Природный биогеохимический барьер

Участок уменьшения интенсивности биогенной миграции (угольные залежи, торф, концентрации элементов в телах организмов и т. д.). Важнейшим депо, где накапливаются загрязняющие вещества, являются верхние гумусированные горизонты почв. Здесь создаётся для химических веществ биогеохимический барьер.

Природный ландшафт

Сложная неравновесная динамическая система земной поверхности, в которой происходит взаимодействие и взаимопроникновение элементов лито-, гидро- и атмосферы; система, в которой важную роль играет биологический круговорот элементов. Большинство природных ландшафтов относится к биокосным системам, в которых живые организмы и неорганическая материя тесно между собой связаны и взаимообусловлены. Подсистемы ландшафта – биокосные природные тела: почвы, коры выветривания, континентальные отложения, поверхностные и грунтовые воды, приземная атмосфера.

Природный механический (геохимический) барьер

Участок резкого уменьшения интенсивности механической миграции. К таким участкам приурочены различные продукты механической дифференциации осадков.

Природный физико-химический (геохимический) барьер

Участок резкого уменьшения интенсивности физико-химической миграции. Такие участки возникают в местах изменения температуры, давления, окислительно-восстановительных, щелочно-кислотных и других условий. Природные и техногенные физико-химические барьеры до сих пор привлекают главное внимание исследователей.

Проточность геосистемы

Механизм выноса чужеродных веществ в ходе нормального функционирования. Так, проточностью обладают почвы гумидных ландшафтов. Проточность снижается биологическим поглощением элементов в экосистеме, и тем самым уменьшается её устойчивость к загрязнению. Но в случае изъятия продукции (в агросистемах, например) проточность будет увеличиваться (Арманд, 1989).

Процесс цементации

Аккумуляция водных мигрантов, в результате которой образуются плотные горизонты в почвах, корях выветривания, континентальных отложениях. Таковы иллювиальные горизонты подзолистых, солонцовых,

чернозёмных почв, окремненные горизонты коры выветривания и континентальных отложений (силькриты), железистые панцири латеритов (кирасы), известковые калькреды и гипсовые коры пустынь. Процессы цементации, по В.В. Добровольскому, часто развиваются путём гипергенного метасоматоза.

Процессы почвообразования

См. *Педогенез*.

Р

Радиальная геохимическая структура

Структура, отражающая характер взаимодействия и соотношения между компонентами и блоками элементарной ландшафтно-геохимической системы. Вследствие миграции химических элементов элементарный ландшафт неоднороден в вертикальном направлении, что создаёт радиальную геохимическую структуру (ярусы), характеризующуюся рядом ландшафтно-геохимических коэффициентов (*R*-анализ).

Радиальный геохимический барьер

Барьер, формирующийся при субвертикальной (снизу вверх или сверху вниз) миграции растворов в почвах, зонах разломов, корах выветривания и т. д.

Районирование территории

Выявление ландшафтных индивидов какой-либо территории.

Рассолы, семейство рассолов

Общая минерализация вод >36 (50) г/л. Они характерны для солёных озёр, частично для грунтовых вод степей и пустынь. Рассолы являются источником солей и многих редких элементов: J, Br, B, Li, W и др.

Рексистоазия

Нарушение биологического равновесия. Соотношение масс растворимых соединений и твёрдых взвесей в речном стоке в значительной мере зависит от характера растительности суши. Факты свидетельствуют, что на протяжении геологической истории это соотношение неоднократно изменялось (теория биорексистоазии). В эпохи рексистоазии площадь лесов сильно сокращается; вследствие этого активизируются денудационно-эрозионные процессы и в речном стоке преобладают твёрдые взвеси (Г. Эрар).

Рекультивация загрязнённых почв

Восстановление плодородия почв, испорченных и заражённых загрязнениями. Выделяют механические, физические, химические, физико-химические и агрохимические методы.

Рудное тело

Та часть месторождения, в которой содержание рудных элементов достигает величин, допускающих их эксплуатацию.

С**Самоорганизация ландшафта**

Механизм обратных связей миграции атомов, который определяет целостность и качественное своеобразие ландшафта, существование в нём саморегулирования. В ландшафте процессы самоорганизации определяют его устойчивость, постоянство структуры и функций, их сохранение при изменении внешних условий. Последнее получило наименование «относительной самостоятельности ландшафта».

Самоочищение почв

Исключение загрязняющих веществ из биологического круговорота. Снижение общего содержания загрязняющих веществ может происходить в почве при разложении их до нетоксических соединений и при переходе их из почвы в сопредельные среды в результате следующих процессов: испарения (в состав атмосферы), выноса с водными потоками (в гидросферу), выноса растениями.

Сапропель

Коллоидная студенистая масса желтого, бурого или зеленоватого цвета (гнилой озёрный ил); помимо органических веществ содержит минеральные соединения, преимущественно глинистые частицы, – продукт эрозии почв и пород бассейна озера. Параметры сапропеля: $Eh \approx 0$ В; $pH = 6 - 7$; зольность 20 – 60 %.

Седиментация

Образование всех видов осадков (осадкообразование) в результате совокупного воздействия физических, химических и биологических процессов, происходящих в биосфере.

Сероводородная восстановительная обстановка

Среда, характеризуемая наличием H_2S , HS^- , S^{2-} , с характерным запахом сероводорода. Цвет пород чёрный, серый, реже зелёный. Многие металлы образуют труднорастворимые сульфиды.

Сероводородные (сульфидные) воды, тип сероводородных вод

Воды содержат H_2S , HS^- , местами S^{2-} ; Fe и многие другие металлы часто не мигрируют, так как образуют труднорастворимые сульфиды. Цвет пород и почв чёрный, серый, зелёный. Такие условия создаются в бескислородных водах, богатых SO_4^{2-} , где анаэробные бактерии окисляют органические вещества за счёт восстановления сульфатов (десульфуризации). Появление в водах H_2S (иногда до 2 г/л и более) приводит к осаждению металлов. Оглеение не развивается. Величины Eh низкие, часто ниже 0 (до $-0,5$ В). Сероводородные воды характерны для солончаков и илов солёных озёр степей и пустынь, для глубоких подземных вод некоторых районов и др.

Сероводородные (сульфидные) илы

Формируются в сульфатных водоёмах степной и пустынной зон, где развивается десульфуризация, продуцируется H_2S , образуется водный сульфид железа – гидротроилит, имеющий чёрный цвет. В солёных озёрах чёрный гидротроилитовый горизонт (G_{FeS}) с ощутимым запахом сероводорода залегает обычно под маломощным окисленным горизонтом и имеет очень изменчивую мощность (от мелких пятен диаметром в несколько сантиметров до первых десятков сантиметров). Он характеризуется наиболее восстановительными условиями: Eh в среднем $(-100) - (-200)$ мВ, иногда и ниже. Системой переходных горизонтов (OG_s , G_{FeS_2} , GO_s) он связан с выше- и нижележащими, как правило более окисленными, слоями (А.И. Перельман, В.В. Батоян).

Сероводородный геохимический барьер (В)

Физико-химический восстановительный барьер, формирующийся при резком уменьшении Eh там, где кислородные и глеевые воды контактируют с сероводородной средой. На барьере осаждаются многие металлы, образующие нерастворимые сульфиды, характерно накопление Cu, Au, Ag, S, Se, U, Mo и других элементов (А.И. Перельман).

Сидерофильные химические элементы

Тяжёлые элементы с плотностью около 7, из которых сформировано металлическое ядро Земли (11 элементов). Это типичные металлы, имеющие химическое сродство к углероду (с образованием карбонатов), к

фосфору (фосфаты), к сере и кремнию (сульфаты, сульфиды, силикаты). К сидерофильным элементам относят: Fe, Co, Ni, Mo, Tc, Ru, Rh, Os, Ir, Pt (В.М. Гольдшмидт).

Сильнокислые воды, класс сильнокислых вод

Воды имеют $pH < 3 - 4$, они распространены широко, но, как правило, на небольших площадях. Кислотность таких вод обычно обязана окислению пирита и других дисульфидов, приводящему к образованию H_2SO_4 . В сернокислых водах легко мигрирует большинство металлов, в том числе Fe, Cu, Al, Zn и др. В вулканических районах известны и солянокислые воды. Большее распространение сильнокислые воды получили в техногенных ландшафтах.

Сильнощелочные воды, класс сильнощелочных вод

Воды с $pH > 8,5$ обычно обязаны своей реакцией присутствию соды ($NaHCO_3$, реже Na_2CO_3), вернее ионов Na^+ , HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^- . В щелочных содовых водах легко мигрируют кремнезём, гуматы, Al (AlO_2^-), Mo (MoO_4^{2-}). Большая группа элементов, соединения которых трудно растворимы в нейтральной и слабощелочной среде, в содовых водах обладает высокой миграционной способностью, так как в этих условиях возникают карбонатные растворимые комплексы (Cu, Zn, Be, Y и редкоземельные элементы иттровой группы, Sc, Zr и др.).

Систематика биогеохимических провинций

1) В.В. Ковальский первый наметил три таксона провинций: регионы биосферы, субрегионы биосферы и биогеохимические провинции. Регионы биосферы имеют признаки почвенно-климатических зон (таёжно-лесная нечернозёмная зона, лесостепная и степная чернозёмная зона, сухостепная, полупустынная и пустынная зона, горная зона). Среди субрегионов он предложил различать такие, в которых комбинируются признаки региона по концентрациям, достигающим пороговых величин, соотношениям химических элементов, возможному проявлению специфических биологических реакций, и субрегионы, признаки которых не соответствуют характеристике региона. Последние образуются над рудными телами, в бессточных районах, в районах вулканизма, при техногенном загрязнении. Примерами служат Чиатурский марганцевый субрегион, Западно-Сибирский борный субрегион и др. В пределах субрегионов выделяются биогеохимические провинции с характерными реакциями организмов, эндемическими заболеваниями.

2) Систематика с ландшафтно-геохимических позиций по А.И. Перельману основана на геохимических критериях, к которым относятся типоморфные элементы и геохимические свойства природных вод – поверхностных, почвенных и грунтовых. От геохимических особенностей вод зависит дефицит и избыток элементов, биогеохимические эндемии. Состав типоморфных элементов и геохимия природных вод и положены в основу выделения двух высших таксонов систематики биогеохимических провинций – типов и классов. При выделении третьего таксона систематики – видов провинций – используется критерий, предложенный А.П. Виноградовым и принятый В.В. Ковальским, – дефицит или избыток химических элементов в окружающей среде, связанные с ними биогеохимические эндемии (А.П. Виноградов, В.В. Ковальский, А.И. Перельман).

Систематика почв по степени техногенного изменения

1) Природные почвы; 2) техногенно-природные почвы; 3) природно-техногенные почвы; 4) технозёмы. Примерами полностью техногенных почв – технозёмов – служат искусственные почвогрунты, грунтысмеси на территории промышленных предприятий, карьеров, шахт и т. п., нередко содержащие высокие концентрации токсичных элементов. Остальные группы отражают большую (природно-техногенные) или меньшую (техногенно-природные) степень преобразования исходных почв техногенными процессами (А.Н. Геннадиев, Н.П. Солнцева, М.И. Герасимова).

