

Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии:
Третья Всерос. науч. конф. : сб. докладов в 2-х томах. – Благовещенск: ИГиП ДВО РАН, 2014. Т. 2. – 194 с.
ISBN 978-5-904218-13-3

Участники конференции – Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (г. Москва), Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН (г. Москва), Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (г. Москва), ООО «Коралайна Инжиниринг» (г. Москва), Институт геологии и геохронологии докембрия РАН (г. Санкт-Петербург), Институт геологии и минералогии СО РАН (г. Новосибирск), Новосибирский государственный университет (г. Новосибирск), Томский государственный университет (г. Томск), Институт земной коры СО РАН (г. Иркутск), Иркутский государственный технический университет (г. Иркутск), Геологический институт СО РАН (г. Улан-Удэ), Бурятский государственный университет (г. Улан-Удэ), Забайкальский государственный университет (г. Чита), Читинское отделение РосГеоО (г. Чита), Читинский государственный университет (г. Чита), Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН (г. Чита), Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН (г. Якутск), ОАО «Алмазы Анабара», г. Якутск; «Якутскгеология» (г. Якутск), ЗАО «Янсская ГДК» (г. Якутск), Якутский государственный университет (г. Якутск), Институт горного дела ДВО РАН (г. Хабаровск), Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН (г. Хабаровск), Институт водных и экологических проблем ДВО РАН (г. Хабаровск), Институт материаловедения ХНЦ ДВО РАН (г. Хабаровск), Дальневосточный институт путей сообщений (г. Хабаровск), СВКНИИ ДВО РАН (г. Магадан), ОАО «Прииск Соловьевский» (с. Соловьевск), Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН (г. Южно-Сахалинск), Тихоокеанский океанологический институт им. В.И.Ильичева (г. Владивосток), Тихоокеанский институт географии ДВО РАН (г. Владивосток), Дальневосточный геологический институт ДВО РАН (г. Владивосток), Биолого-почвенный институт ДВО РАН (г. Владивосток), Горнотаёжная станция ДВО РАН (г. Уссурийск); Институт геологии НАНА (г. Баку, Азербайджан), Университет Ренн-1 (г. Ренн, Франция); Университет Савойи (г. Ле Бурже ля Ляк, Франция); Университет Монтпелье-II (г. Монтпелье, Франция); Национальный музей Природы и Науки (г. Цукуба, Япония); Центр исследований Дальнего Востока. Высшая научная школа, Университета Тояма (Япония), Институт природных ресурсов ЮГГЕО (Казахстан), Амурский научный центр ДВО РАН (г. Благовещенск), ОАО «Амургеология» (г. Благовещенск), ОАО ЗДП «Витязь», (г. Благовещенск), Амурский филиал БСИ ДВО РАН (г. Благовещенск), ООО «Инпаза» (г. Благовещенск) Институт геологии и природопользования ДВО РАН (г. Благовещенск).

Третья Всероссийская научная конференция «Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии» проводится по инициативе Института геологии и природопользования ДВО РАН раз в два года, начиная с 2010 г.

В рамках конференции обсуждается широкий круг вопросов от эволюции крупных геологических структур, геохимии, минералогии магматических комплексов, закономерностей формирования полезных ископаемых до разработки методов комплексного освоения природных ресурсов и геэкологии.

Основная тематика докладов:

1. Магmatизм, метаморфизм и геодинамика основных геологических структур Дальнего Востока.
2. Минералогия, геохимия месторождений полезных ископаемых, закономерности их формирования.
3. Геология, история формирования и минерагения осадочных бассейнов. Стратиграфия, палеонтология.
4. Методики комплексного освоения минеральных ресурсов, экономика минерального сырья.
5. Геоэкология.

Сопредседатели оргкомитета конференции

академик РАН А.И. Ханчук (ДВГИ ДВО РАН)

д.г.-м.н. А.А. Сорокин (ИГиП ДВО РАН)

Ученый секретарь конференции

к.б.н. Н.Ю. Леусова (ИГиП ДВО РАН)

Проведение конференции и издание материалов осуществляется при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 14-05-20130), гранта ДВО РАН (проект № 14-III-Г-08-025).

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОЛОГИЯ, ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И МИНЕРАГЕНИЯ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ. СТРАТИГРАФИЯ, ПАЛЕОНТОЛОГИЯ	06
Артеменко Т.В., Сорокин А.П. МЕЗОЗОЙСКО-КАЙНОЗОЙСКИЕ ПРЕДГОРНЫЕ ПРОГИБЫ ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЫ ЕВРАЗИИ (СТРОЕНИЕ И МИНЕРАГЕНИЯ).....	06
Бугдаева Е.В., Волынец Е.Б., Маркевич В.С. РАСТИТЕЛЬНАЯ ОСНОВА РАБДОПИССИТОВЫХ УГЛЕЙ (РАЗДОЛЬНЕНСКИЙ БАССЕЙН, ЮЖНОЕ ПРИМОРЬЕ).....	11
Ермащанс И.А., Болотский И.Ю. КОЛЛЕКЦИЯ ОСТАТКОВ Позвоночных животных из фондов палеонтологической лаборатории ИГИП ДВО РАН (Кундурское местонахождение).....	14
Коломиц В.Л., Будаев Р.Ц. ПЛЕЙСТОЦЕНОВАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ И ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ МУЙСКО-КУАНДИНСКОЙ ВПАДИНЫ (СЕВЕРНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ).....	17
Коломиц В.Л. ЛИТОГЕНЕЗ ПРОДУКТИВНЫХ ТОЛЩ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ МУЙСКО-КУАНДИНСКОЙ ВПАДИНЫ (БАЙКАЛЬСКИЙ РЕГИОН)	21
Киселева А.А., Рождествина В.И., Сорокин А.П. УГЛЕВОДОРОДЫ-БИОМАРКЕРЫ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ОСАДОЧНЫХ ПОРОД СЕРГЕЕВСКОГО БУРОУГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	25
Ломтев В.Л. ПЕРВЫЕ ОХОТСКИЕ ЛАККОЛИТЫ НА ПРОФИЛЯХ НСП	29
Ломтев В.Л. К СТРОЕНИЮ БАТИАЛЬНЫХ КОНУСОВ НА ЮГО-ВОСТОКЕ ОХОТСКОГО МОРЯ (ПО ДАННЫМ НСП)	33
Леусова Н.Ю., Рождествина В.И., Сорокин А.П., Киселева А.А. ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ В УГЛЯХ СЕРГЕЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	37
Маркевич В.С., Киселев В.И., Бугдаева Е.В. ГРАНИЦА МЕЛА И ПАЛЕОГЕНА В ПРИАМУРЬЕ: НОВЫЕ ДАННЫЕ.....	41
Паровышный В.А., Сеначин В.Н., Веселов О.В., Кочергин Е.В. МЕТОДИКА ОБНАРУЖЕНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ ПО ВРЕМЕННЫМ ИЗМЕНЕНИЯМ ЕСТЕСТВЕННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ	45
Ревенок Я.Н., Рождествина В.И. КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СЛОИСТЫХ СИЛИКАТОВ КОСТЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ПОЗДНЕМЕЛОВЫХ РЕПТИЛИЙ ПРИАМУРЬЯ	49
Смирнова Ю.Н., Ковач В.П. РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОЧНИКОВ СНОСА ВЕРХНЕПРОТЕРОЗОЙСКИХ - НИЖНПАЛЕОЗОЙСКИХ ТЕРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МАЛОХИНГАНСКОГО ТЕРРЕЙНА ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА	53
Сорокина А.Т., Сорокин А.П., Каплун В.Б., Артеменко Т.В., Попов А.А. СТРУКТУРЫ ФЛЮИДОПЕРЕНОСА В ЗЕЙСКО-БУРЕИНСКОМ БАССЕЙНЕ.....	57
МЕТОДИКИ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ, ЭКОНОМИКА МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ	61
Дементиенко А.И., Моисеенко В.Г. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЛАНСОВОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ ПРИ КЛАССИФИКАЦИИ РЕСУРСОВ ЗОЛОТА	61
Демчук В.А., Щекина Г.Б., Калиниченко Б.Б. АРМИРОВАНИЕ ОКСИДНОЙ КЕРАМИКИ УГЛЕРОДНЫМ ВОЛОКНОМ	64
Еранская Т. Ю., Белов Р.В. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ.....	68
Кашина Н.В. ТЕРРИТОРИИ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ КАК МЕХАНИЗМ ПОВЫШЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ДОБЫВАЮЩЕГО СЕКТОРА АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ	72
Кузьминых В.М., Сорокин А.П. НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ.....	76

4	Оверина В.Е., Кашина Н.В.	
	ИНОСТРАННЫЕ ИНВЕСТИЦИИ В ДОБЫВАЮЩЕМ КОМПЛЕКСЕ ЭКОНОМИКИ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ	79
	Остапенко Н.С., Бородавкин С.И., Абрамов В.В., Черных А.В.	
	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНВЕКЦИИ ФЛЮИДА НАД ВНЕДРИВШИМСЯ В ГИДРОТЕРМАЛЬНУЮ СИСТЕМУ МАГМАТИЧЕСКИМ СИЛЛОМ	82
	Пушкин А.А., Леонтьев М.А., Римкевич В.С.	
	МЕХАНИЗМ ПРОТЕКАНИЯ ГЕТЕРОФАЗНЫХ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ	85
	Радомская В.И., Павлова Л.М., Радомский С.М.	
	СОРБЦИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ОРГАНИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВОМ	89
	Рождествина В.И., Мудровская Н.В., Удовенко А.А., Рубанов С.В.	
	ОСОБЕННОСТИ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ КУПЕРИТА	93
	Римкевич В.С., Пушкин А.А., Гиренко И.В.	
	РАЦИОНАЛЬНАЯ ПЕРЕРАБОТКА КИАНИТОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ФТОРИДНЫМ МЕТОДОМ	98
	Савченко И.Ф., Носкова Л.П., Гиренко И.В.	
	ПРИМЕНЕНИЕ БУРОУГОЛЬНЫХ ГУМАТОВ ПРИАМУРЬЯ	102
	Склярова Г.Ф.	
	ВЕЩЕСТВЕННО –СТОИМОСТНЫЙ АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНО – СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ	105
	ГЕОЭКОЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	108
	Борисова И.Г.	
	АНАЛИЗ ЛАНДШАФТНОГО РАЗНООБРАЗИЯ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ	108
	Бородина Н.А.	
	ФРАКЦИОННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ГОРОДА БЛАГОВЕЩЕНСКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОГЕННОГО ПРИВНОСА	112
	Брянин С.В.	
	ВЛИЯНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В БУРОЗЁМАХ ХРЕБТА ТУКУРИНГРА (ЗЕЙСКИЙ ЗАПОВЕДНИК)	116
	Васильева Е.В., Васильев В.И., Смирнова О.К.	
	ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТАВА ПОДВИЖНЫХ ФАЗ В СИСТЕМЕ «ТЕХНОГЕННЫЙ ПЕСОК – ВОДА – ВОЗДУХ» МЕСТОРОЖДЕНИЯ БОМ-ГОРХОН (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ)	119
	Гусев М.Н.	
	О ПРИРОДЕ НАВОДНЕНИЯ 2013 Г. В ПРИАМУРЬЕ.....	123
	Катола В.М.	
	МОРФОСТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛЕСНЕВЫХ ГРИБОВ, РАСТУЩИХ В ПРИСУТСТВИИ ХВОСТОВ ШЛИХОБОГАТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ	128
	Катола В.М.	
	ВЛИЯНИЕ ИОНОМЕТАЛЛОВ НА МЕМБРАННЫЙ АППАРАТ <i>PENICILLIUM CANESCENS</i>	132
	Катола В.М.	
	ПОРАЖЕНИЕ ПЛЕСНЕВЫХ ГРИБОВ МИКОПЛАЗМОПОДОБНЫМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ	135
	Котельникова И.М., Сергеева А.Г., Павлова Л.М.	
	ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИЕ АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В ПРИРОДНЫХ СРЕДАХ Г.БЛАГОВЕЩЕНСКА: РАСПРОСТРАНЕНИЕ, ИСТОЧНИКИ, ПОИСК	139
	Мартынов А.В.	
	ВЛИЯНИЕ СКЛОНОВЫХ ДВИЖЕНИЙ НА ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ПОЙМЫ В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ Р. АМУР	143
	Мирзеханова З. Г., Остроухов А.В.	
	ТРАНСФОРМАЦИЯ ГЕОСИСТЕМ ПРИ РОССЫПНОЙ ЗОЛОДОБЫЧЕ: ЛАНДШАФТНЫЙ И БАССЕЙНОВЫЙ ПОДХОДЫ АНАЛИЗА	146
	Новорощакая А.Г., Ионкин К.В.	
	ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЛОНДОКОВСКОГО ИЗВЕСТКОВОГО ЗАВОДА.....	150
	Павлова Л.М., Радомская В.И.	
	НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА СНЕГОВОГО ПОКРОВА НА УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ	153
	Савченко И.Ф., Гиренко И.В., Белозеров Н.И.	
	БИОСФЕРА В ГЛОБАЛЬНОМ ТЕКТОГЕНЕЗЕ И ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ РЕГИОНАЛЬНОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ....	157

Сорокина О.А. ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (РЗЭ) В РУСЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РЕКИ ЗЕИ (БАССЕЙН РЕКИ АМУР).....	161
Старожилов В.Т., Суржик М.М., Ознибихин В.И. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ОРГАНИЗАЦИИ АГРАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ТАЁЖНОЙ ЗОНЕ СЛАБООСВОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ.....	163
Фишер Н.К., Кулаков В.В. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД СРЕДНЕАМУРСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА ДЛЯ ПИТЬЕВЫХ НУЖД.....	167
Шестеркин В.П. ВЛИЯНИЕ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ЗИМНИЙ ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ СРЕДНЕГО АМУРА	171
Шестеркин В.П. ГИДРОХИМИЯ ТАЕЖНЫХ РЕК ВУЛКАНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ СЕВЕРНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ	175
Шумилова Л.П., Терехова В.А ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ПОЧВ ГОРОДА БЛАГОВЕЩЕНСКА	178
Kazuto Sazawa, Hideki Kuramitz EVALUATION OF THE BURNED SOIL GENOTOXICITY USING ELECTROCHEMICAL ASSAY	182
Konosuke Sugiura APPLICATION OF SIMPLE RAIN AND SNOW MEASURMENT METHODS TO TUKURINGRA MOUNTAINS, AMUR REGION, FAR EAST RUSSIA	185
Naoya Wada, Takeshi Tatsumi, Irina Kozyr, Semen V. Bryanin, Viktor V. Lisovsky LITTERFALL OF ALPINE DWARF PINE (<i>PINUS PUMILA</i>) GROWING ON THE TWO SUMMITS OF TUKURINGRA MOUNTAINS, AMUR REGION, FAR EAST RUSSIA.....	188
Сашнина О.В., Чигарских В.И., Болотская Н.В. ПАЛЕОНОЛОГИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ ДЕТЯМ	191

ГЕОЛОГИЯ, ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И МИНЕРАГЕНИЯ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ. СТРАТИГРАФИЯ, ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

МЕЗОЗОЙСКО-КАЙНОЗОЙСКИЕ ПРЕДГОРНЫЕ ПРОГИБЫ ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЫ ЕВРАЗИИ (СТРОЕНИЕ И МИНЕРАГЕНИЯ)

Т.В. Артеменко, А.П. Сорокин

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

В зоне перехода от Тихого океана к континенту широко развиты бассейны платформенного и орогенного типов, первые из которых располагаются на восточной окраине Центрально-Азиатского (ЦАСП), а вторые – в пределах Тихоокеанского (ТСП) складчатых поясов. Молодые платформы представлены Зейско-Буреинским бассейном и Сунляо (КНР), а орогенные их типы – Среднеамурской впадиной и системами сопряженных прогибов и поднятий (Эворон-Тугурская, Чля-Орельская и др.) разнообразных по строению и генезису (рис. 1). Важнейшим элементом указанных бассейнов служат предгорные и межгорные прогибы, образование которых связано с крупнейшими этапами становления восточной окраины Евразии [15]. Анализ минерагении этих структур на территории Восточной окраины Евразии свидетельствует о том, что они характеризуются определенным набором ряда полезных ископаемых – бурьми углями, россыпями благородных редких и редкоземельных элементов, неметаллами и др. [3, 7, 8, 9, 11, 13, 17]. В связи с этим, авторы посчитали возможным рассмотреть условия формирования и развития предгорных прогибов в различных бассейнах зоны перехода от Тихого океана к континенту.

На периферии ЦАСП, в пределах Зейско-Буреинского бассейна, эти структуры наиболее широко распространены вдоль его обрамления, в зонах сопряжения с Янкано-Тукуриングро-Джагдинским, Большехинганским и Туранским горно-складчатыми сооружениями. Они формируют Южно-Тукурингскую, Приамурскую и Притуранскую системы аккумулятивных и денудационных депрессий двух типов. Первые из них представлены Уруша-Ольдайским, Урканским, Пиканским и др. прогибами, выполненными золотоносными, с локальной угленосностью, преимущественно кайнозойскими отложениями, подстилаемыми нижнемеловыми вулканогенно-терригенными породами [8, 12]. Образование их связано с этапами эпизодического растяжения и раскрытием в раннем мелу, олигоцене и позднем миоцене, что привело к спорадическому накоплению осадочного чехла [6]. Специфической чертой аккумулятивного процесса в рассматриваемых структурах является высокая степень продольной миграции осадочных линз и практически отсутствие областей с устойчивым прогибанием. Как правило, вдоль предгорной системы депрессий развиты отдельные «ванны», выполненные кайнозойскими и реже нижнемеловыми отложениями, мощностью не более 300 м, разделенные денудационными перемычками.

Второй тип предгорных бассейнов (Тараконский, Актайский, Сапроновский, Романовский и др.) присущ Приамурской и Притуранской системам. При сходном их строении, мощности чехла и особенностям минерагении с Южно-Тукурингскими депрессиями, они характеризуются более контрастными формами сопряжения с внешними орогенами. В тоже время следует отметить, что наиболее резкие типы контрастности отмечаются на уровне раннего мела с понижением в кайнозое. Однотипность притуранских и предбольшехинганских предгорных прогибов свидетельствует о сходных условиях их заложения, отвечающих рифтогенному этапу (средняя юра – ранний мел) формирования Зейско-Буреинского бассейна. В дальнейшем указанные периорогенные зоны, в связи с сокращением верхнемелового аккумулятивного ареала, в значительной мере превратились в области денудации и выветривания при неустойчивом существовании районов седиментации. Этим объясняется масштабное продвижение (до 20-30 км) палеогеновых и особенно неогеновых осадочных линз по направлению к горно-складчатому обрамлению, перекрывая выровненные в позднем мелу

пространства предгорий. В это время возникла обширная озерно-аллювиальная равнина, периодически затапляемая поверхностными водами, за счет формирования Сунью-Хинганского поднятия между Зейско-Буреинским бассейном и Сунляо, перекрывшего сток палео-Амура, палео-Зеи и других магистральных рек на юг [14].

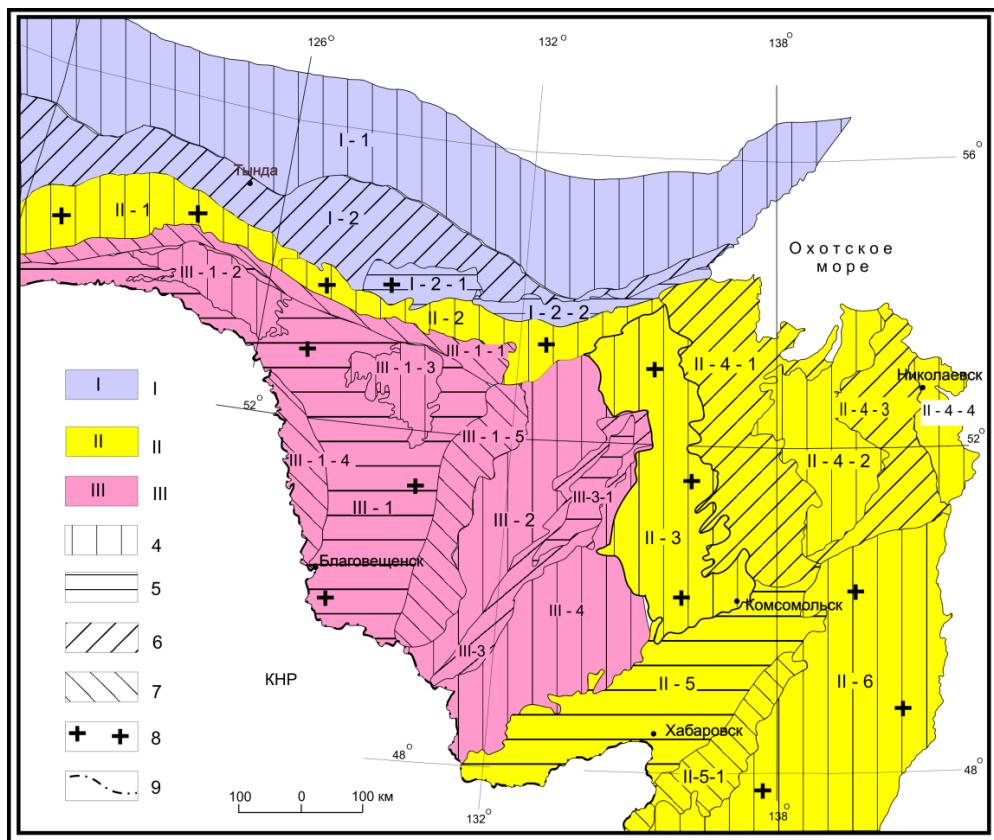


Рис. 1. Схема морфотектонического районирования юга Дальнего Востока по типам и направленности тектонических движений в позднем мезозое и кайнозое.

Морфоструктуры I порядка (I-III) I — Алдано-Становая, II — Амуро-Сихотэалинская, III — Буреинская. Морфоструктуры II порядка: I-1 — Становой свод, I-2 — Тында-Зейское межгорное понижение. Глыбовые поднятия: II-1 — Янкано-Тукуриングское, II-2 — Джагдинское, II-3 — Тайкано-Баджальское, II-4 — Нижнеамурская система глыбовых поднятий и межгорных впадин, II-5 — Среднеамурская межгорная впадина, II-6 — Центрально-Сихотэалинское сводово-глыбовое поднятие. III-1 — Зейско-Буреинская плита, III-2 — Туранская сводово-глыбовое поднятие, III-3 — Хинганско-Ниманское межгорное понижение, III-4 — Малохингансское поднятие. Морфоструктуры III порядка: I-2-1 — Верхнезейская впадина, I-2-2 — Удской прогиб, II-4-1 — Эворон-Тугурская зона межгорных впадин, II-4-2 — Амуро-Тугурское поднятие, II-4-3 — Чля-Орельская зона впадин, II-4-4 — Чаятыно-Прибрежная зона поднятий, II-5-1 — Мухенская зона предгорных впадин. Остаточные горные массивы: III-1-2 — Гонжинский, III-1-3 — Октябрьский; периорогенные зоны: III-1-1 — Южно-Тукуриングская, III-1-4 — Приамурская, III-1-5 — Притуранская, III-3-1 — Верхнебуреинская впадина.

Типы и направленность движений в позднем мезозое и кайнозое: 4 — области с положительным типом движений; 5 — области с отрицательным типом движений; 6 — области с колебательным типом движений с преобладанием вздымаания; 7 — области с колебательным типом движений с преобладанием опускания; 8 — высокие скорости неотектонических движений (положительные или отрицательные). 9 — граница РФ.

При указанных различиях в формировании предгорных прогибов Зейско-Буреинского бассейна, следует отметить весьма специфическую их особенность — приуроченность к областям с колебательным типом развития (рис. 1). Возникшие в рифтогенный этап они в

далнейшем, при формировании платформенных отложений (поздний мел – датский ярус), периодически вовлекались в прогибание, образуя лишь отдельные фрагменты в Пиканском, Тараконском и др. прогибах. Аккумуляция в них происходила в локальных зонах прогибания, а также в конусах выноса и дельтах рек, в местах выхода их на предгорную равнину. Современный облик этих прогибов связан с неотектоническим этапом развития в эоценантропогене. В итоге возникли структуры с прерывисто унаследованным типом формирования. При общем нисходящем геодинамическом режиме их развития с готерива по антропоген [10], перерывы в осадконакоплении охватывают сеноман (поздний мел) и танетский – приабонский ярусы (палеоцен-эоцен).

Существенно отличны от рассмотренных предгорные прогибы на территории ТСП, в Среднезейском бассейне, который входит в состав Восточно-Азиатского грабенового (рифтогенного) пояса [2, 4, 5, 16].

В пределах рассматриваемого бассейна выделены три структурно-формационные зоны: Западная, Центральная и Восточная. Учитывая ранее указанные минерагенические особенности подобных структур, авторы статьи акцентировали особое внимание на кратком рассмотрении строения Восточной зоны. Она включает систему грабенов северо-восточного простирания, которые сгруппированы в две подзоны – Переяславскую (южную) и Гасси-Анюйскую (северную). В первой из них выделены Невельский, Переяславский, Мухенский, Гольдинский и Дурминский грабены. В основании их отдельными скважинами вскрыты вулканогенно-осадочные породы, представленные туфами, андезитами, аргиллитами и галечниками предположительно палеоцен-эоценового возраста.

Вышележащие породы Переяславской подзоны разделены на чернореченскую ($P_2-P_3^1$), бирофельдскую (P_3^2), ушумунскую ($P_3^2-N_1^{1-2}$), головинскую (N_1^{2-3}) и приамурскую (N_2) свиты. Отложения чернореченской и бирофельдской свит развиты в наиболее погруженных частях грабенов. Для первой из них (более 400 м) характерны песчано-гравийные осадки в нижних частях разреза и существенно глинистые и песчано-глинистые – в верхних горизонтах. Схожие типы пород характеризуют и бирофельдскую свиту (700 м). Более молодые образования слагают комплекс, выходящий за пределы погруженных частей грабенов Переяславской подзоны. Среди них наиболее изучена ушумунская свита (до 700 м), разделенная на две подсвиты – нижнюю и верхнюю. Нижняя (угленосная) подсвита, существенно глинисто-алевритового состава. Она содержит более 20 пластов и пропластков бурого угля, а верхняя – характеризуется более грубым песчано-глинистым строением. Верхние горизонты Переяславской подзоны представлены головинской и приамурской свитами. Головинская свита (около 100 м) сложена преимущественно песками различной зернистости с линзами глин, гравийников и бурых углей, а вторая, наиболее широко распространенная (до 50 м), – в основном песчано-гравийно-галечным составом.

Сравнительный анализ литолого-фаунистических обстановок кайнозоя показывает, что до плиоценового времени все грабены представляли собой изолированные структуры, а единый бассейн возник только в плиоцен-антропогене. В развитии их можно выделить две стадии: стадию локальной седиментации в грабенах (эоцен(?)–миоцен) и стадию формирования единого бассейна (N_2-Q_1), без продолжительных тектонических пауз.

Различия рассмотренных Зейско-Буреинских и Среднеамурских предгорных прогибов весьма существенны. Они выражаются в продолжительности их формирования, геодинамических условиях развития, длительности существования речной сети и др., что во многом определяет особенности и минерагении этих структур.

Зейско-Буреинские предгорные прогибы характеризуются наиболее благоприятными условиями формирования разновозрастных полезных ископаемых – месторождений россыпного золота, углей, неметаллов и др. В пределах их локализованы палеоценовые, олигоценовые, миоценовые и четвертичные россыпи золота, образуя Южно-Тукуингрский, Притуранский и Приамурский, а в разделяющих их поднятиях – Гонжинский и Октябрьский золотоносные пояса (рис. 1). С указанными структурами сопряжены обширные угленосные площади – Пиканско-Сергеевская, Селемджинско-Ерковецкая и Завитинско-Архаринская,

включающие крупные месторождения датско-палеоценового, олигоценового и ранне-среднемиоценового возраста. В пограничных областях внешнего обрамления Зейско-Буреинского бассейна сосредоточены также месторождения каолина, кварц-полевошпатовых песков, оgneупорных глин, связанных с первичными или вторичными корами выветривания. Нельзя не отметить и обогащение благородными, редкими и редкоземельными элементами бурые угли в зонах взаимодействия золотоносных поясов с угленосными площадями [15].

В предгорных прогибах ТСП развиты россыпи золота и бурые угли, ареалы распространения и возраст которых значительно сокращены по сравнению с ранее рассмотренными подобными структурами. Сопряженность этих полезных ископаемых отмечается в Среднеамурском бассейне. На восточной окраине расположен одноименный золотоносный пояс с четвертичными россыпями золота [1, 13]. Он вытянут с северо-востока на юго-запад на протяжении более 400 км и включает: Гурский, Оборский, Хорский и Вяземский золотоносные районы, разделенные на золотоносные узлы. Типичным из них является Катэнский золотоносный узел, входящий в состав Хорского золотоносного района. Он приурочен к нижнему течению р. Катэн, левого притока р. Хор.

Весьма интересен и Уктурский золотоносный узел Гурского района, расположенный в бассейнах рр. Уктура (правого притока р. Гура) и Шелехова (притока р. Амур). В долинах этих рек установлено несколько золото-серебряных рудопроявлений (Хунгариjsкое, Верхнеуктуйское, Дорожное и др.), а в верхнем течении рр. Уктура, Окчо, Удомина, Шелехова и др. известны небольшие по размерам четвертичные золотоносные россыпи. Представляется, что, помимо современных мелкозалегающих россыпей, в прибрежных частях бассейна могли сформироваться глубокозалегающие россыпи в миоцен-плиоценовых отложениях.

Угленосность Переяславской подзоны на территории Среднеамурского золотоносного пояса, связана с целым рядом буровугольных месторождений и угленосных площадей (Варнавский и др., 1988). Непосредственно в пределах подзоны расположены Мухенское месторождение, Нижнеанюйская, Переяславская и Юшнинская угленосные площади с бурыми углами олигоцен-миоценового возраста.

Таким образом, проведенный анализ условий формирования и развития предгорных прогибов Восточной окраины Евразии, свидетельствует о существенных их отличиях в платформенных и орогенных структурах. Отмечен и минерагенический спектр полезных ископаемых, что позволяет дифференцированно подходить к изучению рассмотренных депрессий.

Литература

1. Атлас основных золотороссыпных месторождений юга Дальнего Востока и их горно-геологические модели / Сорокин А.П., Ван-Ван-Е А.П., Глотов В.Д. и др. Владивосток, Благовещенск, Хабаровск: ДВО РАН, 2000. 334 с.
2. Варнавский В.Г., Малышев Ю.Ф. Восточно-Азиатский грабеновый пояс // Тихоокеанская геология, 1986. № 3. С. 3-13.
3. Варнавский В.Г., Седых А.К., Рыбалко В.И. Палеоген и неоген Приамурья и Приморья. Владивосток: ДВО АН СССР, 1988. 183 с.
4. Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий. 1:2 500 000: Объясн. зап. / Под. ред. Л.И. Красного. СПб; Благовещенск; Харбин, 1999. 135 с.
5. Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 8. Восток СССР / Ред. Л.И. Красный, В.К. Путинцев. Л.: Недра, 1984. 560.
6. Колесников В.В. Кайнозойские впадины шовной зоны Южно-Тукурингского разлома (Верхнее Приамурье). М.: Наука, 1992. 144 с.
7. Минерально-сыревая база Амурской области на рубеже веков / Васильев И.А., Капанин В.П., Ковтонюк Г.П., Мельников В.Д., Лужнов В.Л., Данилов А.П., Сорокин А.П. Благовещенск, 2000. 168 с.
8. Молодые платформы Восточной окраины Евразии (глубинное строение, условия формирования и металлогения) / научный редактор чл.-корр. РАН... А.П. Сорокин. Владивосток: Дальнавака, 2013. 366 с.
9. Пан В.П., Сорокин А.П. Геотектонический режим формирования меловых неогеновых угленосных отложений чехла Амуро-Зейской депрессии // Осадочные формации нефтегазоносных областей Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1975. С. 129-137.

