

На правах рукописи

АСЕЕВА Елена Николаевна

**ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОТОКИ В КАСКАДНОЙ
СИСТЕМЕ р. ГВАДАЛОРС (ИСПАНИЯ)**

25.00.23. – физическая география и биогеография, география почв и геохимия
ландшафтов

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук



Москва 2006

Работа выполнена на кафедре геохимии ландшафтов и географии почв географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, в Вагенингенском сельскохозяйственном и Дельфтском технологическом университетах (Нидерланды)

Научные руководители: член-корреспондент РАН, профессор
Касимов Николай Сергеевич
профессор Крооненберг Саломон Бернард
(Нидерланды)

Официальные оппоненты: доктор географических наук, старший научный
сотрудник Голосов Валентин Николаевич
кандидат географических наук
Коробова Елена Михайловна


Ведущая организация: Институт географии РАН

Защита состоится «**7**» декабря 2006 года в **15** часов на заседании диссертационного совета Д 501.001.13 в Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова по адресу: 119992, Москва, ГСП-2, Ленинские Горы, МГУ им. М.В.Ломоносова, географический факультет, 18 этаж, ауд.1807.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке географического факультета МГУ на 21 этаже.

Автореферат разослан «**7**» ноября 2006 года

Ученый секретарь диссертационного совета,

 Горбунова И.А.

Актуальность темы. Речные бассейны – одни из самых распространенных и сложных природных комплексов суши. В настоящее время в ряде научных дисциплин – гидрологии, геоморфологии, ландшафтоведения и в геохимии ландшафтов – они выступают в качестве самостоятельных объектов анализа. Актуальность и практическая значимость этих исследований определяется развитием бассейнового подхода для управления территориями – планирования хозяйственной деятельности, проведения экологического мониторинга и природоохранных мероприятий в границах водосборов разного пространственного уровня.

В геохимии ландшафтов к настоящему времени сформулированы основные теоретические представления о речном бассейне как о сложной каскадной ландшафтно-геохимической системе (КЛГС), определено значение различных компонентов аквальных ландшафтов для целей индикации состояния наземных экосистем и анализа ландшафтно-геохимической структуры водосборной области. Между тем, в современных ландшафтно-геохимических исследованиях в основном применяется катенарный подход, в рамках которого анализируются склоновые миграционные потоки. Методика геохимического анализа основного миграционного звена речных бассейнов – русловых потоков – находится на ранней стадии разработки, особенно для КЛГС региональной размерности, формирующихся на гетеролитном субстрате. Для таких систем существует дефицит сведений об изменчивости состава русловых литогеохимических потоков в границах бассейна, нет четких представлений о факторах их территориальной дифференциации (влиянии литогенной основы, площади водосбора, миграционных процессов и др). Разработка методических принципов и прisms геохимического анализа русловых литопотоков в гетеролитных бассейнах не только позволяет углубить концептуальные и методические основы бассейнового подхода в геохимии ландшафтов, но и способствует решению ряда важных практических и научных задач, в числе которых – геохимическая классификация каскадных ЛГС.

Цель и задачи работы. Цель работы – разработать принципы и методы оценки территориальной дифференциации литогеохимических потоков в гетеролитных каскадных системах

Для достижения поставленной цели на примере бассейна р. Гвадалорс (Испания) решались следующие задачи:

1. Дать характеристику среднего содержания широкого спектра химических элементов в русловых литопотоках бассейна р. Гвадалорс и на основе полученных данных выявить основные черты и факторы их пространственной геохимической дифференциации
2. Разработать классификацию бассейнов КЛГС более низких порядков, отражающую геохимическую специфику и степень дифференциации их литогенной основы и провести геохимическое картографирование КЛГС.
3. Выявить геохимические парагенезисы русловых миграционных потоков песчаного состава на основе метода инверсионного моделирования.
4. Разработать геохимическую классификацию русловых литопотоков по их

геохимическим парагенезисам; определить основные закономерности формирования и провести картографирование состава русловых потоков в исследуемых водосборах каскадной системы.

В связи с поставленными задачами решался ряд дополнительных вопросов, связанных со способами получения средних характеристик содержаний элементов в русловых литопотоках гетеролитного бассейна, приемами оценки их территориальной дифференциации, выбором картографических единиц при составлении карт на территорию КЛГС.

Объект исследования. Работа проводилась в рамках совместных российско-голландских исследований. Объектом исследования явился относительно небольшой (3158 км²) бассейн реки Гвадалорс, расположенный в западной части Кордильеры Бетика на юге Пиренейского полуострова. Выбор природного объекта был обусловлен его компактным положением в пределах единой орографической области, наличием разнообразных материнских пород в литогенной основе и отсутствием на территории бассейна крупных промышленных источников загрязнения.

Фактические материалы и методы исследования. Литогеохимические потоки каскадной системы изучены на примере русловых отложений, в составе которых, по мнению многих исследователей, фиксируется результат многолетних геохимических процессов, протекающих на территории бассейна. В основу работы положены материалы, собранные в течении 3 полевых сезонов 1991-1993 гг. Рекогносцировочные исследования проводились в 1991 году проф. Н.С. Касимовым, проф. С.Б. Крооненбергом и проф. А.Н. Геннадиевым, основные полевые работы в 1992 и 1993 г.г. выполнялись автором.

При полевых исследованиях в русловой сети реки Гвадалорс заложено 159 точек наблюдения, в которых из активного слоя русловых отложений отобраны пробы осадочного материала с размером частиц менее 2 мм: 192 пробы песков, 146 проб алевритов и пелитов, 34 пробы смешанного алевритово-песчаного состава.

В пробах руслового аллювия определено валовое содержание SiO₂, TiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅, а также Ba, Cr, Cu, Ga, La, Nb, Ni, Pb, Rb, Sr, V, Zn, Zr и CO₂ карбонатов, проанализирован гранулометрический состав и содержание подвижных форм металлов (Fe, Mn, Cu, Ni, Pb, Zn).

С помощью геоинформационных методов получена количественная информация о водосборах, питающих русловую систему осадочным материалом: определены их размер и площади распространения основных типов материнских пород.

Характеристика средних содержаний химических элементов в русловых потоках всей каскадной системы и в ее отдельных подсистемах проведена с помощью взвешенных оценок. Полученные данные использованы для вычисления коэффициентов бассейновой дифференциации, предложенных автором для оценки различий химического состава русловых литопотоков отдельных частей бассейна. Математическая обработка геохимических данных проведена с использованием кластерного и корреляционного анализа, а также метода инвер-

сионного моделирования (Weltje, 1994). Этот метод, предназначенный для разделения природных смесей осадочного материала на конечные составляющие, применен впервые для анализа геохимических данных. На его основе выделены геохимические парагенезисы и проведена классификация русловых литогеохимических потоков КЛГС.