Систематика техногенно-изменённых почв

В качестве критериев классификации предлагаются характеристики: 1) тип техногенного воздействия на почву (механогенно-трансформированные почвы; гидрогенно-трансформированные – орошаемые, осушаемые; технохимизированные – агро-, индустриально-, коммунально-; экранированные – асфальтом, камнем и др.); 2) текущий техногенно-обусловленный процесс (почвы с изменяющимися окислительно-восстановительными и щелочно-кислотными свойствами: подкисляющиеся, ощелачивающиеся, заболачивающиеся и т.д.; дегумифицирующиеся, гудронизирующиеся и т. д.; эродированные, оглинивающиеся и др.); 3) характер строения новообразованного почвенного профиля и остаточные признаки исходной почвы (сернокислый солончак на скальпированном подзоле, засоленная тёмно-каштановая почва и т.д.). Систематика и геохимия техногенно-изменённых почв

находятся в стадии становления (А.Н. Геннадиев и др.). Техногенно-изменённые почвы выделяются в современной классификации почв России (В.Д. Тонконогов и др.).

Ситуационные (факторные) эколого-геохимические карты

1) На аналитических картах этого типа изображаются геохимические особенности ландшафта, существенные для оценки его состояния. Таковы карты биомассы, распределения гумуса, рН, Eh, гранулометрического состава почв и отложений и др. 2) К более сложному комплексному типу относятся собственно ландшафтно-геохимические карты, на которых показаны факторы миграции элементов, а также получившие широкое развитие карты условий миграции загрязняющих веществ в различных компонентах ландшафта. На них кроме геохимических особенностей ландшафтов приводится характеристика условий миграции и её оценка применительно к тяжёлым металлам, полициклическим ароматическим углеводородам и другим поллютантам.

Солёные воды, семейство солёных вод

Общая минерализация вод 3 – 36 (50) г/л. К ним относятся океанические, многие поверхностные и грунтовые воды ландшафтов. Это самые распространённые воды планеты.

Солифлюкция

Течение грунтов.

Солоноватые воды, семейство солоноватых вод

Общая минерализация вод 1 – 3 г/л. Они насыщены CaCO_3 , MgCO_3 и частично CaSO_4 . Поэтому растворяющая способность вод ослаблена, при небольшом повышении концентрации из них осаждаются труднорастворимые соли, которые обуславливают карбонатизацию и огипсование почв и пород. Такие воды широко распространены в степях, пустынях и сухих саваннах. Среди солоноватых вод можно выделить подсемейства слабосолоноватых (1 – 2 г/л), солоноватых (2 – 5 г/л) и сильносолоноватых (5 – 10 г/л).

Сорбционный геохимический барьер (G)

Физико-химический барьер, возникающий на контакте вод с глинами и другими сорбентами. На G-барьерах концентрируются Ca, K, Mg, P, S, Rb, V, Cs, Zn, Ni, Co, Cu, Pb, U, As, Mo, Hg, Ra и другие элементы. Эти барьеры характерны для краевых зон болот (торф), иллювиальных глинистых горизонтов почв и кор выветривания, гумусовых горизонтов почв, контакта глин и песков в аллювии и т.д. (А.И. Перельман).

Специфическая адсорбция металлов почвой

Сорбция, когда при низких концентрациях в растворе тяжёлые металлы в первую очередь занимают на поверхности твёрдого тела места с высокой энергией связи, при этом изотермы металлов расположены под большим углом к оси абсцисс. Специфически адсорбированные катионы связаны с твёрдой фазой почвы преимущественно ковалентными или координационными связями. Специфическая адсорбция обусловлена гумусом почв и гидроксидами железа, образующими тончайшие плёнки на глинистых частицах. Ионы тяжёлых металлов способны специфически адсорбироваться почвами с образованием относительно прочных связей координационного типа с поверхностными ОН-группами алюмосиликатов или гидроксида алюминия. Специфическая адсорбция более избирательна, чем неспецифическая, и зависит как от свойств сорбируемых ионов, так и от природы функциональных групп, поэтому тяжёлые металлы энергично адсорбируются почвами из растворов. Механизм специфического поглощения более свойственен, например, свинцу, чем цинку и кадмию. Коэффициенты селективности, рассчитанные для обменной реакции катионов тяжёлых металлов с поглощённым кальцием, подтверждают преимущественное поглощение тяжёлых металлов по сравнению с кальцием, а в ряду тяжёлых металлов селективность адсорбции свинца более чем в 1000 раз выше, чем цинка и кадмия.

Стационарность ландшафта

Устойчивое состояние ландшафта, характеризующееся высокой степенью когерентности. Нередко это явление обозначалось как «состояние равновесия». Однако ландшафт является принципиально неравновесной системой, что связано с непрерывным поступлением в него солнечной энергии и её трансформацией в энергию геохимических процессов. Неравновесность характерна и для механических процессов, о чём свидетельствуют постоянно текущие реки, ветры, несущие песок и пыль, многие другие явления. Поэтому трактуемое в трудах «равновесие в ландшафте» в подавляющем большинстве случаев обозначает иное явление – стационарность ландшафта (А.И. Перельман, Н.С. Касимов).

Структурный центр ландшафта (эколого-геохимической системы)

Объект, природное или техногенное образование, играющее ведущую роль в данной эколого-геохимической системе; определяет связи, единство и управление в ландшафте. Большинство ландшафтов относится к централизованным системам. В природном ландшафте центром часто

служат почвы и растительность водораздельных участков («водораздельный центр»), определяющие многие геохимические особенности ландшафтов более низких гипсометрических уровней. Техногенные ландшафты, как правило, полицентричны: наряду с «водораздельным центром» функции центра выполняют источники техногенного воздействия, система управления городом, предприятием, фермой и т. д. В элементарном ландшафте главным горизонтом (ярусом), определяющим своеобразие системы в целом, как правило, служит верхний горизонт почвы *A*, где наиболее энергично разлагаются органические вещества, происходят наибольшие преобразования минеральной части. В некоторых элементарных ландшафтах главным признаётся другой горизонт, например, в солонцах центром является солонцовый горизонт *B* с обменным натрием.

Субаквальный (аквальный) элементарный ландшафт

Элементарный ландшафт, для которого характерен принос материала с твёрдым и жидким боковым стоком. Различают (М.А. Глазовская) трансаквальные (реки, проточные озёра) и аквальные (непроточные озёра) ландшафты. Аквальные элементарные ландшафты представляют собой участки с одинаковыми растительными сообществами, расположенные на однородных элементах подводного рельефа, в пределах которых формируется определённый тип донных отложений (А.Д. Хованский). Автономные позиции аквальных ландшафтов не выделяются. Элементарные аквальные ландшафты в основном являются транзитными и аккумулятивными (Б.Б. Польшин).

Сумма зольных элементов

Процент веществ, извлекаемых 1н раствором HCl из золы.

Суммарный показатель загрязнения

Показатель, характеризующий степень загрязнения ассоциации элементов относительно фона: $Z_c = \sum K_c - (n-1)$, где K_c – коэффициенты техногенной концентрации больше 1 (или 1,5), n – число элементов с $K_c > 1$ (или 1,5). Суммарный показатель загрязнения может быть определен как для всех элементов в одной пробе, так и для участка территории по геохимической выборке. Оценка опасности загрязнения почв комплексом элементов по показателю Z_c проводится по оценочной шкале, градации которой разработаны на основе изучения состояния здоровья населения, проживающего на территориях с различным уровнем загрязнения почв: $Z_c < 16$ – допустимая, наиболее низкий уровень

заболеваемости детей и минимум функциональных отклонений; $16 < Zc < 32$ – умеренно опасная, увеличение общего уровня заболеваемости; $32 < Zc < 128$ – опасная, увеличение общего уровня заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционирования сердечно-сосудистой системы; $Zc > 128$ – чрезвычайно опасная, увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение случаев токсикоза при беременности, преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофий новорожденных) (Ю.Е. Сает).

Супераквальный элементарный ландшафт

Элементарный ландшафт, отличающийся близким залеганием грунтовых вод; последние оказывают существенное влияние на ландшафт, так как поставляют различные вещества, вымытые из коры выветривания и почв водоразделов. Различают (М.А. Глазовская) элементарные ландшафты трансупераквальные и собственно супераквальные (замкнутые понижения со слабым водообменом) (Б.Б. Полюнов).

Т

Талассофильный элемент

Элемент, аккумулирующийся в растворённой солевой части воды (J, Br, Cr, S и др.). Талассофильные элементы очень слабо выносятся из раствора в илы и постепенно накапливаются в морской воде. Талассофильные элементы находятся в растворённом состоянии сотни тысяч лет и более.

Термодинамический геохимический барьер (Н)

Физико-химический барьер, возникающий при уменьшении парциального давления углекислого газа и увеличении температуры, в результате создаются условия для выделения углекислого газа из вод; на барьере осаждаются различные карбонаты (Fe, Mn, Cu и др.) и в первую очередь кальцит. Барьер формируется в местах резкого понижения давления CO_2 в подземных и грунтовых водах, на нём осаждаются кальцит и другие карбонаты: $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Так образуются кальцитовые травертины в местах выхода на земную поверхность углекислых источников, кальцитовые горизонты в почвах и континентальных отложениях (А.И. Перельман).

Технобиогеома

Ландшафтно-геохимические системы со сходным уровнем геохимической устойчивости и сходным характером техногенной геохимической трансформации (М.А. Глазовская).

Техногенная аномалия

Аномалия, образующаяся в компонентах ландшафта в результате поступления различных веществ от техногенных источников, представляет собой некоторый объём, в пределах которого значения аномальных концентраций элементов больше фоновых значений. По распространённости выделяются глобальные, региональные, локальные техногенные аномалии. По влиянию на окружающую среду – полезные, вредные, нейтральные. По среде образования техногенные аномалии делятся на литохимические (в почвах, породах, строениях), гидрогеохимические (в водах), атмогеохимические (в атмосфере, снеге), биогеохимические (фито-, зоо- и антропогеохимические). По длительности действия источника загрязнения: кратковременные (аварийные выбросы), средневременные (с прекращением воздействия), долговременные стационарные (аномалии заводов, городов, агроландшафтов).

Техногенная зона выщелачивания

Участок, образующийся, как правило, при выщелачивании металлов из руд, отвалов, хвостохранилищ. Зоны выщелачивания возникают как в результате целеустремлённого технологического воздействия на почвы и горные породы, так и за счёт косвенного, иногда отдалённого по времени и месту техногенеза. Такие зоны выщелачивания достигают и региональных масштабов.

Техногенная кора выветривания

Искусственное тело, сформировавшееся в результате техногенной трансформации природной коры выветривания, геохимические особенности которого определяются специфическим химическим составом: техногенные свойства полностью или явно преобладают над природными. Наиболее изучены техногенные коры выветривания на рудниках, вскрывающих сульфидные месторождения, где кислород проникает к сульфидным рудам и значительно ускоряет их окисление (или вызывает его). В результате рН вод местами понижается до 0, формируется искусственная зона окисления – техногенная сернокислая кора выветривания, изучение которой имеет большое практическое значение.