10. Решение IV межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию и фанерозою юга Дальнего Востока и Восточного Забайкалья (Хабаровск, 1990). Объяснительная записка к стратиграфической схеме. Хабаровск: ХГГП, 1994. 124 с.
11. Сорокин А.П. История геолого-геоморфологического развития Зейско-Буреинской впадины в мезозое и кайнозое: автореф. дис.... канд. геол.-минер. наук. Владивосток, 1972. 25 с.
12. Сорокин А.П. Морфоструктуры и кайнозойские россыпи золота Приамурья. М.: Наука, 1990. 106 с.
13. Сорокин А.П., Глотов В.Д. Золотоносные структурно-вещественные ассоциации Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1997. 304 с.
14. Сорокин А.П., Махинов А.Н., Воронов Б.А., Сорокина А.Т., Артеменко Т.В. Эволюция бассейна Амура в мезозое-кайнозое и ее отражение в современной динамике рельефа // Вестник ДВО РАН, 2010. № 3. С. 72-80.
15. Сорокин А.П., Малышев Ю.Ф., Каплун В.Б., Сорокина А.Т., Артеменко А.Т. Основные черты эволюции и глубинного строения Зейско-Буреинского и Сунляо осадочных бассейнов (Восточная Азия) // Тихоокеанская геология, 2013. Т. 32. № 2. С. 3-19.
16. Среднеамурский осадочный бассейн: геологическое строение, геодинамика, топливно-энергетические ресурсы / отв. Ред. Г.Л. Кириллова. Владивосток: ДВО РАН, 2009. 424 с. (Серия «Осадочные бассейны Востока России / гл. ред. А.И. Ханчук; т. 3)
17. Угольная база России. Угольные бассейны и месторождения Дальнего Востока (Хабаровский край, Амурская область, Приморский край, Еврейская АО). М.: ЗАО "Геоинформмарк", 1997. Т. 5. Кн. 1. 371 с.

РАСТИТЕЛЬНАЯ ОСНОВА РАБДОПИССИТОВЫХ УГЛЕЙ (РАЗДОЛЬНЕНСКИЙ БАССЕЙН, ЮЖНОЕ ПРИМОРЬЕ)

Е.В. Бугдаева, Е.Б. Волынец, В.С. Маркевич

Биолого-почвенный институт ДВО РАН, г. Владивосток

В северной части Раздольненского бассейна Южного Приморья развиты месторождения уникальных смоляных углей (рабдописситов), приуроченные к раннемеловой липовецкой свите. Они выявлены в Липовецком (на востоке), Ильичевском, Константиновском, Алексеев-Никольском (к западу от первого) месторождениях, а также в Дунинском бассейне (КНР) [5, 6].

Генезис смоляных углей, растения, их образующие, всегда были предметом оживленной дискуссии. А.Н. Криштофович, выделивший эти угли в отдельный класс липтобиолитов, высказал мнение, что их формировали цикадофиты [3].

Раннемеловая флора Южного Приморья хорошо изучена В.А. Красиловым [2] и Е.Б. Волынцем [1], палинофлора - В.С. Маркевич [4], однако, мацерация углей и изучение растений-углеобразователей ими не проводились.

В результате объемной мацерации рабдописситовых углей из Липовецкого месторождения нами получены данные о том, что они образованы остатками мировиевых *Mirovia orientalis* (Nosova) Nosova (табл. I, фиг. 1), фрагменты листьев которых преобладают в мацерате. Также уголь слагают псевдотореллиевые *Pseudotorellia krassilovii* Bugd., но их значение намного ниже [7].

В палиноспектрах углей преобладают споры циатейных и глейхениевых, а также двумешковая пыльца и *Ginkgocycadophytus*. Не исключено, что высокое содержание пыльцы сосновых, скорее всего, обусловлено близостью этого местонахождения к краевым частям бассейна и ее транспортировкой с деревьев склоновой растительности.

Впервые нами проведено палеоботаническое исследование недавно открытого Пореченского карьера, в котором выходят угольные слои Ильичевского месторождения Раздольненского бассейна, а также разреза "Полтавский" Константиновского месторождения. Были также отобраны угли из отвалов заброшенной шахты "Ильичевка".

В разрезе Пореченского карьера вскрывается послойное чередование крупных (7 и более метров мощностью) плохо сортированных светло-желтовато-серых песчаников и пачек переслаивания темно-серых алевроаргиллитов и углей (до 7 м мощностью) с многочисленным растительным детритом. В подошве песчаников и внутри них встречены тонкие (10-30 см) линзовидные гравелистые прослои, которые содержат редкую и мелкую, хорошо окатанную гальку кислых вулканитов. Песчаники и алевроаргиллиты однородные, имеют массивную текстуру. В пачках переслаивания углей и алевроаргиллитов проявляется тонкая горизонтальная слоистость. В основании разреза - мощный прослой рабдописситовых углей мощностью около 7-9 м, в верхней части которого хорошо выделяются несколько светло-серых до белого прослоев туфоалевролита, местами переходящего в туфопесчаник и туф. Мацерация углей показала, что они в нижней части в подошве сложены остатками *Mirovia orientalis*, в то время как в кровле - преимущественно хвойными *Araucariodendron heterophyllum* Krassilov (табл. I, фиг. 2-3, 8), в меньшей степени A. cf. *angustifolium* Krassil., *Tomharrisia florinii* Krassilov, беннеттитами *Nilssoniopteris rhitidorachis* (Kryshtofovich) Krassilov (табл. I, фиг. 6).

По всей видимости, в состав растений-углеобразователей также входили глейхениевые и циатейные папоротники, чьи споры преобладают в палиноспектрах из нижнего продуктивного слоя. Состав палиноспектров из верхней части угольного пласта меняется за счет падения значения *Gleicheniaceae*, возрастания *Leiotriletes*, появления двумешковой пыльцы, которая выше по разрезу становится непременным участником спектров, хотя и в небольшом количестве.

Верхний продуктивный угольный пласт мощностью 1-2 м частично сложен рабдописситами. Выявленные кутикулы в основном принадлежат *A. heterophyllum*; единичны хейролепидиевые *Pagiophyllum* sp. (табл. I, фиг. 4-5).

Палиоспектр из верхнего угольного пласта характеризуется низким таксономическим разнообразием, доминированием папоротников (глейхениевые, циатейные, *Leiotriletes* - более 60%). Довольно высока роль *Ginkgocycadophytus* (до 16,7%); появляются редкие покрытосеменные.

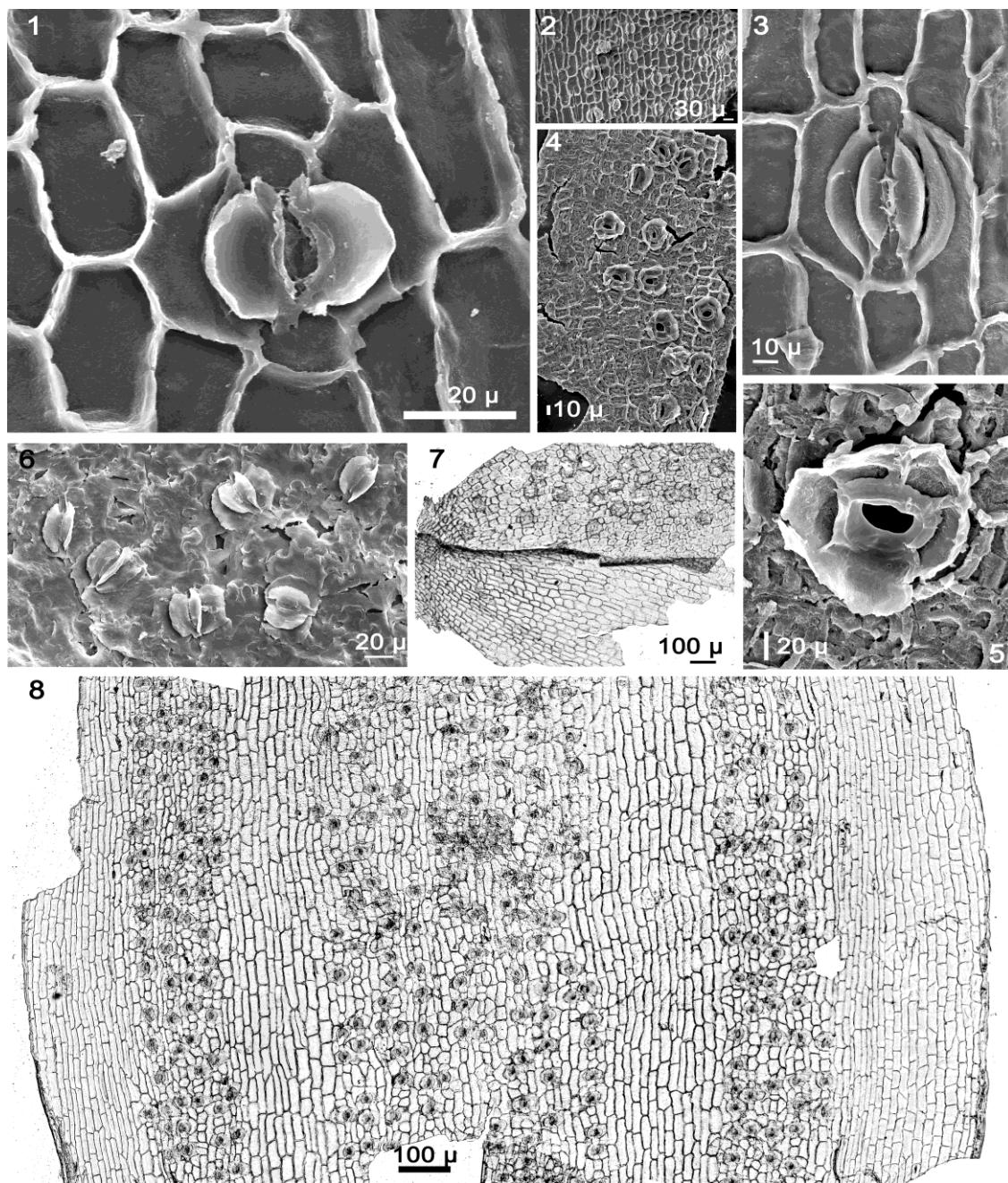


Таблица I. Растения-углеобразователи рабдописситов (Раздольненский бассейн, Южное Приморье).

Фиг. 1 - *Mirovia orientalis* (Nosova) Nosova, устьице; фиг. 2 - 3, 8 - *Araucariodendron heterophyllum* Krassilov (2 - участок устьичной полосы нижней кутикулы, 3 - устьице, 8 - нижняя часть листа); фиг. 4-5 - *Pagiophyllum* sp. (4 - участок устьичной полосы, 5 - устьице); 6 - *Nilssoniopteris rhitidorachis* (Kryshtofovich) Krassilov, участок нижней кутикулы.

В верхней части разреза Пореченского карьера наблюдается чередование тонкозернистых песчаников, алевроаргиллитов и маломощных угольных прослоев. Последние сложены

остатками листьев *A. heterophyllum*, но в большей степени разнообразными беннеттитами *Anomozamites arcticus* Vassil., *Nilssoniopteris rhitidorachis*, *N. prynadae* Samyl., *Nilssoniopteris* sp. Интересная особенность самого верхнего угольного прослоя - он включает остатки покрытосеменных (платаноиды?) и гнетовых.

В палиноспектре доминируют глейхениевые, значение же других папоротников мало. Таксономическое разнообразие довольно велико, в том числе и за счет покрытосеменных.

Разрез "Полтавский" сходен с предыдущим. В его основании залегает мощная угленосная пачка, включающая и рабдописситы. Среди углей выделяется довольно мощный прослой (более 1 м) туфоалевролита. Сверху залегает пачка переслаивания песчаников, алевролитов и маломощных угольных пластов.

Уголь этого месторождения сложен остатками следующих растений: беннеттиты *Nilssoniopteris rhitidorachis*, хвойные *Athrotaxites berryi* Bell (табл. I, фиг. 7) и *Araucariodendron heterophyllum*.

Палиноспектры углей доминированы пыльцой таксодиевых и *Ginkgocycadophytus*, что подтверждают и палеоботанические данные.

Угли месторождения шахты "Ильичевка" сложены остатками растений преимущественно таксодиевых, представленных *Elatides asiatica* (Yokoyma) Krassilov.

Авторы благодарны В.А. Красилову, В.И. Подоляну, В.В. Голозубову, В.П. Нечаеву, А.И. Малиновскому, Н.П. Сологубу и многим другим друзьям и коллегам, оказавшим нам неоценимую помощь.

Наши исследования были поддержаны Президиумом РАН и ДВО РАН (гранты №№ 12-І-П28-01 и 12-ІІІ-А-06-070) и являются вкладом в деятельность проекта № 608 МПГК (ЮНЕСКО).

Литература

18. Волынец Е.Б. Апт-сеноманская флора Приморья. Статья 1. Флористические комплексы // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2005. Т. 13. №. 6. С.58-76.
19. Красилов В.А. Раннемеловая флора Южного Приморья и ее значение для стратиграфии. – М.: Наука, 1967. – 264с.
20. Криштофович А.Н. Липовецкие каменноугольные копи в Уссурийском крае // Мат. Геол. Комитета по общей и прикладн. геол. Вып. 81. – Ленинград: Геол. ком., 1928. 36с.
21. Маркевич В.С. Меловая палинофлора севера восточной Азии. – Владивосток: Дальнаука, 1995. – 200 с.
22. Угольная база России. Т. V. Книга первая. Угольные бассейны и месторождения Дальнего Востока. Ред. Череповский В.Ф. – М.: ЗАО “ГеоИнформМарк”, 1997. – 371с.
23. Шарудо И.И. История позднемезозойского угленакопления на территории Дальнего Востока. – Новосибирск: Наука, 1972. - 239 с. (Труды Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР. Вып. 108).
24. Bugdaeva E.V., Markevich V.S. The coal-forming plants of Rhabdopissites in the Lipovtsy Coal Field (Lower Cretaceous of Southern Primorye) // Paleontol. J. 2009. V. 43. № 10. P.1217–1229.

КОЛЛЕКЦИЯ ОСТАТКОВ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ ИЗ ФОНДОВ ПАЛЕОНОТОЛОГИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ ИГИП ДВО РАН (КУНДУРСКОЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ)

И.А. Ермацанс¹, И.Ю. Болотский²

¹Амурский научный центр ДВО РАН, г. Благовещенск, irina@amurnc.ru

²Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск, dinomus@ascnet.ru

Палеонтологическая коллекция из местонахождения Кундур Архаринского района Амурской области формировалась в результате многолетних палеонтологических исследований (1990-2004 гг.) и состоит из окаменелых костных остатков позвоночных классов *Reptilia* и *Mammalia* мелового периода. Коллекция включает отдельные кости и их фрагменты, части скелетов, почти целый скелет, изолированные зубы динозавров, фрагменты щитков панцирей черепах, зубы крокодилов (1566 образцов). Некоторые образцы уникальны и имеются в единственном экземпляре. К материалам с редким характером сохранности относится почти полный сочлененный скелет гадрозавра.

Наибольшим разнообразием отличается класс *Reptilia*, представленный образцами, определенными до отряда, семейства, подсемейства, иногда - до рода и вида, описанными в качестве голотипов.

Так, фрагменты (263 образца) панцирь черепах (отряд *Chelonia*) отнесены к двум семействам - трионихид (*Trionychidae* indet) и линдхолмимиид (*Lindholtemyidae*). В коллекции в семействе трионихид - один род трионикс (*Trionyx sp.*), линдхолмимиид - амурэмис планикостата (*Amuremys planicostata* (*Riabinin 1930*), ранее определявшийся как аспидеретес планикостатус (*Aspideretes planicostatus*) из рода монголемис (*Mongolemys*), семейства дерматемид (*Dermatemydidae*) [6, 9, 15].

Предполагается, что два из семи зубов крокодилов (отряд *Crocodylia*), имеющихся в коллекции, принадлежали животным из семейства шамозухид (*Shamosuchusidae* sp.), эндемичному для Азии. Остатки шамозухид хорошо известны, как доминировавшие в позднемеловых фаунистических комплексах Центральной, Средней Азии и Казахстана [7].

В коллекции преобладают остатки динозавров (*Reptilia*, *Dinosauria*). Они представлены птицетазовыми (*Ornithischia*) и ящеротазовыми (*Saurischia*) динозаврами.

Среди них преобладают семейства гадрозаврид (*Hadrosauridae*) двух подсемейств – ламбеозаврин (*Lambeosaurinae*) и гадрозаврин (*Hadrosaurinae*).

Гадрозавры представлены 389 образцами (ламбеозаврины - 190, гадрозаврины - 168).

Практически весь костный материал по ламбеозавринам (173 образца) – это первый в России наиболее полный скелет динозавра олоротитана архаринского (*Olorotitan arharensis* 2003). Он является голотипом [16].

Двадцать семь образцов, относящихся к гадрозавринам, представлены голотипом *Kundurosaurus nagornyi* (изолированные черепные кости, неполный череп, кости таза, плечевого пояса, передних конечностей [17].

В Кундурской коллекции имеются 13 образцов (два челюстных зуба, остеодерма, позвонки и их невральные дуги, большая берцовая кость(?)), отнесенных к отряду анкилозавров (*Ankylosauria*), что свидетельствует о присутствии в позднемеловой фауне Амурского региона тиреофоров (*Thyreophora*), то есть панцирных динозавров. Более детальное изучение морфологии зубов и остеодермы склоняют исследователей в пользу их связи с семейством нодозаврид (*Nodosauridae*) [10]. Последний представитель этого семейства, эдмонтония (*Edmontonia*), известен из маастрихтских формаций Ланс (*Lance*), Хелл-Крик (*Hell Creek*), Ларами (*Laramie*) на западе Северной Америки. При этом не исключается принадлежность указанных остатков семейству анкилозаврид. Тем более что до начала 2000-х годов в Азии были известны ископаемые остатки именно анкилозаврид, самый поздний представитель

которых - тархия (*Tarhia gigantea*), найден в отложениях нэмегетинской свиты в Южной Монголии [10], а остатки нодозаврид не были известны.

Наряду с остатками анкилозавров из Кундура, первыми для России, к числу редких образцов коллекции можно отнести материал по завроподам, представленным изолированными зубами. В России известны находки завропод из юрско-меловых отложений Якутии (местонахождение Кемпендей), раннемеловых - Кемеровской области (Шестаково), Красноярского края (Большой Кемчуг), Ульяновской области (окрестности пос. Захарьевский Рудник). В верхнемеловых отложениях России они встречаются впервые. По результатам исследования костные остатки и зубы были описаны как новый род архаравия гетероцелика (*Arkharavia heterocoelica*) и отнесены к семейству титанозаврид (Titanosauriidae) [1].

Плотоядные динозары (Theropoda) в коллекции Кундурского местонахождения относительно немногочисленны. Большая часть – это изолированные зубные коронки с резорбированной корневой частью (29 единиц хранения). Имеются остатки костей конечностей, представленные проксимальным концом большой берцовой кости, а также одиночной когтевой фалангой стопы. Присутствуют несколько позвонков разной степени сохранности. Несмотря на редкую встречаемость остатков плотоядных динозавров в местонахождении, их таксономический состав, вероятно, был разнообразен [4, 5, 12, 14]. Дромеозавриды (Dromaeosauridae) представлены подсемейством заурорнитолестин (Saurornitholestinae sp) [2]. В составе тираннозаврид (Tyrannosauridae) [3], вероятно, присутствовал представитель загадочного рода аублисадон (Aublysodon). Два изолированных зуба предварительно отнесены к роду Richardoestesia. Присутствует несколько зубов троодонтид (Troodontidae). Большая часть изолированных зубных коронок определима до уровня семейства.

Замечательной находкой является фрагмент зуба из кундурской коллекции, найденный в 2001 г. Он принадлежит позднемеловому млекопитающему (Mammalia). Это «неполный нижний задний предкоренной зуб многобугорчатого, сходного с североамериканскими *Cimolodonta indet* (?Microcosmodontidae)» [8, 11]. Из семи известных на территории России мезозойских местонахождений млекопитающих два относятся к среднеурским (Пески, Московская обл.; Березовский разрез, Красноярский край), четыре (Шестаково-1 и Шестаково-2, Кемеровская область; Большой Кемчуг-3, Красноярский край; Могоито, Республика Бурятия) – к раннемеловым, одно (Кунтур, Амурская обл.) – к позднемеловым. Находка остатков млекопитающих отряда многобугорчатых (Multituberculata) из позднемеловых отложений Амурской области является первой в России и Северной Азии [8, 11].

Литература

1. Алифанов В.Р., Болотский Ю.Л. *Arkharavia heterocoelica* gen. et sp. nov. – новый завроподный динозавр из верхнего мела Дальнего Востока России // Палеонтологический журнал. 2010, № 1. С. 76-83.
2. Болотский И.Ю. Остатки мелких плотоядных динозавров семейства Dromaeosauridae из маастрихтских отложений Амурской области // Современная палеонтология: классические и новейшие методы : VII Всероссийская научная школа молодых учёных-палеонтологов, Москва : [сб. тезисов и докл.]. Москва, ПИН РАН, 2010. С. 11 – 12.
3. Болотский И.Ю. Зубы тираннозаврид из маастрихта Приамурья // Современная палеонтология: классические и новейшие методы. Москва. 2009. С.83-88.
4. Болотский Ю.Л., Болотский И.Ю. Фауна позвоночных из маастрихтских отложений Амурской области // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии. Сборник докладов. Институт Геологии и Природопользования ДВО РАН. Благовещенск. 2010. с. 145-147.
5. И.Ю. Болотский, А.А. Атучин О находках динозавров подсемейства Saurornitholestinae в маастрихтских отложениях Амурской области // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии. Сборник докладов. Институт Геологии и Природопользования ДВО РАН. Благовещенск. 2010. с. 148-149.
6. Данилов И.Г. Ископаемые черепахи семейства Lindholtemydid и филогенетические отношения в группе скрытошельных черепах (Cryptodira) / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. С.-Перебург, 2001. 25 с.
7. Ефимов М.Б. Ископаемые крокодилы и хампсозавры Монголии и СССР. М.: Наука, 1988. 108 с.
8. Лопатин А.В., Аверьянов А.О. Млекопитающие – современники динозавров. Находки на территории России // Вестник Российской академии наук. 2009. Том 79. № 6. С. 523-529.

9. Моисеенко В.Г., Сорокин А.П., Болотский Ю.Л. Ископаемые рептилии Приамурья. Хабаровск, 1997. 54 с.
10. Туманова Т.А., Алифанов В.Р., Болотский Ю.Л. В России впервые обнаружены остатки панцирных динозавров // Природа. 2003. №3. С.69-70.
11. Averianov A.O., Bolotsky Yu.L., Godefroit P. First multituberculate mammal from Russia // Cretaceous continental margin of Earst Asia: stratigraphy, sedimentation, and tectonics. The IV-th International Symposium of IGCP 434: Program and abstracts / Editor-in-chief G.L. Kirillova. Khabarovsk, 2002. P. 27–28.
12. Alifanov V.R., Bolotsky Y.L. New. New data about the assemblages of the upper cretaceous caraniovorous dinosaurs (Theropoda) from the Amur region // Cretaceous Continental Margin of East Asia:Stratigraphy, Sedimentation, and Tectonics. Khabarovsk, 2002. P. 25-26.
13. Bolotsky Y.L. and Godefroit P. A new hadrosaurine dinosaur from the Late Cretaceous of Far Eastern Russia // Journ. of Vertebrate Paleontology. 2004. Vol. 24. P. 354-368.
14. Bolotsky I. Yu., Bolotsky Yu.L. Tyrannosaurids from the Amur (Heilongjiang) river basin. // Abstrs of the Intern. Dinosaur Symp. In Fukui 2008. Recent progress of the study on Asian dinosaurs and paleoenvironments. FRDM. Katsuyama. Japan, 2008. P. 19-20.
15. Pascal G., Bolotsky Y., Alifanov V. A remarkable hollow-crested hadrosaur from Russia: an Asian origin for lambeosaurines. Comptes Rendus Palevol. 2003, № 2. P. 143-151.
16. Danilov I.G., Bolotsky Yu.L., Averianov A.O. et al. A new genus of lindholmemydid turtle (Testudines: Testudinoidea) from the Late Cretaceous of the Amur River Region, Russia // Russ. J. Herpetol. 2002. Vol. 9, № 2. P. 155-168.
17. Godefroit, P., Bolotsky, Y.L., and Lauters, P. A new saurolophine dinosaur from the latest Cretaceous of Far Eastern Russia. PLoS ONE. 2012. Vol. 7. № 5. P. 1-22.
18. Tumanova T.A., Bolotsky Y.L, Alifanov V.R. The first finds of armored dinosaurs in the Upper Cretaceous of Russia (Amur Region) // Paleontol. Zhurnal. 2004. Vol. 38. P. 73-77.

ПЛЕЙСТОЦЕНОВАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ И ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ МУЙСКО-КУАНДИНСКОЙ ВПАДИНЫ (СЕВЕРНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ)

В.Л. Коломиец, Р.Ц. Будаев

Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ
Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ

Муйско-Куандинская впадина относится к северо-восточному флангу Байкальской рифтовой зоны и является наиболее крупной морфоструктурой в системе впадин Северо-Восточного Прибайкалья – длина ее составляет 90 км при ширине от 25 до 27 км. В результате сложного геологического развития в процессе рифтогенеза на протяжении квартера в депрессии сформировался полигенетический комплекс мощных осадочных толщ. Так, в присклоновых частях котловины происходило образование многочисленных конусов выноса, которые привели к возникновению подгорных пролювиальных равнин вдоль подножья обрамляющих впадину Северо- и Южно-Муйского хребтов. Здесь же весомая роль принадлежит отложениям флювиогляциального и коллювиального происхождения. Напротив, днище впадины в течение этого времени являло собой бассейн седиментации озерно-речных отложений, слагающих не менее 8-ми эрозионно-аккумулятивных и аккумулятивных террасовых уровней.

Наиболее древние отложения позднеплиоцен-раннеоплейстоценового возраста слагают самый высокий VIII уровень высотой 160–200 м. Он состоит из желтовато-серых, светло-серых мелко-среднезернистых песков с субгоризонтально-волнистой текстурой. По палеогидрологическим данным накопление совершалось в условиях обширных слабопроточных неглубоких (до 2–3 м) озерных водоемов с умеренным гидрологическим режимом слабоподвижных водотоков равнинного типа (число Фруда $Fr < 0.1$), транспортировавших сюда обломочный материал. По фациальной природе осадки имеют двойственный характер: субгоризонтально-слоистые разности отлагались в прибрежной полосе акватории мелководных стационарных водоемов со слабым волнением и придонным течением, а наклонно-слоистые пески – блуждающими потоками с замедленными скоростями движения воды. В спорово-пыльцевом спектре из нижних горизонтов толщи преобладает пыльца древесных пород (70–90%): *Tsuga* sp., *Abies* sp., *Larix* sp., *Larix dahurica* (Turcz.), *Picea omorica*, *Picea* sp., *Eupicea* sp., *Pinus pumila* Rdl., *Pinus sibirica* Mayr., *Pinus Haploxyylon*, *Pinus Diploxyylon*, *Salix* sp., *Carya* sp., *Corylus* sp., *Alnus* sp., *Betula* sp., *Quercus* sp., *Ulmaceae*. Травы представлены *Gramineae* и *Cyperaceae*. В подстилающих горизонтах средней части толщи имеет место сокращение в первую очередь пыльцы теплолюбивых пород широколиственных деревьев. В верхах толщи древесные виды восстанавливают свою численность (70–75%), доля мелколиственных пород составляет 12–21%, травы (17–18%) состоят из полыней, вересковых и трехборзовидных. Таким образом, климатические условия периода накопления данных осадков были теплыми и достаточно влажными с постепенным похолоданием вверх по разрезу (исчезновение теплолюбивых форм). Одновозрастные отложения слагают нижнюю часть высокого террасоуvalа р. Муя высотой 160–170 м в 5 км к западу от устья р. Келяна. В основании террасоуvalа были вскрыты переслаивающиеся мелко-, средне- и крупнозернистые пески с тонкими слойками темноцветов. Осадки промытые, сортированные с субгоризонтальной и косой слоистостью.

Минералогическими исследованиями установлено, что отложения нижней и средней частей разреза сформированы в едином седиментационном цикле. По всему разрезу наблюдается значительное преобладание минералов с умеренной миграционной активностью (амфиболов – 22–44%, эпидота – 18–31%, пироксенов – 2–8%) над более устойчивыми минералами (гранаты – 3–4%, магнетит – 8–22%, сфен – 6–10%). Коэффициент устойчивости минералов легкой фракции колеблется от 1.1 (в низах разреза) до 0.7 (в средней части) и несколько повышается вверх по разрезу (до 0.9). Окатанность зерен кварца плохая, лишь редкие

из них имеют сглаженные поверхности. Полевые шпаты окатаны лучше кварца (1–2 класс). Вторичные минералы представлены мартитом, лейкоксеном, глинистыми минералами.

По данным палинологического анализа в период формирования осадков из низов песчаной толщи на склонах грабена преобладали степные ландшафты с островными лесами (17.7%). В составе лесной растительности доминировали сосновые, встречался также тополь, единично – ель, береза, ольховник. Присутствие в составе флоры значительного количества влаголюбивых растений (осоковые, лилейные, ежеголовниковые, ирисовые, шейхцерия, папоротниковые) свидетельствует о локальных увлажненных участках.

Отложения VII террасы позднеэоплейстоцен-нижнечетвертичного возраста (100–140 м) более контрастны – от тонкозернистых до крупно-среднезернистых с общим преобладанием средне-мелкозернистых кварц-полевошпатовых песков светло-серого, желтовато-серого цвета. Глубины палеобассейнов формирования осадков не превышали 2.5–3.5 м, впадающие в озера реки, ввиду подпора, имели равнинные, реже полугорные ($Fr=0.1–0.3$), слабоподвижные (-критерий устойчивости русла <100), хорошо разработанные русла в благоприятных условиях состояния ложа (речная и лимническая макрофации).

В спорово-пыльцевых спектрах данного уровня (скважина 14, глубина 10.3 м) доминирует пыльца деревьев и кустарников – 62% (*Pinus silvestris* L., *Pinus sibirica* Mayr., *Abies* sp., единично – *Carpinus* sp., *Quercus* sp., *Corylus* sp.) [1]. Споровых растений 28% (*Polygonaceae*, *Sphagnum* sp.), пыльца трав отсутствует. Такой состав спектра указывает на зональный характер произрастания растительности – нижний, светлохвойный ярус, состоящий из сосны обыкновенной, и средний, темнохвойный (сосна кедровидная, пихта) горно-таежный пояс. Травяной покров этих лесов – папоротники и сфагновые мхи. В составе придолинных сообществ встречались редкие широколиственные породы – дуб, граб, лещина. Климатические условия седиментации – умеренно-теплые и влажные. Палинологическим спектрам средней части разреза (6.0 м) свойственно достаточно высокое содержание споровой флоры – 58% (*Polypodiaceae*, *Sphagnum* sp., *Bryales* sp.), деревьев и кустарников – до 38%, разнотравья – 4%. Произрастали леса сомкнутого типа с богатым мохово-папоротниковым покровом в достаточно влажных и умеренных климатических условиях. Иной характер имеет палинокомплекс с глубины 3–4 м. Заметно сокращается количество пыльцы дендрофлоры, полностью исчезают широколиственные породы, появляются новые виды – *Lycopodium clavatum*, *Ophioglossaceae*, *Ephedra* sp., *Artemisia* sp. Следовательно, аккумуляция осадков этого горизонта происходила в довольно холодное и сухое время. Часть территории была занята степной растительностью, преобладали открытые пространства.