Научная новизна. На примере бассейна р. Гвадалорс разработаны методические приемы анализа русловых литогеохимических потоков в гетеролитных каскадных системах. С помощью предложенных методов

- дана характеристика содержания исследуемых элементов в русловых потоках КЛГС и проведена оценка территориальной дифференциации их химического состава;
- разработана геохимическая классификация бассейнов КЛГС, в основу которой положено выделение геохимических комплексов пород КЛГС, анализ их площадного распространения и сочетания на территории отдельных водосборов; проведено картографирование исследуемых водосборов;
- выделены и охарактеризованы главные геохимические парагенезисы русловых потоков; установлено, что источниками трех парагенезисов (карбонатно-кальциевого, магниезиального и алюмосиликатного) служат материнские породы КЛГС, происхождение четвертого парагенезиса (кварцевого) обусловлено процессами речного транспорта.
- разработана классификация, выделены геохимические типы русловых потоков; проведено геохимическое картографирование каскадной системы по составу литогеохимических потоков.

Практическая значимость. Полученные результаты позволяют глубже понять закономерности территориальной дифференциации русловых литогеохимических потоков в бассейнах с неоднородным литогенным субстратом. Они представляют интерес для поисковых, мониторинговых и эколого-геохимических исследований, в задачи которых входит выделение и оценка слабых природных и техногенных геохимических аномалий на территориях с сильной дифференциацией литогеохимического фона.

Разработанная классификация русловых литогеохимических потоков и картографирования речных бассейнов важны для создания геохимических блоков ГИС на территорию горных регионов и программ по их управлению. Конкретные данные и карты, полученные для каскадной системы р. Гвадалорс, могут использоваться различными организациями, осуществляющими экологический контроль за состоянием природной среды и разрабатывающими программы по устойчивому развитию территории бассейна.

Апробация полученных результатов. Основные положения и результаты диссертации докладывались на заседании Почвенного Института им. В.В. Докучаева РАСХН, посвященном 75-летию со дня рождения Ф.И. Козловского (Москва, 2003) и на Международном симпозиуме «Потоки вещества в флювиальных системах» (Москва, 2004). Отдельные результаты исследований представлены в отчетах РФФИ, материалах Международной конференции «Глобальные изменения и география» (Москва, 1995), Международного сове-

шания «Геохимия биосферы» (Новороссийск, 2001), Международной школы «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды», (Новороссийск, 2003). По теме диссертации имеется 6 публикаций.

Объем и структура работы. Работа состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы (111 наименований). Работа содержит 150 страниц текста, 30 иллюстраций (в том числе 5 карт) и 18 таблиц.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность своим научным руководителям Н.С. Касимову и С.Б. Крооненбергу за их внимание, ценные идеи и помощь при выполнении работы; доктору Г.-Я. Велтье (ДТУ, Нидерланды) за консультации по математическому моделированию и предоставление авторского программного пакета ЕММА. Автор искренне благодарен всем сотрудникам кафедры геохимии ландшафтов и географии почв Географического факультета МГУ, в первую очередь, М.А. Глазовской за помощь и поддержку в работе над диссертацией. Автор благодарит сотрудников географического факультета О.А. Самонову, Н.Л. Фролову, С.И. Гаррисона за ценные советы и обсуждение некоторых разделов диссертационной работы, а также признателен администрации и сотрудникам Вагенингенского сельскохозяйственного университета за их содействие в проведении полевых и лабораторных исследований 1991-1993 годов.

Содержание работы

Введение. Обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, указана научная новизна, а также приведены сведения о практической значимости работы.

Глава 1. Ландшафтно-геохимический анализ речных бассейнов

Рассматриваются вопросы, связанные с современными представлениями о речных бассейнах как о природных системах каскадного типа. Огмечено, что большую роль в становлении этих представлений сыграли труды почвоведов и геохимиков – С.С. Неуструева (1931), Дж. Милпа (Milne, 1936) и Б.Б. Полюнова (1956), благодаря которым была установлена взаимосвязь между компонентами почвенного покрова, введено понятие о катене и геохимических ландшафтах. Дальнейшее развитие этих представлений А.И. Перельманом (1975) и М.А. Глазовской (1964, 1981, 1988) позволили сформулировать теоретические положения о каскадных ландшафтно-геохимических системах. В соответствии с ними речной бассейн представляет собой типичную КЛГС и относится к системам более высокого иерархического уровня, чем катены, являясь формой их пространственной организации (Глазовская, 1988). Дифференциация КЛГС речных бассейнов определяется их размером и зависит от монолитности или гетеролитности субстрата водосборной области. Системы регионального уровня всегда гетеролитны, что определяет слабую изученность миграционных процессов

на их территории и ставит задачу разработки методов их анализа.

Большое внимание уделено вопросу систематики речных бассейнов. Отмечено, что многие подходы классификации, принятые или разрабатываемые в смежных научных дисциплинах, базируются на анализе строения русловой сети и состава системообразующих русловых потоков, в которых могут быть идентифицированы различные унаследованные состояния внешней среды. Существующие классификации условно можно разделить на три основные группы: морфологические, гидрохимические и литогеохимические.

В *морфологических* классификациях основной акцент делается на порядковых характеристиках речных бассейнов. С помощью индексов порядковой структуры проводится типизация бассейнов по их потенциальной возможности накопления и выноса вещества (Симонов, Кружалин, 1992). В основе *гидрохимических* классификаций рек лежат принципы систематики речных вод по минерализации и типоморфным компонентам, проводится климатическая (Gibbs, 1970) или литологическая (Edmond, Stallard, 1983) интерпретация выделяемых групп. В *литогеохимических* классификациях речных бассейнов используются информативные характеристики вещественного состава взвешенных наносов и русловых отложений. В классификации Мартина и Мейбека (Martin, Meybeck, 1979) проводится корреляция содержаний ряда элементов в речных взвесах с режимами выветривания водосборной области. В классификации С.Б. Крооненберга (Kroonenberg, 1994) делается акцент на разделения территорий по геодинамическим условиям осадконакопления с использованием химических показателей состава руслового аллювия.

Рассмотрен вопрос об индикационной роли аллювиальных отложений как одного из компонентов русловых потоков при анализе бассейнов. Основные результаты по уточнению информационных свойств аллювия получены при изучении континентального литогенеза (Страхов, 1962; Горецкий, 1980; Cullers et al, 1988; DeCelles et al, 1989; Johnsson, 1990; Arribas et al, 2000). Геохимическое направление этой темы отражено в работах В.А. Кузнецова (1973, 1984, 1986). Результаты этих исследований, а также выводы, полученные в процессе развития геохимических методов поисков полезных ископаемых по потокам рассеяния, позволили установить широкий спектр геохимических критериев для корреляции аллювиальных отложений с породами областей сноса, типом выветривания, рудоносностью коренных пород, палеоклиматическими обстановками и на этой основе провести картографирование территории речных бассейнов (Кузнецов, 1973; Bonham-Carter et al., 1987; Carranza & Hale, 1997). Несмотря на полученные результаты, проблема оценки индикационных свойств аллювия для характеристики водосборного бассейна остается актуальной. Существует точка зрения, что химический состав аллювия является менее информативным показателем, чем его минерально-структурные характеристики, напрямую связанные с генезисом осадков. Недостаточно исследованы механизмы геохимической памяти осадочных образований, слабо поддаются количественной оценке связи в системе “русловой осадок - водосборная область”, неоднозначны критерии и методы выбора синтетических геохимических показателей для проведе-

ния классификации аллювиальных отложений.