Техногенная миграция

Миграция, связанная с общественными процессами, определяется социальными закономерностями, хотя ей присущи и более простые формы движения. Различают два геохимических типа техногенной миграции. 1) Миграция, унаследованная от биосферы и в дальнейшем искусственно изменённая. Так же как и в биосфере, в техногенных ландшафтах протекает биологический круговорот, элементы мигрируют в водах и атмосфере. Это позволяет устанавливать ряды миграции, типоморфные элементы, коэффициенты биологического поглощения. Такие понятия, как «биомасса», «ежегодная продукция», «дефицитные и избыточные элементы», приложимы к техногенезу. 2) Миграция, чуждая биосфере. В техногенных ландшафтах протекают химические реакции, находящиеся в резком противоречии с природными условиями, образуются химические соединения, в биосфере не существовавшие, обладающие свойствами, неизвестными у природных материалов. Наконец, чужды биосфере экспорт, импорт и другие виды миграции, подчиняющиеся социальным законам.

Техногенная миграция тяжёлых металлов

Вид техногенеза – миграция тяжёлых металлов, осуществляемая в природно-антропогенной системе «отходы (атмосферные выпадения) – почва». Существуют различные оценки опасности отходов, загрязняющих землю. Наиболее опасны те токсичные терраполлютанты, которые и геохимически и биохимически подвижны и могут попасть в питьевую воду или в растения. Это в первую очередь соединения тяжёлых металлов. Наряду с выбросами предприятий имеются многочисленные участки, где складировались открытым способом бытовые и промышленные отходы (шлако- и золоотвалы, хвостохранилища, свалки). По концентрации и комплексу тяжёлых металлов аномалии здесь не уступают выбросам, являясь источником повторной эмиссии в окружающую среду. В результате воздушной и водной миграции техногенные ореолы вокруг свалок в несколько раз больше территории, отведённой под отходы. Отходы, таким образом, способны вызывать трансформацию природных систем в природно-техногенные и даже техногенные. Одним из главных механизмов наблюдаемой трансформации и является техногенная миграция тяжёлых металлов и других элементов в системе «отходы – почва». Для ландшафтов, загрязнённых промышленными отходами, техногенная миграция ТМ является ведущим процессом преобразования. В

почвенном профиле формируется техногенный поток рассеяния тяжёлых металлов, имеющий чёткую пространственную связь с его источником – твёрдыми промышленными отходами, а наблюдаемая техногенная аномалия ТМ характеризуется динамичностью и непостоянством параметров полиметалльного загрязнения. Перераспределение ТМ имеет выраженный импульсный характер: на начальных этапах привноса ТМ в гумусовом горизонте формируется «импульс» – максимум концентраций ТМ, который в дальнейшем под действием кислых фильтрационных вод смещается в нижележащие горизонты. Техногенная миграция тяжёлых металлов в системе «отходы – почва» – процесс инвариантный, т.е. характер итогового распределения металлов по почвенному профилю качественно не зависит от вида химических соединений ТМ, внесённых с промышленными отходами, так как действует универсальный механизм мобилизации и перераспределения металлов из отходов и почв, определяемый динамическим равновесием «аккумуляция – кислое (кислотное) выщелачивание» (Л.А. Ширкин, Т.А. Трифонова, Н.В. Селиванова).

Техногенная трансформация соединений тяжёлых металлов в почве

Ряд химических превращений, осуществляемых при миграции тяжёлых металлов в системе «отходы (атмосферные выпадения) – почва». Несмотря на значительное разнообразие форм соединений тяжёлых металлов, поступающих в почву из окружающей среды, фазовый состав элементов в составе выбросов, отходов предприятий достаточно однотипен и представлен преимущественно твёрдыми оксидами и гидроксидами, а также некоторыми малорастворимыми солями. Количество сульфидов и водорастворимых фракций тяжёлых металлов сравнительно невелико. Процесс трансформации поступивших в почву в процессе техногенеза тяжёлых металлов включает следующие стадии: 1) выщелачивание ТМ; 2) трансформация, связанная с депонированием и обменом ионов ТМ почвенным веществом; 3) превращения при переносе ТМ в фильтрационном потоке; 4) микробиологическая трансформация и трансформация при поглощении ТМ растениями.

Выщелачивание ТМ сопровождается преобразованием оксидов тяжёлых металлов в гидроксиды, карбонаты, гидроксокарбонаты с последующим растворением соединений тяжёлых металлов. Тяжёлые металлы поступают в фильтрат и мигрируют в составе многочисленных и

разнообразных по составу комплексов – соединений растворённых ионов ТМ и молекул растворителя (H_2O) или анионов кислот (HSO_4^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- и др.). Перемещение тяжёлых металлов по почвенному профилю контролируется органическим и минеральным веществом. Различия в сорбирующей способности связаны с присутствием в почвах специфически адсорбирующих тяжёлые металлы компонентов (гумусовые вещества, соединения железа, карбонаты), а прочность связи с этими компонентами обусловлена величиной рН почвенного раствора. Трансформация при переносе ионов ТМ в фильтрационном потоке сопровождается двумя специфическими явлениями. Во-первых, это эффект анионного выноса катионов, когда значительная часть поступивших извне анионов сохраняет в почве свою мобильность и мигрирует с нисходящим током влаги, при этом вызывает эквивалентное выщелачивание из почвы ТМ. Поэтому миграция тяжёлых металлов по почвенному профилю – это функция не только щелочно-кислотных условий (рН), но и анионного состава кислых дренирующих вод. Во-вторых, важным явлением техногенной трансформации является эффект «полиметалльного загрязнения». В реакциях ионного обмена с почвенным поглощающим комплексом катионы металлов в силу близости химических свойств относительно равноценны, что обуславливает возникновение «конкуренции» между ними за обменные позиции. «Конкуренция» металлов приводит, с одной стороны, к тому, что в целом средняя интенсивность миграции всех ТМ в потоке оказывается очень высокой, с другой – в условиях полиметалльного загрязнения растворимость и миграционная способность ряда токсичных металлов оказывается выше, чем у отдельно взятых соединений. Наибольшую опасность для высших организмов, в том числе и для человека, представляют последствия микробной трансформации неорганических соединений тяжёлых металлов в органо-металлические соединения (Л.А. Ширкин, Т.А. Трифонова, Н.В. Селиванова).

Техногенное геохимическое давление

Количество элемента, выводимое ежегодно из техногенного потока в природный; отношение его к единице площади – модуль техногенного геохимического давления, т/км² (Н.Ф. Глазовский).

Техногенное ожелезнение почв

Вид техногенеза, проявляется при значительном и длительном поступлении железа, которое практически не влияет на щелочно-

кислотные и окислительно-восстановительные условия миграции элементов. Однако благодаря значительной массе, широкому распространению и метаколлоидному микростроению оксиды и гидроксиды железа стали важным фактором перераспределения и аккумуляции тяжёлых металлов и близких им поливалентных элементов (образование техногенных сорбционных барьеров). Прочная связь тяжёлых металлов с соединениями железа хорошо выражается во всех генетических горизонтах почвенного профиля. Фиксация железом большей части тяжёлых металлов, содержащихся в почве, была отмечена ещё Митчелом (Mitchell, 1963) и в последующем изучалась многими зарубежными и отечественными специалистами (Hildebrant, Blum, 1974; Forbes a. o., 1976; Norwell, 1980 и др.). Оксиды и гидроксиды железа связывают избыточные массы рассеянных металлов, поступающие в почву, и регулируют их поступление в биологический круговорот и водную миграцию. Концентрация некоторых тяжёлых металлов в техногенных и почвенно-гипергенных железистых аккумуляциях возрастает до 10 раз и более по сравнению со средним уровнем их содержания в земной коре. В отдельных случаях концентрация никеля, кобальта, ванадия, хрома и некоторых других металлов возрастает настолько, что образуются легированные руды (В.В. Добровольский, 1974). Fe не накапливается биогенным путём в растениях и гумусовых горизонтах почв. Однако при высоких содержаниях подвижного Fe (свыше 500 мг/кг) появляются симптомы токсичности.

Техногенное подкисление

Вид техногенеза – подкисление атмосферных осадков, вод и почв в результате эмиссии в атмосферу оксидов серы и азота от техногенных источников при сжигании угля, нефти, газа. Техногенное подкисление почв ведёт к понижению содержания в них поглощённых катионов, уменьшению сорбционной способности, высоким содержаниям обменного Al и подвижных форм тяжёлых металлов, мобилизующихся в кислой среде. Тяжёлые металлы мигрируют из подкисленных почв и могут накапливаться в местных водоёмах. Усиление подвижности тяжёлых металлов при подкислении почв даже в слабозагрязнённых ландшафтах вредит рыбам, что на примере Hg доказано для озёр Южной Швеции. Особенно сильное подкисление ландшафтов происходит на локальных участках размещения сульфидсодержащих отходов и отвалов, стоков сильно кислых вод, где формируются техногенные сернокислые

ландшафты. Вопросы воздействия кислых осадков на биологические свойства почвы только начинают разрабатываться. Во многих работах показано, что вследствие буферных свойств почв изменения их биологических свойств могут быть вначале и незначительны. В наибольшей степени негативные изменения прослеживаются в верхних почвенных горизонтах. Влияние кислых осадков на биохимическую активность сильно зависит от типа почв и длительности воздействия. Краткосрочное (три месяца) воздействие кислыми осадками с $pH = 3,0$ даже несколько увеличивало азотфиксирующую активность и дыхание особенно в некоторых лесных почвах. Долговременное воздействие было более токсичным. Наиболее сильно отрицательные последствия проявляются на песчаных почвах. В результате воздействия кислых осадков возможно понижение скорости и уровня минерализации органического вещества. Отмечено и подавление процесса нитрификации в почвах.

Техногенное подщелачивание и карбонатизация

Вид техногенеза, проявляется при значительном и длительном поступлении карбонатной пыли (и других щелочных соединений) на фоне кислых почв, когда pH возрастает до 7 – 8. Высокое содержание Са в золах некоторых углей и выбросах цементных производств приводит к подщелачиванию почв. Тем самым меняется среда миграции многих химических элементов, возрастает роль щелочного геохимического барьера для тяжёлых металлов, активизируется миграция анионогенных элементов. Формируются особые природно-техногенные почвы, сочетающие в морфологии и физико-химических свойствах реликтовые признаки естественных почв (элювиально-иллювиальная дифференциация профиля, кислая реакция средних и нижних горизонтов) и техногенные эпигенетические изменения: нейтральную, слабощелочную, и даже щелочную, реакции дерновых и гумусовых горизонтов, насыщенность поглощающего комплекса и др. Щелочная техногенная трансформация почв ведёт к изменению их буферности, увеличению поглотительной способности. В степях и пустынях эффекты карбонатизации менее заметны. При достижении определённого предела подщелачивание сказывается на почвенной флоре и фауне. Подщелачивание осадков приводит к повышению pH коры и листьев. При значениях pH больше 8 оно токсично и может вести к растворению содержащихся в аэрозолях анионогенных элементов – Mo, Cr, V.