Среди отложений VI (50–80 м) и V террас (40 м) ранне-среднечетвертичного и среднечетвертичного возраста преобладают горизонтально-, косо- и волнисто-слоистые мелко-среднезернистые пески. Аккумуляция происходила в стационарных проточных водоемах с некоторым увеличением их осредненных глубин до 15–20 м. Реки, доставлявшие сюда наносы, имели слабоподвижные (<100 единиц) русла равнинного и полугорного типов с площадью водосбора >100 км² в естественных условиях состояния ложа со свободным течением воды. Следовательно, осадки террас отлагались в проточных озерах и односторонних слаботурбулентных речных потоках.

По палинологическим показателям осадки VI террасы четко подразделяются на две разнородных толщи. Низы разреза (правый склон р. Муи в 3-х км выше устья р. Мудирикан) характеризуются преобладанием пыльцы древесно-кустарниковой растительности – 64–87.5% (*Pinus silvestris* L., *Pinus sibirica* Mayr., *Picea* sp., *Abies* sp., *Betula* sp., *Alnaster* sp.), трав – 6.7–33% (главным образом *Artemisia* sp.), спор – до 25.8% (*Polypodiaceae*, единично *Bryales* sp.). Данный видовой состав флоры свидетельствует о существовании хвойных лесов с элементами темнохвойных пород, травяным покровом, папоротниками в подлеске в достаточно гумидных и теплых, умеренных климатических условиях. В спектре верхней части произошли изменения состава компонентов – исчезли темнохвойные породы, возросла роль ксерофитов (*Chenopodiaceae*, *Artemisia* sp.) при отсутствии споровых растений. Большее развитие получили

сосново-березовые редколесья с открытыми оステнными участками, климат стал засушливым.

По результатам спорово-пыльцевого анализа отложений V террасы (разрез на правом склоне долины р. Муя в районе озера Бурдуковского) выделены 4 комплекса. Первый комплекс (глубина 27–32 м) по составу основных элементов (*Pinus silvestris* L., *Betula* sp., *Cyperaceae*, *Selaginella* sp.) описывает существование своеобразных горно-лесостепных группировок в достаточно влажном климате. Второму комплексу (10–20 м) присущи высокие содержания дендрофлоры – 58–91% (*Pinus silvestris* L., *Betula* sp., *Alnaster* sp., *Salix* sp., *Corylus* sp., *Juglans* sp.), злаково-разнотравная растительность – 7–21% (*Gramineae*) и споры – 3–19% (*Polypodiaceae*, *Bryales* sp.). Были распространены сосново-березовые леса с ольховником, зарослями ивы и единичными представителями широколиственных пород в климатических обстановках чуть теплее предыдущих. Третий комплекс (5–9.5 м) состоит из деревьев и кустарников – 53–86% (*Pinus silvestris* L., *Betula* sp.), ксерофитов – 14–29% (*Artemisia* sp.), споровых – до 18% (*Polypodiaceae*, единично *Bryales* sp.) и указывает на вероятность существования лесостепных группировок. В четвертый комплекс (0.9–4.5 м) входят *Pinus silvestris* L. (34–44%), *Betula* sp. (31%), *Alnaster* sp. (6–24%), *Gramineae* (28%), *Compositae* (до 4.5%), *Artemisia* sp. (5–24%) при отсутствии споровых. Произрастали сосново-березовые леса разреженного типа в климатических условиях постепенного снижения тепло- и влагообеспеченности.

К первой половине среднего неоплейстоцена относятся также гляциальные отложения самаровской эпохи оледенения (плохо сортированный, массивный с признаками слоистости валунно-галечный материал с супесчаным заполнителем и следами транспортировки ледником – ледниковой «мукой», штриховкой, шрамами), соподчиненные с ними флювиогляциальные (слоистые, отмытые, сортированные песчано-гравийно-галечные смеси с небольшим количеством малых валунов), а также лимногляциальные (сортированные, ритмично-слоистые мелко-тонкозернистые пески, алевриты, песчано-гравийные смеси) накопления.

По гранулометрическим характеристикам отложения IV террасы (20–25 м), образовавшейся во второй половине среднего плейстоцена (ширтинско-тазовское время), подразделяются на две толщи. Нижняя сложена горизонтально- и косослоистыми мелко-среднезернистыми песками с прослойями галечно-гравийного материала, отлагавшимися потоками, принадлежащими полугорному с развитыми аккумулятивными формами типу постоянного, сравнительно чистого русла с площадью водосбора $>100 \text{ км}^2$. Верхняя толща представлена субгоризонтально-волнистыми тонкослоистыми алевритами и тонко-мелкозернистыми песками. Осадконакопление совершилось в более глубоких, озеровидных водоемах с ламинарным и переходным типами осаждения при критически малых скоростях движения наносов.

Позднечетвертичные, казанцевская III (15–18 м) и ермаковская II (10–12 м) террасы выполнены горизонтально-, косослоистыми средне-мелкозернистыми песками и горизонтально-тонкослоистыми крупными алевритами. В палеогидрологическом режиме не наблюдается каких-то резких отличий от схожих сценариев седиментогенеза, свойственного IV террасе. В палинологических спектрах верхних и средних горизонтов тела III террасы господствует дендрофлора (70–75% – *Pinus silvestris* L., *Pinus sibirica* Mayr., *Picea* sp., *Betula* sp., единично – *Populus tremula* L., *Abies* sp., *Larix* sp., *Ericaceae*). Травянистая растительность (19–29%) состоит из *Cyperaceae*, *Ranunculaceae*, *Polygonaceae*, *Compositae*, *Caryophyllaceae*. Споровые растения представлены *Polypodiaceae*. В подстилающей толще преобладают травы (51% – *Gramineae*, *Cyperaceae*, *Chenopodiaceae*, *Compositae*, *Artemisia* sp.), древесных пород – 27% (*Pinus silvestris* L., *Betula* sp. и редко – *Populus tremula* L., *Larix* sp.), споровые – *Bryales* sp. и *Sphagnum* sp. Ввиду преобладания ксеромезофитных трав и споровых растений можно утверждать об умеренно-холодном и сравнительно влажном климате во время аккумуляции низов толщи. Средняя и верхняя части образовались при умеренно-теплом климате.

Спорово-пыльцевой спектр из отложений II террасы р. Муя вблизи п. Усть-Муя состоит

главным образом из мезоксерофитных трав (до 85%, Gramineae, Artemisia sp., Compositae, Cyperaceae), древесные виды 3–5% (Picea sp., Pinus sp., Betula sp., Alnus sp., Larix sp.), споровых растений 1–3% (Filicales), что свидетельствует о преобладании степных ландшафтов с небольшими островками леса. Ермаковский возраст формирования II террасы и, следовательно, холодных климатических условий подтверждается находками костных остатков *Coelodonta antiquitatis* Blum., *Equus caballus* L., *Equus hemionus* Pall., *Mammuthus primigenius* Blum. [2].

Другими генотипами континентальных осадочных образований, сформировавшихся в начале позднего неоплейстоцена, являются пролювиальные и аллювиально-пролювиальные отложения конусов выноса и наземных дельт, а также пролювиально-делювиальные образования подгорных шлейфов. Они образуют аккумулятивную предгорную равнину на левобережье р. Муи, наклоненную в сторону днища. Мощность щебнисто-глыбовых, галечно-валунных осадков с супесчаным заполнителем достигает по отдельным скважинам до 20 м. Ледниковые (слабоокатанный псефитовый материал с суглинистым заполнителем) и флювиогляциальные (неравномерно-слоистые грубообломочные отложения с песками) осадки ермаковского времени имеют горно-долинный характер распространения и не выходят непосредственно в днище впадины. К отложениям сартанского времени относятся каровые морены, флювио- и лимногляциальные отложения, а также широкий комплекс осадков склонового генезиса.

Строение I террасы финальнонеоплейстоцен-раннеголоценового возраста (7–9 м) двучленно: верхняя часть сложена горизонтально- и волнисто-слоистыми алевритистыми песками, в низах толщи присутствуют косослоистые крупно-среднезернистые пески с примесью псефитовых включений. Аккумуляция осуществлялась постоянными слабоподвижными – подвижными извилистыми потоками полугорного и горного грядового типов в обычных условиях состояния ложа.

Спорово-пыльцевой спектр из нижней толщи данной террасы (левый склон долины р. Муи в 4 км выше устья р. Мудирикан) характеризуется преобладанием пыльцы споровых растений – 45% (Polypodiaceae, Lycopodiaceae, Sphagnum sp., Bryales sp., Botrychium sp.), меньше древесно-кустарниковых пород – 30% (Betula sp., Alnaster sp.), трав – 25% (Gramineae, Compositae, Ranunculaceae). Приведенный палинокомплекс описывает довольно холодные климатические условия периода седиментации в сартане, подтверждением чему является наличие гидролакколитов в разрезе. К раннему голоцену отнесен аллювий высокой поймы и сопряженные с ней аллювиально-пролювиальные, пролювиальные, аллювиально-озерные, озерно-болотные, лимнические, коллювиальные и коллювиально-пролювиальные отложения. Поздний голоцен представлен речными фациями низкой поймы, аллювиально-озерными, озерными, озерно-болотными и болотными генотипами.

Таким образом, наибольшее развитие в плейстоцене Муйско-Куандинской впадины получили накопления аквального парагенетического ряда континентальных осадочных образований (флювиальная и лимническая группы). Начиная с верхнего эоплейстоцена, в депрессии существовало несколько крупных озерных проточных водоемов, сменяемых циклами их уменьшения с последующими эрозионными врезами. К финалу неоплейстоцена озерный режим постепенно переходит в реликтовое состояние и сменяется рекой как главным гидрологическим фактором седиментогенеза. По сумме гидродинамических характеристик палеопотоки, сформировавшие низкий террасовый комплекс, существенным образом приближаются к параметрам современных главных рек впадины – Муи, Мудириканы, Куанды.

Исследования поддержаны грантом РФФИ-Сибирь № 12-05-98071.

Литература

1. Коломиец В.Л., Савинова В.В. Литостратиграфия плейстоцена Муйско-Куандинской впадины (Северо-Восточное Прибайкалье) // Актуальные проблемы неогеновой и четвертичной стратиграфии и их обсуждение на 33 Межд. геологич. конгрессе (Норвегия, 2008 г.): матер. Всерос. науч. совещ., 1-3 апреля 2009 г. Москва: [сб. докл.]. М.: ГЕОС, 2009. С. 73–78.
2. Зеленский Е.Е. Кайнозойские отложения района нижнего течения р. Муи // Вопросы геологии Бурятии. Улан-Удэ: Бурятское книжное изд-во, 1971. С. 53–60.

ЛИТОГЕНЕЗ ПРОДУКТИВНЫХ ТОЛЩ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ МУЙСКО-КУАНДИНСКОЙ ВПАДИНЫ (БАЙКАЛЬСКИЙ РЕГИОН)

В.Л. Коломиец

Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ
Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ

Днище Муйско-Куандинской впадины состоит из полигенетического комплекса больших по мощности осадочных толщ. Вполне естественно, что такое фациально-генетическое и литолого-стратиграфическое разнообразие верхнего чехла кайнозойского структурного яруса, несомненно, представляет практический интерес в качестве сырья для строительной промышленности. Это: а) пески для производства силикатного кирпича, легких силикатных бетонов ячеистой структуры, силикатного камня и других мелкоштучных прессованных изделий автоклавного твердения; б) пески для приготовления кладочных и штукатурных растворов отделочного слоя; в) пески и песчано-гравийные смеси для балластных отсыпок при прокладке железных и автомобильных дорог, намыве плотин в гидротехническом строительстве; г) пески и смеси в качестве заполнителей при изготовлении бетона и железобетона; д) природные полевошпатовые и кварц-полевошпатовые пески для производства технического, оконного, тарного стекла, электротехнического, художественного, хозяйственного фарфора и фаянса, санитарно-технических изделий, отделочных и облицовочных плиток.

Песок для производства силикатных изделий. Оценка пригодности песчаных отложений для производства силикатных изделий автоклавного твердения определяется ОСТом 21-1-80. Стартовым условием, или первым, литологическим, критерием, повсеместной разбраковки чехла плейстоценовых отложений на площади, годные ОСТу, являются их структурные особенности, а именно – все разности песчаных частиц. Следовательно, вторым, генетическим, критерием поиска перспективных площадей является выделение генотипов, для которых наиболее свойственны размерности частиц от 10 до 0,01 мм. Этому диапазону соответствуют аллювиальные, пролювиальные, озерные, озерно-ледниковые и эоловые осадки. Данная совокупность, особенно флювиальная и лимническая группы аквального парагенетического ряда, занимает господствующее положение в перечисленных впадинах. Поэтому, перспективы выделения площадей, отложения которых могут применяться для производства силикатных изделий, чрезвычайно велики.

Аллювиальный и лимнический генотипы, слагающие террасовый комплекс котловин, являются главными источниками запасов силикатных песков. Ключевая роль в оценке пригодности принадлежит уже третьему, фациальному, критерию поиска перспективных площадей. В этом отношении наибольший интерес представляет группа пойменных фаций, фация прирусовой отмели, фации береговых и прибрежных отложений озерной группы. Ввиду высокого содержания псефитовых разностей не может использоваться пристрежневая фация, а также группа старичных фаций и отложений вторичных водоемов пойм по причине завышенного насыщения алевритово-глинистыми частицами (A_0).

С этими генотипами связаны наиболее крупные по запасам месторождения силикатных песков: Конфликтное, Тукалакта, Левомуйское, Старый Витим, Бурдуковское, Перемычка [1].

Месторождение Конфликтное расположено в 4 км восточнее 710 км Байкало-Амурской железной дороги. Сложено озерно-речными и аллювиальными мелко-среднезернистыми, кварц-полевошпатовыми песками средне-позднечетвертичного возраста (VI-V, III-II уровни). Площадь распространения полезного компонента составляет 5 км² при вскрыше до 0,5 м и глубиной отработки 5-10 м (прогнозные запасы – 50 млн. м³). Пески находятся в сыпучемерзлом состоянии, что позволяет проводить круглогодичную механизированную отработку карьерным способом.

Продуктивная толща месторождения Тукалаакта (нижнее течение р. Большая Тукалаакта рядом с трассой БАМа) представлена разновозрастными кварц-полевошпатовыми среднезернистыми песками. Полезная площадь составляет 33 км^2 при вскрыше до 0,5 м и глубине отработки в 20 м. Прогнозные запасы – 620 млн. м³. Данное месторождение по «Инструкции применения классификации запасов и месторождениям песка и гравия в Госкомитете по запасам СССР» (М., 1983) относится к 1-ой группе, характеризующейся значительными запасами, выдержаным составом, мощностью и простым строением полезной толщи.

Месторождение Левомуйское (окрестности с. Усть-Муя) выполнено кварц-полевошпатовыми средне-мелкозернистыми песками речного и озерно-речного генезиса средне-позднечетвертичного возраста (V-II террасовые уровни), по химсоставу не содержит вредных примесей. Перспективная площадь – 11 км^2 , вскрыша до 1 м, глубина разработки – 20 м, прогнозные запасы – 209 млн. м³.

Месторождение Старый Витим простирается по левобережью протоки Старый Витим. Толща полезного компонента образована кварц-полевошпатовыми средне- и среднемелкозернистыми песками ранне-среднечетвертичного возраста (VI-IV террасовые уровни). Занимает территорию в 4 км^2 , вскрыша – 0,5-1,0 м, глубина отработки – до 30 м, запасы – 77 млн. м³. Перспективная площадь месторождения может быть значительно расширена (до 35 км²) за счет распространения подобного комплекса отложений по периферии и на правобережье р. Мудирикан.

Месторождение Бурдуковское открыто в нижнем течении р. Мудирикан на песчаном террасоувале (VII-IV уровни) рядом с трассой БАМа (кварц-полевошпатовые мелко-среднезернистые пески). Условия отработки менее благоприятные, характерна невыдержанность состава и мощности полезной залежи. Площадь – 35 км^2 , вскрыша – 0,5-1,0 м, мощность продуктивной толщи – 20 м, прогнозные запасы – 150 млн. м³.

Месторождение Перемычка расположено в 1 км севернее 708 км БАМа. Состоит из мелко-среднезернистых, кварц-полевошпатовых песков позднечетвертичного возраста (II надпойменная терраса). Занимаемая территория – $0,3 \text{ км}^2$, вскрыша – 0,5 м, глубина отработки – 10 м, запасы – 3 млн. м³, инженерно-геологические условия – удовлетворительные.

Напротив, для пролювиальных отложений процент пригодности проб (ППП) не высокий, они выборочно соответствуют в пределах периферийных фаций предгорных шлейфов и конусов выноса. Проявления характеризуются как мелкие. Ввиду ограниченного развития отложений ледникового парагенетического ряда и подчиненной роли флювио- и лимногляциальных генотипов перспективы их использования весьма ограничены (ППП <10).

Песок для строительных работ. Пригодность песка определяется техническими условиями ГОСТа 8736-93. Завышенное содержание A₀ по региону обуславливает избирательность оценок при выборе перспективных площадей. Поэтому на поисковой стадии работ пристальный взгляд следует обратить на фациальную изменчивость в пределах каждого генотипа. Если для силикатных песков поисковые критерии представлены рядом «литология» – «генотип» – «группа фаций», где главная роль в оценке отводится выделению тех генотипов, фациальная изменчивость которых с высокой степенью вероятности не выйдет за рамки общей годности, то для строительных песков основная функция этого ряда смещается в сторону последней составляющей.

Речные и озерные отложения занимают главное положение в разведанных и опоискованных ресурсах строительного песка. Ведущим условием прогнозных оценок является выделение таких фациальных групп и отдельных фаций, гидродинамический режим накопления которых дает материал, удовлетворяющий запросы ГОСТа. Максимальное значение представляют группы русловых и пойменных фаций: фация прирусовой отмели, фация перекатов, фация прирусовых валов, группа фаций смешанного озерно-речного генезиса и фации береговых и прибрежных отложений озерной группы. В целом, высокие возможности связаны, прежде всего, с террасовым комплексом. К разновозрастным осадкам его относятся месторождения строительного песка: Бурдуковское (площадь – 35 км^2 , запасы – 150

млн. м³), Конфликтное (5 км²; 50 млн. м³), Тукалакта (33 км²; 880 млн. м³), Левомуйское (11 км²; 209 млн. м³), Старый Витим (4 км²; 77 млн. м³), Перемычка (0,3 км²; 3 млн. м³).

Пролювиальные отложения. ППП ниже среднего и имеет примерно равные показатели по всем впадинам. Нормы ГОСТа в натуральном виде удовлетворяют фации периферийной зоны предгорных шлейфов и конусов выноса, а также разрозненные горизонты вершинной зоны. Роль этого генотипа, как и ледниковых отложений, не пригодных в естественном состоянии, может возрасти при фракционировании отложений с получением песка-отсева.

Пески и песчано-гравийные смеси как заполнители в бетоны. Годность песков и песчано-гравийных смесей для тяжелых бетонов диагностируется техническими требованиями к заполнителям ГОСТа 12730-0-78 (1994). Заполнители подразделяются на крупные – гравийно-галечные осадки и мелкие – средне-грубозернистые пески с гравием. В этом случае необходимо осуществление детального фациального анализа с последующим обоснованием конкретных фаций внутри фациальных групп, удовлетворяющих в целом потребности Госстандарта. Поисковый ряд критериев приобретает при этом вид: «литология» – «генотип» – «группа фаций» – «фация».

Наибольший интерес для крупных заполнителей представляют аллювиальные и пролювиальные отложения – перлювиальная, пристрежневая фации русловой группы, маломощные гравийно-галечные толщи фации прирусловой отмели, фация вершинной зоны конусов выноса. Террасовый комплекс промышленным значением не обладает.

Ледниковые отложения. Перспективны конечно-моренные и водно-ледниковые образования, ППП в естественном виде самый высокий, после предварительного фракционирования может достичь максимального предела. К этому генотипу относятся Мудириканское и Право-Муюканское месторождения.

Месторождение Мудириканское находится на междуречье рр. Мудирикана – Аневиркана в 25 км к югу от железнодорожной станции Таксимо. Продуктивная толща состоит из среднечетвертичных флювиогляциальных песчано-галечно-валунных отложений и сложена пластовыми, пластообразными телами с невыдержаным строением, мощностью, а также изменчивым количеством полезного компонента. Окатанность гальки и валунов хорошая, лещадная форма обломков встречается крайне редко. Территория месторождения составляет 1 км², глубина отработки – 20 м, запасы 12 млн. м³. Прирост запасов месторождения может быть увеличен за счет двух участков, имеющих сходное геологическое строение, – Лево-Мудириканского (3 км², 8 млн. м³) и Право-Аневирканского (4 км², 9 млн. м³), сумма всех запасов составит 29 млн. м³. Инженерно-геологические условия благоприятные – «сухая мерзлота» позволяет круглогодичное механизированное извлечение полезного компонента.

Песчано-гравийная смесь этого месторождения после удаления валунно-галечного материала (>70 мм) пригодна в качестве заполнителя в тяжелые марки «200-300» и гидротехнические бетоны. В естественном виде может использоваться для отсыпки основания и нижнего слоя автодорог 3-й категории в суровых климатических условиях (СНиП 1-Д.2-79). Вскрышные породы (суглинки), а также подстилающие моренные глины и глинистые алевриты представляют интерес в качестве связных грунтов для гидротехнических сооружений.

Месторождение Право-Муюканское (слияние рр. Муюкана и Орана-Муюканского в 2,5 км южнее п. Северомуйск) выполнено песчано-галечно-валунными флювиогляциальными и озерными отложениями среднечетвертичного возраста. Площадь – 5,5 км², вскрыша – 0,5 м, глубина отработки – 2-10 м, прогнозные запасы 15 млн. м³. Помимо КЗ осадки в естественном виде могут использоваться также в виде отсыпок основания и нижнего слоя автодорог и железнодорожной насыпи (СНиП-IV-10).

Литологические особенности стандарта для мелких заполнителей удовлетворяют аллювиальный, озерный, пролювиальный, флювио- и лимногляциальный генотипы.

Речные и озерные отложения. Мелкие заполнители образуются преимущественно фациями прирусловой отмели русловой группы, фациями приречной зоны и русел пойменной группы, а также фациями проточных озерных водоемов. В морфологическом отношении это

осадки высокой поймы и низких террас – месторождения Конфликтное (5 км^2 ; 50 млн. м^3), Тукалаакта (33 км^2 ; 440 млн. м^3), Левомуйское ($0,35 \text{ км}^2$; $7,2 \text{ млн. м}^3$).

Пролювиальные отложения. ППП очень низкий (единичные контуры фации периферийной зоны), как мелкие заполнители индустриального значения не имеют. Соответствующая смесь может быть получена при добыче крупных заполнителей в виде добавочного продукта. Для ледниковых отложений ППП отрицателен.

Сыре для стекольной промышленности. Качество сырья для стекольной промышленности определяется техническими требованиями ГОСТа 13451-77. Среди аллювиального и лимнического генотипов пригодны фация внутренней зоны поймы, группа старичных фаций и отложений вторичных водоемов пойм, группа фаций лимно-аллювиального генезиса и фация внутренних частей озер (см. тезисы в этом сборнике). Повышение содержания Fe_2O_3 до 2-5% исключают использование естественных осадков для изготовления листового и оконного стекла, но они могут применяться для производства изделий из темно-зеленого и тарного стекла (марка КПШС-Н-11,5).

Таким образом, можно констатировать, что рыхлые отложения Муйско-Куандинской впадины являются серьезной сырьевой базой строительных материалов. Самыми перспективными среди них выступают речные и озерно-речные отложения. Они имеют наибольшее площадное распространение, для них характерна выдержанность строения, постоянство состава, большая мощность полезных горизонтов, крупные запасы в десятки и сотни миллионов м^3 . Осадки пролювиального и ледникового генезиса являются второстепенными объектами. Добыча на месторождениях может вестись круглогодично механизированным карьерным способом, что всецело удовлетворит запросы стройиндустрии региона. Наличие сети железных и автомобильных дорог позволит производить вывоз нерудного сырья за пределы региона.

Литература

1. Коломиец В.Л., Шатковская Л.В. Строительные материалы Муйской системы впадин (восточная зона Бурятского участка БАМа) // Байкало-Амурская магистраль на территории Бурятии: история строительства, ее роль в хозяйственном освоении региона. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1999. – С. 161-172.

УГЛЕВОДОРОДЫ-БИОМАРКЕРЫ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ОСАДОЧНЫХ ПОРОД СЕРГЕЕВСКОГО БУРОУГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А.А. Киселева, В.И. Рождествина, А.П. Сорокин

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

Формирование угольных пластов, является длительным многостадийным геологическим процессом. На свойства угля и масштабы его накопления влияют химический состав исходного растительного вещества и геологические условия залегания. Большая часть ископаемой органики, рассеянной в осадочных породах, под воздействием микроорганизмов, температуры и давления утрачивает или существенно изменяет первичное молекулярное строение, но находясь в концентрированном виде, специфическая углеродная структура, которая образуется в живых организмах, сохраняется в органическом веществе (OB) современных и древних осадков. Анализ строения фрагментов макромолекул угля (биометок - хемофоссилий), в значительной степени, определяемых исходным биоматериалом, позволяет установить преобладающие типы угольных фитоценозов, провести реконструкцию палеоклимата, определить палеоэкологические условия накопления OB.

В данном направлении активно ведутся исследования в Сибирском отделении РАН: установлен состав молекул биомаркеров осадочных образований юрского, мелового и палеогенового возрастов [1, 2], а также углей различных генетических типов [3].

В рамках данной работы, проведены газохроматографические исследования палеогеновых, нижне- и среднемиоценовых углей и вмещающих пород Сергеевского буроугольного месторождения. Опробование выполнено по четырем отдельным разрезам от кровли пласта к его почве с шагом 0.5 м (табл.) в точках искусственного и естественного выхода угольных пластов на дневную поверхность.

Исследования молекулярного состава OB углей и вмещающих пород проводились хроматографическим методом на газовом хроматографе Agilent 6890 N. Подготовка образцов заключалась в следующем: растворимое органическое вещество (битумоид) экстрагировали из угля хлороформом в ультразвуковой ванне в течении 30 минут ($t = 30^{\circ}\text{C}$), выделение насыщенных углеводородов осуществляли методом жидкостно-адсорбционной хроматографии на колонках с Al_2O_3 (элюент – гексан). На основе данных газохроматографического анализа н-алканов и изопреноидных соединений (в частности пристана (Pr) и фитана (Ph)) рассчитаны геохимические параметры происхождения и зрелости OB [4, 5].

Во всех исследуемых пробах – в углях и вмещающих породах, обнаружены н-алканы и вещества изопреноидной структуры: пристан и фитан. Суммарная концентрация алканов представлена в таблице. Пески кровли и глины почвы пластов содержат рассеянное органическое вещество в незначительных количествах.

Общий вид хроматограмм исследуемых образцов в большинстве случаев схож (рис. 1). Распределение н-алканов в данных образцах преимущественно бимодальное, что свидетельствует о континентальном происхождении углей [4]. Максимум приходится на гептадекан $\text{C}_{17}\text{H}_{36}$, основным биологическим источником которого являются цианобактерии и водоросли [4], и на область нечетных высокомолекулярных н-алканов, источником образования которых являются высшие растения [4]. Почти на всех хроматограммах наблюдается очень высокое содержание $\text{C}_{29}\text{H}_{60}$ и $\text{C}_{31}\text{H}_{64}$ по сравнению с остальными алканами – эта зависимость характерна для болотных растений.

На всех хроматограммах преобладают н-алканы с нечетным количеством атомов углерода, индекс Нечет/Чет от 1.45 до 3.05, что свидетельствует о невысокой степени «зрелости» (углефикации) ископаемого органического вещества [4]. Высокие значения CPI от 2.42 до 4.79 для углей Сергеевского месторождения указывают на существенный вклад высших растений в процесс углеобразования [4].

Таблица

№№ скважины	Маркировка образца	Глубина, м	Характеристика проб	Содержание органического углерода, %	Содержание алканов		
					Суммарное, мкг/мл	четные, %	нечетные, %
1	C1/6	0,0-0,5	Кровля (пески)	4.37	30.7	31.7	68.3
	C1/5	0,5-1,0	Пески	1.68	43.47	30.6	69.4
	C1/4	1,0-1,5	Угли	49.15	394.51	24.7	75.3
	C1/3	1,5-2,0	Угли	22.32	238.35	27.9	72.1
	C1/2	2,0-2,5	Глины с угольными включениями	7.16	75.04	35.2	64.8
	C1/1	2,5-3,0	Почва (глины)	3.96	41.32	33.6	66.7
	C1/0	3,0-3,5	Пески с глинами с угольными включениями	13.78	137.69	28.2	71.8
2	C2/4	0,0-0,5	Кровля (пески)	2.02	10.41	36.4	63.6
	C2/3	0,5-1,0	Угли	35.80	259.24	28.1	71.9
	C2/2	1,0-1,5	Угли	26.44	176.24	26.7	73.3
	C2/1	1,5-2,0	Угли	30.38	89.01	26.5	73.5
3	C3/6	0,0-0,5	Кровля (пески)	0.12	2.59	50.4	49.6
	C3/5	0,5-1,0	Пески с угольными включениями	8.24	59.69	30.7	69.3
	C3/4	1,0-1,5	Угли	25.24	170.25	27.0	73.0
	C3/3	1,5-2,0	Угли	50.31	133.47	34.2	65.8
	C3/2	2,0-2,5	Угли	24.17	327.02	31.7	68.3
	C3/1	2,5-3,0	Почва (глины)	2.65	49.14	38.1	61.9
4	C4/4	0,0-0,5	Кровля (пески)	4.47	12.38	40.7	59.3
	C4/3	0,5-1,0	Угли	46.09	108.37	38.8	61.2
	C4/2	1,0-1,5	Угли	53.84	74.43	25.5	74.5
	C4/1	1,5-2,0	Почва (глины)	2.58	38.91	31.6	68.4

Одним из важных геохимических параметров является зависимость пристан/фитан (Pr/Ph). Большая часть образцов характеризуется преобладанием пристана над фитаном ($\text{Pr}/\text{Ph} > 1$) [4, 5]. Такие значения данного показателя свидетельствуют о континентальном генезисе ОВ и преимущественном вкладе высших растений в процесс углеобразования [4, 5]. Почти все образцы скважины №2 попадают в зону преобладания фитана над пристаном ($\text{Pr}/\text{Ph} < 1$), это характерно для органического вещества с большим вкладом водорослей в процесс углеобразования. Присутствуют образцы и смешанного происхождения - C1/1, C1/6, C4/1 и C4/4 ($\text{Pr}/\text{Ph} = 1$) (рис. 2).