Глава 2. Физико-географические условия бассейна р.Гвадалорс

Приводится общая физико-географическая характеристика объекта исследования, включающая сведения о геолого-тектонической истории развития региона, геологическом строении и гидрографии бассейна р.Гвадалорс, рельефе, климате, почвенно-растительном покрове, а также данные о стоке рек и хозяйственной деятельности на территории каскадной системы.

Бассейн р. Гвадалорс расположен на юге Испании, в провинции Малага, в западной части горного массива Кордильера–Бетика, образовавшегося благодаря покровно-складчатым деформациям в альпийскую эпоху горообразования на юге Пиренейского полуострова (Хаин, 1984; Weijermars, 1991).

Конечным водоемом аккумуляции для каскадной системы р.Гвадалорс является Средиземное море. Протяженность главной реки от истоков до устья составляет 140 км, средний уклон ее продольного профиля – 7,2‰. Русловая сеть характеризуется разветвленной структурой и в нижнем течении в соответствии с кодировкой Ржаницина (1960) имеет 6-7 порядок. Основные притоки р. Гвадалорс показаны на рис.1. Из-за строительства водохранилищ в центральной части каскадной системы крупные притоки р. Тюрон и р. Гвадалтеба выделяются в системы, геохимически не связанные с главной рекой. Остальные притоки входят в состав относительно независимых подсистем Верхнего и Нижнего бассейнов р. Гвадалорс.

Бассейны Верхней Гвадалорс, р. Гвадалтебы и р. Тюрон располагаются во Внешней области складчатого сооружения (зона Суббетика), которая сложена преимущественно осадочными породами мезозойского возраста, бассейн Нижней Гвадалорс – во Внутренней области (зона Бетика), где на дневную поверхность выходят более древние породы палеозойского возраста, затронутые процессами альпийского метаморфизма.

Рельеф бассейна в основном горный. Согласно И. Пьеру (Peuge, 1973) и Р. Ленаффу (Lhenaff, 1967,1981) в нем выделяется 6 основных территориальных орографических единиц, которые отличаются по высотам, характеру расчленения, крутизне склонов, морфологии междуречных поверхностей. На севере бассейна расположены предгорные зоны Суббетика и Антекеры с относительно спокойным рельефом и преобладающими отметками – 400 – 600 м, сложенные осадочными гипсоносными породами триаса (зона Антекеры), мергелями и глинистыми известняками юры и мела (Суббетика). Расположенная южнее Пенибетика (цепь известковых гор), с абсолютными высотами 1000 – 1500 м, играет роль главного водораздела между Верхним и Нижним бассейном р. Гвадалорс. Главным орографическим элементом Нижнего бассейна является Бетика Малаги, низкогорно-среднегорная зона, имеющая покровное строение. В восточном секторе этой зоны доминирует высотная ступень 500 – 1000 м, в западном секторе, высота отдельных массивов достигает 1500 - 1900 м. Горные массивы восточного сектора сложены в основном, слабометаморфизованными

породами верхнего тектонического покрова Бетского орогена – малагидами. В горных системах западного сектора на дневную поверхность выходят альпухарриды – метаморфические алюмосиликатные и карбонатные породы, а также ультрабазиты. Пограничное положение между Верхним и Нижним бассейном, между Внутренней и Внешней зонами, занимает полоса Колменара – область распространения гравитационных покровов (флиша) с абсолютными высотами 200 – 300 м и холмисто-волнистым характером рельефа. Самые низкие высоты 0 – 200 м характерны для Малагийской впадины, сложенной морскими и древнеаллювиальными осадками.

Климат бассейна р. Гвадалорс субтропический средиземноморский. Средняя температура июля – +23 – +25°С, января – +7 – +10°С. В среднем за год на территории бассейна выпадает 500– 800 мм осадков, наиболее увлажнен его западный сектор, характеризующийся максимальными отметками высот. Осадки крайне неравномерно распределяются по сезонам. Влажный период приходится на осенне-зимние месяцы, сухой – на лето и начало осени. Режим выпадения осадков определяет основные черты стока рек.

Почвенный покров бассейна в связи с большим разнообразием материнских пород, изменчивостью крутизны склонов и вариабельностью гидротермических характеристик – очень дифференцированный. В горах преобладают щебнистые почвы с укороченным профилем – дерновые, терра-росса, репдзины, в предгорьях и долинах – сильноэродированные коричневые, главным образом, карбонатные, почвы, а также серо-коричневые почвы, местами с признаками солонцеватости и слитости. С дифференциацией почвенного покрова тесно связаны структура землепользования и характер растительности, оказывающие сильное влияние на интенсивность эрозии в бассейне. Естественная растительность сохранилась лишь в горном поясе. Чаще всего она представлена деградированными кустарниковыми сообществами, большая часть территории бассейна занята агроландшафтами (в предгорьях и долинах рек) и посадками хвойных пород деревьев (в горах).

Глава 3. Принципы и методы исследования

Рассмотрены принципы и методы, положенные в основу работы, приводится концептуальная схема геохимического анализа русловых литопотоков в каскадной системе р. Гвадалорс. Подробно рассматривается методика полевых и лабораторных исследований, методы геоинформационного и графического анализа, математической обработки полученных результатов.

Теоретической основой исследования является базовая концепция геохимии ландшафтов о системности и сопряженности, а также вытекающие из нее положения о системообразующей роли однонаправленных потоков вещества, характерном времени различных геохимических процессов, об индивидуальности и типологичности систем разного пространственного уровня, о фоновой геохимической структуре КЛГС (Польнов, 1956; Глазовская, 1964, 1988; Пельман, 1975; Глазовская и др., 1989; Касимов, 1988, 2002).

В соответствии с этими представлениями работа построена на изучении суммарного эффекта современного функционирования системы, записанного в химическом составе русловых отложений. Выбор руслового аллювия в качестве основополагающего объекта геохимического анализа обусловлен следующими причинами: 1) вместе с растворенным и взвешенным веществом речных вод русловой аллювий входит в состав системообразующих потоков вещества; 2) его химический состав является наиболее универсальной характеристикой осадочного материала, включает в себя разнообразные сигналы об условиях внешней среды и является своеобразной памятью о длительно протекающих геохимических процессах.

Основным методом исследования явился сопряженный анализ: геохимия аллювия изучена в неразрывной связи с условиями питающих водосборов.

Полевые исследования. При выборе точек наблюдения учтен характер литогенной основы соответствующих водосборов, их размер и положение в каскадной системе. Опробование аллювия проведено в замыкающих створах монокристаллических и гетеролитных бассейнов разных порядков. В каждой точке наблюдения по возможности отобраны пробы разного гранулометрического состава.