Техногенное рудное месторождение

Отвалы рудников и эфеля обогатительных фабрик, которые рассматриваются в качестве рудных месторождений в связи с понижением кондиций руд.

Техногенные геохимические процессы

1) Извлечение полезного ископаемого из недр; 2) эмиссия в технологических процессах при обогащении и переработке руд; 3) эмиссия с выбросами, отходами, стоками и готовой продукцией (схема техногенных процессов при добыче и переработке полезных ископаемых). Техногенные процессы могут систематизироваться по режимам (постоянные, периодические, катастрофические), модулям нагрузки на среду, объёмам выбросов, источникам загрязнения, химическому составу выбросов, стоков и т.д. (Н.П. Солнцева).

Техногенные илы

Илы, формирующиеся в городах, в прудах и отстойниках на территории металлургических предприятий, шахт и рудников, куда поступают промышленные стоки. Твёрдая часть полностью техногенных илов в сотни и тысячи раз обогащена относительно фона тяжёлыми металлами, органическими соединениями: повышено содержание битумов, проявляются синтетические продукты, неизвестные в биосфере (Ю.Е. Сагет, Е.П. Янин). В районах интенсивного земледелия донные отложения обогащены пестицидами, соединениями азота, элементами фосфатных удобрений, редкими землями (А.И. Ачкасов). Парагенные ассоциации элементов в техногенных илах часто отличаются от природных ассоциаций накоплением элементов-антагонистов. В суглинистых и глинистых илах за счёт осаждения на сорбционном барьере содержание тяжёлых металлов, как правило, в несколько раз выше, чем в песчаных, супесчаных и алевроитовых илах.

Техногенный водоносный горизонт

Водоносные горизонты подземных и грунтовых вод в районах промышленного и интенсивного сельскохозяйственного освоения, находящиеся под мощным техногенным прессом. Загрязнение почв, донных отложений, сброс сточных вод в водоёмы приводят к изменению химического состава подземных и грунтовых вод, их загрязнению. Нередко эти процессы имеют региональное распространение, что создаёт угрозу питьевому водоснабжению, особенно промышленных регионов. Характерен также техногенный эпигенез.

Техногенный галогенез

Процесс преобразования ландшафтов при добыче нефти. Высокоминерализованные воды поступают на поверхность и на фоне дерново-подзолистых почв формируются техногенные битуминозные солончаки, угнетается или уничтожается наземная растительность и почвенная мезофауна. Засоление почв сопровождается изменением ёмкости поглощения, состава поглощающего комплекса (появление натрия), подщелачиванием почвенных растворов, увеличением содержания органического углерода, изменением группового состава гумуса, оглеением, концентрацией отдельных химических элементов. Для таёжных ландшафтов, загрязнённых нефтепродуктами, техногенный галогенез является ведущим процессом преобразования ландшафтов. В автоморфных почвах нефть активно мигрирует, аккумулируясь на сорбционных барьерах в гумусовом и иллювиальном горизонтах. За счёт микробиологического метаболизма в течение года разрушается 10 – 15 % первоначально внесённой нефти. В гидроморфных почвах нефть хорошо сохраняется и аккумулируется в глеевых горизонтах. По Н.П. Солнцевой, таёжные ландшафты, загрязнённые нефтью и минерализованными водами, проходят стадии развития: фоновая дерново-подзолистая почва → битуминозный солончак → битуминозный солончаковый солонец → битуминозный солонец → битуминозный осолодевающий солонец → дерновая повышенно-гумусная осолодевшая остаточо-солонцеватая почва. В тундровых ландшафтах установлено негативное влияние нефтяного загрязнения на морфоанатомические и химические свойства растений. В степях и пустынях трансформация загрязнённых почв протекает значительно быстрее за счёт испарения нефти и минерализации, повышенной микробиологической и ферментативной активности почв (Н.П. Солнцева, Ю.Г. Пиковский).

Техногенный геохимический барьер

Участок, где происходит резкое уменьшение интенсивности техногенной миграции и как следствие концентрирование элементов. Среди техногенных барьеров (как и в природных барьерах) выделяются механические, физико-химические и биогеохимические классы, так как в образовании техногенных барьеров могут участвовать механические, физико-химические и биогенные процессы, но сущность данных барьеров не может быть понята без учёта особенностей техногенной миграции. Подобные барьеры могут возникать стихийно в ходе техногенной

миграции, но могут создаваться и специально с целью локализации загрязнения. Техногенные барьеры можно создавать, усиливая некоторые природные барьеры или формируя новые барьеры на пути техногенных потоков. Барьеры обладают различной проницаемостью для техногенных потоков и определённой ёмкостью по отношению к отдельным техногенным компонентам и ко всей их совокупности. Понятие «техногенные геохимические барьеры» ввел А.И. Перельман в 1976 г.

Техногенный ландшафт

Система с практически полностью трансформированным биологическим круговоротом элементов, техногенные свойства полностью или явно преобладают над природными (отвалы, хвостохранилища, асфальтированные поверхности городов и дорог и т. д.). Своеобразие техногенных культурных ландшафтов определяется техногенной миграцией, социальными процессами, хотя в них развиваются и все остальные виды миграции. Потеря природной информации с избытком компенсируется ростом техногенной. В целом в геохимическом отношении техногенные ландшафты разнообразнее природных. Изучение геохимии техногенных и природно-техногенных ландшафтов имело важное значение для развития ряда теоретических принципов. Так, стало ясно, что концепция катенарной автономности-подчинённости Б.Б. Полынова полностью не применима для техногенных ландшафтов из-за существенной поставки элементов-загрязнителей в бывшие «автономные» природные ландшафты. Для изучения техногенных миграционных потоков важнейшей становится система «отходы (атмосферные выпадения) – почвы – растения (животные) – воды».

Техногенный неорельеф (горнопромышленных ландшафтов)

Ландшафты, возникшие в результате коренного изменения литогенной основы и связанных с ним изменений направления и скорости протекания всех химических процессов, что нередко приводит к извлечению на поверхность и образованию токсичных соединений. Масштабы этих явлений настолько велики, что в науке сформировалось представление о техногенном неорельефе. Его формы определяются применением той или иной формы вскрышных работ и способами перемещения извлечённой на поверхность земли породы. Выделяют два основных типа неорельефа: положительный (аккумулятивный), к которому относятся отвалы, терриконы, насыпные и намывные поверхности, и отрицательный (выработанный) – шахты, карьеры, разрезы, выработки и т. д. Линейные

размеры этих новых форм рельефа бывают довольно значительными: их высота нередко достигает 50 – 80 м, протяжённость – 1,5 – 2 км. В зоне формирования неорельефа возникают эрозионные денудационные и стоковые процессы, за счёт которых протекает загрязнение и заиливание водоёмов. При современной технике глубина карьеров достигает 50 м, ширина карьерного поля – до 5 км, для размещения горных пород, отсыпаемых в отвалы, требуются тысячи гектаров. При такой глубине выработок неизбежны серьёзные нарушения гидрологического режима, приводящие к истощению подземных и поверхностных вод. Подобные ландшафты характеризуются высокой степенью загрязнения почвенного покрова, природных вод и атмосферы продуктами выветривания горных пород, промышленными выбросами, газами горящих отвалов и терриконов.

Техногенный ореол рассеяния

Техногенная аномалия, имеющая чёткую пространственную и генетическую связь с конкретным источником загрязнения.

Техногенный поток рассеяния

Техногенная аномалия, фиксируемая в транзитной среде (в воздухе, воде, частично в донных отложениях).

Техногенный эпигенез

Изменение состава подземных вод и вмещающих пород в результате антропогенного поступления загрязняющих веществ. Так, например, шахтные и рудничные воды имеют часто кислую реакцию, сернокислый состав, агрессивны, содержат высокие концентрации тяжёлых металлов. Водоносные горизонты, образующиеся в аридных районах за счёт ирригационных вод, имеют повышенную минерализацию, нейтральную и щелочную реакцию среды, которая неблагоприятна для миграции катионогенных элементов (тяжёлых металлов).

Технопедобиома

Геохимическая ассоциация почв со сходной ответной реакцией на определённые модули техногенного привноса токсичных элементов (М.А. Глазовская).

Технофильность

Отношение ежегодной добычи или производства элемента в тоннах к его кларку в литосфере (А.И. Перельман). Фактически технофильность показывает, сколько данного элемента в единицах его кларка добыто за год. Иногда технофильность элемента определяют для отдельных стран.

Однако объективную информацию (особенно для экологических целей) в этом случае можно получить для стран, имеющих большую площадь и неспециализирующихся на добыче определённого сырья.

Типоморфные элементы

Элементы, ионы, соединения, в большом количестве растворяющиеся в поверхностных и почвенных водах, обуславливающие кислотно-щелочные условия и определяющие условия миграции в ландшафте.

Типы миграции химических элементов

Связывая перемещение химических элементов с формами их нахождения, В.А. Алексеенко выделяет три основных типа миграции. Первый тип миграции представляет собой изменение формы нахождения элементов без их значительного перемещения, например переход элемента из минеральной формы в водные растворы. Для характеристики этого типа миграции можно использовать коэффициенты перехода элементов из одной формы в другую. Вторым типом миграции представляет собой перемещение элемента без изменения формы его нахождения. Примерами такого типа миграции может служить перемещение аэрозолей в атмосфере, обломков минералов в поверхностных водах или элементов, находящихся в растворе, при движении поверхностных и подземных вод. Третьим типом миграции объединяет два предыдущих и состоит в перемещении элементов с изменением форм их нахождения, например, перемещение элементов в подземных водах, растворяющих минералы на месторождениях, переход из минеральной формы в биогенную при мощном чехле рыхлых отложений и т.д.

Типы микробиологического поглощения элементов (тяжёлых металлов)

Возможны два типа поглощения металлов микроорганизмами: первый включает неспецифическое связывание катионов на поверхности клеток, в слоях слизи, на внеклеточных матрицах и т.д.; второй представляет собой внутриклеточное поглощение, зависящее от метаболического процесса. Полигалактуроновая кислота, обычный компонент внеклеточного слизистого слоя клеток бактерий, может связывать в комплексы различные микроэлементы. Микробиологическая аккумуляция микроэлементов имеет большое значение как для круговорота микроэлементов в почве, так и для доступности их растениям. Грибы и актиномицеты наиболее устойчивы к высоким концентрациям тяжёлых металлов среди микроорганизмов, а

нитрифицирующие микроорганизмы и микроорганизмы ризосферы – самые чувствительные.