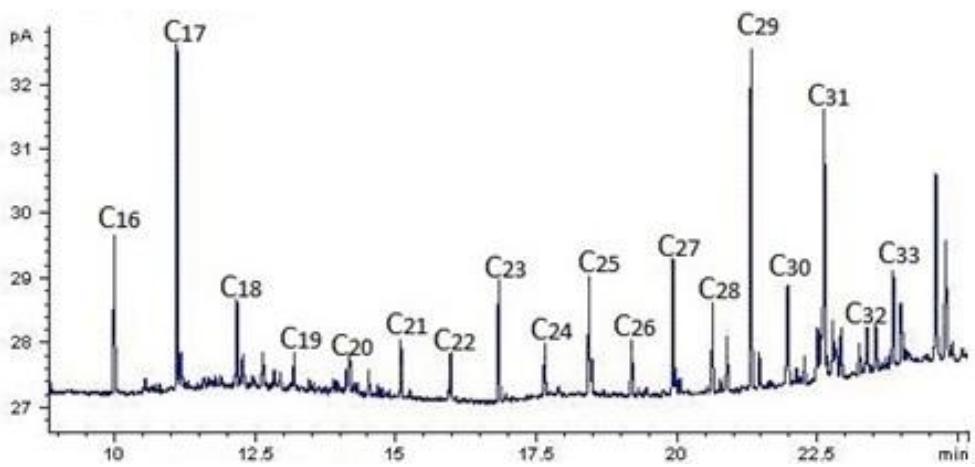


Рис. 1. Типичная хроматограмма Сергеевского угля

Соотношение пристана и фитана и ближайших к ним н-алканов – гептадекана ($\text{C}_{17}\text{H}_{36}$) и октадекана ($\text{C}_{18}\text{H}_{38}$) используется для установления генезиса органического вещества. Зависимость $\text{Pr}/\text{C}_{17}\text{H}_{36}$ от $\text{Ph}/\text{C}_{18}\text{H}_{38}$ называется зависимостью Коннана-Кассоу (рис. 3).

Установлено, что все исследуемые образцы имеют сапропелевую составляющую исходного органического вещества, что связано с переодическими затоплениями территории, образованием мелководных, хорошо прогреваемых водоемов, обеспечивающих условия для быстрого развития водорослей.

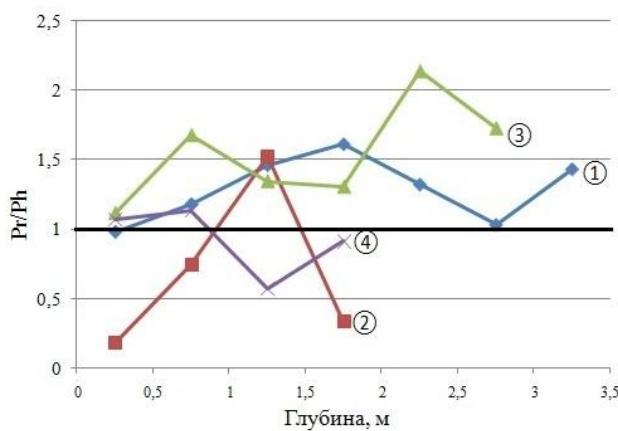


Рис. 2. Диаграмма зависимости Pr/Ph в угольных слоях Сергеевского месторождения

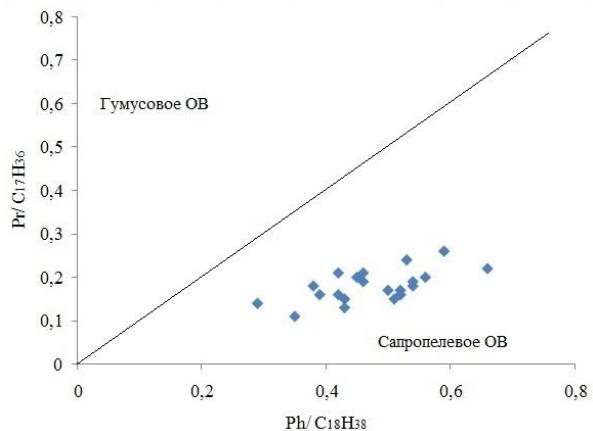


Рис. 3. Диаграмма зависимости между показателями $\text{Pr}/\text{C}_{17}\text{H}_{36}$ и $\text{Ph}/\text{C}_{18}\text{H}_{38}$ образцов Сергеевского буроугольного месторождения

Мягкие бурые угли Сергеевского месторождения относятся к группе 1Б. Угли низкокалорийные, высоковлажные и высокозольные. Они характеризуются повышенными содержаниями азота (0.8 %), кислорода (26.6 %), высоким выходом летучих компонентов и низкой теплотой сгорания (7.5–8.8 МДж/кг) [6]. На основе результатов полного анализа углей авторы [7] предполагают, что некоторые образцы угля Сергеевского месторождения относятся к типу II керогена, указывая на сильное сродство с водорослями.

Выходы:

Генезис Сергеевского угольного месторождения континентальный. Накопление органического вещества проходило в существенно изменяющихся условиях при участии высших растений (древесных и травянистых) и водорослей.

Анализ изменения геохимических показателей, полученных при обработке хроматографических данных, свидетельствует, что процесс накопления угленосных пород в точке отбора проб 1-й скважины проходил при доминирующем участии высших (древесных) растений ($\text{Pr}/\text{Ph} > 1$) и двукратном цикле преобладания травянистых растений, что, вероятно обусловлено периодическим заболачиванием территории ($\text{Pr}/\text{Ph} \approx 1$).

Начало формирования угленосных пород в точке отбора проб 2-й скважины проходило в условиях небольших мелководных озер, при активном участии водорослей ($\text{Pr}/\text{Ph} < 1$), угли средней части являются аллохтонными, их генезис связан с поступлением и накоплением древесного материала, вероятно, принесенного паводком или наводнением. Дальнейшее понижение показателя Pr/Ph в верхней части разреза указывает на длительное затопление территории.

Угленосные породы 3-й скважины в основном генетически обусловлены процессом накопления высших растений, преимущественно травянистых ($\text{Pr}/\text{Ph} > 1$), с увеличенной долей древесных компонентов на начальном этапе накопления ($\text{Pr}/\text{Ph} \gg 1$) и заболачиванием на конечной стадии ($\text{Pr}/\text{Ph} \approx 1$).

Формирование угленосных пород в точке отбора проб 4-й скважины также имеет циклический характер, что связано с процессами осушения и затопление болот. Рассеянное органическое вещество глин почвы пласта имеет смешанный генезис ($\text{Pr}/\text{Ph} \approx 1$), вероятно это связано с началом формирования торфяного болота. Выше по разрезу наблюдается существенное увеличение водорослевой составляющей ($\text{Pr}/\text{Ph} < 1$), которая сменяется

увеличением доли травянистых растений (Pr/Ph немного >1) и в кровле пласта органическое вещество вновь имеет смешанный генетический тип ($\text{Pr}/\text{Ph} \approx 1$).

Таким образом, проведенное исследование позволяет предположить, что формирование углей Сергеевского месторождения происходило преимущественно в условиях небольших мелководных озер, периодически затапляемых болотно-луговых территорий, в которых активно развивались водоросли и травянистые растения. Накопление органического вещества древесных растений, вероятно связано с паводками и периодическими пожарами.

*Исследования выполнены при поддержке Президиума РАН и Президиума ДВО РАН
(проект 12-І-П27-03)*

Литература

1. Гончаров И.В. Геохимия нефтеей Западной Сибири. М.: Недра, 1987. 181 с.
2. Каширцев В.А., Конторович А.Э., Москвин В.И., Кучкина А.Ю., Ким В.Е. Углеводороды-биомаркеры в органическом веществе палеогеновых отложений юга Западной Сибири // Нефтехимия. 2008. Том 48. № 4. С. 271-276.
3. Каширцев В.А., Москвин В.И., Фомин А.Н., Чалая О.Н. Терпановые и стерановые углеводороды в углях различных генетических типов Сибири // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 4. С. 516-524.
4. Шляхов А.Ф. Газовая хроматография в органической геохимии. М.: Недра, 1984. 221 с.
5. Былинкин Г.П. Информативность генетического показателя пристан/фитан // Геология нефти и газа. 1987. № 8. С. 59-62.
6. Сорокин А.П., Савченко И.Ф., Межаков В. З., Артеменко Т.В. Инновационно-технологические разработки эффективного использования низкокалорийных бурых углей Западного Приамурья // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2012. № 4. С. 165-171.
7. Crosdale P.J., Sorokin A.P., Woolfe K.J., Macdonald D.I. M. Inertinite-rich Tertiary coals from the Zeya-Bureya Basin, Far Eastern Russia // International journal of coal geology. 2002. Vol. 51. № 4. pp. 215-235.

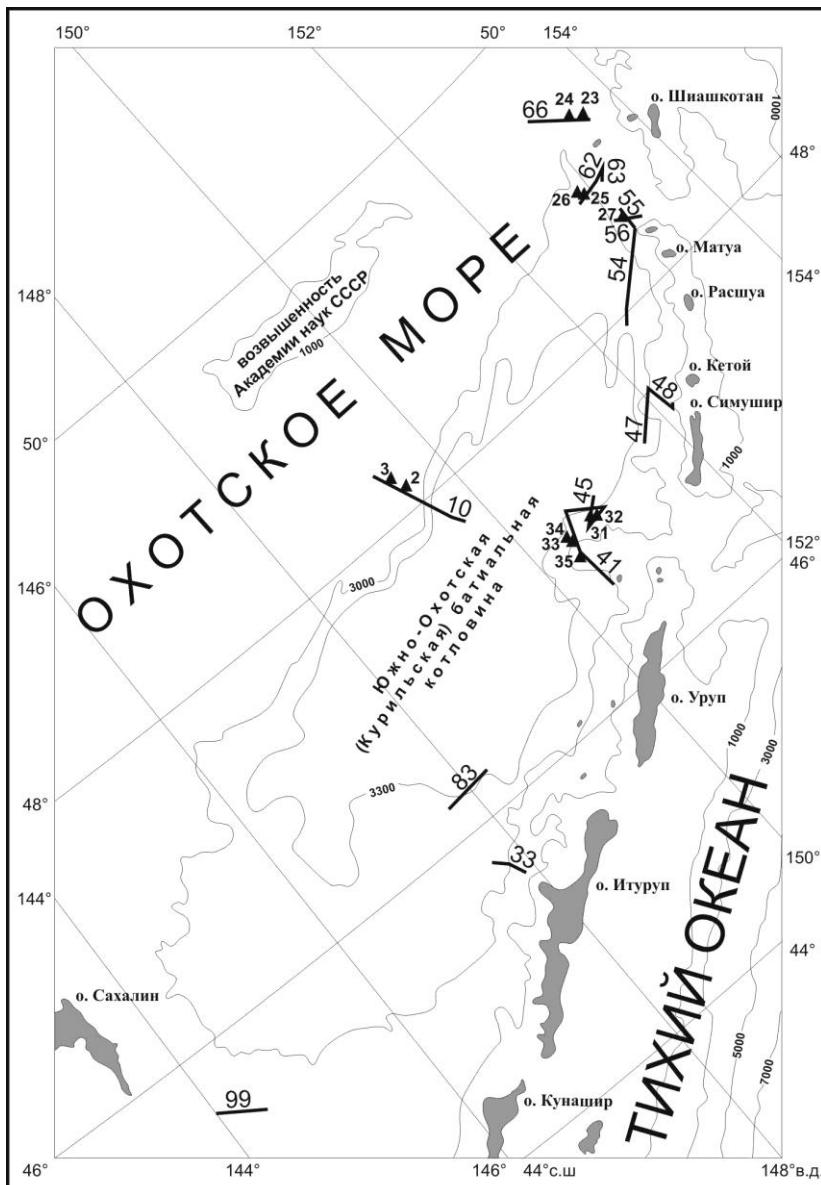
ПЕРВЫЕ ОХОТСКИЕ ЛАККОЛИТЫ НА ПРОФИЛЯХ НСП

В.Л. Ломтев

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск

Лакколиты (субвулканы) широко известны в континентальной геологии, имеют несколько определений и связаны с внедрением жидкой магмы в осадочный чехол, в котором формируют антиклинальные (купольные) структуры [5]. Однако в геологическом строении дна Охотского моря и Мирового океана до сих пор не описывались [2-5, 7 и др.]. Сходные купольные структуры традиционно рассматривались исследователями как подводные вулканы, реже – как

экструзивные купола или магматические диапирсы [3, 4, 7]. В Охотском море лакколиты впервые обнаружены при повторной интерпретации временных разрезов (профилей) НСП МОВ (непрерывное сейсмическое профилирование методом отраженных волн), полученных в 21 рейсе НИС «Пегас»-1980 (см. другой доклад автора в наст. сб.). В частности они выделены на профилях 62, 63 и 66 к югу и северу от о. Чиринкотан (рис. 1, 2). Так, лакколит на профиле 62 представляет собой небольшой погребенный купол между пикетами 0-10 км с вершиной на глубине 4,6 с. Его плоскую подошву на уровне ~5,2 с маркируют непротяженные отражения в верхней, контрастной толще кайнозойского чехла (см. профиль 83 в другом докладе автора в наст. сб.; [5]). Тело лакколита выделяется по сложному волновому полю с микродифракциями и подъемом вмещающих отложений. Т.о., по своему строению он близок лакколиту по определению А.М.



Даминовой, имеющего «...плоское основание и куполообразные структуры» [5]. С учетом возраста вмещающих осадков этот лакколит возник видимо в позднем плейстоцене-голоцене.

Рис. 1. Батиметрическая карта юго-востока Охотского моря с положением профилей НСП и станций драгирования (черные треугольники) 21 рейса НИС «Пегас»-1980 [4]. Изобаты в метрах.

Гораздо более крупный лакколит или возможно их группа (куст) формирует левую и возможно правую вершины почти погребенной под осадками средне-позднемиоценовой конической горы на профилях НСП 62, 63 (рис. 1, 2). Ее экструзивную (магматический диапир) природу подчеркивают склоновый чехол, угловое несогласие в его кровле и субвертикальная

полупрозрачная зона под правой вершиной. Таким образом, в строении этого двухвершинного купола помимо внедрения вязкой магмы можно предполагать и инъекции жидкой магмы в кайнозойский чехол. Признаками последней являются контрастный осадочный разрез с непротяженными субгоризонтальными и наклонными отражающими площадками под двухкупольной вершиной этой горы.

Погребенный лакколит шириной 4 км обнаружен на профиле НСП 66 на вершине антиклиниория Хельквиста (по И.К. Туезову) близ подошвы кайнозойского чехла. Внедрение жидкой магмы привело к появлению здесь выпуклого изгиба осадочных слоев, почти достигающего дна (рис. 1, 2). Более крупный лакколит виден на этом же профиле в 40 км к северо-западу от описанного (см. рис. 4 в [3]). Он находится на глубине 2 км под дном в смежном прогибе с мощным (~3 км) чехлом контрастных (верхняя толща) и полупрозрачных (нижняя толща) кайнозойских отложений.

Один из наиболее сложных для интерпретации конических холмов высотой ~1 км можно видеть на профиле 33 близ подножия охотской окраины о. Итуруп с молодым подошвенным надвигом (асимметричный вал в сползающем кайнозойском осадочном чехле или складка бортового отпора; рис. 1, 3). В структуре холма выделим усеченную и довольно неровную вершину неясного генезиса, прозрачную зону на глубине 4-6 с, несколько смещенную к подножию охотского склона, отсутствие склонового чехла, связанного с внедрением вязкой магмы. Прозрачность разреза помимо стратиграфии (нижняя толща кайнозойского чехла) и дефокусировки волн видимо связана с углеводородными газами (газовое окно) или парогидротермами в окрестности горячей интрузии. Таким образом, данный холм предварительно можно считать крупным, молодым лакколитом или их кустом.

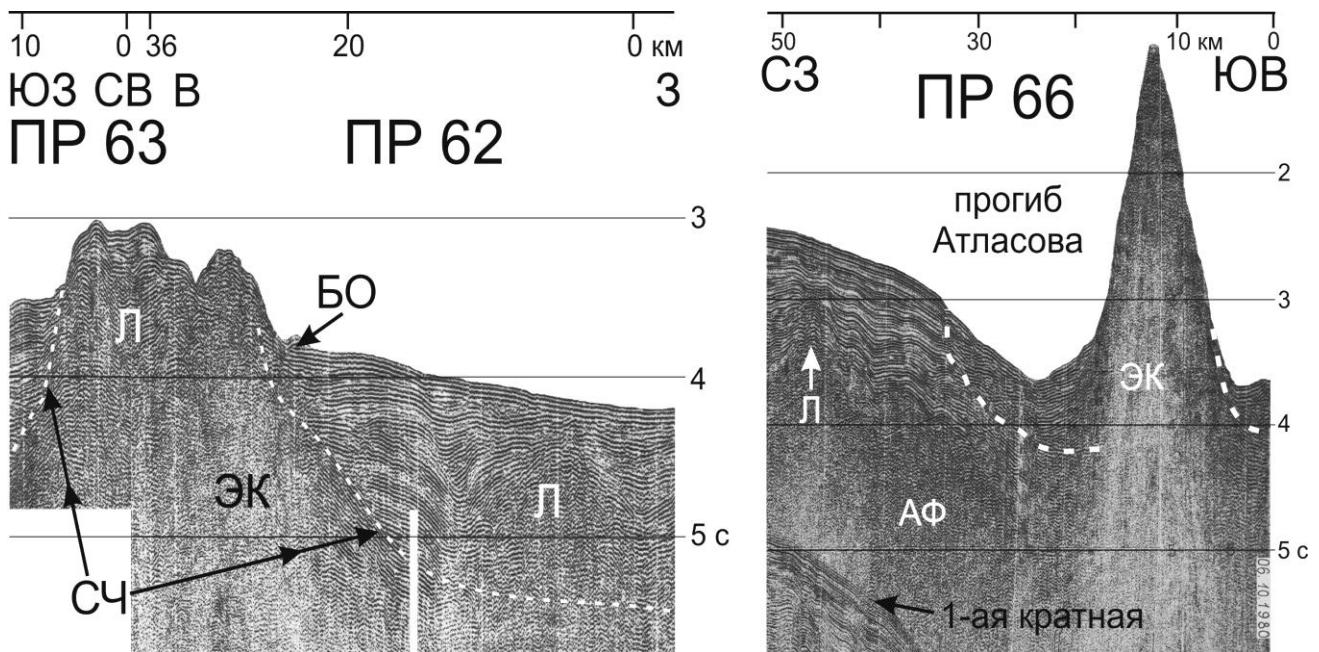


Рис. 2. Профили НСП 62, 63 и 66 через лакколиты (Л) и один из конусов двойной, экструзивной горы в прогибе Атласова: ЭК – экструзивный купол, СЧ – склоновый чехол, БО – боковое отражение, АФ – акустический фундамент. Вертикальный масштаб в секундах двойного пробега, горизонтальный масштаб – в километрах здесь и на рис. 3. Положение профилей на рис. 1.

Для детального изучения строения и географии охотских лакколитов необходима повторная интерпретация полученных ранее данных НСП и МОГТ, особенно в тех случаях, где наблюдаются признаки внедрения в чехол как жидкой, так и вязкой магмы.

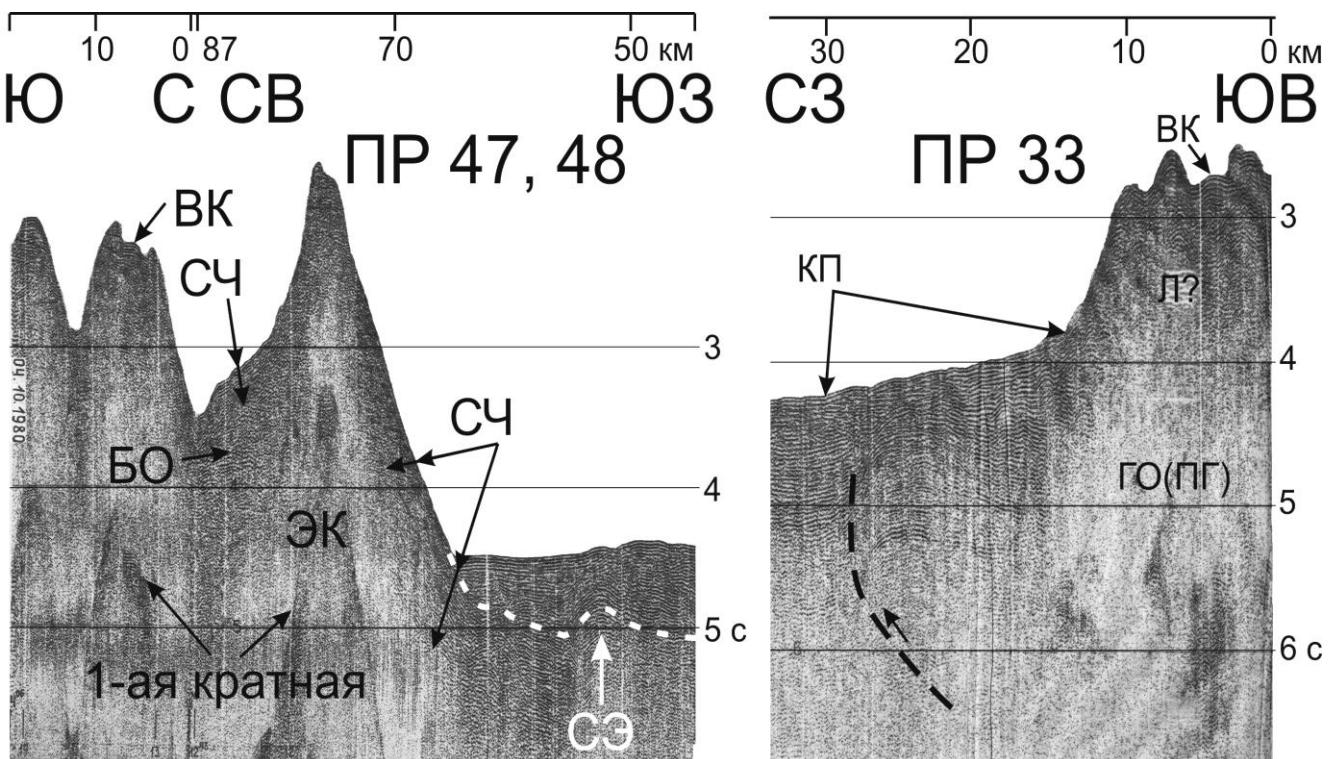


Рис. 3. Профили НСП 47, 48 и 33 через край горного массива (слева) и одиночный лакколит (справа): **ВК** – вершинный кратер, **СЭ** – слепая экструзия, **ГО(ПГ)** – газовое окно или парогидротермы, **КП** – континентальное подножие. Пунктир со стрелкой – подошвенный надвиг и смещение по нему; другие обозначения на рис. 2. Положение профилей см. в [4] и на рис. 1.

Последние также можно видеть на профилях 47, 48 близ о. Симушир, пересекших край горного массива у подножия охотской окраины (рис. 1, 3). Массив образован группой (кустом) конических гор и холмов. На профиле 47 выделим молодую (голоцен?), возможно еще растущую слепую экструзию вязкой магмы, а также заметное различие в высоте внешнего склона массива и конической горы у его края в сравнении с высотой внутренних конусов (холмы) массива. Диаметр основания этой горы достигает 23 км при высоте 2 км и крутизне внешнего склона ~11°. У подошвы горы склоновый чехол драпирован придонными контрастными осадками мощностью ~0,5 км, залегающими субгоризонтально и с угловым несогласием в подошве. Гора имеет контрастную, возможно абрадированную, вершину и гладкие, разнонаклонные, склоны (осадочная шапка экструзивного купола). Конические холмы также имеют контрастные вершины и гладкие склоны (осадочные шапки экструзивных куполов). Вершинный кратер на одном из них видимо связан с провалом или сползанием осадков в смежную депрессию, поскольку в окрестности холма нет признаков лавовых потоков или выбросов пирокластики, как близ кальдеры Львиная Пасть (о. Итуруп [1, 5]).

Итак, в геологическом строении описанных батиальных куполов в прикурильской части Охотского моря на профилях НСП МОВ выявлены признаки молодых инъекций жидкой магмы в кайнозойский осадочный чехол, с которыми вероятно связано формирование куполовидных структур подобных лакколитам (субвулканы), хорошо известных в континентальной геологии. Для их более обстоятельного изучения, включая возможную взаимосвязь с экструзивными куполами (магматическими диапирами – см. также другой доклад автора в наст. сб.) более вязкой магмы, необходим повторный анализ отработанных ранее сейсмопрофилей НСП и МОГТ.

Автор благодарен к.г.-м.н. В.Н. Патрикееву за обсуждение особенностей волновых полей охотских лакколитов на временных разрезах НСП МОВ, а М.Г. Гуринову (оба ИМГиГ) – за компьютерную подготовку графики настоящего сообщения.

Литература

1. Бондаренко В.И. Сейсмоакустические исследования кальдеры Львиная Пасть // Вулканология и сейсмология. 1991. № 4. С. 44–53.
2. Емельянова Т.А. Вулканизм Охотского моря. – Владивосток: Дальнаука, 2004. – 147 с.
3. Корнев О.С., Неверов Ю.Л., Остапенко В.Ф. и др. Результаты геологического драгирования в Охотском море на НИС «Пегас» (21-й рейс) // Геологическое строение Охотоморского региона. Владивосток: ДВНИЦ АН СССР. 1982. С. 36–51.
4. Красный М.Л., Неверов Ю.Л., Корнев О.С. и др. Геологическое строение фундамента обрамления Охотоморской котловины по результатам 21-го рейса НИС «Пегас» (препринт). – Южно-Сахалинск: СахКНИИ ДВНИЦ АН СССР, 1981. – 20 с.
5. Ломтев В.Л., Гуринов М.Г. Экструзии (плюмы) охотской окраины Курильской дуги близ кальдеры Львиная Пасть (о-в Итуруп) // Литосфера. 2008. № 1. С. 124–132.
6. Формы геологических тел (терминологический справочник). – М.: Недра, 1977. – 246 с.
7. Хосино М. Морская геология. – М.: Недра, 1986. – 432 с.

К СТРОЕНИЮ БАТИАЛЬНЫХ КОНУСОВ НА ЮГО-ВОСТОКЕ ОХОТСКОГО МОРЯ (ПО ДАННЫМ НСП)

В.Л. Ломтев

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск

Строение батиальных конусов на юго-востоке Охотского моря и, в основном, на охотской окраине Курильской островной дуги и в смежной Южно-Охотской (Курильской) котловине, изучается с 50-70-х годов прошлого века [1-3, 5, 6, 9-11]. Традиционно их называют коническими или конусовидными горами или холмами, если их высота менее 1 км [8]. Некоторые горы получили собственные имена, другие – цифровые. Они бывают одиночные и многовершинные, формируют цепочки и горные массивы, частью погребенные. Их считают молодыми, подводными, реже затопленными в квартере островными вулканами, т.е. аккумулятивными, лаво-шлаковыми постройками. Однако при этом слабо привлекались данные НСП МОВ, известные своей геологической информативностью [5]. Восполняя этот пробел ниже представлены профили (ПР) НСП 21 рейса НИС «Пегас»-1980 с интерпретацией. НСП проводилось на частотах 80-100 Гц и 5-7-узловом ходу, сеть профилей неупорядочена, т. к. была ориентирована на картирование выходов акустического фундамента для их последующего драгирования [2, 3].

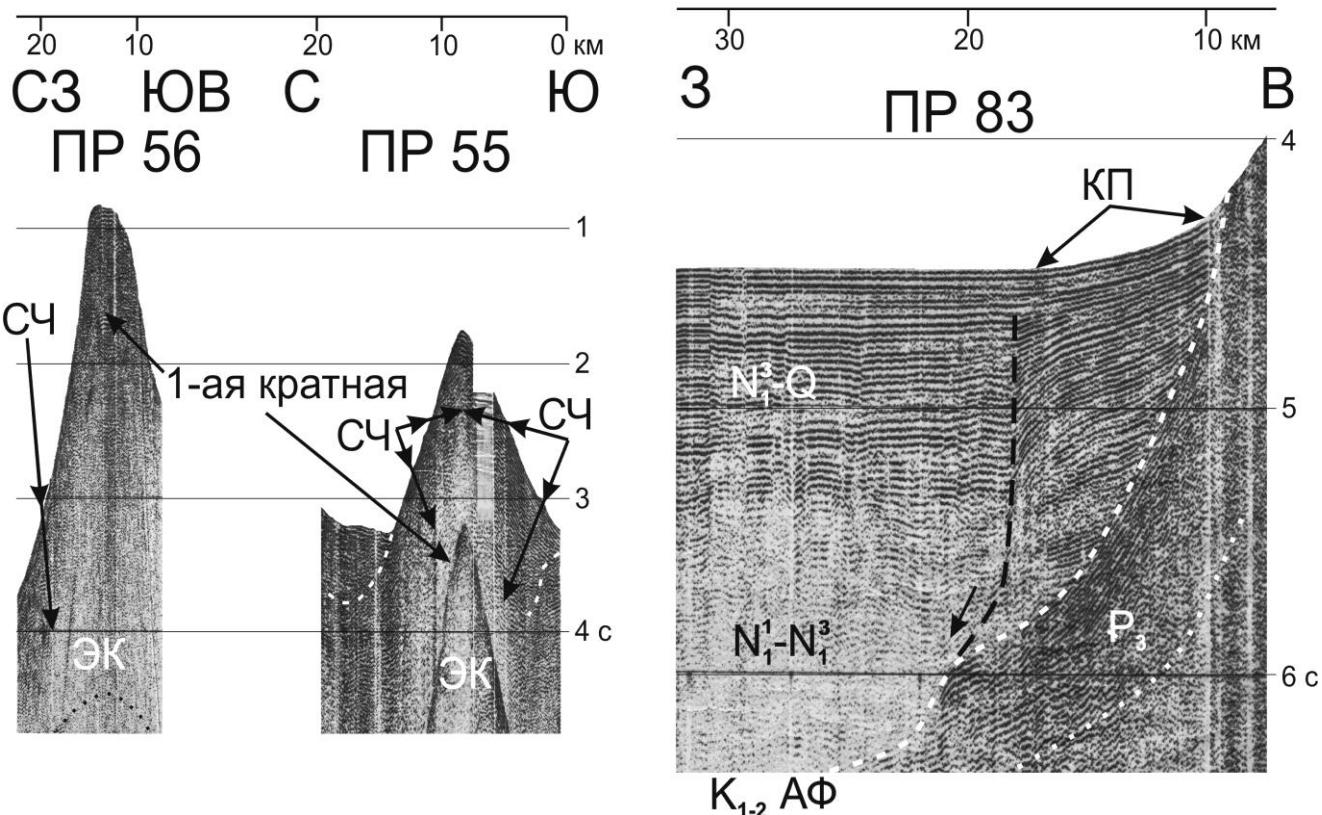


Рис. 1. Профили НСП 55, 56 и 83 через экструзивные купола (ЭК) с осадочными шапками и стратиграфией кайнозойского чехла и кровли акустического фундамента Южно-Охотской котловины (АФ): СЧ – склоновый чехол, КП – континентальное подножие, пунктир – поверхность несогласия, точки – кровля ядра прорыва, пунктир со стрелкой – сброс и направление смещения по нему здесь и на рис. 2. Вертикальный масштаб здесь и на рис. 2, 3 в секундах двойного пробега, горизонтальный – в км. Положение профилей см. в [3] и на рис. 1 в другом докладе автора.