Лабораторные исследования. Валовой анализ проб выполнен рентгенофлюоресцентным методом в лаборатории кафедры почвоведения и геологии Вагенингенского сельскохозяйственного университета на приборе Phillips PW1410. Все остальные виды анализов проведены в химической лаборатории кафедры геохимии ландшафтов и географии почв географического факультета МГУ. Содержание подвижных форм металлов (сорбционно-солевой, органоминеральной, гидроксидной) проанализировано с применением последовательных вытяжек в 27 пробах алевритового и пелитового состава по методике Н.И. Несвижской и Ю.А. Саета (1975) с конечным определением элементов на атомно-абсорбционном спектрофотометре Hitachi 180/70. Содержание гранулометрических фракций крупнее 0,25 мм определено ситовым методом, мельче 0,25 мм – на лазерном гранулометре Analyzette 22.

Геоинформационный анализ. С помощью ГИС-пакета ILWIS 2.2. определены пространственные координаты точек наблюдения, созданы электронные карты литогенной основы КЛГС и границ водосборных бассейнов, получены данные о размерах водосборов и площади распространения основных типов пород на их территории. Создана геохимическая база данных, в которую включены результаты математического моделирования, геохимической классификации русловых литопотоков и типизации литогенной основы. С использованием атрибутивных таблиц из базы данных проведено геохимическое картографирование территории КЛГС.

Средние содержания элементов и ландшафтно-геохимические коэффициенты. Для вычисления средних содержаний для каждого элемента использовалась взвешенная оценка по формуле: $C_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{C}_i \bar{S}_i)}{\sum_{i=1}^n \bar{S}_i}$, где \bar{C}_i – среднее содержание элемента в руслах i порядка, \bar{S}_i – средняя площадь водосборного бассейна для русел i порядка, n – порядок реки

Изучение особенностей территориальной дифференциации литогеохими-

ческих потоков каскадной системы проводилось с помощью предложенного автором коэффициента бассейновой дифференциации: $Sd = C'/C_{cp}$, где C_{cp} – среднее содержание элемента в русловых отложениях бассейна р. Гвадалорс, C' – его среднее содержание в русловом аллювии рассматриваемой подсистемы.

Методы математической обработки данных. Для изучения связей между количественными переменными использовался корреляционный анализ. Связь считалась значимой на уровне $\alpha=0.01$. Кластерный анализ применялся для разделения проб на более однородные геохимические группы, для чего использовалось логарифмирование исходных химических переменных и их стандартизация. В качестве метрики было выбрано евклидово расстояние, в качестве метода построения дендрограммы – метод Уорда.

Для определения главных геохимических парагенезисов русловых литопотоков КЛПС и получения сведений о соотношении присущих им комплексов элементов во всех точках наблюдения, применен метод инверсионного моделирования. В моделировании использованы те характеристики проб, в которых наиболее четко прослеживаются минералогические или петрографические категории, а именно содержания основных химических элементов (макроэлементов). Инверсионное моделирование состава осадков проведено в программе ЕММА (1999) для 3 групп осадков, выделенных среди общего массива по крупности частиц – грубозернистых песков ($n=54$), крупно- и средnezернистых песков ($n=87$) и мелко- и тонкопесчаных осадков ($n=48$).

Полученные переменные (относительное содержание комплексов элементов, относящихся к разным геохимическим парагенезисам) были использованы в качестве классификационных признаков для геохимической типизации русловых потоков каскадной системы в поле трехмерной диаграммы.

Глава 4. Геохимия русловых литопотоков в каскадной системе р.Гвадалорс

Геохимические особенности русловых литопотоков определяются взаимодействием зональных (биоклиматических), провинциальных (геолого-геоморфологических) факторов дифференциации и влиянием локальных факторов, связанных с транспортом и диагенезом осадочного материала в русловой системе. В главе 4 проанализированы основные черты геохимии русловых литопотоков бассейна р. Гвадалорс. Анализ направлен на рассмотрение региональных особенностей и территориальной геохимической дифференциации русловых отложений.

Гранулометрический состав. Осадочный материал русловой сети в бассейне р. Гвадалорс по характеру гранулометрического состава соответствует типу горного аллювия, формирующегося в тектонически активных регионах. Как и другие горные бассейны, каскадная система р. Гвадалорс характеризуется накоплением в русловой сети грубообломочного материала. Отмечается влияние коренных пород, рельефа и порядка реки на крупность аллювия. Среди относительно мелкого материала, отложившегося в активном слое русловых па-

носов, преобладают плохо отсортированные грубо- и крупнозернистые пески. Накоплению более тонкого материала способствуют сезонные механизмы аккумуляции, связанные с резким колебанием водности рек в сухие и влажные сезоны. В тонкофракционном материале, с преобладающей размерностью частиц менее 0,05 мм, алевритовые фракции, главным образом, крупнозернистые, преобладают над пелитовыми, что свидетельствует о небольшой роли глинистых минералов в формировании химического состава тонкофракционных осадков.

Региональные геохимические особенности. В табл. 1 приведены средние содержания элементов в русловом аллювии бассейна р. Гвадалорс.

Таблица 1

Средний химический состав русловых отложений бассейна р. Гвадалорс

Элементы		Пески (192)	min	max	Пелиты и алевриты (112)	min	max	
%	SiO ₂	58,08	5,96	78,90	44,44	9,30	62,14	
	TiO ₂	0,44	0,04	1,05	0,65	0,20	1,24	
	Al ₂ O ₃	7,70	1,21	17,61	11,22	2,76	22,48	
	Fe ₂ O ₃	3,68	0,59	10,51	4,66	1,46	12,65	
	MnO	0,08	0,02	0,33	0,09	0,03	0,22	
	MgO	3,06	0,84	31,91	2,80	0,60	23,33	
	CaO	10,51	0,46	43,47	13,08	1,22	43,17	
	Na ₂ O	0,39	0,04	1,52	0,34	0,04	3,19	
	K ₂ O	1,28	0,03	3,24	1,76	0,13	4,05	
	P ₂ O ₅	0,09	0,01	0,54	0,20	0,02	0,75	
	п.п.п.	11,17	3,00	42,66	17,51	6,23	38,59	
	CO ₂	5,57	0,39	26,44	8,06	2,41	20,79	
	мг/кг	Ba	355	50	1166	377	50	708
		Cr	142	10	5812	102	17	3065
Cu		<15	<10	94	31	<10	104	
Ga		<11	<10	29	13	<10	29	
La		<19	<15	57	25	<15	52	
Nb		<12	<10	20	15	<10	25	
Ni		83	<10	2577	64	12	2851	
Pb		28	<10	131	35	15	113	
Rb		55	<10	169	75	<10	179	
Sr		181	18	1500	285	27	1500	
V		77	15	320	123	35	260	
Zn		31	<10	194	75	<10	318	
Zr		144	26	294	165	39	273	

п.п.п. потери при прокаливании, в скобках – количество проб, min – минимальные концентрации, max – максимальные концентрации

Сравнение средних содержаний с кларками близких типов отложений (Ронов и др., 1989; Turekian & Wedepohl, 1961; Гордеев, 1983; Condie, 1993) показало, что среди основных профилирующих компонентов в русловом аллювии выделяются оксиды Ca и CO₂ карбонатов. В осадках песчаной размерности накапливаются элементы ультраосновного комплекса – Mg, Cr, Ni, а также Pb. В тонкофракционных осадках повышено содержание P. Специфические черты геохимии руслового аллювия бассейна р. Гвадалорс обусловлены влиянием литогенной основы (широким распространением известковых пород, в том числе,

обогащенных фосфатным веществом, присутствием магниезальных карбонатных и ультраосновных источников сноса), свинцовой минерализацией региона, и высокой карбонатностью почв. На высокие содержания фосфора в донных осадках дополнительное влияние, по-видимому, оказывает антропогенный фактор (сброс коммунальных стоков в русловую сеть).