Толерантность растений к тяжёлым металлам

Способность сохранять жизнедеятельность в условиях постоянного поступления поллютантов в почву. Это понятие относится как к видам из районов значительного химического загрязнения, так и к отдельным представителям, которые способны выдерживать значительный техногенный пресс, произрастая при более высоких уровнях концентрации элементов. Толерантность связана с внутренними факторами и включает такие метаболические процессы, как селективное поглощение ионов, пониженная проницаемость мембран, иммобилизация ионов в отдельных частях растений, удаление ионов из метаболических процессов с помощью образования запаса в нерастворимых формах в различных органах, адаптация к замещению физиологического элемента токсичным в энзиме, удаление ионов из растений при вымывании через листья, соковыделении, сбрасывании листьев, выделении через корни. Толерантные растения могут стимулироваться при повышенных концентрациях металлов, что свидетельствует об их физиологической потребности в избытке. Отдельные виды растений способны накапливать значительное количество тяжёлых металлов без видимых признаков угнетения. Другие растения не имеют такой способности. Наиболее устойчивы к загрязнению травянистые рудеральные (т. е. растущие на мусорных свалках, пустырях) фитоценозы, образованные сорными видами разнотравья и злаков (мать-и-мачеха, хвощ, латук, бодяк, пырей). Из древесных пород в насаждениях наиболее устойчивы к загрязнению берёза, ива, осина, из хвойных – сосна. Из естественных фитоценозов наиболее устойчивы к загрязнению сосново-берёзовые, злаковые (вейниковые) и разнотравные ассоциации. Полностью выпадают в загрязнённых зонах лесные разнотравные и папоротниковые ассоциации с участием борца высокого, василистника, копытня европейского, сныти, папоротников – щитовника мужского, голокучника Линнея. Эти виды можно считать индикаторами на незагрязнённые территории. Из естественных хвойных фитоценозов наиболее чувствительны к загрязнению пихтовые и особенно лиственничные древостой. Они полностью выпадают в зонах загрязнения и сильно угнетены в искусственных посадках.

Транслокация загрязняющего почву химического вещества

Переход загрязняющего почву химического вещества в растения.

Трансформация миграционных потоков

Связана с тем, что по мере накопления на геохимических барьерах различных веществ возможно нарушение исходных и образование новых барьеров. Например, иллювиальный карбонатный горизонт формируется в результате термодинамических причин и проявляется в образовании кальцита. Далее кальцит выступает как щелочной карбонатный барьер для большой группы элементов (Sr, Pb, Zn, Cd, Co, Cu).

Трансформация почвенно-геохимической структуры

Трансформация территорий, ландшафтов в результате загрязнения почв макро- и микроэлементами: в первую очередь резко возрастает радиальная геохимическая дифференциация почвенного профиля за счёт накопления поллютантов в верхних горизонтах, а неравномерность загрязнения почвенного покрова ведёт к появлению нетипичных для природы соотношений химических элементов между почвами автономных и подчинённых ландшафтов.

Тяжёлые металлы в ландшафтах

Группа химических элементов с относительной атомной массой более 40, имеющих плотность более 5 г/см^3 . В природных ландшафтах находятся преимущественно в рассеянном состоянии (порядка 0,01 % и менее), но при этом способны образовывать локальные аккумуляции, где концентрация в сотни и тысячи раз превышает кларковые уровни. Тяжёлые металлы не входят в состав органических соединений, из которых состоят ткани живых организмов. В то же время переменная валентность способствует взаимодействию металлов с азот- и серосодержащими функциональными группами органических соединений. Благодаря этому металлы являются необходимой частью ферментативной системы живых организмов – основы функционирования живого вещества. Металлы образуют группу опасных загрязнителей природной среды. Промышленность, теплоэнергетика, автотранспорт – это источники импактных (ударных) техногенных поступлений металлов и техногенных полиметалльных аномалий. Выяснение закономерностей массообмена и распределения масс металлов в эколого-геохимических системах, в техногенных ландшафтах представляет весьма актуальную проблему.

у***Угнетённый ореол рассеяния***

Плохо выраженный ореол рассеяния, сформированный в отложениях, в которых доминируют аллохтонные компоненты.

Ультрапресные воды, семейство ультрапресных вод

Общая минерализация вод $< 0,1$ г/л. Эти воды не насыщены практически всеми минеральными соединениями, поэтому из них не осаждаются соли; обладают большой растворяющей способностью. К ним относятся многие атмосферные осадки, поверхностные и грунтовые воды гумидных ландшафтов (тундра, тайга и т. д.).

Уровень экологической опасности отхода (класс опасности отхода) для окружающей природной среды

Степень вредного воздействия отхода на окружающую природную среду и через нее на человека, отвечающая установленным критериям. Отходы по уровню экологической опасности для окружающей природной среды распределяются на пять классов: I класс – высокоопасные; II класс – опасные; III класс – умеренно опасные; IV класс – малоопасные; V класс – практически неопасные. Класс опасности отхода для окружающей природной среды (ОПС) устанавливается с целью определения и предотвращения потенциальных потерь её качества под воздействием отхода. Класс опасности отходов определяется по данным химического состава (расчетные методы) и (или) их экотоксичности (экспериментальные методы). Класс опасности отхода является качественной характеристикой потенциального экологического риска и риска для здоровья человека при попадании отхода в окружающую природную среду.

Устойчивость геосистемы

1) Вероятность сохранения объекта в течение некоторого времени; 2) стабильность состояния во времени; 3) способность восстановления прежнего состояния после возмущения; 4) способность адаптироваться к изменяющимся условиям; 5) способность глушить внешние сигналы; 6) способность не реагировать на сигналы; 7) способность к длительному накоплению вредных веществ без видимого вреда; 8) способность сохранять производственные функции в социально-экономической системе; 9) способность легко пропускать загрязнители; 10) отсутствие или быстрое затухание колебаний в системе; 11) способность сохранять

траекторию развития, направление тренда. Выделяют следующие типы устойчивости геосистем: физическая, геохимическая, биологическая и интегральная. Термин «геосистема» введён в 1963 г. А.А. Сочавой и означает фундаментальную структурную единицу географического ландшафта, которая объединяет геоморфологические, климатические, гидрологические элементы и экосистемы на определённом участке земной поверхности. Говоря о геосистемах, нередко включают в них системы расселения, территориально-производственные комплексы. При анализе геосистем различают несколько типов устойчивости: 1) геохимическая устойчивость; 2) биологическая устойчивость; 3) физическая устойчивость. Наиболее детально теория и показатели устойчивости геосистем и почв к техногенному воздействию разработаны М.А. Глазовской, Н.П. Солнцевой, В.Д. Васильевской, Армандом.

Устойчивость ландшафта

Способность ландшафта сохранять структуру, функциональные особенности и возвращаться в прежнее состояние после прекращения или ослабления антропогенного воздействия. Ландшафт – это стационарная система, устойчивость которой связана с тем, что она непрерывно получает свободную энергию из среды в количестве, компенсирующем её снижение в системе. Биогенный ландшафт – это саморегулирующаяся неравновесная, но стационарная (устойчивая) система.

Устойчивость почв к кислотным воздействиям

Способность почв при понижении значений рН противостоять до определённых пределов разрушению поглощающего комплекса почв, диспергации коллоидов и суспензий и их выносу за пределы профиля, появлению в растворе токсичных соединений алюминия, железа, марганца и других микроэлементов. По ответным реакциям на кислотные воздействия М.А. Глазовская разделила почвы на три главные группы: 1) почвы изначально кислые, в которых дальнейшее увеличение кислотности сопровождается значительным ухудшением физико-химических свойств и уменьшением плодородия; 2) почвы изначально нейтральные или слабощелочные в горизонте *A* и карбонатные в горизонте *B*, в которых кислотные воздействия сопровождаются ухудшением лишь некоторых свойств; 3) почвы изначально щелочные и сильнощелочные, в которых кислотные воздействия приводят к уменьшению щелочности и соответственно улучшению ряда свойств. Наиболее чувствительны к техногенному закислению почвы лёгкого гранулометрического состава, с

высокой водопроницаемостью, низким содержанием обменных оснований и гумуса, слабой сульфат-адсорбционной способностью, кислой реакцией и низкой степенью насыщенности ППК (М.А. Глазовская).

Ф

Фактор биоаккумуляции

Отношение концентрации соединения в организме к его концентрации в объекте окружающей среды. Например, соотношение концентрации поллютанта в тканях гидробионта и в воде в состоянии равновесия.

Факторы геохимической устойчивости ландшафтно-геохимических систем

Выделены три основные группы факторов геохимической устойчивости. 1) Факторы, определяющие интенсивность выноса и рассеяния продуктов техногенеза: а) показатели, характеризующие рассеяние и вынос продуктов техногенеза из атмосферы, – осадки и скорость ветра по сезонам; б) показатели, характеризующие скорость миграции и вынос продуктов техногенеза из почв и проточных водоёмов, – сток (по сезонам), соотношение осадков и испарения, положение территории в каскадной системе, механический состав почв и грунтов. 2) Факторы, определяющие интенсивность метаболизма продуктов техногенеза, – показатели энергии разложения веществ: сумма солнечной радиации, кДж/год, сумма температур выше 0 °С, количество ультрафиолетовой радиации, количество гроз в год, скорость разложения органического вещества (опадно-подстилочный коэффициент), интенсивность фотохимических реакций. 3) Факторы, определяющие возможность и интенсивность закрепления в ландшафтах продуктов техногенеза или их метаболитов: а) показатели интенсивности закрепления продуктов техногенеза в почвах, грунтах и их исходная ёмкость – щелочно-кислотные и окислительно-восстановительные условия, сорбционная ёмкость, количество гумуса, тип геохимических арен (открытые – замкнутые, контрастные – неконтрастные), геохимические барьеры, минералогический состав почв и грунтов, исходный запас элементов, участвующих в техногенных потоках, процессы надмерзлотной ретинизации; б) показатели локальных выпадений продуктов техногенеза из атмосферы – количество и продолжительность туманов в год, число и продолжительность штилей в год. Изменение отдельных факторов

геохимической устойчивости (подкисление, подщелачивание, затопление и др.) может нарушить относительно устойчивое состояние техногенных ландшафтов и привести к быстрой вторичной мобилизации токсичных веществ из загрязнённых компонентов ландшафта (М.А. Глазовская).

Фанд

Нижняя часть водораздельной системы, выделяемая в литоводосборном бассейне как специфический геоморфологический элемент дельтовидной структуры. Фанд является относительно самостоятельной, но тем не менее сопряженной частью бассейна. Нижние части водораздельной системы – дельтовидные контуры – иногда выделялись при исследовании бассейнов, но не трактовались как их элементы. Однако хорошо известно, что треугольная форма является наиболее жесткой и устойчивой к деформациям. Фанд играет очень важную роль в формировании и функционировании водосборного бассейна: наличие именно такой геоморфологической формы в структуре бассейна обеспечивает его стабильную конфигурацию и длительность существования. Как энергетически стабилизированные формы рельефа фанды устойчивы к разрушению, поэтому почвенный покров здесь характеризуется обычно повышенной мощностью профиля и древним возрастом. Следовательно, фанды, определяя стационарность (устойчивость) миграционных потоков в каскадной ландшафтно-геохимической системе, обуславливают геохимическую устойчивость всего литоводосборного бассейна. Учение о фандах применимо к анализу как природных, так и техногенных эколого-геохимических систем (Т.А. Трифонова).

Ферсм

Региональная оценка среднего содержания химического элемента (соединения). См. также *Кларк*.