Профили 55,56,83 (рис. 1). Один из лучших примеров дает профиль 55 близ о. Райкоке с небольшой (~1 км) горой без вершинного кратера. Она имеет гладкие (~10°) склоны, сложенные тонкослоистыми осадками верхней, контрастной толщи кайнозойского чехла Южно-Охотской котловины мощностью 1-1,5 с, залегающими параллельно дну (склоновый

чехол). С глубиной и без видимого стратиграфического контакта их замещают прозрачные осадки нижней толщи чехла (см. профиль 83). Таким образом, эта гора суть молодой экструзивный купол с осадочной шапкой, связанный с внедрением вязкой магмы в подошву чехла и его последующим подъемом. Следовательно, скважина глубиной 1-2 км на ее вершине вскроет только осадки кайнозоя, а при драгировании весь поднятый обломочный материал окажется аллохтонным (ледовый разнос). Особо выделим гладкость горных склонов как надежный признак осадочных шапок батиальных экструзивных куполов в сравнении с шероховатыми склонами вулканических построек [1, 7]. Несогласия в основании данной горы связаны с бортом палеодепрессии, частью инверсированной (справа), или представляют собой обычное налегание осадков на палеорельеф (слева).

Гора на профиле 56 одна из самых высоких (>2,3 км). Она имеет форму стратовулкана с гладкими склонами, сложенными тонкослоистыми контрастными осадками верхней толщи мощностью ~1 с (склоновый чехол), но без вершинного кратера. Ее уплощенная вершина диаметром 2 км видимо абрадирована (бенч гайота). Таким образом, эта гора является также молодым экструзивным куполом с мощной осадочной шапкой, связанным с внедрением вязкой магмы в чехол, точнее его подошву. Последнее связано с тем, что кровля ядра протыкания, маркируемая слабоконтрастными прерывистыми отражениями, намечается на пикете 17 км на времени 4,7 с, или 2,5 с под дном, что примерно равно мощности кайнозойского чехла в Южно-Охотской котловине [1, 5, 10].

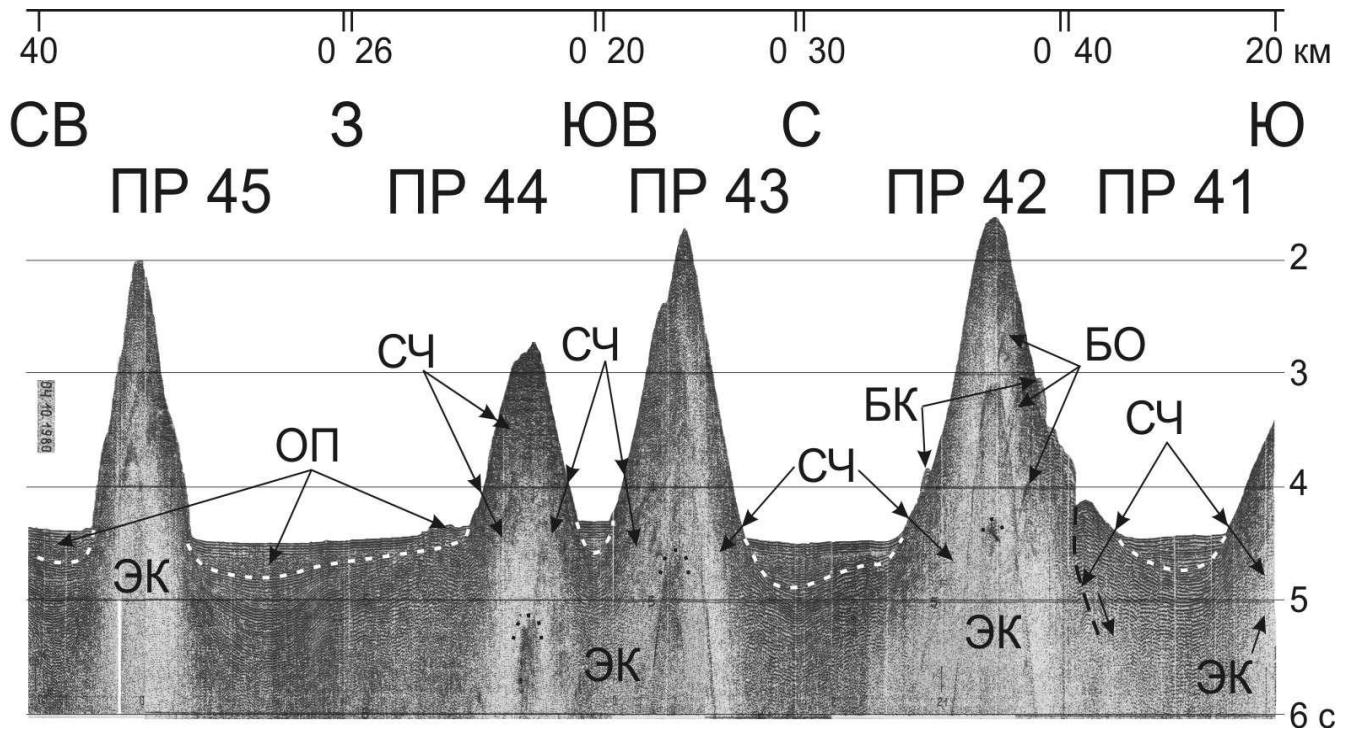


Рис. 2. Профили НСП 41-45: **БК** – боковые конусы, **БО** – боковые отражения, **ОП** – оползень у подошвы горы справа и оползни-потоки; другие обозначения см. на рис. 2. Положение профилей в [3] и на рис. 1 в другом докладе автора в наст. сб.

Профили 41-45 (рис. 2). Данные профили НСП пересекли цепь одиночных гор и одной двойной к северу от о. Броутона. Их высота превышает 1-2, диаметр основания 15-30 км при крутизне склонов ~15°. Ключевым элементом строения являются склоновые чехлы, непрерывно прослеженные через седловины. Здесь их кровля является поверхностью углового несогласия в подошве линз контрастных осадков мощностью 0,2-0,4 км, залегающих горизонтально. Последнее фиксирует прекращение роста гор (палеорельеф). Склоновые чехлы прослежены до их вершин в виде расслоенных параллельно гладкому дну осадков в нижней и средней частях склона и хаотично расслоенного контрастного чехла в привершинной части. Таким образом,

эти горы суть молодые экструзивные купола с осадочными шапками, связанные с внедрением вязкой магмы в подошву чехла. Последний слагает склоны гор без изменения мощности и даже с сохранением числа фаз. Однако на временном разрезе он выглядит более тонкослоистым, что создает впечатление об ином характере его расслоенности и мощности. Такое различие возникает из-за особенностей распространения волн в горизонтально и наклонно слоистых средах и их регистрации на временных разрезах. Так, в этих средах приемными устройствами регистрируются отраженные волны, распространяющиеся перпендикулярно границам, а времена их прихода на временных разрезах откладываются по вертикали. В связи с этим на временных разрезах НСП происходит смещение границ наклонных пластов относительно горизонтальных вверх и вниз по падению. Такое смещение наклонных границ называют сейсмическим сносом. Но кроме этого возникает сжатие пачки наклонных пластов на величину $\delta t = 2H(1-\cos\alpha)/V$, где H – мощность пачки, α – угол падения пластов, V – пластовая скорость (по В.Н. Патрикееву). На это сжатие наклонных пластов интерпретаторы обычно не обращали внимание, хотя оно приводит к изменению характера слоистости, а при значительных углах падения – и к полной потере фазовой корреляции даже плоскослоистой толщи.

Утонение в 1,5-2 раза слоев верхней толщи, залегающих под поверхностью несогласия, в направлении горы на профиле 45 фиксирует конседиментационный режим внедрения вязкой магмы в подошву кайнозойского чехла. Глубина залегания кровли ядра прорыва и здесь превышает 1-2 км, кроме южной горы с несколькими боковыми, вероятно экструзивными, конусами. На профиле 41 в прозрачном разрезе под ее вершиной на уровне 4,3 с выделяется локальное контрастное пятно, видимо намечающее кровлю ядра прорыва.

Итак, по данным НСП 21 рейса «Пегас»-1980 батиальные конусы региона в основном являются экструзивными куполами или магматическими диапирами с мощными (>1-2 км) осадочными шапками, связанными с внедрением вязкой магмы в подошву кайнозойского осадочного чехла и его последующим подъемом (см. также другой доклад автора в наст. сб.). Независимо этот вывод поддерживают данные геотермии (О.В. Веселов, личн. сообщение, 2012), согласно которым на подводных горах охотской окраины термоградиентометры без труда входили на 3-4 м в мягкие донные осадки (осадочные шапки). Измеренный теплопоток оказался высоким, местами аномально высоким (346 и 323 мВт/м²с на хребте Гидрографов мористе о. Итуруп), но с резкими (до 38,5 мВт/м²с там же) перепадами от места к месту [1].

Профиль 99 (рис. 3). Небольшой конический холм высотой 0,2 и поперечником основания 4 км обнаружен на профиле 99 на юго-восточной подводной окраине Сахалина с мощным, частью инверсированным, кайнозойским чехлом Южно-Охотской котловины (см. также профиль НСП 100 в [1]). Холм слагают контрастные осадки со сложным (некоррелируемым) волновым полем. Отчетливые стратиграфические контакты с вмещающими отложениями верхней, контрастной толщи чехла, которые можно было бы предполагать под склонами холма (экзоконтакты экструзии [5]), здесь отсутствуют. Следовательно, последний представляет собой осадочную шапку молодого экструзивного купола (магматического диапира), сложенную контрастными осадками той же верхней толщи. Его экструзивная природа определяется по постседиментационному подъему контрастных осадков, особенно на правом склоне. Вместе с другими погребенными коническими горами в присахалинской части Южно-Охотской котловины [1, 11] этот пример позволяет расширить географию батиального экструзивного вулканизма. В плане данный холм находится близ 300-километровой сейсмоизобаты зоны Беньофа [1], которую считают основным источником магм для курильских, островных и подводных, вулканов [9], включая куполоформирующую вязкую магму [7]. Следовательно, экструзивные батиальные конусы юго-востока Охотского моря и предположительно севера Японского моря можно рассматривать в составе единой вулканической провинции в висячем крыле зоны Беньофа. Если подъем вязких магм происходил со скоростью 1-2 мм/год [4], то их выплавку можно датировать мезопалеозоем, а на севере Японского моря – и вендом. Отсюда следует, что приведенные значения скорости роста магматических диапиров очевидно характерны только для приповерхностных условий (кайнозойский осадочный чехол).

Судя по относительным скоростям роста экструзивных куполов (1-2 мм/год [4]) и/или аккумуляции контрастных осадков верхней толщи кайнозойского чехла (~100-200 м/млн. лет [5]) батиальные экструзивные купола в исследуемом регионе формировались в плиоцен-четвертичное время, хотя иногда встречаются и более древние формы. Так, склоновый чехол предмиоценового купола на профиле 83 (рис. 1) слагают тонкослоистые морские отложения олигоцена, драпирующие субаэральные меловые траппы Охотии [6].

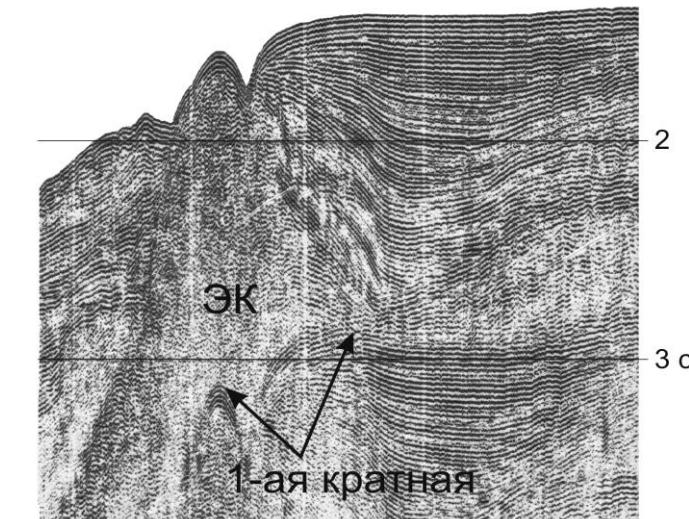
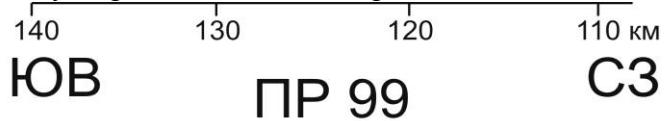


Рис. 3. Фрагмент профиля НСП 99 с небольшим экструзивным холмом на юго-восточной подводной окраине Сахалина. Положение профиля см. в [3] и на рис. 1 в другом докладе автора в наст. сб.

Автор благодарен к.г.-м.н. В.Н. Патрикееву за обсуждение сейсмических аспектов волновых полей батиальных конусов, а М.Г. Гуринову (оба ИМГиГ) – за компьютерную подготовку графики.

Литература

1. Геолого-геофизический атлас Курильской островной системы. Л.: ВСЕГЕИ, 1987. 36 л.
2. Корнев О.С., Неверов Ю.Л., Остапенко В.Ф. и др. Результаты геологического драгирования в Охотском море на НИС «Пегас» (21-й рейс) // Геологическое строение Охотоморского региона. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1982. С. 36–51.
3. Красный М.Л., Неверов Ю.Л., Корнев О.С. и др. Геологическое строение фундамента обрамления Охотоморской котловины по результатам 21-го рейса НИС «Пегас» (препринт). – Южно-Сахалинск: СахКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1981. – 20 с.
4. Кукал Зд. Скорость геологических процессов. – М.: Мир, 1987. – 246 с.
5. Ломтев В.Л. Новые данные о строении юга охотской окраины Курильской дуги // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2010. № 1. С. 74–83.
6. Ломтев В.Л., Жигулов В.В., Патрикеев В.Н., Кочергин Е.В. Охотия // Строение, геодинамика и металлогения Охотского региона и прилегающих частей Северо-Западной Тихоокеанской плиты. Мат-лы межд. науч. симп., 24–28. сент. 2002 г. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2002. Т. 1. С. 224–226.
7. Малеев Е.Ф. Критерии диагностики фаций и генетических типов вулканитов. – М.: Наука, 1975. – 256 с.
8. Менард Г.У. Геология дна Тихого океана. – М.: Мир, 1966. – 273 с.
9. Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги. – М.: Наука, 1992. – 528 с.
10. Строение дна Охотского моря. – М.: Наука, 1981. – 176 с.
11. Туезов И.К. Погребенные и подводные вулканы Курильской глубоководной котловины Охотского моря // ДАН. 1977. Т. 232, № 1. С. 198–200.

ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ В УГЛЯХ СЕРГЕЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Н.Ю. Леусова, В.И. Рождествина, А.П. Сорокин, А.А. Киселева

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

Сергеевское буроугольное месторождение относится к платформенному типу и расположено на западном борту одноименного погружения Зейско-Буреинской впадины. В соответствии с данными [1] в геологическом строении месторождения участвует осадочно-вулканогенный комплекс пород мелового, палеоген-неогенового и четвертичного возрастов. В границах Сергеевского месторождения углеобразованию способствовало быстрое заполнение долин водотоков рыхлым материалом в условиях широкого развития осадков руслово-пойменного и озерно-болотного комплексов фаций. Формирование этих осадков сопровождалось слабым погружением днищ пенепленизованных палеодолин, соизмеримых со скоростью роста торфяников, а также пышной древесной растительностью с преобладанием лесов широколиственных умеренно теплолюбивых растений с участием хвойных и богатым подлеском. Угли сформировались в обводненных слабопроточных пойменных болотах в условиях кислой среды. При таких условиях накопления предполагают развитие водорослевого комплекса, который может служить индикатором изменения палеоклимата.

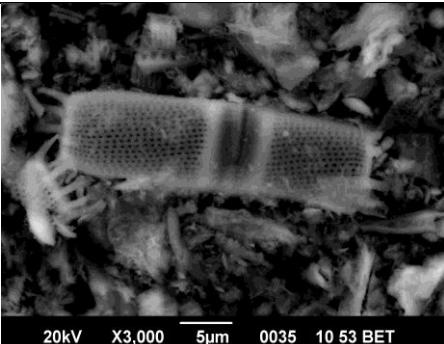
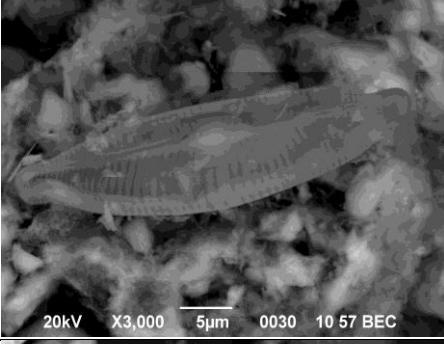
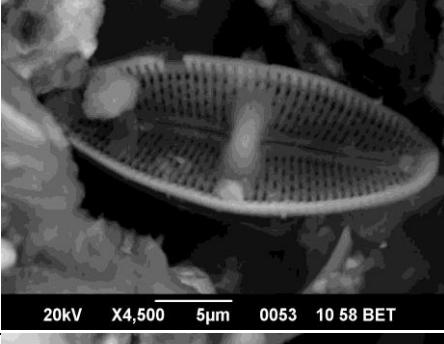
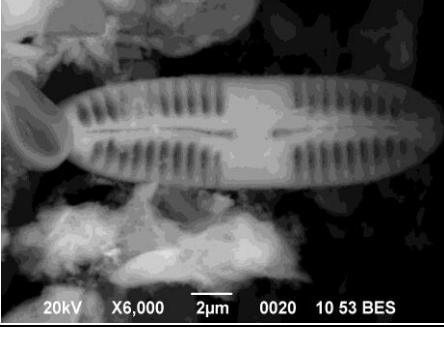
Как показывают исследования [2], межледниковые эпохи отмечаются обогащением осадков кремнистыми скелетами диатомовых водорослей, что свидетельствует о глобальных масштабах климатических изменений. Периоды образования диатомовых илов — это периоды очень интенсивной поставки питательных солей с водосбора. Основным источником растворенного кремнезема в континентальных водоемах является поверхностный сток [3]. Накопление диатомовых илов особенноично для озер. По данным А. П. Жузе, «максимум содержания диатомей в осадках характеризует время климатического оптимума» [4]. При химическом выветривании вместе с натрием и кальцием поступает на пути миграции растворенный кремнезем [5, 6]. Повышение температуры и влажности способствует интенсификации процессов выветривания и, соответственно, поступлению питательных веществ в озерный бассейн. Вместе с тем, важную роль в накоплении осадков диатомовых водорослей играют так же уменьшение мутности вод и увеличение сроков вегетации в теплые периоды [7].

Электронно-микроскопические исследования тонкого строения угля показали присутствие значительного количества створок диатомей, реже отмечались цисты золотистых водорослей, органическое вещество углей нередко сохраняет микростроение травянистых растений. Кроме исходных углей исследовалась зора, так как скелеты диатомовых водорослей даже при высоких температурах сохраняют свою структуру, практически не претерпевая оплавления.

Изучение тонкого строения углей проведено методами оптической и электронной микроскопии по полированым аншлифам, а также диспергированным углем, нанесенным на предметные столики для наблюдения в электронном микроскопе. Исследования выполнены на растровом электронном микроскопе JEOL JSM-6390LV с аналитической системой микроанализа Oxford INCA Energy 350 - Wave (Англия) с дисперсией по энергии и длине волн и на оптическом микроскопе Axio Scope A1 (Zeiss) с цветной цифровой 3-мегапиксельной камерой AxioCam ICc3. Определение и описание диатомовых водорослей выполнено с использованием Атласов определителей «Диатомовый анализ. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей» [8].

Проведенные исследования показали, что большинство кремниевых створок диатомей имеет высокую степень сохранности, не наблюдается следов деструкции и растворения. Господствующее положение в комплексе занимают виды родов: *Melosira*, *Navicula*, *Pinnularia*, *Caloneis*.

Установлены следующие виды диатомовых водорослей, краткие описания и оригинальные микрофотографии которых приведены ниже:

Морфоструктурные характеристики	Описание
	- <i>Melosira italica</i> (Ehr.) Ktz. = <i>Aulacoseira italica</i> (Ehrenberg) Simonsen – Панцирь цилиндрический, 7,8 мкм в дм., 16,2 мкм выс., 18-20 рядов пор в 10 мкм. Пресноводный, широко распространенный вид, ископаемые, ранее описаны в четвертичных отложениях Дальнего Востока (ДВ); 20kV X3,000 5µm 0035 10 53 BET
	- <i>Cyclotella Meneghiniana</i> Ktz. – Панцирь в виде барабана, диаметр створки – 12,8 мкм. Краевая зона створки до половины радиуса с клиновидными одинаково утолщенными ребрами, 8-9/10 мкм; Пресноводно-солоноватый галофильный вид, обитает в стоячих водоемах, сапрофил, сапробионт, широко распространен по всей территории России, Европы, ископаемый вид в четвертичных отложениях ДВ, в послеледниковых отложениях;
	- <i>Navicula laterostrata</i> Hust. – створка ланцетная с оттянутыми концами, дл.-30- 32 мкм, шир. - 10 мкм. Штрихи нежные, радиальные, на середине около 14-15, у концов 20-22 в 10 мкм. Среднее поле округлое. Пресноводный, слегка солоноватоводный вид.
	- <i>Navicula mutica</i> Ktz. - створка ланцетная с тупо-закругленными концами, дл.- 24,4 мкм, шир.- 9,6 мкм. Штрихи радиальные, равномерно грубо-пунктирные, 18-20/10 мкм. Пресноводно-солоноватый вид, встречается в четвертичных отложениях ДВ;
	- <i>Caloneis bacillum</i> (Grun.) Mer - створка удлиненно-эллиптическая, концы широко закруглены, дл. - 20 мкм, шир. - 5,6 мкм. Штрихи слегка радиальные на середине слегка параллельные, 20/10 мкм. Среднее поле простирается до краев створки. Пресноводные, встречается в водоемах и в четвертичных отложениях ДВ;

	<p>- <i>Pinnularia viridis</i> var. <i>fallax</i> C. – Створки узко-эллиптические, концы закругленные, дл. – 67,3 мкм, шир.- 10 мкм. Штрихи почти параллельные, 10/10 мкм. Пресноводные, очень широко распространенные вид и разновидности, ископаемые в третичных отложениях (?) ДВ;</p>
	<p>- <i>Pinnularia viridis</i> - Створки узко-эллиптические, концы закругленные, дл. – 55,6 мкм, шир.- 8,8 мкм. Штрихи почти параллельные, 10/10 мкм. Пресноводные, очень широко распространенные вид и разновидности, ископаемые в третичных отложениях (?) ДВ;</p>
	<p>- <i>Caloneis silicula</i> (Ehr.) var. <i>jenissejensis</i> Grun. – Створки линейные, на середине и у концов слабо расширенные, дл. - 38,5 мкм, шир. - 8,3 мкм. Штрихи слабо радиальные 20/10 мкм. Среднее поле расширено до краев створки. Встречается в водах различного происхождения, установлены в четвертичных отложениях (?) ДВ;</p>
	<p>- <i>Eunotia praerupta</i> var. <i>bidens</i> (W. Sm.) Grun. – Створки почти прямые, дл. - 36,3 мкм, шир. - 11,3 мкм. Отношение длины к ширине равно 3,2:1. Брюшной край почти прямой, спинной сильно выпуклый с небольшой вогнутостью посередине. Штрихи неравномерные, посередине - 10/10 мкм. Широко распространенный пресноводный вид, особенно в северных и горных водоемах, на ДВ обнаружен в миоценовых отложениях, а также нередко в четвертичных отложениях;</p>
	<p>- <i>Comphoneta acuminatum</i> Ehr.var. <i>coronata</i> (Ehr) W. Sm – Створки булавовидные, головной конец широкий, с клиновидно суженной, остро-оттянутой в виде клювика верхушкой, базальный конец сужен, дл. – 44 мкм, шир. – 7 мкм. Штрихи слегка радиальные, 11/10 мкм. Преимущественно пресноводные, литоральные, широко распространенные в водоемах различного типа, установлены в четвертичных отложениях долины р. Амур. (?) (в третичных отложениях ДВ);</p>
	<p>- <i>Meridion circulare</i> var. <i>constricta</i> (Ralfs) V. H. – Створки булавовидные с головчатым верхним (широким) концом, дл. – 40,3 мкм, шир. – 5,5 ммкм. Поперечные ребра грубые, 3 в 10 мкм. Поперечные штрихи тонкие, 12-13/10 мкм. Виды пресноводные, широко распространенные в текущих пресных водоемах, выявлены в четвертичных отложениях ДВ.</p>

Представлены как планктонные (*Cyclotella*, *Aulacoseira*) так и бентосные диатомеи (*Pinnularia*, *Eunotia*). Присутствие видов рода *Navicula*, *Eunotia* свидетельствует об уменьшении проточности водоемов и заболачивании. В данной работе представлена лишь часть видов диатомей, обнаруженных в углях Сергеевского месторождения. В настоящее время ведется расшифровка и обработка полученных экспериментальных данных. Но, и имеющиеся на данный момент результаты свидетельствуют о достаточно широком видовом разнообразии диатомей. Исследований ископаемых водорослей угольных месторождений на территории Амурской области до настоящего времени не проводилось.

Таким образом, формирование углей Сергеевского месторождения происходило преимущественно в условиях небольших мелководных озер, периодически затопляемых болотно-луговых территорий, являющихся жизненной средой, обеспечивающей широкое видовое разнообразие ископаемых диатомовых водорослей.

Литература

1. Угольная база России. Том V. Книга 1. Угольные бассейны и месторождения Дальнего Востока (Хабаровский край, Амурская область, Приморский край, Еврейская АО). – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997. – 371 с.
2. Емельянов Е. М., Лисицын А. П., Тримонис Э. С. и др. Геохимия позднекайнозойских отложений Черного моря. М.: Наука, 1982. 242 с.
3. Лисицын А. П. Основные закономерности распределения современных кремнистых осадков и их связь с климатической зональностью // Геохимия кремнезема. М.: Наука. 1966. С. 90-191.
4. Жузе А. П. Кремнистые осадки в современных и древних озерах // Геохимия кремнезема. М.: Наука. 1966. С. 301-318.
5. Гавшин В. М., Щербов Б. Л., Бобров В. А. и др. Поведение микроэлементов в процессе формирования профиля выветривания на гранитах // Геология и геофизика. 1997. т. 38, № 7. С. 1228-1239.
6. Синюкович В. Н., Сороковикова Л. М., Голобокова Л. П. Особенности прихода растворенного кремния в озеро Байкал // География и природные ресурсы. 1998. т. 39, № 2. С. 66-70.
7. Жузе А. П. Стратиграфические и палеогеографические исследования в северо-западной части Тихого океана. М.: Изд-во АН СССР. 1962. 260 с.
8. Диатомовый анализ. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей / под ред. А.Н. Криштофовича. М: Гос. изд-во геологич. лит., 1949. Кн. 1. 399 с., Кн. 2. 239 с.

ГРАНИЦА МЕЛА И ПАЛЕОГЕНА В ПРИАМУРЬЕ: НОВЫЕ ДАННЫЕ

В.С. Маркевич¹, В.И. Киселев², Е.В. Бугдаева¹

¹Биолого-почвенный институт ДВО РАН, г. Владивосток

²Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток

Недавними палинологическими исследованиями было установлено положение мел-палеогеновой границы в Зейско-Буреинском бассейне [5, 8, 4]. На правобережье р. Амур (российская сторона) она приурочена к контакту между средне- и верхнекагаянской подсвитами, на левобережье (китайская сторона) – между формацией Фурао и толщой Байшаньтоу (по материалам керна скважин, пробуренных в 2005, 2006 и 2008 годах около дер. Сяохеянь возле Цзяня).

Наиболее показательным является стратотипический разрез Буреинского Белогорья. В его основании переслаивающиеся песчаники и алевролиты содержат трипроектатную пыльцу маастрихтского возраста. Она включает такие виды, как *Aquilapollenites amicus*, *A. antigonei*, *A. antique*, *A. asper*, *A. attenuatus*, *A. augustus*, *A. catenireticulatus*, *A. conatus*, *A. coriaceus*, *A. cruciformis*, *A. funkhouseri*, *A. gracilis*, *A. insignis*, *A. procerus*, *A. quadricretaceus*, *A. quadrilobus*, *A. reductus*, *A. rigidus*, *A. rombicus*, *A. sentus*, *A. spinulosus*, *A. stelckii*, *A. striatus*, *A. subtilis*, *A. trialatus*, *Integricorpus bellum*, *I. bertillonites*, *I. microreticulatus*, *I. mirus*, *Parviprojectus amurensis*, *Pseudointegricorpus clarireticulatus*, *Triprojectus amoenus*, *Mancicorpus tenue*, *M. solidum*.

Эти слои перекрываются черными монтмориллонитовыми глинами с прослойем кислого туфа, гравелитами, песчаниками и флононосными алевролитами с датской флорой, относимых к верхнекагаянской подсвите [3] или к дармаканской свите [5]. Вышеперечисленные отложения содержат обильные споры и пыльцу. В палиноспектрах преобладают голосеменные (в основном Pinaceae и Taxodiaceae, редко встречается *Ginkgocycadophytus*) и папоротникообразные (чаще Polypodiaceae, кроме них встречаются близкие к чистоустовым, циатейным и диксониевым). Покрытосеменные имеют высокое таксономическое разнообразие; они варьируют в количественном отношении, в некоторых случаях достигая 80%, в среднем же составляя около 30%. Доминируют близкие к Juglandaceae (*Triatriopollenites confusus*, *T. plicoides*, *Triporopollenites plicatus*, *Juglanspollenites* sp., *Caryapollenites simplex*, *Carya gracilis*, *Pterocaryapollenites* sp.), локально многочисленны Fagaceae, Betulaceae, Myricaceae, Nyssaceae, Simarubaceae. Редки Loranthaceae и Santalaceae. Резко сокращается по сравнению с маастрихтом количество трипроектатной пыльцы (от 0 до 10%, в среднем около 2%). В общем, в датской палиnofлоре выявлены следующие виды этой пыльцы – *Aquilapollenites antigonei*, *A. asper*, *A. augustus*, *A. catenireticulatus*, *A. cruciformis*, *A. funkhouseri*, *A. gracilis*, *A. insignis*, *A. procerus*, *A. reticulatus*, *A. rigidus*, *A. spinulosus*, *A. stelckii*, *A. subtilis*, *Aquilapollenites* sp., *Fibulapollis mirificus*, *Mancicorpus tenue*, *Pentapollenites normalis*. В конце дания они исчезают, остается лишь *Aquilapollenites procerus*.

Чрезвычайно интересно распределение количественного участия спор папоротников по разрезу местонахождений мел-палеогеновой границы (г. Плоская Буреинского Белогорья и скважины XHY2005, XHY2008, пробуренные возле дер. Сяохеянь в 2005 и 2008 годах): в маастрихтских палиноспектрах их процентное содержание довольно высоко, в палиноспектрах непосредственно выше границы – резко возрастает до 53-78% с последующим плавным уменьшением до 20-25%. Остается открытым вопрос, обусловлен ли этот пик изменением фаций или отражает восстановление растительности после «массового вымирания» на рубеже мела и палеогена, постулируемое многими исследователями [9; и многие другие].

Добавим, что по нашим палинологическим данным событие массового вымирания на этом возрастном уровне фактически отсутствует, если не считать исчезновения большинства видов трипроектатной пыльцы, которая появилась в сантоне и быстро эволюционировала в конце мела.

С целью проведения исследований по определению абсолютного возраста прецизионными методами был отобран образец туфа кислого состава, залегающего в верхней части черных глин в местонахождении горы Плоская Буреинского Белогорья.

В Аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН (г. Владивосток) были проведены исследования по следующей методике. Для работы использовались цирконы с характерным размером зерен 100-1000 мкм, которые были выделены из туфа по стандартной методике, включающей дробление пробы до фракции -0,5 мм, выделение тяжелой фракции на концентрационном столе и сепарацию в тяжелых жидкостях. Конечный отбор цирконов осуществлялся под бинокуляром вручную. Выбранные зерна совместно с цирконами образца сравнения TEMORA были зафиксированы эпоксидной смолой EPO-KWICK, затем сошлифованы и приполированы приблизительно на половину своей толщины. Для выбора конкретных точек датирования использовались оптические изображения (в проходящем и отражающем свете), изображения в обратно рассеянных электронах (с помощью электронного микрозонда JXA-8100), а также катодолюминесценция, отражающие внутреннюю структуру и зональность выбранных для исследования кристаллов.

U-Pb изотопные данные получены в Аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН с помощью плазменного масс-спектрометра Agilent 7500a (Agilent Technologiest), интегрированного с системой лазерного удаления образца NWR-213 (ESI) в режиме “on-line” (Табл. 1). Диаметр абляционного кратера был порядка 20-30 мкм. Извлекаемый материал образца из ячейки отбора в горелку ИСП-МС транспортируется потоком смеси газов гелия и аргона. Подробное описание методики изотопных исследований приведено в [6, 7, 2, 1]. Измеренные величины обработаны с помощью программ “Glitter v. 4.4.2”(Access Macquarie Ltd). Для расчета возрастных оценок дополнительно привлекается программа “Isoplot/Ex v. 3.6 (Berkeley Geochronology Center). U-Pb отношения нормировались к соответствующим значениям изотопных отношений в цирконовом стандарте TEMORA.

В результате установлено, что возраст кристаллов цирконов туфа по U-Pb изотопным данным 68.0 ± 0.96 млн. лет. Согласно Международной стратиграфической шкалы, принятой Международной комиссией по стратиграфии в 2009 году, граница между маастрихтом и данием имеет возрастные рамки 65.5 ± 0.3 млн. лет. Возможно, что извержение, продуктом которого явился исследованный туф, произошло в конце маастрихта. В этом случае, положение границы мела и палеогена должна рассматривать выше черных монтмориллонитовых глин с туфом.

Авторы благодарны член-корр. РАН А.П. Сорокину, А.А. Сорокину, Ю.Л. и И.Ю. Болотским, Н.П. Сологубу, В.П. Нечаеву, В.В. Голозубову, проф. Сунь Ге, А.Р. Ашрафу.

Исследования поддержаны грантами Президиума РАН (№ 12-И-П28-01), РФФИ (№№ 12-04-01335, 14-04-10167), ДВО РАН (№№ 12-III-A-06-075, 14-III-D-06-005, 14-III-D-06-009). Эта работа является вкладом в деятельность Проекта № 608 МПГК (ЮНЕСКО).

Таблица 1. Результаты U-Pb-изотопных исследований цирконов из вулканического туфа (гора Плоская, Буреинское Белогорье, Зейско-Буреинский бассейн)

Изотопные отношения						Возраст, млн. лет							
Analysis #	Pb207/U235	1y, ±%	Pb206/U238	1y, ±%	Rho	Analysis #	Pb207/U235	1y, abs	Pb206/U238	1y, abs	Pb207/Pb206	1y, abs	D, %
ND1Z2S1	0,0600	9,855	0,0103	3,585	0,36 4	ND1Z2S1	59	6	66	2	47	23 2	1 0
ND1Z2S2	0,0629	17,92 8	0,0108	4,638	0,25 9	ND1Z2S2	62	11	69	3	59	39 0	1 0
ND1Z7S1	0,0612	23,33 7	0,0105	6,208	0,26 6	ND1Z7S1	60	14	67	4	61	49 4	3 2
ND1Z8S1	0,0705	11,36 0	0,0107	4,194	0,36 9	ND1Z8S1	69	8	69	3	334	25 6	1 0
ND1Z10S1	0,0774	16,82 0	0,0102	5,583	0,33 2	ND1Z10S1	76	12	66	4	650	34 5	1 0
ND1Z11S1	0,0635	14,25 6	0,0105	4,967	0,34 8	ND1Z11S1	63	9	67	3	151	32 7	1 0
ND1Z13S1	0,0735	15,45 8	0,0106	5,921	0,38 3	ND1Z13S1	72	11	68	4	451	32 9	- 4
ND1Z19S1	0,0631	14,78 6	0,0108	5,185	0,35 1	ND1Z19S1	62	9	69	4	64	33 4	9
ND1Z22S1	0,0678	17,42 4	0,0115	5,734	0,32 9	ND1Z22S1	67	11	74	4	83	38 4	5
ND1Z30S1	0,0657	15,04 3	0,0111	5,581	0,37 1	ND1Z30S1	65	9	71	4	92	34 0	7
ND1Z31S1	0,0761	18,30 4	0,0107	6,449	0,35 2	ND1Z31S1	74	13	69	4	513	37 6	-1
ND1Z35S1	0,0817	29,26 4	0,0118	7,797	0,26 6	ND1Z35S1	80	22	76	6	456	56 0	4
ND1Z36S1	0,0729	23,63 2	0,0107	8,606	0,36 4	ND1Z36S1	72	16	69	6	422	48 0	6
ND1Z41S1	0,0641	24,48 5	0,0099	6,991	0,28 6	ND1Z41S1	63	15	63	4	312	49 3	-3
ND1Z43S1	0,0687	25,36 0	0,0101	8,317	0,32 8	ND1Z43S1	68	17	65	5	416	50 5	-7

Примечание: Погрешность единичных анализов - 1y. Ошибка калибровки стандартного циркона TEMORA - 1.78%. Rho - коэффициент корреляции отношений 207Pb/235U -

206Pb/238U. D - дискордантность, в %, = $(1 - 207\text{Pb}/235\text{U} / 206\text{Pb}/238\text{U}) * 100$

Литература

1. Вах А.С., Авченко О.В., Киселев В.И., Сергеев С.А., Пресняков С.Л. Геохронологические U-Pb изотопные исследования цирконов из гранитов и рудоносных метасоматитов Березитового золотополиметаллического месторождения (Верхнее Приамурье, Россия) // Тихоокеанская геология. 2013. № 6. С. 20–39.
2. Киселев В.И., Вовна Г.М., Мишкин М.А., Ковалева Е.Ю. Одновременное определение содержания редких элементов и U-Pb изотопных отношений цирконов по единичному зерну методом ЛА-ИСП-МС // Материалы VIII научной конференции “Аналитика Сибири и Дальнего Востока”. Томск, 2008. С. 78-79.
3. Красилов В.А. Цагаянская флора Амурской области. – М.: Наука, 1976. – 92 с.
4. Молодые платформы восточной окраины Евразии (глубинное строение, условия формирования и металлогенез). Ред. А.П. Сорокин. – Владивосток: Дальнаука, 2013. – 366 с.
5. Флора и динозавры мела и палеогена Зейско-Буреинского бассейна. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – 162 с.
6. Horn I., Rudnick R. L., McDonough W.F. Precise elemental and isotopic ratio determination by combined solution nebulization and laser ablation ICP-MS: application to U/Pb geochronology // Chem. Geol. 2000. V. 167. P. 403-426.
7. Jackson S.E., Pearson N.J., Griffin W.L. et al. The application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry to in situ U-Pb zircon geochronology // Chem. Geol.. 2004. V. 211. P. 47-69.
8. Markevich V.S., Bugdaeva E.V., Ashraf A.R., Sun G. Boundary of Cretaceous and Paleogene continental deposits in Zeya-Bureya Basin, Amur (Heilongjiang) River region // Global geol. 2011. Vol. 14 (3). P. 160-191.
9. Nichols D., Johnson K. Plants and the K-T boundary. – Cambridge; New York: Cambridge University Press. 2008. – 280 p.

МЕТОДИКА ОБНАРУЖЕНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ ПО ВРЕМЕННЫМ ИЗМЕНЕНИЯМ ЕСТЕСТВЕННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

В.А. Паровышный, В.Н. Сеначин, О.В. Веселов, Е.В. Кочергин

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск

Резко возросшая стоимость традиционно используемого при подготовке структур комплекса исследований (сейсмороазведочных и буровых) практически свела к нулю предпринимательскую активность в области нефтегазопоисковых работ как на суше о. Сахалин так и на востоке Азиатского материка. Между тем, при высокой степени перспективности в нефтегазоносном отношении остаются практически не изученными на Сахалине зона Центрально-Сахалинского разлома, зона Хоккайдо-Сахалинского разлома к югу от Луньского прогиба. Слабо и не системно изучен Западный Сахалин. На востоке материка практически не изучены осадочные бассейны Восточноазиатского грабенового пояса [1] за исключением Анадырской впадины.

Основная причина, по которой данные объекты остались вне зоны интересов поисковых работ, заключается в сложных орографических условиях и практически полном отсутствии коммуникаций. Проведение традиционно применяемых при подготовке структур к глубокому поисковому бурению сейсмороазведочных исследований по указанной причине либо невозможно, либо возможно в весьма ограниченных объемах, явно недостаточных для качественной подготовки.

Здесь мы предлагаем методику поисков залежей углеводородного (УВ) сырья комплексом геофизических методов, применение которой могло бы привести к формированию другой последовательности в поисковом процессе.

Методика разрабатывалась в течении летних полевых сезонов 2003-2006 годов на геофизическом полигоне, обустроенным в пределах Южно-Луговского месторождения газа (Южный Сахалин, 4 км к западу от г. Анива, Рис.1А). Важно отметить, что месторождение расположено в зоне активного регионального Центрально-Сахалинского разлома. На полигоне развита сеть профилей, пересекающих все продуктивные блоки структуры и выходящие за контур продуктивности. (Рис. 1Б). На профилях выполнены высокоточные гравиметрические, малоглубинные термометрические и магнитометрические наблюдения. Наблюдения выполнялись циклически (по 2 цикла в летне-осенний период каждого года с интервалом около 1 месяца в сезон). В каждом цикле все наблюдения производились на оборудованных пунктах практически одновременно в течение 12-14 часов. Подробно методика наблюдений по применяемым методам на полигоне изложена нами ранее [2, 3]. Методика основана на изменении состояния естественных геофизических полей в период изменения геодинамического состояния залежи, что связано с многими факторами и, в первую очередь, с подготовкой сейсмического события, что установлено исследованиями последних лет. В процессе подготовки события происходят изменения геометрических и физических параметров залежи углеводородов, в частности, изменения плотности флюида. Это изменение тем больше, чем больше коэффициент его сжимаемости. Эти изменения влекут за собой изменение гравитационного поля и температурного режима над ловушкой. Величины изменений так высоки, что доступны регистрации при соответствующей методике наблюдений.

В 2003, 2004 и в 2006 гг. здесь выполнено 6 циклов наблюдений, по которым установлены основные признаки продуктивности:

1. В контуре продуктивности гравитационное поле нестабильно во времени. Разности значений Δg_n между циклами наблюдений достигают величины ± 0.16 мГал;
2. Продуктивные блоки структуры характеризуются максимумами нестабильности гравитационного поля, которые коррелируются с относительными максимумами температур;
3. Гравитационное и термальное поля над залежью меняют характеристики синхронно.

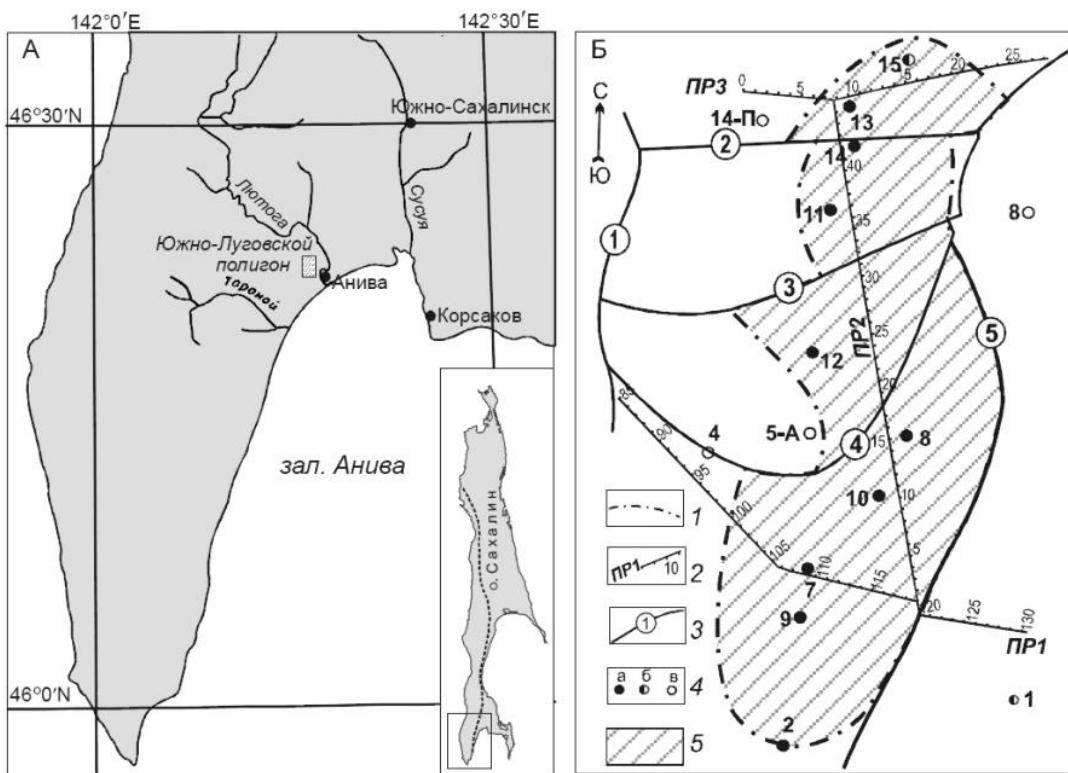


Рис. 1. Географическое положение (А) и структурная схема полигона (Б). Условные обозначения: 1 – контур газовой залежи; 2 – профили комплексных геофизических наблюдений; 3 – основные разрывные нарушения по данным сейсморазведки и бурения; 4 – скважины: а – с промышленными притоками, б – с непромышленными притоками, в – непродуктивные; 5 – площадь залежи. Расстояние между пикетами на профилях – 50 метров. На врезке рис. 1А показано положение Центрально-Сахалинского разлома.

Повышению напряженности гравитационного поля в контуре залежи соответствует повышение температур и наоборот: понижение напряженности гравитационного поля сопровождается понижением уровня термального поля (рис. 2).

4. В период прохождения естественного сейсмического импульса в контуре залежи происходит повышение температуры (рис. 3).

Последний пункт требует следующих пояснений. Температурные датчики на профилях полигона погружены на глубину 1.5 м. В первой декаде сентября на юге Сахалина начинается медленное сезонное понижение температур в приповерхностном слое глубиной до 2.5 м. В 14ч 02м 13.09.2004г. произошло землетрясение, эпицентр которого был удалён от полигона на 450 км по азимуту 150°. Событие зарегистрировано в указанное время сейсмологической службой Сахалина и нами при производстве гравиметрических наблюдений на профиле 1. Температуры, измеренные по профилю 12 и 15 сентября показали, что в пределах контура залежи произошло повышение температур до 0.9°C, что противоречит установленному факту их сезонного понижения. В то же время за контуром залежи зафиксировано закономерное понижение температур на 0.05 -0.15°C. Таким образом, было установлено, что в период прохождения сейсмического импульса температурный режим над залежью резко изменяется и это может служить важным дополнительным поисковым признаком. Последующими наблюдениями на полигоне этот эффект наблюдался неоднократно.

Предлагаемая методика апробирована на о.Сахалин в границах двух лицензионных площадей: Ламанонской, расположенной в южной части полуострова Ламанон, и Петропавловской, расположенной в 10 км к северу от г.Анива. На первой обследовано 5 перспективных объектов. Два из них полностью соответствуют критериям продуктивности и рекомендованы для постановки на них глубокого поискового бурения с указанием мест заложения скважин. Подтверждения рекомендаций не последовало, поскольку рекомендуемые скважины не были пробурены из-за прекращения финансирования поисковых работ.

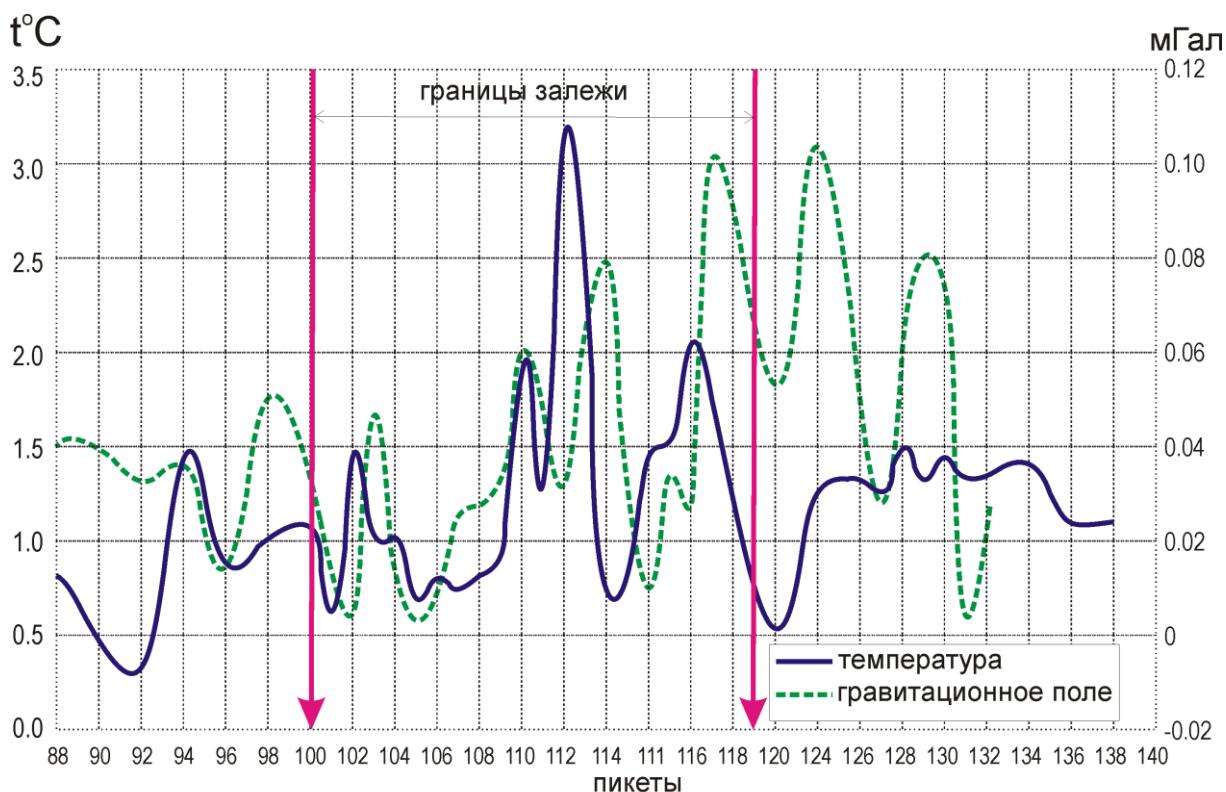


Рис. 2. Пример изменения гравитационного и термального полей над залежью Южно-Луговской полигон, профиль 1. Разности Δg_n и $\Delta t^{\circ}\text{C}$ между третьим и вторым циклами наблюдений: 17.09.2006 и 21.08. 2006 г. Вертикальными красными стрелками показаны границы залежи. Положение профиля показано на рис. 1Б.

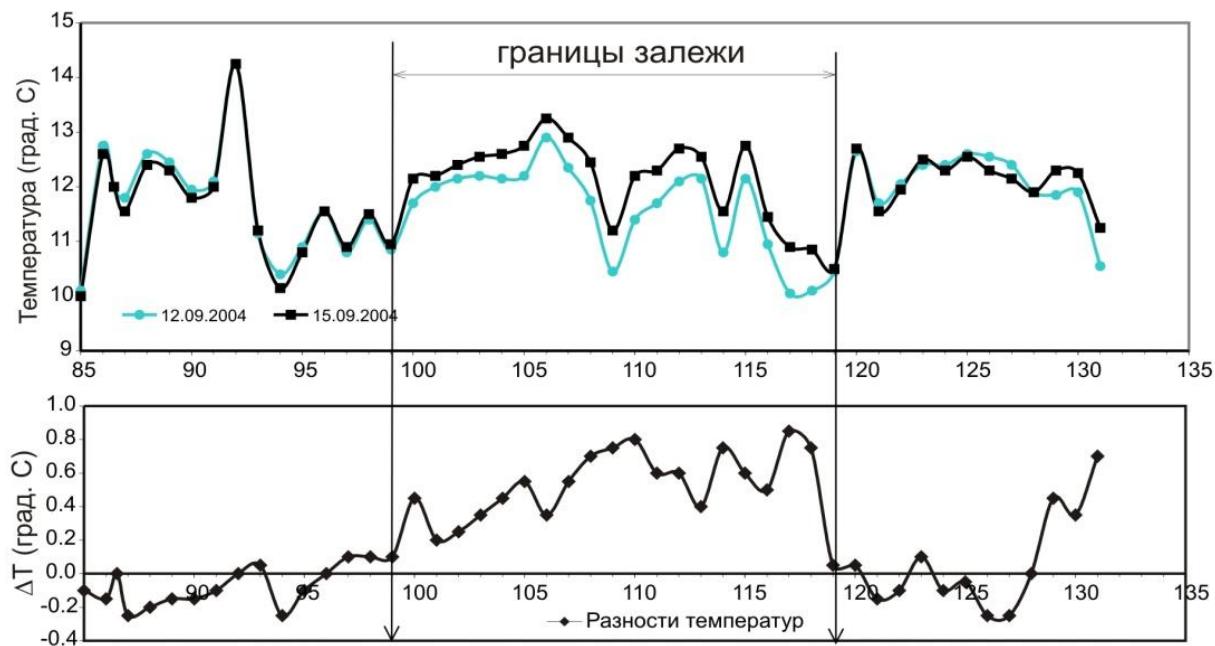


Рис. 3. Графики изменения температур до и после землетрясения 13.09.2004 г.

На Петропавловской площади, с учетом наших рекомендаций, пробурена поисковая скважина глубиной 1485 м. В процессе бурения, в интервале 780-807 м вскрыт (по номенклатуре Южно-Луговском месторождения) горизонт III маруямской свиты неогена ($N_{1-2} \text{ mfr}$), из которого наблюдалось интенсивное выделение газа. Газопроявление удалось ликвидировать путем увеличения плотности бурового раствора. Далее бурение продолжалось с тяжелым раствором, что предупредило выбросы, но аномалии разной интенсивности по газовому каротажу

фиксировались до вскрытия горизонта XIII включительно. Скважина не подверглась испытанию, однако мы считаем установленным факт вскрытия залежи газа в указанном нами месте.

В заключении нужно дополнить, что предлагаемая методика пригодна для оценки степени продуктивности в нефтегазоносном отношении ловушек любого типа (антиклинальных, тектонически или литологически экранированных и прочих). Эффект на любой из них будет выявлен при наличии заполнения ловушки сжимаемым флюидом. Тип флюида так же не имеет значения т.к. все углеводородные флюиды, в отличии от воды, имеют значительный коэффициент сжатия.

Литература

1. Варнавский В.Г., Малышев Ю.Ф. Восточно-Азиатский грабеновый пояс. Тихоокеанская геология. - 1986. - № 3. - С. 3-13.
2. Паровышний В.А., Веселов О.В. Сеначин В.Н., Кириенко В.С. Временные изменения геофизических полей над газовой залежью (о. Сахалин) //Тихоокеанская геология. 2008. Т. 27, № 4. С. 3-14.
3. Паровышний В.А., Сеначин В.Н., Веселов О.В., Кочергин Е.В. Вариации геофизических полей над флюидонасыщенными геодинамическими системами в связи с проблемой прогноза сейсмических событий //Вестник ДВО РАН, 2009, №4, С.-50-58

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СЛОИСТЫХ СИЛИКАТОВ КОСТЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ПОЗДНЕМЕЛОВЫХ РЕПТИЛИЙ ПРИАМУРЬЯ

Я.Н. Ревенок, В.И. Рождествина

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

Процессы образования и преобразования глинистых минералов отражается на особенностях их строения и структуры. В связи с этим изучение глинистых фракций имеет важное значение в решении вопросов генезиса и условий эволюции минералов, происходящей в корах выветривания, в ходе транспортировки глинистого материала в бассейн седиментации, на стадиях диагенеза и катагенеза.

С целью определения условий преобразования фоссилизированных костных останков позднемеловых рептилий из местонахождений, расположенных на западной периферии Зейско-Буреинской равнины (Благовещенское местонахождение) и юго-восточной периферии Зейско-Буреинской впадины (Кундурское местонахождение) [1], нами исследованы минералы глин, находящиеся в непосредственном контакте с костными останками.

Для исследования отобран глинистый материал с верхних (1,5-3 м) и нижних (4,18-5,18 м) костеносных горизонтов (образцы фоссилизированных костных останков динозавров предоставлены палеонтологической лабораторией ИГиП ДВО РАН заведующим лабораторией к.г.-м.н. Болотским Ю.Л.). Исследования выполнены в Аналитическом центре минералого-геохимических исследований ИГиП ДВО РАН с использованием методов рентгеновской дифракции (дифрактометр MAXima-X XRD-7000, Сик_α излучении $\lambda = 1,54060 \text{ \AA}$), спектры которой являются основным и часто единственным источником информации о фазовом составе и реальной структуре поликомпонентных дисперсных кристаллических объектов, а также растровой электронной (JSM-6390LV, JEOL) и оптической микроскопии (Axio Scope.A1).

Выделение гранулометрических фракций начали с полной пептизации осадочных, рыхлых костеносных отложений, в качестве диспергатора использовали ультразвук. После этого методом декантации провели отмучивание тонких частиц. С помощью центрифуги выделили три фракции - < 1 мкм, 1-5 мкм и > 10 мкм. Подготовку ориентированных препаратов, обеспечивающих резкое усиление базальных рефлексов – отражений типа 00L, выполняли методом капли. По базальным рефлексам идентифицировали группы и основные структурные типы. Для уточнения присутствия глинистых минералов группы смектитов, хлоритов, каолинитов проводили дополнительную обработку – насыщение глицерином и прокаливание.

В результате исследований установлено, что глинистая фракция < 1 мкм характеризуется низкой степенью кристалличности для всех исследуемых образцов, фракция 1-5 мкм отличается хорошо окристаллизованными глинистыми минералами (рис. 1,2).

Фракция > 10 мкм характеризуется меньшей степенью кристалличности, чем минералы во фракции 1-5 мкм, но большей чем во фракции < 1 мкм. Образцы фракции > 10 мкм приняли неориентированный порядок уплотнения частиц об этом свидетельствует интенсивный небазальный пик ($20^\circ 2\theta$) группы смектитов, вероятно из-за большего размера частиц и присутствия nonclay минералов (плагиоклаз, кварц).

Общей закономерностью поведения глинистых минералов, в период их транспортировки в бассейн седиментации и самого накопления в этом бассейне является слабое изменение степени кристалличности. Можно отметить лишь их некоторую деградацию в пресной воде. Дифрактограммы ориентированных препаратов глинистых образцов Благовещенского и Кундурского местонахождений в значительном количестве представлены смешаннослоистым иллит / смектит минералом (рис. 3, 4, 5).

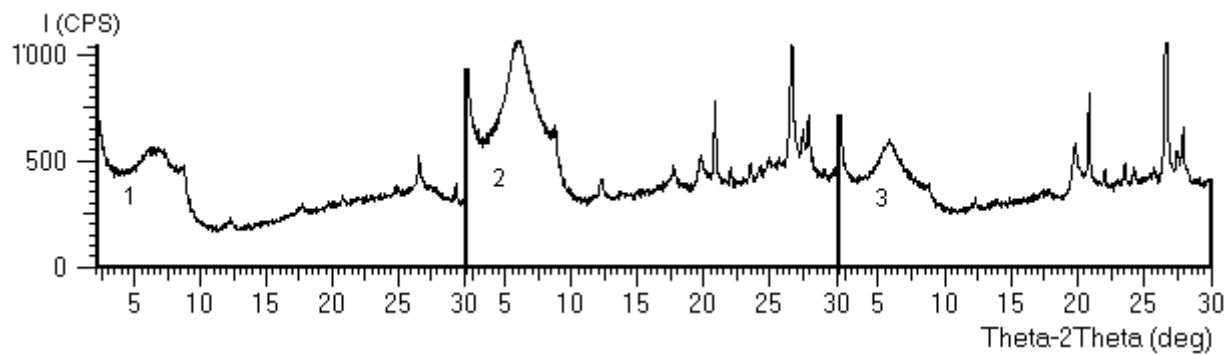


Рисунок 1. Дифрактограммы глинистых минералов верхнего горизонта фракций < 1 мкм (1), 1-5 мкм (2), > 10 мкм (3).

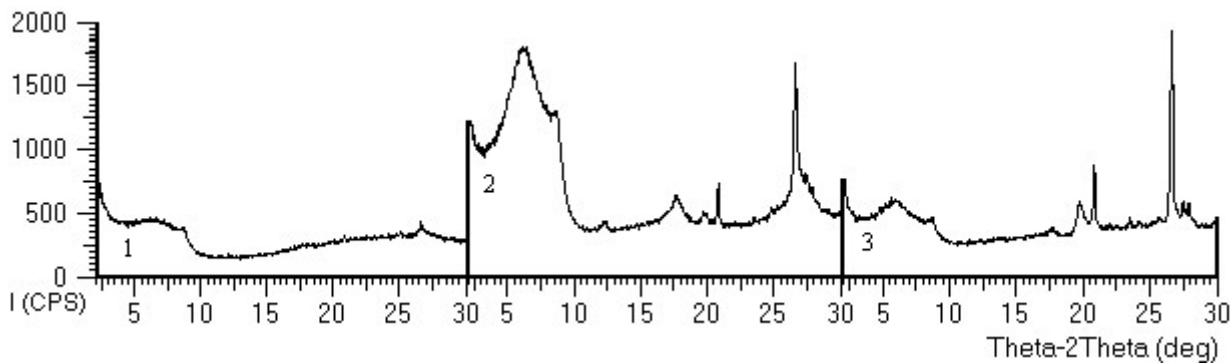


Рисунок 2. Дифрактограммы глинистых минералов нижнего горизонта фракций < 1 мкм (1), 1-5 мкм (2), > 10 мкм (3).

Характерным диагностическим признаком является смещение первого базального рефлекса в сторону малых углов при насыщении глицерином, это объясняется лабильностью структуры смектитов, а при прокаливании наблюдается общая тенденция к уменьшению значений первого основного базального рефлекса до 10 Å так как после прокаливания все минералы 2:1 сжимаются и становятся идентичны иллиту.