Ассоциации химических элементов. По сходству химического состава имеющиеся пробы с помощью кластерного анализа были разделены на 16 групп, для каждой из которых были рассчитаны корреляционные матрицы и установлены устойчивые (типичные) и специфические ассоциации элементов. Устойчивость ассоциации определялась ее повторяемостью в выделенных группах. Одной из наиболее типичных на территории КЛГС является ассоциация Al-Ti-Fe-K-Rb-V, которая, по-видимому, образуется за счет совместного вхождения элементов в алюмосиликатные минералы (слюды, глинистые минералы, полевые шпаты и др.). С этой группой элементов достаточно тесно ассоциируются такие микроэлементы, как Pb, La, Ga. Другой наиболее устойчивой ассоциацией является “карбонатный” парагенезис: Ca - CO₂ карбонатов - потери при прокаливании (п.п.п.). Высокая повторяемость этой ассоциации и ее присутствие в пробах разного химического состава обусловлены высоким содержанием карбонатов кальция в основных типах пород и почв на территории бассейна. С “карбонатной” ассоциацией в большинстве случаев коррелирует содержание Sr.

Относительно типична на территории бассейна связь между мафическими элементами Mg-Cr, Cr-Ni, а также Si и Na – совместно накапливающимися в некоторых первичных минералах, Cu и Zn – элементами халькофильной группы. Некоторые ассоциации на территории КЛГС не являются стабильными (вероятность вхождения элементов в одну ассоциацию в разных группах проб – менее 55%). Изменчивость группировки элементов определяется, в основном, различием форм их минерального или фазового нахождения в разных типах материнских пород и их распространением на территории бассейна.

Формы нахождения элементов. Выявлены основные черты фазовой дифференциации элементов в русловых литопотоках КЛГС. Среди изученных элементов максимальное содержание суммы подвижных форм отмечено для Mn (90%). Относительно подвижен Pb: сорбционно-солевые, органические и гидроксидные формы составляют около 55% от его общего содержания в пробах. Остальные металлы, в первую очередь, Cr, Fe, Ni, в отложениях русловой системы находятся преимущественно в составе кристаллических решеток минералов: (Cr>Fe>Ni)_{90-80%} > (Cu, Zn)_{63-56%}. Среди подвижных форм, для меди большую роль играют органические (сульфидные) формы (Cu_{30%} >> Mn > Zn, Pb, Cr, Ni >Fe), для марганца и цинка – сорбционно-солевые (Mn_{75%} >> Zn_{30%} >Pb_{17%}), а для свинца – аморфно-гидроксидные (Pb_{35%} >> Zn, Fe, Mn > Cu > Ni >Cr). Выявлено, что при сбросах коммунальных стоков в русловую сеть увеличивается доля аморфно-гидроксидных форм большинства металлов и возрастает общее содержание Zn и Cu.

Пространственная геохимическая дифференциация русловых отло-

жений. На основе коэффициентов бассейновой дифференциации охарактеризованы основные геохимические черты осадочного материала в русловой сети небольших водосборов (в основном, 1-2 порядка, сложенных породами одного типа – известняками, мраморами, гнейсами, сланцами и др.) и выявлены геохимические особенности русловых литопотоков крупных подсистем КЛГС.

Установлена высокая контрастность различий химического состава осадочного материала *небольших монолитных бассейнов* от русловых отложений КЛГС в целом. Русловой аллювий бассейнов, сложенных ультраосновными породами, контрастно обогащен Sr и Ni (Sd , $KK=20-30$). Высокие значения коэффициента бассейновой дифференциации характерны для Mg: его накопление отмечено в русловых отложениях водосборов, сложенных ультраосновными ($KK=8-10$), карбонатно-метаморфическими ($KK=6$) и гипсоносными породами ($KK=2$). С разрушением последних связаны высокие концентрации Sr ($KK=7$). Содержание карбонатов кальция увеличено в бассейнах с известковыми материнскими породами (Ca и CO_2 , $KK=1,5-3$). Осадочный материал, образовавшийся вследствие разрушения глинисто-метаморфических пород обогащен K, Ba, Zn, Rb, V, Na ($KK=2-3$).

Показатели дифференциации имеют меньший размах значений в бассейнах *крупных подсистем и их притоков*, литогенная основа которых включает разные типы пород. Относительно контрастно дифференцированы Mg, Ca, Na, Sr, Ni а также Zn и Sr. По средним содержаниям содержаниям этих и некоторых других элементов выявлены существенные различия между потоками, формирующихся в разных структурно-тектонических областях Кордильеры Бетика – Внешней и Внутренней.

В соответствии с величинами коэффициентов бассейновой дифференциации русловые отложения крупных подсистем *Внешней зоны* (главным образом пески) отличаются относительно контрастным накоплением Ca и CO_2 карбонатов ($KK=1,3-2,6$) и рассеянием Si, Fe, Al, Ti, Na ($KP^*=1,1-3,0$). Накопление карбонатов кальция в песчаном аллювии Внешней зоны сопровождается увеличением содержания Mn и Sr ($KK=1,1-1,5$) – элементов способных к замещению Ca в карбонатных минералах. В отношении большой группы микроэлементов русловые отложения характеризуется пониженным фоном (Ga, La, Nb, Zn, Pb, Sr, Ni), причем самые низкие значения коэффициентов отмечены для Sr и Ni ($KP=2-6$). По ряду элементов – P, K, Mg, Rb, Cu, Ba – обнаруживаются значительные различия между отдельными подсистемами Внешней зоны, обусловленные фациальной неоднородностью слагающих их осадочных пород. Биогенные элементы P, K, а также Mg, Rb интенсивнее концентрируются в бассейнах, сложенных мелководными фациями (бассейн р.Марине). При господстве глубоководных фаций (бассейн р.Тюрон) происходит накопление Cu и Sr ($KK=1,2-2,0$).

В русловых отложениях *бассейнов Внутренней зоны* отмечается резкое снижение содержания карбонатного материала, особенно в аллювии песчаной размерности ($KP=1,6-3$). Снижение карбонатности осадочного материала со-

* KP – коэффициент рассеяния, вычисляется как обратная величина Sd при $Sd < 1$

проводится уменьшением концентраций Р и Sr ($KP=1,1-1,8$). Одновременно в осадках русловой сети отмечается рост содержаний оксидов, составляющих каркас алюмосиликатных и силикатных минералов, в том числе элементов мафической группы ($Mg+Fe+Ti$), а также оксидов щелочных металлов (Na и K) в песках. Показатель осадочных пород – отношение K/Na – в этой части бассейна р.Гвадалорс имеет низкие значения по сравнению с системами Внешней зоны, а показатель микроэлементной составляющей химического состава, вычисляемый по сумме коэффициентов концентрации изученных микроэлементов, наоборот, высокие.