Физико-химическая миграция химических элементов

Процессы, сущность которых определяется законами физики и химии – диффузией, растворением, осаждением, сорбцией, десорбцией и т. д. Лучше всего изучена миграция веществ в водных растворах в виде ионов (ионная миграция), зависящая от растворимости солей, щелочно-кислотных и окислительно-восстановительных условий. Иным законам подчиняется коллоидная миграция, миграция газов.

Физико-химические методы рекультивации загрязнённых почв

Методы, включающие способы очистки с выделением загрязненной фракции грунта и ее дальнейшей обработкой химическими реагентами при создании физических полей. Эти реагенты могут быть как безопасными для почвы (например, фульвокислоты), так и иметь серьезные последствия для дальнейшего использования почв в сельском хозяйстве (минеральные кислоты). Физико-химические методы образуют наиболее представительную группу методов обезвреживания. При создании физических полей в пористых средах начинают протекать одновременно множество физико-химических процессов. При наложении поля механических напряжений загрязненный грунт интенсивно перемешивается и происходит очистка частиц грунта от поверхностных загрязнений. Гидродинамическое воздействие на грунт или почву сопровождается суффозией, выщелачиванием, адсорбцией, диффузией и выносом загрязнений из порового пространства грунтов. Перспективен метод сверхкритической экстракции углекислым газом органических загрязнений. Постоянное электрическое поле, приложенное к водонасыщенному грунту или почве, вызывает протекание электрохимических и электрокинетических процессов. К электрохимическим процессам относятся: электролиз, электрофлотация, электрокоагуляция, электродеструкция, электрохимическое обеззараживание, ионный обмен, электрохимическое окисление и выщелачивание, электродиализ, а к электрокинетическим - электроосмос, электрофорез и электромиграция. Электролиз порового раствора загрязненных грунтов и почв – это окислительно-восстановительный процесс, в результате протекания которого происходит разложение химических соединений. Он используется для очистки грунтов от микроорганизмов и называется электрохимическим обеззараживанием. Эффективность метода достигает до 99 %. При электрофлотации удаление нефтепродуктов происходит пузырьками газа, образующимися при электролизе и поднимающимися к поверхности. Электрокоагуляция – это процесс агрегации микрочастиц минерального происхождения и органических молекул. В методе электрокоагуляции используют железные и алюминиевые электроды, при растворении которых образуются гидроксиды, адсорбирующие загрязнения и выпадающие затем в осадок. Электрохимическое окисление применяется для очистки грунтов от хлорированных углеводородов и фенола. Эффективность окисления

фенола 70 – 92 %. Электрохимическое выщелачивание – это метод очистки грунтов, основанный на переводе тяжелых металлов в подвижную форму. Однако метод требует внесения дополнительных химических реагентов. Электродеструкция осуществляется при электрохимическом разложении токсичных органических соединений на электродах с образованием нетоксичных веществ. Преимущество метода в низкой стоимости и высокой эффективности. При электродиализе порового раствора грунтов и почв происходит очистка от загрязнений в коллоидной форме, обессоливание в средней части межэлектродного пространства. Электрокинетические методы начали широко применяться с 1960-х годов. Электрокинетическая обработка применяется для очистки глинистых и суглинистых грунтов. Электрокинетические явления, наблюдающиеся в пористых средах при протекании постоянного электрического тока, подразделяются на электроосмос и электрофорез. При электроосмосе ионы, содержащиеся в жидкости, перемещаются относительно неподвижной заряженной поверхности минеральных частиц грунта, увлекая при этом загрязнения, находящиеся в растворенном или жидком состоянии. Электроосмотическая скорость потока пропорциональна произведению силы потока на величину дзета-потенциала и на удельную поверхность пористой среды. При протекании электрофореза в поровом пространстве грунта, заполненном полностью или частично водой, перемещаются минеральные частицы. Это явление играет крайне незначительную роль в электрокинетическом переносе загрязнений в диссоциированной форме, но определяющую в переносе коллоидных и заряженных минеральных частиц. Электрофоретическое перемещение коллоидных и микрочастиц наблюдается в макропористых грунтах (песчаник, супесь). Под действием напряжения, приложенного к электродам, которые погружены в скважины, вода и экотоксиканты в коллоидном состоянии перемещаются к электродным резервуарам, из которых затем вода с загрязнениями извлекается на поверхность и очищается одним из физико-химических методов. Эффективность очистки может достигать до 99 %.

Физиологический барьер поглощения

Уровень концентрации элемента в растении, при достижении которого начинают действовать механизмы, препятствующие дальнейшему его поглощению. Выделяют барьерный и безбарьерный типы поглощения (А.Л. Ковалевский).

Физическая устойчивость литогенной основы

Для почв – противоэрозионная устойчивость (И.Т. Кузьменко, С.С. Соболев, Н.И. Макковеев, М.С. Кузнецов, Г.П. Глазунов).

Физические методы рекультивации загрязнённых почв

Безреагентные методы, включающие приемы очистки с удалением из почв и грунтов загрязненной фракции. Процесс происходит без применения химических реагентов, что позволяет сохранить плодородие почвы и удешевить сам процесс рекультивации. Отдельную группу составляют электромагнитные методы, основанные на термическом эффекте при взаимодействии электромагнитного излучения с веществом. В сверхвысокочастотных полях происходит быстрый и равномерный прогрев грунта, при этом протекают дегидратация, диссоциация карбонатов, окисление и даже плавление. Десорбирующиеся органические соединения обезвреживаются, например, каталитическим методом. Обезвреживание отходов с помощью ультрафиолетового и лазерного излучений относится также к электромагнитным методам. Активация ароматических молекул данными излучениями приводит к диссоциации молекул с образованием радикалов и активных комплексов, быстрому окислению и полимеризации. Эффективен для очистки грунта от нефтепродуктов ультразвук. Начиная с критического значения звукового давления акустических волн, в жидкости возникает кавитация. При схлопывании кавитационных полостей образующиеся микроструи с линейными скоростями 300 – 800 м/с срывают с поверхности твердых частиц нефтяные загрязнения. Эффективность очистки может достигать 99,5 – 99,8 %. При кавитационных разрывах жидкости происходит ионизация и активация молекул, стимулирующие окисление и полимеризацию углеводородных молекул. Рассмотренные методы являются базой для уже созданных технологий обезвреживания отходов и почв или технологий, разрабатываемых в настоящее время.

Фитонцид

Летучее органическое бактерицидное соединение, выделяемое растениями. Состав и количество фитонцидов – важный геохимический параметр ландшафта. В конденсатах транспирационных испарений высших растений установлены не только соли щелочных и щелочноземельных элементов, но также летучие комплексные органические соединения тяжёлых металлов. Определение металлов в

составе органических паров атмосферы предложено использовать для поисков рудных месторождений.

Фитотоксичность тяжёлых металлов

Токсическое действие тяжёлых металлов на растения, которое проявляется: 1) в изменении проницаемости клеточных мембран (Ag, Au, Br, Cd, Cu, F, Hg, I, Pb); 2) в реакции тиольных групп с катионами (Ag, Hg, Pb); 3) в конкуренции с жизненно важными метаболитами (As, Sb, Se, Te, W, F); 4) в сродстве к фосфатным группам и активным центрам в адентозиндифосфатах и аденозинтрифосфатах (Al, Be, Se, Y, Zr); 5) в замещении жизненно важных ионов (преимущественно макроэлементов Cs, Li, Rb, Se, Sr); 6) в захвате в молекулах позиций, занимаемых жизненно важными функциональными группами типа фосфата и нитрата (арсенат, фторид, борат, селенат, теллулат, вольфрамат) (Кабата-Пендиас, 1989). Тяжёлые металлы являются протоплазматическими ядами, токсичность которых возрастает по мере увеличения атомной массы. Тяжёлые металлы подразделяют на группы: 1) очень токсичные – оказывают вредное воздействие на тест-организмы при концентрации в растворе менее 1 мг/л: Ag^+ , Be^{2+} , Hg^{2+} , Sn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , CrO_4^{2-} ; 2) умеренно токсичные – оказывают ингибирующее воздействие при концентрациях 1 – 100 мг/л: As, Se, Al, Ba, Cd, Cr, Fe, Mn, Zn, арсенаты, бораты, броматы, хлораты, перманганаты, молибдаты, селенаты; 3) слаботоксичные – редко оказывают ингибирующее воздействие при концентрациях значительно выше 100 мг/л: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , хлориды, бромиды, иодиды, нитраты, сульфаты.

Фоновая геохимическая структура ландшафта

Представления, отражающие характер связей между различными компонентами ландшафта. Связи между частями ландшафта осуществляются в процессе миграции вещества, энергии и передачи информации. Сложная радиальная и латеральная геохимическая структура ландшафта требует исследования при мониторинге характера взаимоотношений элементов между компонентами и подсистемами ландшафта (*R*-, *L*-анализ) (М.А. Глазовская, Н.С. Касимов).

Фоновый геохимический мониторинг

Наблюдение за распределением и поведением химических элементов и соединений в ландшафтах вне сферы влияния локальных источников загрязнения. Проводимый на единой методологической основе во многих

странах, он позволяет оценивать глобальные изменения природной среды. Поэтому фоновый мониторинг иногда называют глобальным.

Формы нахождения химических элементов (тяжёлых металлов) в природных и техногенных водах

Выделяют пять главных форм нахождения химических элементов в водах: 1) Простые и комплексные ионы. 2) Нейтральные молекулы. Эти две группы форм имеют размер 1 нм и менее. 3) Частицы коллоидных размеров от 0,001 до 0,1 мкм, на поверхности которых находятся сорбированные ионы. 4) Высокодисперсные частицы, состоящие преимущественно из глинистых минералов и имеющие размер от 0,5 до 1 – 2 мкм. 5) Более крупные взвешенные частицы, представленные обломочными минералами размером от 2 – 3 до 10 мкм.

Формы нахождения элементов (тяжёлых металлов) в почве

Для того чтобы оценить формы нахождения или формы связывания тяжёлых металлов (и других элементов) в твёрдых веществах, были разработаны аналитические методики с использованием последовательной экстракции. Одна из первых методик с последовательной экстракцией для определения форм интересующего элемента в почвах была предложена Тессье и др. Были разработаны также другие – кинетические – методы разделения. Все эти методики основаны на предположении, что в почвах присутствуют следующие формы тяжёлых металлов: 1) воднорастворимые (например, в почвенном растворе); 2) обменные; 3) связанные в органические соединения; 4) захваченные в оксидах железа и марганца; 5) собственные минералы (например, карбонаты, фосфаты и сульфиды тяжёлых металлов); 6) связанные в структуре силикатов (т. е. в нерастворимом остатке). Растворимая и обменная формы представляют собой подвижную фракцию металлов в почве. Другие формы более или менее неподвижные. Мобилизация металлов из этих форм или трансформация подвижной фракции металлов в неподвижную – обычно процесс очень медленный, контролируемый в основном кинетическими факторами.