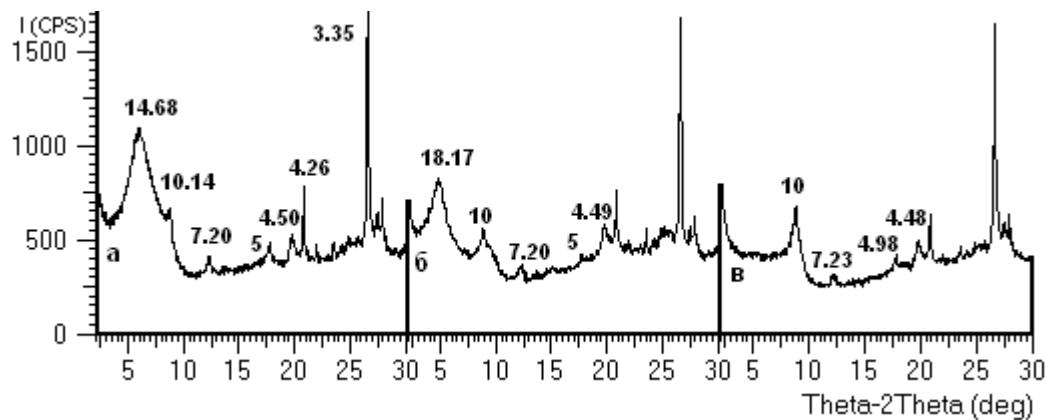


Рис.3. Рентгенограммы минеральных фаз верхнего костеностного горизонта Благовещенского местонахождения: а) воздушно-сухой образец б) насыщен глицерином в) прокален при 350 °C в течении часа.

Смешаннослойные минералы характерны для осадочных пород, так как в основе структуры глинистых минералов лежат одни и те же кристаллохимические элементы, эти минералы склонны к трансформациям с различными переходами одного в другой. В исследуемых образцах предполагается вынос катионов из слюд, что ведёт к утрате кристаллического совершенства минерала и к появлению монтмориллонитовых слоёв, через стадию образования смешаннослойного иллит / смектита, с последующей деградацией

глинистого минерала, выражаяющейся в замещении межпакетного катиона - гидратированными катионами и реализации механизма, обеспечивающего снижение заряда трехслойных пакетов.

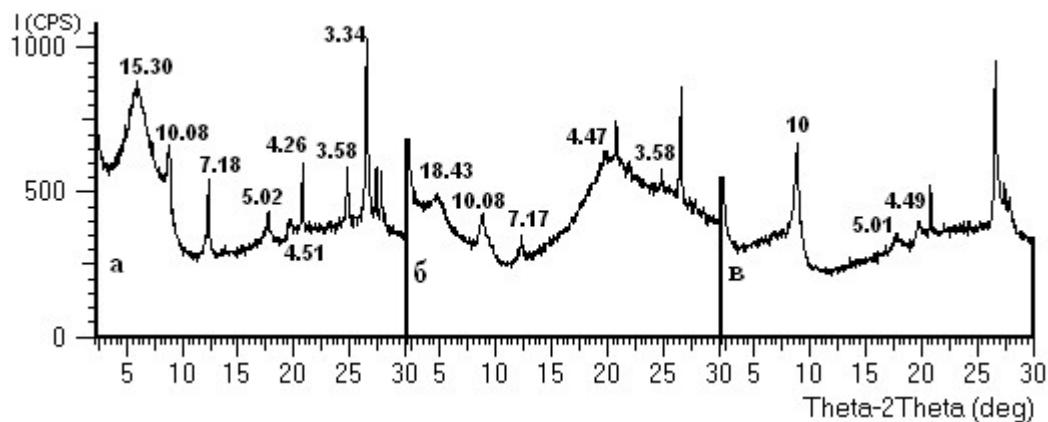


Рис.4. Рентгенограммы минеральных фаз верхнего костеностного горизонта Кундурского местонахождения: а) воздушно-сухой образец б) насыщен глицерином в) прокален при 350 °C в течении часа.

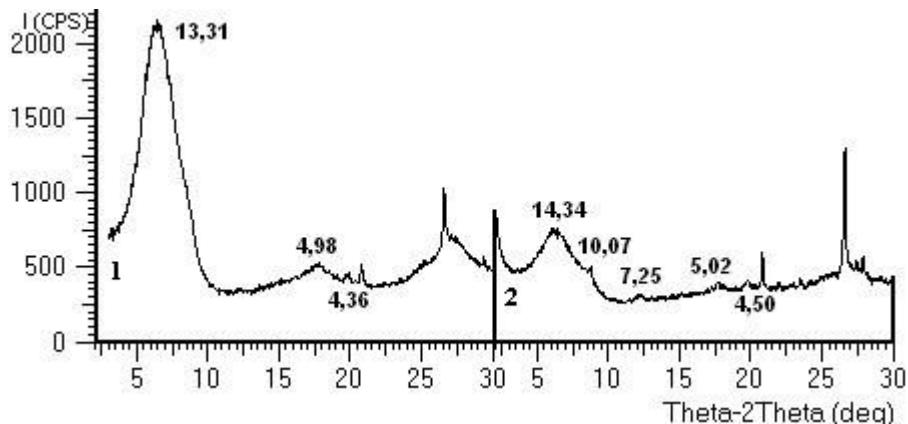


Рис.5. Рентгенограммы глинистых минералов, извлеченных из порового пространства фоссилий (1) и из грунта, находящегося в непосредственном контакте с фоссилиями (2)

Образование минеральной группы смектитов обычно происходит в щелочных условиях при pH выше 9, это может свидетельствовать о постепенном замещении структуры слюд смектитовой, более стабильной в резкощелочных условиях озерной котловины (Япаскурт, 2008).

По данным электронной микроскопии строения костных остатков показало присутствие монтмориллонита в естественных каналах протекания костной ткани позднемеловых рептилий на стадии преобразования осадков и пород и, таким образом, имеет аутигенный характер образования.

Отмечается каолинит с плохо упорядоченной, несовершенной структурой, фиксируемой на дифрактограммах уширением базальных отражений (7.20 Å) в верхнем костеностном горизонте Благовещенского местонахождения, что указывает на аллотигенный характер выветривания вышележащих пород. Кундурское местонахождение отличается присутствием хорошо окристаллизованного каолинита (7.18, 3.58 Å) и слюдистой составляющей (10.08, 5.02 Å) смешаннослоистого иллит-смектита, что указывает на слабо-щелочные постседиментационные условия. В Благовещенском местонахождении преобладает больше преобразованного иллит-смектита, чем в Кундурском, это объясняется разными фациальными обстановками резкощелочной и слабо-щелочной соответственно.

По данным электронной микроскопии аутигенные минералы – монтмориллонит, кальцит, кварц выполняют «аккуратное» псевдоморфное замещение макроскопически не нарушая первичный облик и строение костных остатков (рис. 6). Это касается и частичного или полного

заполнение этими же минеральными образованиями открытых полостей, также не вызывает сомнений аутигенного происхождения минеральных агрегатов, расположенных в пределах окаменелостей, имеющих четкие кристаллические очертания.

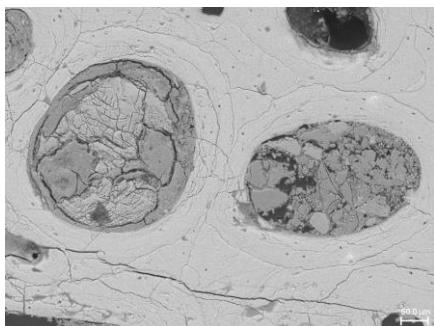


Рис.6. Минеральное заполнение каналов костных останков.

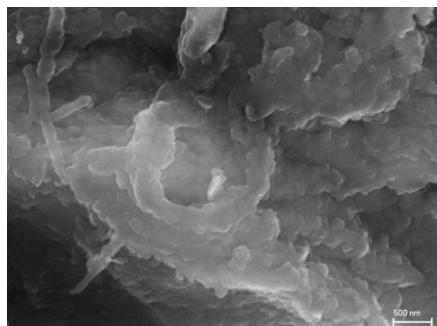


Рис.7. Микроструктура глинистых минералов Кундурского местонахождения.

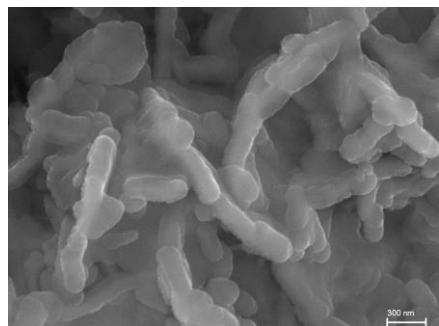


Рис.8. Микроструктура глинистых минералов Благовещенского местонахождения.

Следует отметить особенности минерализации и структуры костных фрагментов Кундурского и Благовещенского местонахождений (рис. 7, 8). Основным различием в строении костных фрагментов Кундурского и Благовещенского местонахождений является степень заполнения естественной поровой системы костной ткани (гаверсовых каналов и пр.) и минеральный состав аутигенных минералов, заполняющих эти каналы. Кундурское местонахождение характеризуется преимущественно незаполненными костными канальными структурами, минерализация перераспределяется по стенкам гаверсовых каналов, оставляя канал полым или же происходит зарастание каналовapatитом. На Благовещенском местонахождении канальные структуры костных останков имеют высокую степень заполнения новообразованными минералами: кальцит, минералы глин (смешаннослоистые монтмориллонит, иллит), с обогащенными железом микровыделениями, оксиды марганца, кварц, натриевые и калиевые полевые шпаты и широкий набор микрофаз различного состава, включая самородное золото.

Литература

1. Моисеенко В.Г., Сорокин А.П., Болотский Ю.Л.// Ископаемые рептилии Приамурья. Хабаровск: АмурНЦ ДВО РАН, 1997. С. 53.
2. Япаскурт О.В. Генетическая минералогия и стадиальный анализ процессов осадочного породо- и рудообразования. Учеб. пособие — М.: ЭСЛАН. 2008 — 356 с.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОЧНИКОВ СНОСА ВЕРХНЕПРОТЕРОЗОЙСКИХ - НИЖНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ТЕРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МАЛОХИНГАНСКОГО ТЕРРЕЙНА ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА

Ю.Н. Смирнова¹, В.П. Ковач²

¹Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

²Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, (г. Санкт-Петербург)

Центрально-Азиатский складчаторный пояс является одним из сложно построенных тектонических ансамблей Евразии и представлен сочетанием многочисленных континентальных массивов (супертеррейнов) и разновозрастных складчатых поясов [5]. Среди наиболее крупных континентальных массивов в пределах восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса выделяются Аргунский и Бурея-Цзямусинский [1, 6]. Последний с севера граничит с образованиями Монголо-Охотского складчатого пояса, с запада и юга контактирует с породами Солонкерского и Южно-Монгольско-Хинганского складчатых поясов, а на востоке обращен в сторону Тихого океана.

В составе Бурея-Цзямусинского супертеррейна, согласно [1, 6], выделяются Малохинганский (Цзямусинский), Буреинский (Туранский) и Ханкайский терреины. В «основании» Малохинганского террейна ранее выделялись раннедокембрийские метаморфические комплексы амурской серии [2, 8]. Однако, исследования последних лет позволили установить, что формирование протолитов метаморфических пород произошло в позднем протерозое или раннем палеозое, а наложенные на них структурно-метаморфические преобразования связаны с палеозойским и мезозойским этапами развития Бурея-Цзямусинского супертеррейна [4, 9, 17].

К более молодым образованиям в схемах корреляции геологических комплексов относятся верхнедокембрийские (?) – нижнепалеозойские терригенные и терригенно-карбонатные породы хинганской серии, в строении которой выделяются [2] игинчинская, мурандавская, лондоковская свиты и кимканная толща. Образования хинганской серии претерпели региональный метаморфизм, выраженный в мраморизации карбонатных пород, рассланцевании и перекристаллизации цемента, а также образования бластических структур. Верхняя возрастная граница серии определяется как нижнекембрийская на основании находок нижнеаттабанских микрофитолитов, губок, брахиопод, а нижняя условно считается верхнерифейской [2, 8].

Венчают разрез Малохинганского террейна юрские терригенные осадки и меловые вулканические породы Хингано-Охотского вулканоплутонического пояса.

Фанерозойские магматические образования представлены [2] массивами габбро-гранитного ордовикского биробиджанского комплекса, габбро-гранодиорит-гранитного условно позднепалеозойского тырмо-буреинского комплекса, лейкогранитового раннемезозойского харинского комплекса, а также многочисленными вулкано-плутоническими образованиями мелового возраста.

В данном сообщении приведены результаты исследования геохимических и Sm-Nd изотопно-геохимических особенностей песчаников и алевропесчаников хинганской серии с целью выявления состава пород в источнике сноса.

Каменный материал по хинганской серии был собран в ходе полевых исследований 2012-2014 гг. из естественных обнажений в бассейнах рек Кимкан и Бира (Еврейская автономная область). Коллекция образцов характеризует практически весь раз хинганской серии, за исключением вендской нижней подсвиты мурандавской свиты и раннекембрийской лондоковской свиты. Всего было исследовано более 100 образцов.

Обломочный материал в терригенных породах хинганской серии разнообразного состава и представлен кварцем, полевыми шпатами, биотитом, мусковитом, tremolитом, актинолитом,

кварцитом, пелитом, силлиманитом, эпидотом. Обломки слабой сортировки. По форме зерна угловатой, полуугловатой, полуокатанной, реже окатанной форм. Аксессорные минералы – циркон, сфен, лейкоксен, апатит, гранат, рудные минералы, углистое вещество (?). Цемент базальный, контактовый и поровый слюдисто-кремнистого состава.

На классификационной диаграмме Ф.Дж. Петтиджона с соавторами $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3) - \log(\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O})$ [7] фигуративные точки песчаников и алевропесчаников игинчинской свиты, верхней подсвиты мурандавской свиты и кимканской толщи концентрируются в полях граувакк и литаренитов.

На диаграмме $\text{SiO}_2-(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}+\text{MgO}+\text{TiO}_2)-(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ [3], в основе которой положена взаимосвязь в породе продуктов кремнезема, полевых шпатов и глинистых компонентов, фигуративные точки состава рассматриваемых осадков хинганской серии распределены в полях песчаников олигомиктового и полимиктового состава.

Характер распределения редкоземельных элементов (РЗЭ – La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) в песчаниках и алевропесчаниках хинганской серии вполне однотипен. Рассматриваемые породы характеризуются преобладанием легких лантаноидов над тяжелыми. Сумма РЗЭ варьирует от 98 до 226 г/т, а величины $[\text{La}/\text{Yb}]_n$, $[\text{Gd}/\text{Yb}]_n$ и Eu/Eu^* колеблются 5.61-41.62, 1.52-9.47 и 0.33-0.83 соответственно (табл.).

Также необходимо отметить, что спектры распределения РЗЭ в терригенных отложениях хинганской серии подобны таковым в известном геохимическом «эталоне» – палеозойской граувакке, предложенной [12].

Таблица – Минимальные и максимальные значения некоторых геохимических параметров верхнепротерозойских (?) – нижнепалеозойских терригенных отложений хинганской серии Малохинганского террейна

Параметры		Игинчинская свита (R_3ig)	Мурандавская свита верхняя подсвита ($V-E_1mr_2$)	Кимканская толща нижняя подтолща (E_1km_1)	Кимканская толща верхняя подтолща (E_1km_2)
YREE	min	98.16	132.04	128.48	78.00
	max	193.82	222.20	225.89	129.41
$[\text{La}/\text{Yb}]_n$	min	15.13	6.45	5.61	6.78
	max	39.92	41.62	11.79	11.95
$[\text{Gd}/\text{Yb}]_n$	min	3.02	1.59	1.54	1.52
	max	8.04	9.47	2.67	2.39
Eu/Eu^*	min	0.55	0.53	0.33	0.62
	max	0.76	0.83	0.47	0.75

Исследуемые осадки характеризуются типичными верхнекоровыми содержаниями большинства элементов-примесей при незначительном дефиците Nb (7-14 г/т), Ta (0.27-1.29 г/т) и Sr (58-204 г/т).

Для выявления состава пород в источнике сноса использовались парные и тройные дискриминационные диаграммы. На парных диаграммах, основанных на содержании микроэлементов: Hf-La/Th [14, 15] и La/Sc-Th/Co [13] фигуративные точки исследуемых осадков сосредоточены в поле пород, сформированных за счет образований кислого состава.

Анализ тройных диаграмм $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{K}_2\text{O}$ [11], $\text{CaO}+\text{MgO}-\text{SiO}_2/10-\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ [10] и факторной диаграммы F1-F2 [16], свидетельствует о присутствии в области сноса пород кислого, среднего составов и рециклированных осадков (рис. 1).

Таким образом, результаты исследования вещественного состава песчаников и алевропесчаников игинчинской свиты, верхней подсвиты мурандавской свиты, нижней и верхней подтолщ кимканской толщи, представляющих разрез хинганской серии Малохинганского террейна, свидетельствуют о формировании их за счет разрушения источников, преимущественно кислого состава.

Результаты Sm-Nd изотопно-геохимических исследований свидетельствуют о том, что терригенные породы хинганской серии (за исключением единичных образцов) характеризуются оценками $t_{\text{Nd}}(\text{DM}) = 1.5-1.6$ млрд. лет при отрицательных величинах параметра $\text{epsNd} = -8.9...-$

11.4. Это указывает на то, что их источниками послужили породы нео-мезопротерозойского возраста и (или) более молодые изверженные породы, исходные расплавы которых образовались в результате переработки континентальной коры указанного возраста.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (проект 14-05-00209), Президиума ДВО РАН (проекты ДВО 12-І-0-ОНЗ-09, 12-ІІ-СО-08-026), Программы фундаментальных исследований ОНЗ РАН «Геодинамическая эволюция структурно-вещественных комплексов складчатых поясов в неогее».

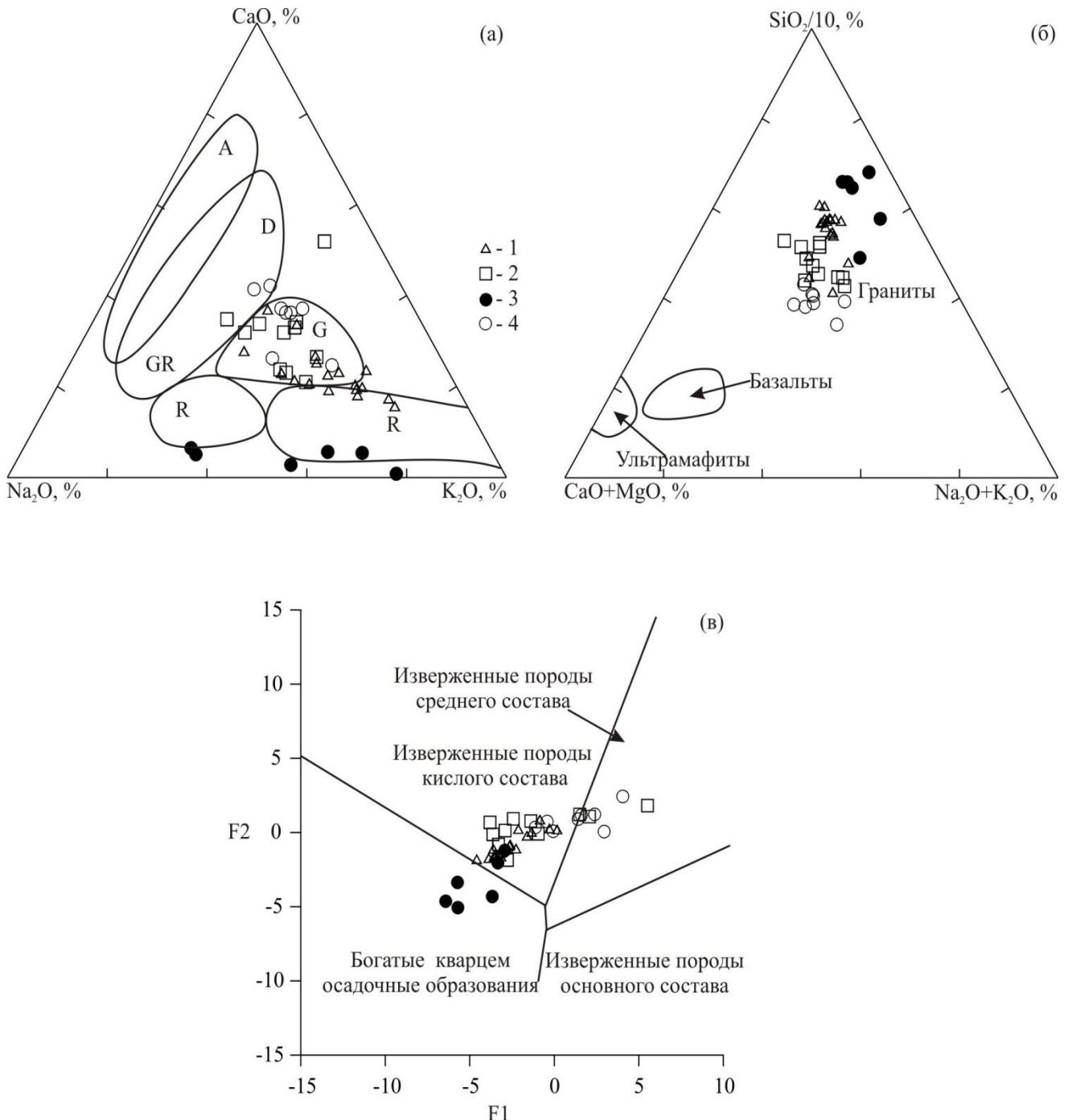


Рисунок 1 – Диаграммы $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{K}_2\text{O}$ [11] (а), $\text{CaO}+\text{MgO}-\text{SiO}_2/10-\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ [10] (б), $\text{F1}-\text{F2}$ [16] (в) для терригенных отложений хинганской серии Малохинганского террейна. Сокращения: $\text{F1}=30.638*(\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)-12.541*(\text{Fe}_2\text{O}_3\text{общ.}/\text{Al}_2\text{O}_3)+7.329*(\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3)+12.031*(\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3)+35.402*(\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3)-6.382$; $\text{F2}=56.5*(\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)-10.879*(\text{Fe}_2\text{O}_3\text{общ.}/\text{Al}_2\text{O}_3)+30.875*(\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3)-5.404*(\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3)+11.112*(\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3)-3.8$. Поля: А – андезиты, D – дациты, GR – гранодиориты, G – граниты, R – рециклированные осадки. Условные обозначения: 1-4 – терригенные породы хинганской серии: 1 – игинчинской свиты; 2 – мурандавской свиты верхней подсвиты; 3 – кимканской толщи верхней подтолщи; 4 – кимканской толщи нижней подтолщи.

Литература

1. Геодинамика, магматизм и металлогенез востока России: в 2 кн. / А.И. Ханчук. – Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. 572 с.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000 / Добкин С.Н., Новоселов Б.А., Бородин А.М. и др. 2-е изд. Серия Буреинская. Лист М-52-XXX. Спб.: ВСЕГЕИ, 1999.
3. Коссовская А.Г., Тучкова М.И. К проблеме минерало-петрохимической классификации и генезиса песчаных пород // Литология и полезные ископаемые. 1988. № 2. С. 8-24.
4. Котов А.Б., Великославинский С.Д., Сорокин А.А. и др. Возраст амурской серии Бурея-Цзямусинского супертеррейна Центрально-Азиатского складчатого пояса // ДАН. 2009. Т. 428. № 5. С. 637-640.
5. Моссаковский А.А., Руженцев С.В., Самыгин С.Г., Хераскова Т.Н. Центрально-Азиатский складчатый пояс: геодинамическая эволюция и история формирования // Геотектоника. 1993. № 6. С.3-32.
6. Парфенов Л.М., Берzin Н.А., Ханчук А.И. и др. Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии // Тихоокеанская геология. 2003. Т. 22. № 6. С. 7-41.
7. Петтиджон Ф.Дж., Поттер П., Сивер Р. Пески и песчаники / Пер. с англ. М: Мир, 1976. 534 с.
8. Решения IV Межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию и фанерозою юга Дальнего Востока и Восточного Забайкалья. Хабаровск, 1990.
9. Сальникова Е.Б., Котов А.Б., Ковач В.П. и др. Мезозойский возраст урильской свиты амурской серии (Малохинганский террейн Центрально-Азиатского складчатого пояса): результаты изотопных U-Pb и Lu-Hf-исследований детритовых цирконов // ДАН. 2013. Т. 453. № 4. С. 416-419.
10. Тейлор С.Р., МакЛеннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. – М.: Мир, 1988. 384 с.
11. Bhatia M.R. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones // Journal of Geology. 1983. V. 91. № 6. P. 611-627.
12. Condie K.C. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales // Chem. Geol. 1993. V. 104. P. 1-37.
13. Cullers R.L. Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions, and metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo, CO, USA // Chemical Geology. 2002. V. 191. P. 305-327.
14. Gu X.X. Geochemical characteristics of the Triassic Tethys-turbidites in northwestern Sichuan, China: implications for provenance and interpretation of the tectonic setting // Geochimica et Cosmochimica Acta. 1994. V. 58. P. 4615-4631.
15. Nath B.N., Kunzendorf H., Pluger W.L. Influence of provenance, weathering and sedimentary processes on the elemental ratios of the finegrained fraction of the bedload sediments from the Vembanad lake and the adjoining continental shelf, southwest coast of India // Journal of Sedimentary Research. 2000. V. 70. № 5. P. 1081-1094.
16. Roser B.P., Korsch R.J. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio // The Journal of Geology. 1986. V. 94. № 5. P. 635-650.
17. Wilde S.A., Fuyuan Wu, Xingzhou Zhang Late Pan-African magmatism in the northeastern China: SHRIMP U-Pb zircon evidence from granitoids in the Jiamusi Massif // Precambrian Research. 2003. V. 122. P. 311-327.

СТРУКТУРЫ ФЛЮИДОПЕРЕНОСА В ЗЕЙСКО-БУРЕИНСКОМ БАССЕЙНЕ

А.Т. Сорокина, А.П. Сорокин, В.Б. Каплун, Т.В. Артеменко, А.А. Попов

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

Зейско-Буреинский бассейн – крупнейшая отрицательная структура Дальнего Востока блокового строения, выполненная мезозойско-кайнозойскими образованиями мощностью около 4 км. С запада и юга он окружен Больше- и Малохинганским, с севера – Янкано-Тукурингро-Джагдинским, а с востока – Турanskим горно-складчатыми сооружениями. Основную часть бассейна формируют Приамурская, Зейско-Селемджинская, Екатеринославская и Архаринская депрессионные системы, разделенные положительными структурами – Амуро-Мамынским, Завитинско-Майкурским и Притуранским поднятиями, с общей близмеридиональной и северо-восточной ориентировкой. Депрессии состоят из серии прогибов (Лермонтовский, Козьмодемьянинский, Дмитриевский, Михайловский, Екатеринославский, Асташинский и др.), сопряженных с внутренними поднятиями (Успенское, Полтавско-Ильинское, Воскресеновское и др.). Рассматриваемые структуры ограничены системами локальных и региональных разломов (Нэнцыян-Селемджинским, Нижнезейским, Лермонтовско-Белогорским, Западно-Туранским, Сюньхэ-Бирским и др.). Формирование этих нарушений связано с чередованием эпох растяжения и сжатия, во многом связанных как с подвижками в Центрально-Азиатском и Тихоокеанском складчатых поясах [1], так и за счет юных движений вдоль окраин Евразийской и Охотоморской литосферных плит [3]. Разнонаправленные подвижки вдоль этих плит активизировали сейсмические процессы, способствовали формированию вдоль разрывов зон повышенной проницаемости с каналами дегазации и разгрузки глубинных флюидов [8, 12].

Исследования зон повышенной проницаемости проводятся авторами, начиная с конца прошлого столетия, с помощью профильного газо-геохимического опробования гидрогеологических скважин и изучения месторождений минеральных вод. В процессе этих работ, к началу текущего столетия в южной части Зейско-Буреинского бассейна был выявлен целый ряд аномалий свободных, растворенных в воде и сорбированных газов. Установлено, что активная дегазация недр с высокими концентрациями водорода, гелия и углекислого газа отмечается как в зоне сопряжения бассейна с внешним ограничением (Гродековского и Благовещенского поднятий), так и на границе Михайловского и Архаринского прогибов с внутренним Воскресеновским поднятием. В аномалиях последних площадей, наряду с гелием и водородом, в сорбированных газах установлен также водород, метан и тяжелые углеводороды [9, 10].

Одновременно с этим, многолетние наблюдения состава минеральных вод Константиновского месторождения показали, что он изменчив во времени и весьма чувствителен к геодинамической обстановке и сейсмической активности недр. По результатам детального изучения микроэлементного состава вод в 2009 г. (отбор воды осуществлялся через сутки), наиболее существенные изменения концентраций ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) были характерны для бора (398.07–630.72), золота (1.37–52.51), молибдена (38.11–84.83), селена (4.0–9.9), калия (300.0–620.0), магния (1500.0–4000.0), свинца (0.001–59.0), цинка (0.1–58.0), меди (0.01–59.0), алюминия (0.01–37.0) [11].

Повторяемость газо-геохимических работ и длительные исследования химического состава минеральных вод Константиновского месторождения, позволили А.Т. Сорокиной считать, что газовые аномалии в Зейско-Буреинском бассейне возникают с определенной периодичностью с локализацией в узлах пересечения разрывных нарушений, ограничивающих поднятие (в т.ч. погребенные в прогибах).

В связи с возникшим в последние годы интересом к проблеме нефтегазоносности, в 2010–2012 гг. на территории южной части Зейско-Буреинского бассейна сотрудниками АмурНЦ, ИТИГа, ИГиПа ДВО РАН был проведен комплекс исследований, включающий метод магнитно-

тектонического зондирования в сопровождении газо-геохимического опробования. Работы были выполнены по трем близширотным профилям: с. Красное – с. Рошино, с. Корфово – с. Асташиха и с. Черемхово – с. Екатеринославка, охватывая широкий ряд сопряженных между собой положительных и отрицательных структур: Гродековское поднятие – Лермонтовский прогиб, Дмитриевский прогиб – Успенское поднятие, Козьмодемьянинский прогиб – Димское поднятие, Песчаноозерский прогиб – Завитинско-Майкурское поднятие, Екатеринославский прогиб – Поздеевское поднятие (рис. 1, 2). Измерение электромагнитного поля и газо-химическое опробование проводились, соответственно, через 5 и 1 км и 1 км.