Хорошо выражена дифференциация элементов по потокам разного гранулометрического состава: во всех бассейнах этой зоны в осадках песчаной размерности концентрируются Na и Ni, в тонкофракционном материале – Ca и Sr. Отмечено более интенсивное накопление Si в песках, по сравнению с русловым аллювием Внешней зоны, где этот элемент практически не дифференцирован между осадками разного гранулометрического состава.

Выявлены отличия химического состава русловых отложений между группой бассейнов крупных правосторонних притоков, в литогенной основе которых есть выходы ультраосновных пород, и бассейном левостороннего притока – р.Кампанийяс, сложенного, в основном, слабометаморфизованными породами малагидского комплекса. Специфические черты геохимии аллювия правосторонних притоков прослеживаются как в высоких уровнях содержания ультраосновной триады элементов – Mg, Ni, Cr ($KK=1,6-4$), так и в характере их дифференциации в гранулометрическом спектре осадков. Выявлено, что основное количество Mg и Cr (из-за хромитовой минерализации ультраосновных пород) находится в составе частиц песчаной размерности. По интенсивности накопления элементов ультраосновного комплекса в русловых отложениях выделяется бассейн р. Каньяс ($KK=4$): Каньяс >Гранде>> Касарабонела. В этом же ряду наблюдается заметная трансформация состава тонкофракционных осадков, связанная со сменой тектонических условий в бассейнах Рио Гранде и р. Касарабонела, сопровождающейся увеличением доли осадочных пород в литогенном комплексе, снижением высоты и степени расчлененности рельефа. По ряду химических свойств – повышенной карбонатности и др. – тонкофракционный аллювий этих притоков сближается с осадочным материалом бассейнов Внешней зоны. Русловые отложения левостороннего притока р. Кампанийяс отличаются отсутствием магнезиальности и сильным рассеянием Cr и Ni ($KP=2-3$) снижением карбонатности и накоплением K и Na ($KK=1,3-1,8$). Тонкофракционные потоки русловой системы Кампанийяс содержат максимальные среди крупных притоков р. Гвадалорс концентрации Al, Ti, Fe, Pb, Rb, Ba, La и V ($KK=1,4-1,8$).

Глава 5 Геохимическая классификация гетеролитной каскадной системы

Принципы систематики бассейнов по геохимической дифференциации литогенной основы. Систематика бассейнов была выполнена с учетом

геохимической специализации материнских пород. Все породы, встречающиеся на территории бассейна, по комплексу типоморфных элементов и минералов были отнесены к 6 основным геохимическим типам, выделяемым в классификации ВСЕГЕИ (1985).

В зависимости от наличия или отсутствия доминантной составляющей литогенной основы, было выделено три группы бассейнов: *простые монолитные (m)*, *бассейны с дифференцированным фоном (h)* и *сложные гетеролитные бассейны (H)* (рис. 3).

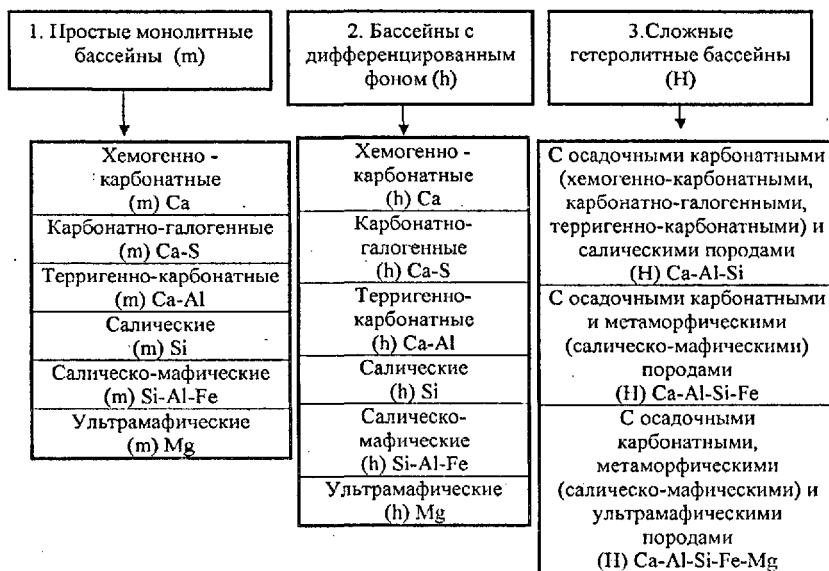


Рис. 3. Геохимическая классификация литогенной основы водосборных бассейнов каскадной системы р. Гвадалорс. В индексе бассейна символами химических элементов показаны главные типоморфные элементы (m, h, H – см. в тексте).

Простые монолитные бассейны практически полностью (на 90-100%) сложены породами одного геохимического типа. Бассейны с дифференцированным фоном представлены водосборами с несколькими источниками осадочного материала при одном главном: его доля среди других комплексов материнских пород составляет более 50% общей площади бассейна. В зависимости от степени распространения доминирующего типа пород такие бассейны дополнительно подразделяются на бассейны со слабо-, средне- и сильнодифференцированным фоном. Сложные гетеролитные бассейны имеют пестрое лито-геохимическое строение: ни один из выделенных литогеохимических источников сноса в них не занимает более 50% от общей площади бассейна.

Более подробное деление этих классификационных единиц проводилось с

учетом литогеохимической специализации главных типов пород по типоморфному комплексу элементов, который был включен в полный индекс бассейна (рис. 3). На основе полученной схемы было проведено картографирование каскадной системы. В качестве картографических единиц использованы вложенные контуры исследуемых водосборов.

Анализ пространственного распределения выделенных типов литогенной основы показал, что изученные монолитные бассейны представлены системами 1-2 порядка и занимают относительно небольшие площади. Большинство водосборов относятся к бассейнам с дифференцированным фоном и к гетеролитным бассейнам.

Классификация русловых литогеохимических потоков в каскадной системе р.Гвадалорс. На I этапе инверсионного моделирования определено, что русловые потоки песчаного состава в бассейне р.Гвадалорс представляют собой результат смешения четырех потоков, или четырех конечных составляющих, в химическом составе которых могут быть прослежены определенные минералогические категории. По характерным комплексам типоморфных элементов эти составляющие (рис.4) были интерпретированы как алюмосиликатный (1), магниезальный (2), карбонатно-кальциевый (3) и кварцевый (4) парагенезисы.