Фульвокислоты

Основными структурными единицами молекулы являются сконденсированная центральная часть (ядро), боковые цепи и периферические функциональные группы: карбоксильные, фенолгидроксильные, метоксильные, карбонильные, хиноидные. Ядро состоит из сконденсированных ароматических и гетероциклических

кольцевых соединений, однако боковые цепи преобладают над ядром. Содержание карбоксильных и фенолгидроксильных групп больше, чем у гуминовых кислот. Фульвокислоты представляют соединения типа оксикарбоновых кислот с меньшим относительным содержанием углерода и более выраженными кислотными свойствами. Согласно Д. С. Орлову (1974), структурная ячейка фульвокислот из дерново-подзолистой почвы – $C_{270}H_{318}O_{206}N_{16}$, из чернозёма – $C_{260}H_{280}O_{177}N_{15}$. В составе фульвокислот содержание углерода колеблется от 35 до 50 %, азота – от 3 до 4,5 %. Фульвокислоты растворяются в воде, растворы имеют сильноокислую реакцию ($pH = 2,6 - 2,8$). Хорошая растворимость фульвокислот по сравнению с гуминовыми кислотами является причиной их более высоких концентраций и распространения в поверхностных водах. Содержание фульвокислот, как правило, превышает содержание гуминовых кислот в 10 раз и более. Растворяющая способность фульвокислот усиливается их склонностью к хелатированию. Комплексные соединения фульвокислот могут активно мигрировать в природных водах в таких физико-химических условиях, в которых свободные катионы металлов выпадают в осадок.

X

Халькофильные химические элементы

Элементы с высоким сродством к сере, составляющие основную часть мантии Земли (19 элементов) (В.М. Гольдшмидт).

Химическая денудация

Процесс, характеризуемый двумя показателями: сток – расход растворённых веществ, проходящих через створ реки, т/год; модуль стока – отношение годового расхода растворённых веществ в определённом створе реки к площади бассейна, т/(км²·год). Измеряется, как и механическая денудация, для одного и того же бассейна при изменении техногенной нагрузки.

Химические методы рекультивации загрязнённых почв

Методы, заключающиеся в добавлении к нейтрализуемой массе химических реагентов. В зависимости от типа химической реакции реагента с загрязнением происходит осаждение, окисление-восстановление, замещение, комплексообразование. Химические способы инактивации основаны на переводе загрязняющих веществ в

малоподвижные соединения: известкование почв, внесение органического вещества, внесение силикатов и гидросиликатов, обработка почвы меркапто-8-триазином, внесение в почву ионообменных смол в виде гранулята или порошка, содержащих карбоновую и гидроксильную группы в H^+ -, Ca^{2+} -, Mg^{2+} -, K^+ -формах. Загрязнённые промышленные почвы промывают разбавленной соляной кислотой, а затем вносят в них фосфорно-магниевые удобрения и силикат кальция. Методы осаждения основаны на ионных реакциях с образованием малорастворимых в воде веществ и особенно эффективны при нейтрализации тяжелых металлов и радионуклидов. Метод осаждения органических загрязнений основан на двух типах реакций: комплексообразование и кристаллизация. Осаждение используют для очистки грунта от полихлорированных бифенилов, пентахлорфенолов, хлорированных и нитрированных углеводородов. Реагенты могут быть как в жидкой, так и в газообразной фазах. Однако при этом происходит увеличение объема обезвреженной массы. Методы управления окислительно-восстановительной реакцией среды позволяют переводить соединения тяжелых металлов и радионуклидов в трудно растворимые в воде гидроксиды, а также разрушать цианиды, нитраты, тетра-хлориды и другие хлорорганические соединения. Для химической иммобилизации используют неорганические вяжущие вещества типа цемента, золы, силикатов калия и натрия, извести и гелеобразующих веществ (бентонит или целлюлоза). Иммобилизацию используют для связывания тяжелых металлов, радиоактивных отходов, полициклических и ароматических углеводородов, трихлорэтилена и нефтепродуктов. Недостатком комплексообразования является неустойчивость вяжущих веществ к атмосферной и грунтовой влаге, быстрым изменениям температуры, что приводит в результате к разрушению композиционного материала. Объем отходов после комплексообразования уменьшается только в 2 раза. Технология химического осаждения тяжелых металлов (Сг, Рb, Hg, Са) и радионуклидов в грунтах осуществляется введением реакционно-способной смеси (100 ppm сероводорода в азоте) в реактор, заполненный загрязненным грунтом. Технология химического осаждения применима для грунтов с разным химико-минеральным составом и проницаемостью. После химической обработки фиксируется в породе более 90 % тяжелых металлов. В технологии обработки загрязненных грунтов используют реагенты: известь, сульфат натрия, оксиды железа, органический углерод. Эффективность очистки зависит от реакционной

способности реагента и экотоксиканта. Водный реагентный раствор смешивают с грунтом и перемешивают, в результате получается гидрофобный порошок. Преимущество технологии – в разрушении хлорированной органики и нефтепродуктов и фиксации тяжелых металлов. Общий недостаток реагентных технологий – это зависимость степени обезвреживания от эффективности перемешивания и чистоты реагента. Образующийся порошок не обладает абсолютными гидрофобными свойствами, и при попадании в поровое пространство воды аборигенная микрофлора постепенно разлагает органические вещества, входящие в состав порошка, что приводит к вторичному загрязнению окружающей природной среды. В технологиях химического окисления экотоксикантов в почве используют следующие окислители: кислород, воздух, озон, перекись водорода и перманганат калия. Эта технология наиболее часто применяется для очистки грунтов от хлорированных углеводородов (трихлорэтилен, трихлорамин, полихлорэтилен) в диапазоне концентраций от 0,2 мкг/кг до 12 г/кг. Эффективность очистки почвы с исходным содержанием трихлорэтилена 250 мг/кг достигает 74 – 79 % при обработке 3,6 и 7,3%-ными растворами перекиси водорода и выше 98 % – при применении 1,5, 3,0 и 6,0%-ных растворов перманганата калия. Технологии химической иммобилизации (связывания) используют, кроме того, для связывания тяжелых металлов, полициклических и ароматических углеводородов, хлорорганики. Недостатком метода является неустойчивость образующихся композитов к грунтовой и атмосферной воде. При иммобилизации происходит утрачивание нефтепродуктов как источника энергии.

Ц

Цементация

См. Процесс цементации.

Центр ландшафта

См. Структурный центр ландшафта.

Щ

Щелочной геохимический барьер (D)

Физико-химический барьер, возникающий в местах, где на коротком расстоянии кислая среда сменяется щелочной; для него особенно характерна концентрация Fe, Ca, Mg, Mn, Ba, Sr, Cr, Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd и других металлов. D-барьер может проявиться и в щелочных условиях при смене слабощелочной среды на сильнощелочную (А.И. Перельман).

Щелочно-кислотная зональность систем

Изменение рН в почвах, корах выветривания, водоносных горизонтах по мере фильтрации вод.

Щелочно-кислотные условия вод

Характеризуются величиной рН. По щелочно-кислотным условиям выделяют четыре класса вод ландшафта: 1) сильнокислые (рН < 3 – 4); 2) кислые и слабокислые (рН от 3 – 4 до 6,5); 3) нейтральные и слабощелочные воды (рН от 6,5 до 8,5); 4) сильнощелочные воды (рН > 8,5).

Э

Экологическая геохимия

Междисциплинарное научное направление (геохимии ландшафта, биогеохимии и экологии), занимающееся геохимическим мониторингом окружающей среды, выявлением техногенных изменений геохимического фона биосферы и их влиянием на природную среду и на человека. В экологической геохимии значительное внимание уделяется миграции химических элементов, происходящих в биосфере под воздействием антропогенных процессов.

Экологический мониторинг

Слежение за состоянием природных систем и их изменением под воздействием антропогенных нагрузок. Это организованный мониторинг окружающей природной среды, при котором, во-первых, обеспечивается постоянная оценка экологических условий среды обитания человека и биологических объектов, а также оценка состояния и функциональной ценности экосистем, во-вторых, создаются условия для определения корректирующих действий в тех случаях, когда целевые показатели экологических условий не достигаются. При разработке проекта экологического мониторинга необходима следующая информация:

1) источники поступления загрязняющих веществ в окружающую природную среду: выбросы в атмосферу; сбросы сточных вод в водные объекты; поверхностные смывы загрязняющих и биогенных веществ в поверхностные воды; поступление на земную поверхность и (или) внесение в почвенный слой загрязняющих и биогенных веществ вместе с удобрениями и ядохимикатами; места захоронения и складирования промышленных и коммунальных отходов; техногенные аварии, приводящие к выбросу в атмосферу и (или) разливу жидких загрязняющих и опасных веществ и т. д.; 2) переносы загрязняющих веществ – процессы атмосферного переноса и миграции в водной среде; 3) процессы ландшафтно-геохимического перераспределения загрязняющих веществ – миграция по почвенному профилю до уровня грунтовых вод; миграция по ландшафтно-геохимическому сопряжению с учётом геохимических барьеров и биохимических круговоротов; 4) данные о состоянии антропогенных источников эмиссии – мощность источника и его местоположение, гидродинамические условия.

Экологический риск

Вероятность развития у растений и животных (кроме человека) неблагоприятных эффектов, обусловленных воздействием факторов окружающей среды. Оценка экологического риска направлена на определение вероятности развития у растений и представителей различных видов животных неблагоприятных эффектов от воздействия факторов окружающей среды и не включает изучение влияния на человека. Под экологическим риском понимают также вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной или иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера.

Эколого-геохимическая классификация веществ, участвующих в техногенезе

См. *Эколого-геохимическая классификация техногенных воздействий*.

Эколого-геохимическая классификация техногенных воздействий

Техногенные воздействия: 1) изъятие веществ из ландшафтно-геохимических систем: а) без изменения геохимии литологического субстрата, б) с изменением геохимии литологического субстрата; 2) привнос веществ в ландшафтно-геохимические системы: а) геохимически активных веществ (токсичных в малых концентрациях,

нетоксичных в малых концентрациях, токсичных в больших концентрациях, нетоксичных в любых концентрациях), б) геохимически инертных веществ (ухудшающих природную среду, инертных для природной среды) (Н.П. Солнцева).

Эколого-геохимические карты

Карты, применяемые для характеристики пространственного распределения загрязнения и оценки экологического риска для человека, растений и животных. Эколого-геохимические карты, как правило, включают информацию о компонентах ландшафтов, ландшафтно-геохимической структуре территории согласно геохимическим классификациям техногенных ландшафтов. При этом используется теория и методика поисковой геохимии – главным образом геохимических методов поисков рудных месторождений (Ю.Е. Саэт и др.). Оформилось четыре направления эколого-геохимического картографирования: 1) инвентаризационное; 2) ситуационное (факторное); 3) индикационное (карты мониторинга); 4) оценочное и прогнозное. Каждому из них соответствуют типы карт: а) аналитические; б) комплексные; в) синтетические. Слабая сторона эколого-геохимических карт – недоучёт ландшафтно-геохимических особенностей территории, роли природных факторов в миграции загрязнителей, сильная – показ техногенных аэро-, педо-, лито-, гидро- и биогеохимических ореолов и потоков рассеяния загрязняющих веществ.

Экотоксикант

Поллютант, накопившийся в среде в количестве, достаточном для инициации токсического процесса в биоценозе (на любом уровне организации живой материи).

Экотоксикидинамика

Раздел экотоксикологии, рассматривающий конкретные механизмы развития и формы токсического процесса, вызванного действием экотоксикантов на биоценоз и (или) отдельные виды, его составляющие.

Экотоксикинетика

Раздел экотоксикологии, рассматривающий поведение ксенобиотиков в окружающей среде: источники их появления; распределение в абиотических и биотических элементах окружающей среды; превращение ксенобиотика в среде обитания; элиминацию из окружающей среды.

Экотоксикология

Междисциплинарное научное направление, связанное с токсическими эффектами химических веществ на живые организмы, преимущественно на популяции организмов и биоценозы, входящие в состав экосистем. Занимается выяснением механизмов (особенно биохимических и физиологических) токсического действия антропогенных факторов на живые организмы в природной среде. Экотоксикологию можно рассматривать как междисциплинарное направление, развивающееся на пограничных направлениях токсикологии, экологии, биологии, геохимии, почвоведения и других наук. Экотоксикология изучает источники поступления вредных веществ в окружающую среду, их распространение и трансформацию в окружающей среде, действие на живые организмы. Содержанием дисциплины «Экотоксикология» является учение об экотоксичности. Основные рассматриваемые вопросы: характеристика ксенобиотического профиля среды обитания, проблемы экотоксикокинетики, экотоксикодинамики, экотоксикометрии. Проблема токсичности химических элементов традиционно не являлась основной в геохимии ландшафта и в экологической геохимии. Поэтому влияние различных доз химических элементов на растения, животных и человека, обеспечение оптимальной геохимической обстановки их жизнедеятельности – задачи экологической геохимии, сближающие её с экотоксикологией.

Экотоксикометрия

Раздел экотоксикологии, в рамках которого рассматриваются методические приемы, позволяющие оценить (перспективно или ретроспективно) экотоксичность ксенобиотиков.

Экотоксичность

Способность данного ксенобиотического профиля среды вызывать неблагоприятные эффекты в соответствующем биоценозе.

Экотоксичные вещества (отходы)

Вещества или отходы, которые при попадании в окружающую среду оказывают или могут оказать немедленное или отложенное по времени неблагоприятное воздействие на окружающую среду посредством биоаккумуляции и (или) токсического влияния на биотические системы. К перечисленным воздействиям или отходам добавляются вещества, способные производить (образовывать) другое вещество (материал), например, при выщелачивании, которое обладает экотоксичными

свойствами. Экотоксичность зависит не только от токсичности компонентов отхода, но и от степени их подвижности в ландшафтах (экосистемах). Основным механизмом попадания компонентов отхода в ландшафты является испарение летучих веществ и выщелачивание. Любой тест на экотоксичность должен включать выщелачивание, которое проводится, как правило, водой с $\text{pH} = 5,6 - 7$ (вода уравновешенная с атмосферным CO_2). Вода берётся в соотношении 10:1 к массе отхода. Экстракт впоследствии либо подвергается химическому анализу на содержание токсичных компонентов (практика Агенства по охране окружающей среды США), либо исследуется на биологических тест-объектах (практика ЕС). В качестве тест-объектов используются дафнии или одноклеточные водоросли.

Экотон

Границы зон (ландшафтов), где климатические условия носят переходный характер и где геологическое строение и (или) особенности рельефа могут обусловить появление различных типов ландшафтов. Их мощность колеблется от нескольких метров до десятков километров и обычно пропорциональна размерам граничащих ландшафтов. Анализ отклонений от зональности указывает на ведущую роль климата в формировании ландшафтных зон, однако конкретные границы часто обусловлены не климатом, а особенностями рельефа и геологического строения. Даже на равнинах границы зон (ландшафтов) часто представлены не слабо изогнутыми линиями, а ломаными кривыми: одна зона языками вдаётся в другую. Очень часто экотоны являются геохимическими барьерами, и в их пределах происходит концентрация определённых химических элементов (или их соединений). Техногенные процессы в большинстве случаев способствуют такому накоплению в экотонах. Предполагается, например, что дальнейшим развитием учения о геохимических барьерах должно стать экспериментальное и математическое моделирование процессов, протекающих на разнообразных геохимических границах и в пограничных «геохимических экотонах».

Экстенсивные параметры миграции

Количество мигрирующих веществ, расстояние миграции и т.д.

Элементарный ландшафт (элементарная эколого-геохимическая система)

Самый мелкий природно-территориальный комплекс, в пределах которого выдерживается относительная однородность: одинаковые рельеф и горная порода, один и тот же микроклимат, однотипные почвы и растительность; участок, являющийся хорологической (пространственной) единицей биосферы суши.

Элементарный почвенный ареал

Почва элементарного ландшафта (В.М. Фридланд).

Элювиальный элементарный ландшафт

Элементарный ландшафт, приуроченный к плоским водоразделам с глубоким залеганием грунтовых вод, не оказывающих заметного влияния на биологический круговорот. Различают (М.А. Глазовская): трансэлювиальные (ландшафты верхних частей склонов), элювиально-аккумулятивные (нижние части склонов и сухих ложбин), аккумулятивно-элювиальные (местные замкнутые понижения с глубоким уровнем грунтовых вод) (Б.Б. Плынов).

Эндемичные виды растений

Растения-концентраторы, которые нуждаются в большом количестве определённых микроэлементов и поэтому приурочены к участкам, сильно обогащённым этими элементами. Так, продукты выветривания ультраосновных пород сильно обогащены кобальтом, никелем, медью, хромом. На таких породах развивается специфическая серпентинитовая флора, в состав которой входят некоторые виды сосны, рододендрона, травянистые растения. Все они отличаются высоким содержанием указанных элементов. Наряду с металлофильной флорой, концентрирующей сразу несколько металлов, имеются растения с узкой биогеохимической специализацией (галмейная флора, оловянная, кобальтовая, медная флора и др.).

Золотые процессы

Перенос веществ в атмосфере и их последующее осаждение в ландшафтах (вид механической миграции). Выделяют три вида переноса веществ в атмосфере: 1) стратосферный (на высотах 15 – 60 км частицы могут многократно огибать земной шар); 2) тропосферный (на высотах до 8 – 12 км частицы могут мигрировать на сотни и тысячи километров); 3) локальный (миграция на десятки и сотни километров). Песок, пыль, соли поступают в атмосферу преимущественно за счёт развития

слабозакреплённых песков, глинистых и лёссовых пород, солончаков. Особенно большое значение эоловые процессы имеют в аридных ландшафтах, где атмосфера содержит много соляных частиц (Н.Ф. Глазовский). В условиях непромывного режима соли, поступившие из атмосферы, постепенно накапливаются в почвах и грунтах. Так как одновременно происходит и частичное вымывание солей, то в покровных отложениях и элювиальных почвах возникает солевая эпигенетическая зональность, отвечающая растворимости солей: кальцит, гипс, легкорастворимые соли. Эоловые процессы протекали во все геологические периоды, их роль была особенно велика в ледниковые эпохи с их сухим и холодным климатом, сильными ветрами, а также в дчетвертичные эпохи с аридным климатом. Геохимическое значение эоловых процессов в техногенных ландшафтах требует детального изучения (А.П. Лисицын).

Эпигенез

Процессы, происходящие в сформировавшейся горной породе. Ряд особенностей процесса и даже сам термин исследователями трактуется неоднозначно.

Эрозионная комплексность

Пестрота (комплексность) элементарных ландшафтов в пределах одного мезорельефа, обусловленная деятельностью текучей воды.

Эффект техногенного ударного загрязнения

Эффект, наблюдаемый при техногенной миграции поллютантов на начальных этапах выщелачивания в системе «отходы (атмосферные выпадения) – почва», когда концентрация химических элементов (например, тяжёлых металлов) в фильтрационном потоке резко возрастает, достигая максимума за относительно короткий промежуток времени. Затем концентрация поллютантов в потоке постепенно убывает, если только нет последующего большого привноса этих элементов. Эффект ударного загрязнения, по-видимому, широко распространённое явление, которое необходимо учитывать при техногенном загрязнении почв промышленными отходами. Так, например, он наблюдается при миграции тяжелых металлов из гальваношламов в почвы. Ведущим фактором, управляющим выщелачиванием ТМ из гальваношлама, является реакция среды: в кислой, и даже слабокислой, среде гальваношламы способны создавать импактные, ударные техногенные нагрузки на почву полиметалльного характера, причём большей степени вымываемости и

миграционной способности подвержены наиболее токсичные компоненты (Л.А. Ширкин, Т.А. Трифонова, Н.В. Селиванова).

Эффект фракционирования изотопов живыми организмами

Компоненты живой клетки и внеклеточные метаболиты, как правило, обогащены лёгкими изотопами. Способность разделять изотопы лёгких элементов, возможно, присуща всем организмам. Так, при фотосинтезе растения отдают предпочтения лёгкому изотопу ^{12}C , поэтому в организмах и их производных (углях, нефти) содержание тяжёлого изотопа ^{13}C понижено, а в CO_2 морских карбонатов – повышено. Отношение $^{34}\text{S}:^{32}\text{S}$ также колеблется: микроорганизмы, восстанавливающие сульфаты, накапливают лёгкий изотоп ^{32}S , и в осадочных сульфидах его больше. Сера морской воды, солончаков и соляных озёр, напротив, тяжёлая.

Я

Явление «концентрации доминирования»

Изменение целых комплексов, сообществ микроорганизмов и почвенных животных под влиянием загрязнения (например, тяжёлыми металлами): изменяется структура комплексов почвенных организмов – снижается богатство выделяемых видов, а в сильно загрязнённых почвах может сохраниться лишь несколько доминантных форм. Явными становятся опасность уничтожения первичных и возможность формирования нетипичных для естественных почвенно-экологических условий сообществ почвенных организмов под воздействием высоких уровней загрязнения тяжёлыми металлами.

Явление анионного выноса катионов

Анионные компоненты (сульфаты, нитраты и др.) сохраняют в почвенной среде высокую мобильность и мигрируют с нисходящим током влаги, при этом анионы соединяются с основаниями ППК и вызывают их эквивалентное выщелачивание из почвы. Подобное явление получило название «анионного выноса» катионов. Сравнение «анионного выноса» нитратов и сульфатов показывает более высокую мобилизующую способность первых, в особенности по отношению к алюминию, который является фитотоксикантом широкого спектра действия. В присутствии хлор-иона интенсивнее происходит поглощение металлов.

Справочное издание

Составители

ТРИФОНОВА Татьяна Анатольевна

ШИРКИН Леонид Алексеевич

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОХИМИЯ

Словарь-справочник

Редактор И.А. Арефьева

Корректор Е.В. Афанасьева

Компьютерный набор и вёрстка Л.А. Ширкин

ЛР № 020275. Подписано в печать 30.03.05.

Формат 60×84/16. Бумага для множит. техники. Гарнитура Таймс.

Печать на ризографе. Усл. печ. л. 8,14 . Уч.-изд. л. 8,34 . Тираж 150 экз.

Заказ

Редакционно-издательский комплекс

Владимирского государственного университета.

600000, Владимир, ул. Горького, 87.