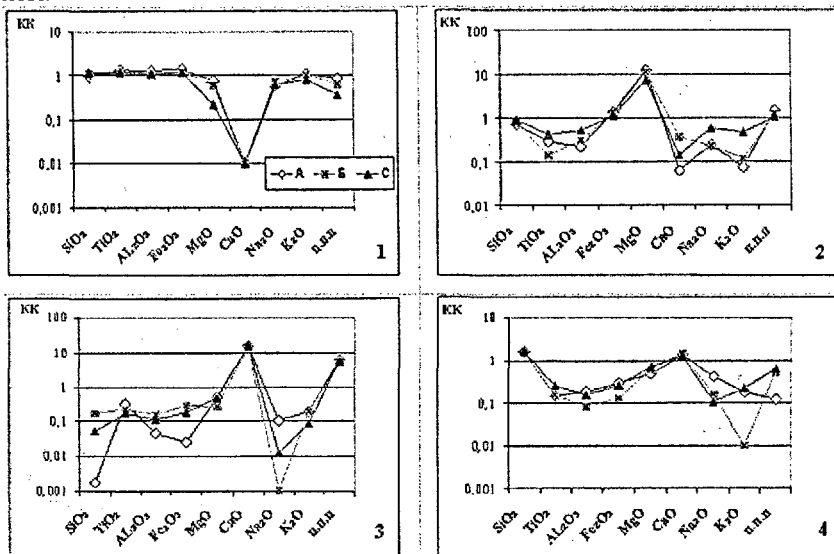


Рис. 4. Геохимические спектры четырех конечных составляющих русловых потоков (1-4) в каскадной системе р.Гвадалорс: грубозернистых (А), крупно- и среднезернистых (Б), тонко- и мелкозернистых песчаных (В) Диаграммы построены с использованием коэффициентов концентрации элементов (КК), вычисленных по отношению к кларкам глинистых сланцев (Ронов и др., 1989).

На II этапе моделирования получены количественные данные об относительном содержании комплексов элементов разных парагенезисов во всех точках наблюдения. Эти данные использованы в корреляционном анализе и при классификации литогеохимических потоков в каскадной системе.

Корреляционный анализ показал существование тесной связи первых трех парагенезисов с распространенностью определенных комплексов пород в водосборном бассейне: алюмосиликатный парагенезис линейно связан с долей глинистых метаморфических источников (коэффициент корреляции, $R = 0,5$), магнизиальный – с долей ультраосновных пород ($R=0,9$), карбонатно-кальциевый – с распространенностью плотных известковых пород ($R=0,7$). Четвертый, кварцевый, парагенезис значительно слабее контролируется влиянием литологического фактора, однако зависит от порядка водосборного бассейна, что указывает на его индикаторную роль в характеристике геохимической зрелости аллювия, возрастающей по мере выветривания и увеличения дальности переноса (рис.5).

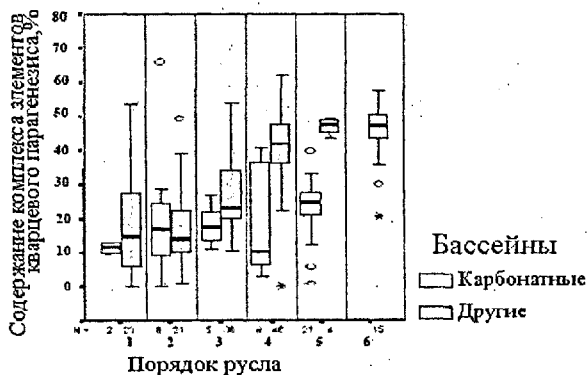


Рис. 5. Связь кварцевого парагенезиса русловых литопотоков с порядком русла. На диаграмме показаны статистические характеристики содержания элементов кварцевого парагенезиса: медиана, верхний и нижний квартили, минимальные и максимальные значения, выбросы. N- количество проб.

Систематика русловых литопотоков проводилась по алюмосиликатному, магнизиальному и карбонатно-кальциевому парагенезисам, которые имеют сильную генетическую связь с породами бассейна и поэтому являются наиболее информативными показателями в характеристике геохимических особенностей его территории. Выделение групп осадков выполнялось в поле треугольной диаграммы. По соотношению геохимических парагенезисов было выделено 13 геохимических типов руслового аллювия, на основе которых проведено картографирование каскадной системы (рис.6). Эти классификационные единицы использованы также при изучении связей в системе – “водосборный бассейн - русловой осадок”. В результате сопряженного анализа было оценено влияние

литогенной основы бассейна и фактора дальности переноса (порядка реки) в формировании химического состава русловых литопотоков.

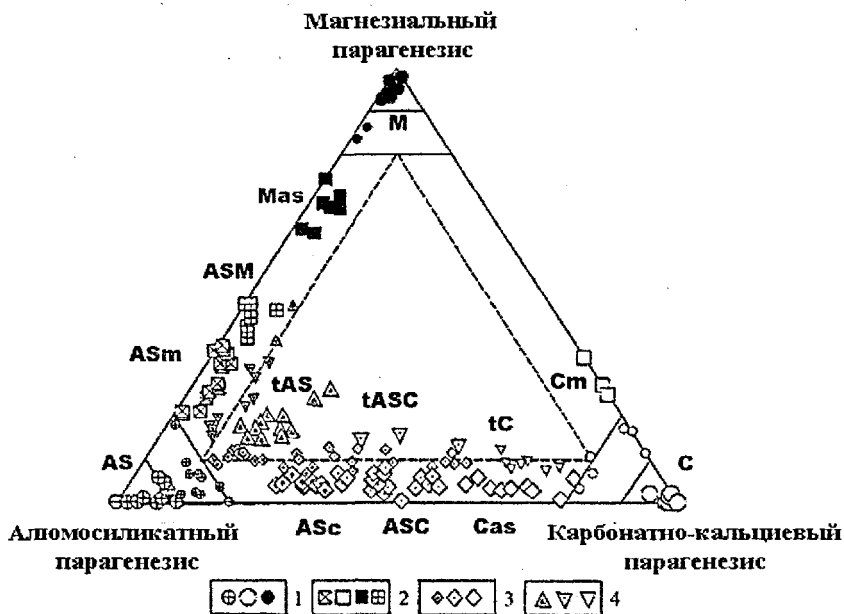


Рис. 6. Геохимическая типизация русловых литопотоков в бассейне Гвадалорс. Простые буквенные индексы M, AS, C обозначают потоки монокомпонентного состава (1), с магнезиальным (M), алюмосиликатным (AS), карбонатно-кальциевым парагенезисами (C). Составные индексы – Mas, ASM, ASC и др. – отражают присутствие двух парагенезисов в потоках двухкомпонентного состава (2,3). Главные парагенезисы в индексах даны заглавными буквами. Индексы с символом t (tAS, tASC, tC) – применяются для обозначения трехкомпонентных потоков (4) и их ведущих парагенезисов.

Потоки простого монокомпонентного состава образуются в монолитных бассейнах и бассейнах со слабодифференцированным фоном в верхних звеньях гидросистем: карбонатно-кальциевые – в бассейнах Внешней зоны горного сооружения, сложенных преимущественно известковыми материнскими породами, магнезиальные – в бассейнах Внутренней зоны с ультраосновными породами. Алюмосиликатные монокомпонентные потоки также формируются во Внутренней зоне, однако встречаются в бассейнах более высокого порядка с сильнодифференцированным литогеохимическим фоном.

Образование потоков сложного состава происходит в основном благодаря смешению обломочного материала от нескольких источников в нижних звеньях каскадной системы: руслах четвертого, пятого и шестого порядков. Геохимиче-

ские характеристики таких потоков зависят от комплекса материнских пород и их соотношения в водосборном бассейне. Глинистые метаморфические породы, по-видимому, характеризуются наиболее высокими скоростями генерации осадков песчаной размерности, поэтому алюмосиликатный парагенезис практически всегда доминирует в русловых отложениях гетеролитных бассейнов Внутренней зоны. В каскадных системах Внешней зоны, в связи с отсутствием глинисто-метаморфических пород, доля комплекса элементов, связанных с ним, в потоках сложного состава не так велика. Здесь главная роль принадлежит карбонатно-кальциевому парагенезису. Среди бассейнов Внутренней зоны выделяется ряд водосборов, в замыкающих створах которых русловые литопотоки разного гранулометрического состава относятся к разным классификационным единицам. Геохимическая дифференциация на этих участках слабоконтрастна, и, по-видимому, связана с действием фактора флювиального транспорта, а именно с сортировкой или неполным смешением потоков в узлах слияния рек.

Выводы и результаты

- Основными факторами, определяющими состав и пространственную дифференциацию русловых литогеохимических потоков в каскадной системе реки Гвадалорс, являются литогенная основа и порядок питающих их водосборов.*
 - Максимальная контрастность в концентрации и рассеянии элементов установлена для потоков верхних звеньев русловой сети, формирование которых тесно связано с поступлением склонового материала. В небольших системах для Ni и Cr различия между осадками разного генезиса составляют несколько сотен, а для Sr, Ba, Zn, Rb, V, K, Ca, CO₂, Mg – десятки - сотни раз.
 - С увеличением площади водосборных бассейнов происходит усреднение химического состава потоков твердого вещества в русле реки. В бассейнах крупных притоков р.Гвадалорс относительно высокие показатели дифференциации сохраняются для Mg, Ca, Na, Cr, Ni, а также Zn и Sr. По средним содержаниям этих и некоторых других элементов выявлены значительные отличия между системами, расположенными в разных структурно-тектонических областях – Внешней и Внутренней – Кордильеры-Бетика.
 - Дифференциация элементов по гранулометрическим типам осадков во всех крупных подсистемах бассейна р.Гвадалорс контролируется литологическим фактором. В бассейнах Внешней зоны велика роль песчаных частиц в переносе карбонатов кальция и Sr, в бассейнах Внутренней зоны возрастает роль песчаного материала в миграции Na, Ni, Si. В бассейнах с выходами ультраосновных пород – Cr и Mg.
- Разработана геохимическая классификация речного бассейна на основе выделения геохимических комплексов пород КЛГС, анализа их площадного распространения и сочетания на территории отдельных водосборов.*
 - Выделено 3 группы (с монопотитным, дифференцированным и гетеролитным

- субстратом), и несколько геохимических типов бассейнов и проведено их картографирование.
- Территориальное распределение групп бассейнов указывает на их связь с порядком рски, типов – с положением в разных структурно-тектонических областях региона.
3. Для литогеохимических потоков КЛГС установлены четыре геохимических парагенезиса: карбонатно-кальциевый, магнизиальный, алюмосиликатный и кварцевый. Первые три парагенезиса отражают состав склоновых потоков вещества, образующихся при разрушении разных комплексов пород в водосборной области; последний – процессы речного транспорта.
4. Разработана классификация русловых литогеохимических потоков, основанная на парагенетическом анализе типоморфных элементов. Проведено картографирование водосборов системы по составу русловых литогеохимических потоков.
- Относительное содержание комплексов элементов, связанных с карбонатно-кальциевым, магнизиальным и алюмосиликатным парагенезисами, позволили выделить простые и сложные потоки на территории бассейна, различного химического состава.
 - Для бассейна Гвадалорс характерны сложные, двух и трехкомпонентные потоки, в которых доминирует алюмосиликатный и карбонатно-кальциевый парагенезисы. Их образование вызвано процессами смешения в руслах высокого порядка миграционных потоков от разных источников.
 - В связи с увеличением дальности переноса и усилением влияния отложенного речных террас на формирование русловых литопотоков роль кварцевого парагенезиса в гетеролитных бассейнах резко возрастает, начиная с систем 4 порядка.

Проведенное исследование является первым шагом к системному анализу русловых литогеохимических потоков, при котором изучается не только сам результат взаимодействия природных факторов и процессов – русловые потоки, но и система, осуществляющая это взаимодействие – речной бассейн, его блоки и подсистемы. Одним из основополагающих принципов изучения литогеохимических потоков в каскадной системе является их комплексная оценка, основанная на изучении широкого спектра элементов и их парагенезисов. Признание геохимических парагенезисов в качестве основных источников информации о миграционных процессах на территории бассейнов определяет их ключевую роль при геохимической характеристике КЛГС. Важную роль в комплексном геохимическом анализе выполняют те математические методы, которые позволяют выделить геохимические парагенезисы и дать не только их качественную, но и количественную характеристику. В частности впервые использованный для анализа геохимических данных метод инверсионного моделирования, показал свою эффективность при изучении сложных миграционных потоков, образование которых связано с процессами физического смешения вещества от разных источников или групп источ-

ников. С его помощью была разработана классификация и проведено картографирование каскадной системы гетеролитного бассейна р.Гвадалоре по составу русловых литопотоков.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

Статьи:

1. Асеева Е.Н., Касимов Н.С., Крооненберг С.Б., Велтье Г.-Я. Русловые литогеохимические потоки в каскадных системах гетеролитного речного бассейна юга Пиренейского полуострова//Геохимия ландшафтов и география почв. - Смоленск: Ойкумена, 2002. - С.334-347.
2. Асеева Е.Н., Касимов Н.С., Крооненберг С.Б. Бассейновая организация ландшафтно-геохимических систем//География. Общество. Окружающая среда. Т.2. Функционирование и современное состояние ландшафтов - М: Издательский дом "Городец", 2004. - С.489-500.
3. Aseyeva E.N., Kasimov N.S., Kroonenberg S.B., Weltje G.J. Drainage basin controls on geochemical heterogeneity of modern stream sediments in the Guadalhorce basin (Spain)//IAHS Publications 288, 2004. - С. 187-194.

Тезисы:

1. Asseeva E.N., Kosheleva N.E., Kasimov N.S. Quantitative analysis and modeling of bottom sediment geochemistry in a complex river system (Mediterranean Spain)//Global changes and geography. The IGU conference, Moscow, Russia, Aug. 14-18, 1995. - p.24.
2. Асеева Е.Н., Касимов Н.С. Миграция железа, марганца и тяжелых металлов с твердым стоком в горно-равнинной речной системе семиаридной зоны//Геохимия биосферы. Материалы III Международного совещания в Новороссийске 10-15 сентября 2001 года. - Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 2001. - С. 12-15.
3. Асеева Е.Н., Касимов Н.С. Геологические аспекты в геохимической классификации водосборных бассейнов на примере каскадной системы реки Гвадалоре (Испания)//Тезисы Международной школы «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды», 15-20 сентября 2003 года, Новороссийск, Россия. - С. 34-35.

Отпечатано в копицентре «СТ ПРИНТ»
Москва, Ленинские горы, МГУ, 1 Гуманитарный корпус.
www.stprint.ru e-mail: zakaz@stprint.ru тел.: 939-33-38
Тираж 120 экз. Подписано в печать 02.11.2006 г.