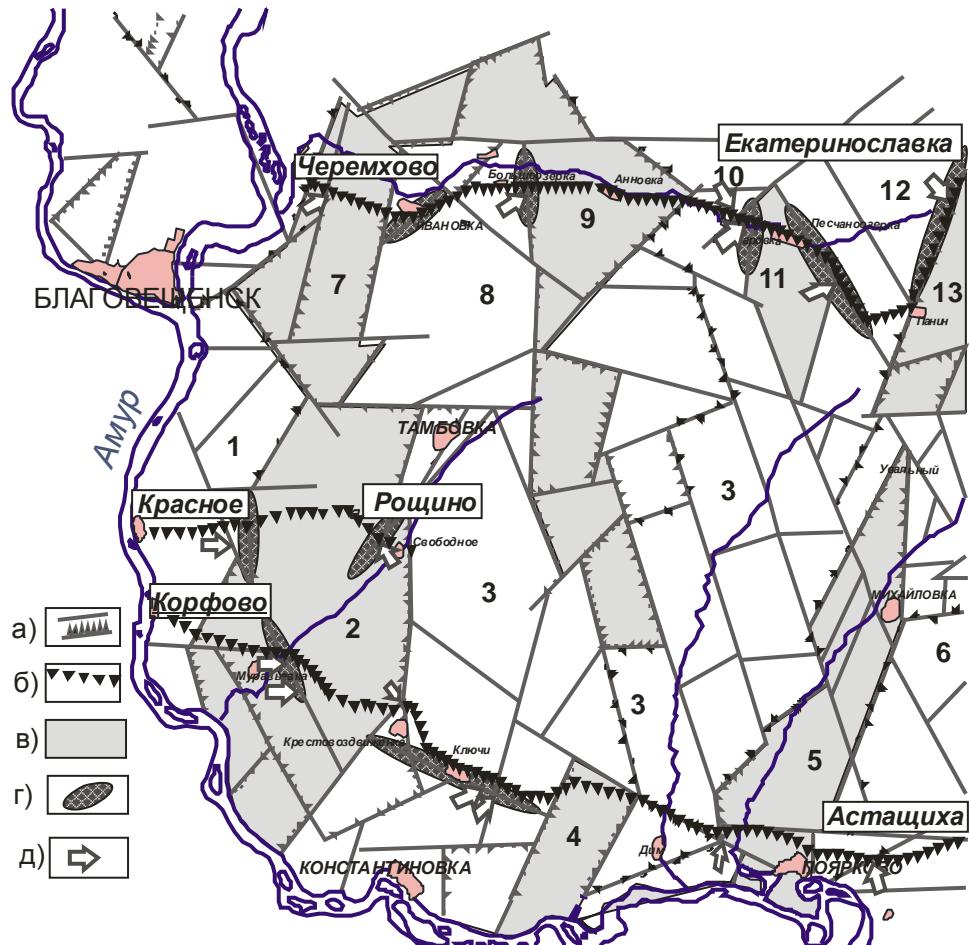
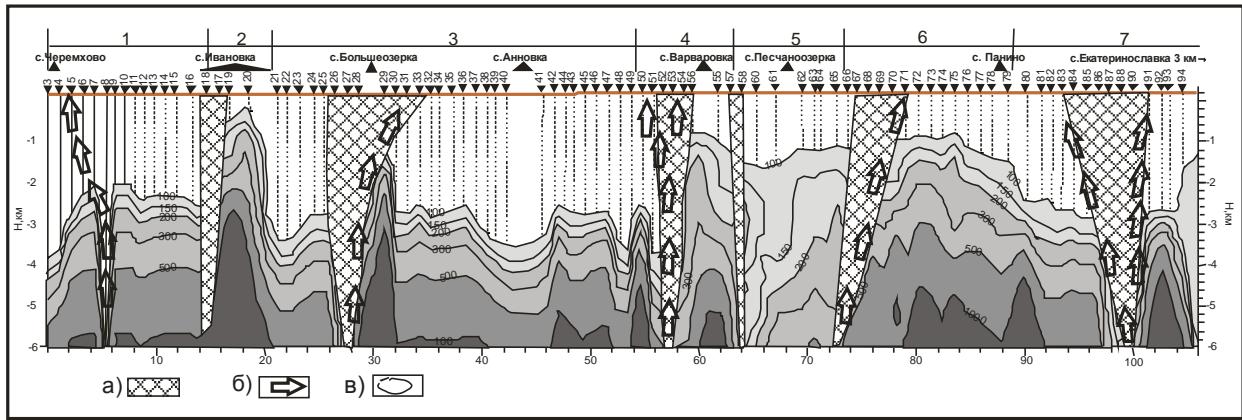


Рис.1 Схема магнитно-тектонического и газо-геохимического опробования.

а) границы тектонических блоков; б) профиль опробования; в) отрицательные структуры; г) зоны проницаемости гелия; д) зоны проницаемости водорода. Цифры на схеме. Поднятия: 1 – Гродековское; 3 – Полтавско-Ильиновское; 8 – Успеновское; 10 – Димское; 12 – Завитинско-Майкурское. Прогибы: 2 - Лермонтовский; 4 – Новопетровский; 5 – Михайловский; 6 – Воскресеновский; 7 – Дмитриевский; 8 – Козьмодемьянинский; 11 – Песчаноозерский; 13 – Екатеринославский. Государственная граница между РФ и КНР проходит по р. Амур.

Результаты изучения почвенного газа свидетельствуют о том, что постоянными компонентами его являются гелий, метан, углекислый газ, радон, кислород и азот. Реже встречаются водород и гомологи метана, первый из которых определялся в 48 %, второй – в 87 % проб. Крупные аномалии водорода и гелия во многом повторяют их распределения прошлых лет. Но особенно выразительны они на профиле с. Черемхово- с. Екатеринославка, пересекая площадь Ерковецкого угленосного бассейна (с. Ивановка, Большеозерка, Варваровка) (рис. 2).



6. Рождествина В.И., Сорокин А.П. Первые находки самородных палладия, платины, золота, серебра в бурых углях Ерковецкого месторождения (Верхнее Приамурье) // Тихоокеанская геология, 2010. Т. 29. № 6. С. 26-38.
7. Сорокин А.П., Сорокина А.Т., Артеменко Т.В. Зоны термотектогенеза и некоторые вопросы метаморфизма углей Приамурья // Проблемы угольной геологии Востока СССР. Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. С. 131-138.
8. Сорокина А.Т. Гидрогеологические системы Верхнего Приамурья. Владивосток: Дальнаука. 2005. 167 с.
9. Сорокина А.Т., Попов А.А. Гидрохимическая зональность южной части Зейско-Буреинского артезианского бассейна как отражение его структурно-тектонической неоднородности // Гидрохимия осадочных бассейнов (Труды Российской научной конф. Томск, 13-17 ноября 2007 г.). Томск: Изд-во НТЛ, 2007. С. 141-147.
10. Сорокина А.Т. Флюидная концепция взаимосвязи неотектонических и гидрогеологических процессов // Подземные воды востока России: Материалы Всерос. совещ. по подземным водам Востока России (XIX Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока). Тюмень: Тюменский дом печати, 2009. С. 47-51.
11. Сорокина А.Т., Попов А.А., Серов М.А. Дегазация недр в очагах разгрузки минеральных вод Константиновского месторождения // Проблемы сейсмичности современной геодинамики Дальнего Востока и Восточной Сибири: Докл. науч. симпоз., 1–4 июня 2010 г., Хабаровск. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2010. С. 230–233.
12. Сорокина А.Т., Сорокин А.П., Серов М.А., Попов А.А. Разломно-блоковые структуры восточной окраины Амурской литосферной плиты, их сейсмичность и флюидный режим // Тихоокеан. геология, 2011. Т. 30. № 1. С. 16–29.
13. Якуцени В.П. Динамика современной дегазации Земли по данным гелиево-изотопного критерия // Дегазация Земли и геотектоника. М.: Наука, 1980. С. 49–54.

МЕТОДИКИ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ, ЭКОНОМИКА МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ ПРИ КЛАССИФИКАЦИИ РЕСУРСОВ ЗОЛОТА

А.И. Дементиенко, В.Г. Моисеенко

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

Природные ресурсы, в первую очередь минерально-сырьевые, составляют основу и во многом определяют настоящее и будущее мировой цивилизации. Уровень и полнота использования природного минерально-сырьевого потенциала возрастает с развитием научно-технического прогресса. Благосостояние страны, ее экономическая независимость, geopolитическая роль в мировом сообществе во многом определяются богатством недр и наличием комплекса средств, необходимых для их наиболее эффективного освоения и использования в национальных интересах.

Принципы и методика определения минеральных ресурсов, как объекта изучения и освоения, их *классификация* являются одним из главных факторов эффективности использования недр во благо человека, региона, страны.

В настоящее время в Мире существует множество (более 150) классификаций минеральных ресурсов и запасов полезных ископаемых, в основе каждой из которых заложены определённые основополагающие принципы. Поскольку минеральные ресурсы представляют собой относительно абстрактную, недоступную непосредственным методам исследований, категорию, то в целом классификацию минеральных ресурсов можно представить как систему обобщенных в определенном аспекте (экономическом, промышленном, геологическом и пр.) знаний, позволяющих судить о ценности того или иного участка недр как об объекте изучения, эффективного использования и, в конечном счете, освоения с целью получения *минерального сырья*.

Минеральное сырье человек использует для своих нужд на протяжении всей своей истории, добывая при разработке *месторождений полезных ископаемых*. С развитием человечества расширяется как круг используемых человеком видов минеральных ресурсов, так и множится их целевое назначение использования. В настоящее время извлеченное из недр минеральное сырье служит основным источником для получения энергии, товарной продукции, используется непосредственно в качестве предметов потребления и т.п. Оно является *товаром* и имеет определённую экономическую ценность. Поэтому для разработки месторождений полезных ископаемых необходимо получить как можно более полное и точное представление о *запасах минерального сырья* на осваиваемом участке недр. Это значит, что предполагаемый к освоению участок недр, содержащий в себе определённый минеральный ресурс, необходимо изучить непосредственными методами (горными и буровыми, геофизическими, минералогическими или геохимическими и т.п.) для того, чтобы дать количественную оценку *запасам минерального сырья* в пределах исследуемого участка и определить их экономическую значимость.

Вполне естественно, что с развитием промышленности, производства наращиваются объёмы добычи полезных ископаемых, вовлекаются в освоение всё новые виды минерального сырья и, как следствие, все новые участки недр. Все эти тенденции находят отражение в классификациях минеральных ресурсов.

Как уже отмечалось, каждая классификация минеральных ресурсов имеет определённое назначение и разработана для определённых целей. В мире, где природные ресурсы становятся товаром, все большим спросом пользуются классификации, позволяющие дать наиболее полное представление об их (ресурсов) экономической значимости. В связи с этим интерес

представляет японская система стандартов запасов и ресурсов полезных ископаемых – Japan Industrial Standards (JIS).

Стандарты обозначаются форматом JIS X 0208:2000, где X – латинская буква – код отрасли применения, 0208 – порядковый номер (может быть пятизначным для стандартов, повторяющих стандарты ISO), 2000 – год принятия редакции. Отрасли применения именуются буквами латинского алфавита, так G соответствует сталелитейной отрасли, H – цветной металлургии, а M – горной промышленности.

Наиболее популярными сегодня являются классификации: австралийская (австралазиатская) JORC, канадская CIM, европейская PERC, южно-африканская SAMREC и др.

По мере создания международных горнодобывающих предприятий все острее встает вопрос о создании общей стандартизованной классификации, понятной инвесторам всех стран. Эта роль, в частности, возложена на кодексы отчетности CRIRSCO, разработанные для обеспечения единой терминологии отчетности при раскрытии информации добывающими компаниями о запасах полезных ископаемых для фондового рынка и финансовых структур.

Отечественная классификация минеральных ресурсов основана на иных принципах и поэтому её использование в качестве инструмента, определяющего состояние минерально-сырьевых активов горного или геологоразведочного предприятия, котировке акций на мировых торговых площадках, получении банковских кредитов и т.п. вызывает определенные затруднения. Другими словами, созданные на ее основе отчеты о проведенных геологоразведочных работах и оцененных минеральных ресурсах и запасах остаются невостребованными на зарубежных фондовых и финансовых рынках.

Отечественная классификация минеральных ресурсов возникла в конце XIX века как инструмент типизации полезных ископаемых по их видам, характеру использования, природным (геологическим, горнотехническим, гидрогеологическим и пр.) условиям, позволяющий в конечном итоге определять количественные и качественные характеристики, а также производить их экономическую оценку. Оцененные (количественно и качественно) прогнозные ресурсы служат как для планирования последующих геологоразведочных работ, так и для составления перспективных планов развития регионов страны.

С развитием учения о полезных ископаемых, возникновением и совершенствованием *формационного подхода* к изучению минеральных ресурсов отечественная классификация получила надежную теоретическую базу, позволяющую эффективно применять её при прогнозировании новых объектов, поисках и оценке полезных ископаемых. Разработано научное направление в геологии полезных ископаемых – *минерагения*, специализированными институтами составлены методики оценки прогнозных ресурсов соответствующих видов минеральных ресурсов.

В практике геологических исследований реализуется 2 основных принципа, нашедших свое отражение в отечественной Классификации: 1) последовательного приближения от общего к частному, от менее детально изученных объектов к более изученным, и 2) принцип аналогии, заключающийся в обобщении установленных закономерностей размещения и строения одних геологических объектов и применении их, как поисковых критериев, при оценке однотипных, но не изученных или менее изученных объектов. На этих принципах построены *прогнозно-поисковые модели* и оценка их *продуктивности*. Важным оценочным параметром при этом является *удельная продуктивность* – количество ресурсов минерального сырья, приходящееся на единицу массы, длины, площади или объема оцениваемого объекта. Согласно действующей отечественной классификации прогнозных ресурсов и запасов твердых полезных ископаемых минеральное сырье, находящееся в недрах, в зависимости от степени изученности состоит из разведенных запасов (категории А, В, С₁ и С₂) и оцененных прогнозных ресурсов (категории Р₁, Р₂ и Р₃).

Современное состояние науки позволяет использовать для оценки ресурсов полезных ископаемых при мелкомасштабных геологических исследованиях (категории Р₂ и Р₃) *минералого-geoхимический метод*. Его суть заключается в оценке ресурсов полезного

ископаемого на основании их минералогической или геохимической данных. Точность оценки определяется полнотой и надежностью разработки модели объекта, использованных критериев и предпосылок.

В качестве примера рассмотрим возможности использования минералого-геохимического метода для оценки ресурсов золота Октябрьского золотоносного узла.

Октябрьский золотоносный узел охватывает бассейны рек Джелтулак и Инкан, Елна и Б.Калахта. В пределах узла были открыты и разведаны богатые россыпи, разрабатываемые до настоящего времени, из которых за период их эксплуатации добыто более 73 т золота, известны многочисленныеrudопроявления золота. По результатам региональных исследований (Рыбалко, 1984) ресурсы рудного золота в пределах части узла, выделенной потенциально рудоносной Широкинской площади (30 км^2), оценивались по категории P_2 в 60 т. Как правило, расчеты количественных показателей производятся на основании площадной продуктивности территории, с учетом возможной глубины отработки потенциального месторождения.

Между тем известно, что горнодобывающие предприятия неоднократно возвращаются на ранее отработанные объекты, что можно объяснить как снижением кондиций на полезное ископаемое, так и миграцией вещества в пределах объема оцениваемого объекта, его перераспределением между минералами-концентраторами и внешней средой вследствие нарушения условий равновесия в системе и обогащения отдельных зон или тел. Минералы-концентраторы распределены, как правило, по объему материнских пород или руд. Изменение энергетического потенциала, например, вследствие окисления, приводит к их разрушению, высвобождению полезных компонентов (золота), их миграции и аккумуляции. Составление минералого-геохимической схемы, количественно учитывающей минералы концентраторы и содержание в них полезного компонента, позволит использовать как дополнительные критерии оценки ресурсов этих компонентов, так и в целом оценивать минеральные ресурсы.

На примере Октябрьского золотоносного узла предложенный минералого-геохимический метод позволяет проследить развитие процесса рудообразования во времени и оценить концентрацию золота в минералах от докембрия до современного периода [1]. Используемые традиционные методы оценки сырья учитывают в основном макроскопическое золото, предложенный авторами минералого-геохимический метод позволяет оценить ресурсы благородного металла с учетом всех его форм (включая микро- и нанозолото), что позволит нарастить ресурсный потенциал этого благородного металла для рассматриваемого Октябрьского золотоносного узла примерно в 2 раза.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 12–05–00738-а).

Литература

1. Моисеенко В.Г., Кузнецова И.В. Нанозолото в древних известняках и доломитах Октябрьского рудного поля (Приамурье) // ДАН. – 2014. – Т. 456. – № 4. – С. 468-471.

АРМИРОВАНИЕ ОКСИДНОЙ КЕРАМИКИ УГЛЕРОДНЫМ ВОЛОКНОМ

В.А. Демчук, Г.Б. Щекина, Б.Б. Калиниченко

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

Получены экспериментальные образцы пористой стеатитовой керамики, армированной углеродными волокнами. Исследована структура и механические свойства полученного композита. Установлено, что армирование углеродным волокном обеспечивает повышение механических свойств пористого керамического материала

Пористая оксидная керамика находит широкое применение в элементах конструкций различного назначения. Это различного рода фильтры, носители катализатора, тепловая изоляция, протезы и имплантаты в медицине. Обладая рядом достоинств, такими как химическая инертность, высокая температура эксплуатации пористая керамика имеет малую механическую прочность и низкую деформационную способность. Введение в керамический материал армирующего наполнителя в форме волокна позволяет повысить прочность за счет диссиляции энергии матричных микротрецин на границе волокно-матрица. Поскольку углеродные волокна обладают высокой прочностью и низкой плотностью, добавление их в керамику является одним из возможных способов улучшить ее механические свойства и уменьшить плотность одновременно. Наиболее критичным при использовании углеродного волокна является низкая окислительная устойчивость углерода. Если использовать УВ как армирующий элемент, необходимо увеличить его устойчивость к окислению. В качестве защиты от высокотемпературного окисления углерода ряд авторов [1,2] предлагают наносить на поверхность волокна защитные покрытия, используя такие методы как химическое осаждение из паровой фазы, электрическая металлизация, плазменно-дуговое распыление в вакууме и т.д. Однако такой подход приводит к увеличению времени и стоимости изготовления. В данной работе методом полусухого прессования был изготовлен пористый керамический композит STC на основе $MgSiO_3$, армированный короткими углеродными волокнами. Учитывая, что основной процесс окисления волокна происходит во время синтеза композита, процесс обжига производился в вакуумной печи при давлении 3 Па. Были исследованы такие свойства как структура матрицы, прочность на изгиб, плотность, пористость. Цель работы - разработка технологических принципов создания пористого керамического материала с высокими эксплуатационными характеристиками

В качестве шихты для изготовления керамических образцов был взят состав для синтеза стеатитовой керамики, описанный в работе [3]. B_2O_3 и ZnO были выбраны в качестве спекающих добавок, снижающих температуру обжига. Относительный объем углеродного волокна оценивался примерно в 11% [4]. Шихтовый состав для синтеза керамического материала представлен в таблице 1.

Таблица 1
Шихтовый состав керамики ST

Шихтовый состав, % масс.				
тальк	каолин	MgO	B_2O_3	ZnO
85	8,5	5,8	1,5	5

Исходный порошок для компонентов матрицы был приготовлен измельчением исходной шихты и спекающих добавок на шаровой мельнице с уралитовыми шарами в течение 3 ч в дистиллированной воде до субмикронных размеров. Короткие углеродные волокна (4-6 мм) были диспергированы в течение получаса в этиловом спирте а затем добавлены в шликер. Диаметр волокон составил 7-8 мкм, плотность около 1,3 г/см³, прочность на разрыв 200 МПа. Полученная суспензия диспергировалась еще в течение получаса до получения окончательной жидкой суспензии. После сушки полученная масса формовалась методом холодного

прессования. Армированная углеродными волокнами масса обжигалась при температуре 1200 °С в течение 1,5 часа в вакуумной печи при давлении 3 Па. Для сравнения точно также были изготовлены образцы ST без добавления углеродных волокон.

Для измерения прочности на изгиб использовали метод трехточечного изгиба с интервалом 30 мм и скоростью траверсы 2 мм/мин. Данные по прочности на изгиб были получены в ходе испытаний на трех образцах. Фазовый состав полученной керамики исследован с помощью рентгеновского дифрактометра Дрон-3М с использованием $\text{CuK}\alpha$ излучения с Ni фильтром. Микроструктура обожженных образцов изучалась на поверхности разлома и отполированных участках электронным сканирующим микроскопом (JSM 6390LV JEOL).

Результаты рентгенофазового анализа образцов STC показаны на рисунке 1.

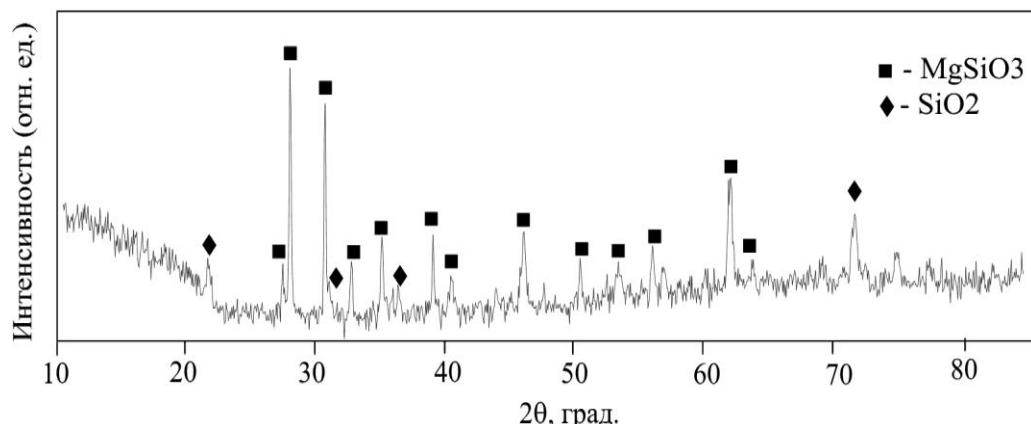


Рис. 1. Рентгенограмма образца STC

После обжига при температуре 1200 °С наблюдается формирование фазы протоэнстатита (JCPDS 11-273) и образца STC кварца (JCPDS 3-267). Образцы ST демонстрируют сходную картину.

На рисунке 2 представлены микрофотографии керамических композитов.

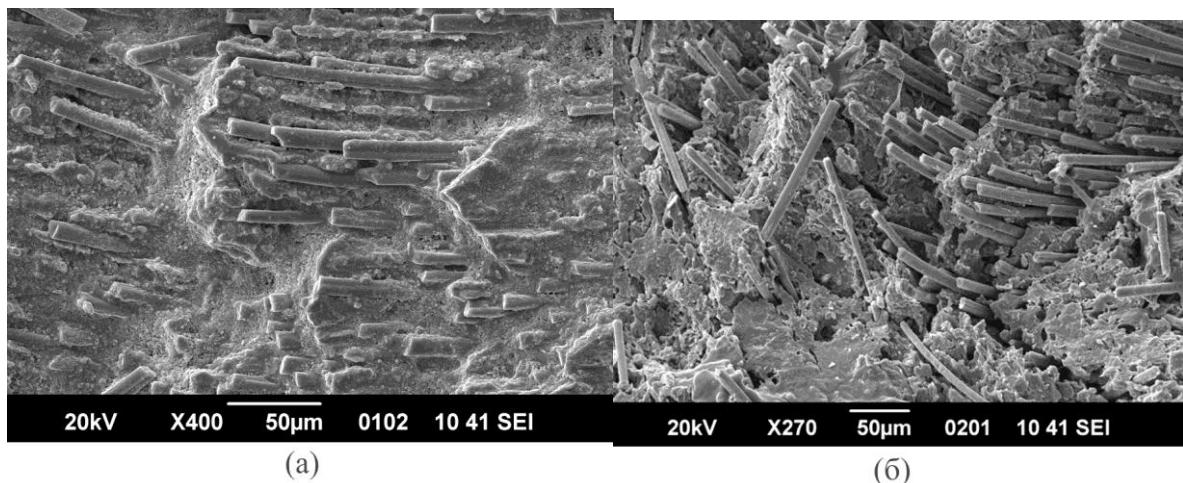


Рис. 2. Микроструктура поверхности композита STC. а — разрез, перпендикулярный направлению давления при формовке, б — поверхность излома композита при разрушении.

На рисунке 2 а показан разрез, перпендикулярный направлению давления при формовке. Композит демонстрирует хорошую смачиваемость углеродного волокна материалом матрицы. В структуре композита наблюдается выраженная анизотропность расположения волокон. Большинство углеродных волокон в плоскостной ориентации перпендикулярны направлению давления. Вероятно, такая ориентация формируется при давлении во время уплотнения и в

процессе прессования. Таким образом, расположение углеродных волокон можно примерно охарактеризовать как двумерное случайное распределение.

На рисунке 2б представлена поверхность излома композита при разрушении. Характер излома свидетельствует о том, что разрушение происходит в результате выдергивания волокон и развития трещин вдоль межфазной границы волокно – матрица.

Причиной такого механизма разрушения могут являться остаточные напряжения, возникающие в результате различия коэффициентов теплового расширения углеродного волокна и керамической матрицы при охлаждении от температуры спекания. Особенностью углеродного волокна является тот факт, что независимо от технологии его получения оно имеет отрицательный коэффициент линейного термического расширения в аксиальном направлении [4]. Для радиального направления в случае стеатитовой матрицы выполняется условие - $\alpha_{cr} > \alpha_m$.

Напряжения, которые испытывает углеродное волокно у межфазной границы можно представить в следующем виде:

$$\sigma_{cr} = (\alpha_{cr} - \alpha_m) \cdot \Delta T \cdot E_c$$

α_{ca} и α_{cr} напряжения, которые испытывает углеродное волокно в аксиальном и радиальном направлении, α_m , α_{ca} , α_{cr} - коэффициенты теплового расширения матрицы, углеродного волокна в аксиальном и радиальном направлении, ΔT – разница температур обжига и комнатной температуры, E_c – модуль упругости углеродного волокна. Напряженное состояние на межфазной границе показано на рисунке 3.

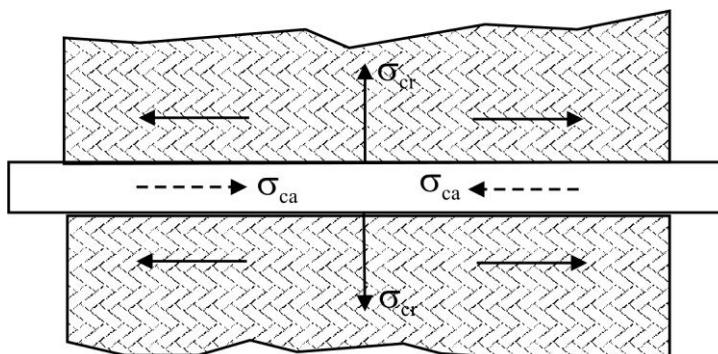


Рис. 3. Напряженное состояние композита углеродное волокно – стеатитовая керамика.

В аксиальном направлении $\alpha_{ca} < \alpha_m$, поэтому волокна будут испытывать напряжения сжатия, а матрица - растягивающие напряжения. Растягивающее напряжение в матрице оказывает неблагоприятное воздействие на механические свойства. Так как в радиальном направлении $\alpha_{cr} > \alpha_m$, следовательно, волокно у межфазной границы будет испытывать растягивающее напряжение (рисунок 3), что уменьшает трение между углеродным волокном и матрицей и делает волокно легко извлекаемым. Увеличение легкости извлечения волокна улучшает армирующий эффект [4].

Плотность и механические свойства, такие как прочность на изгиб и пористость керамики ST и керамики STC, армированной углеродными волокнами, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Механические свойства керамик

Образец	Температура обжига, °C	ρ , г/см ³	$\sigma_{изг.}$, МПа	Кажущаяся пористость $P, \%$
ST	1200	1,64±0,07	7,4±0,4	36,3±2,1
STC	1200	2,01±0,09	10,1±0,6	22,9±1,9

Все керамические образцы синтезированы при одинаковых условиях обжига, таким образом различия свойств определялись только добавлением углеродных волокон. В случае с ST плотность составила $1,64 \text{ г}/\text{см}^3$, что намного меньше, чем у керамики STC, армированной углеродным волокном $2,01 \text{ г}/\text{см}^3$. Вероятно, добавление углеродных волокон способствовало уплотнению керамической матрицы.

На основании исследования структуры и механических свойств полученного материала можно сделать следующие выводы:

1. Армирование углеродным волокном пористого композита с керамической матрицей способствует увеличению прочности. Так предел прочности на изгиб увеличивается с 7,4 МПа до 10,1 МПа.

2. Напряженное состояние у межфазной границы углеродное волокно – керамика, вызванное несоответствием коэффициентов термического расширения в аксиальном направлении, оказывает неблагоприятное воздействие на механические свойства композита.

3. Результаты данного исследования могут быть применены для улучшения прочностных свойств керамических фильтров и носителей катализа.

Литература

1. P. Peng, X.D. Li, G.F. Yuan et al. Aluminum oxide/amorphous carbon coating on carbon fibers, prepared by pyrolysis of an organic-inorganic hybrid precursor. Materials Letters. 2001. V.47. № 3. P. 171-177.
2. He X., Guo Y., Zhou Y., Jia D Microstructures of short-carbon-fiber-reinforced SiC composites prepared by hot-pressing. Materials Characterization. 2008. V. 59. № 12. P. 1771-1775.
3. Демчук В.А., Щекина Г.Б., Костюков Н.С., Лукичев А.А. Стеатитовая керамика на основе талька Верхнего Приамурья. Стекло и керамика. 2010. № 7. С. 13 – 16.
4. Mingchao W., Zuoguang Z., Zhijie S., Min L. Effect of fiber type on mechanical properties of shot carbon fiber reinforced B_4C composites. Ceramics International. 2009. V. 35. № 4. P.1461-1466.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Т. Ю. Еранская, Р.В. Белов

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

Традиционная хлоридная технология получения алюминия из бокситов это многоэтапное производство, требующее больших затрат электроэнергии, химически вредное, с большим количеством отходов и выбросов в атмосферу. Глинозем получают и из небокситовых пород, но существующие технологии сложны и трудоемки и пока не получили широкого распространения. Создание высокоэффективных дешевых и альтернативных технологий на базе небокситового сырья способствовало бы удешевлению производства стратегического металла алюминия, дальнейшему развитию отрасли и расширению сырьевой базы алюминиевой промышленности.

Разрабатываются принципиально новые технологии получения глинозема из местных каолинсодержащих песков, например, на основе кавитационного метода воздействия на минерал. Данный метод активно применяется в промышленности. Например, при химическом обогащении минерального сырья. Однако сведений об использовании данной технологии для переработки каолинов нет. Задачей наших исследований является разделение глиноземной и силикатной составляющих частей каолина кавитационным методом.

Как работает кавитационный метод при обработке минерального сырья? В жидкости всегда находится определенное количество газовых пузырьков, размеры которых зависят от температуры и давления. В зонах пониженного давления газовые пузырьки неограниченно растут, а, попадая в зоны повышенного давления, резко уменьшаются в размерах и, достигая минимального радиуса, схлопываются. Сокращение пузырька происходит с большой скоростью (доли наносекунд) и сопровождается звуковым импульсом. Чем меньше газа в пузырьке, тем импульс более сильный. Этот процесс сопровождается выделением огромной энергии с мгновенным ростом температуры свыше 1200°C. В нашем случае чередование концентрических областей повышенного и пониженного давления создается колебанием пьезоэлемента с ультразвуковой частотой.

Если кавитирующий пузырек находится вблизи какой-то поверхности, например, поверхности минерала, то энергии вырывающейся струйки газа из схлопнувшего пузырька может быть достаточно для возникновения повреждений на этой поверхности. При большом количестве схлопывающихся пузырьков масштаб разрушения огромный. В минералах происходит отмыка поверхности от глинистых и других загрязнений, очистка минеральных зерен от гидроксильных пленок и продуктов переосаждения. Высокая температура при схлопывании пузырьков многократно усиливает интенсивность процессов. Если пузырек находится на границе зерен или вблизи микроскопической трещины происходит разрушение минерала по граням спайности и микротрещинам, раскрытие сростков, изменение их качественного состава, интенсивная дезинтеграция минеральных комплексов. В сочетании кавитационной обработки с химическим воздействием происходит ускорение химических реакций за счет отмыки поверхности частиц от оксидных пленок, активного микропреремешивания, увеличения числа активных центров, локального перегрева, изменения электрохимического состояния поверхности за счет ионизации.

Для исследований воздействия кавитации на алюмосодержащие породы была создана установка на базе ультразвукового аппарата «Феникс». Кавитации подвергались каолины и кварцевые пески Чалганского месторождения (п. Чалганы Амурская область) кварц-каолинсодержащих полевошпатовых песков.

Исследовались пески двух фракций -0,5+0,25 и -0,25. В результате кавитационной обработки содержание SiO_2 в пробах увеличилось в среднем на 1-1,5% от исходного, содержание Al_2O_3 снизилось для крупной фракции примерно на 8,5%, для мелкой – на 20%, по отношению к исходному. Резко изменилось содержание некоторых микроэлементов. Снизилась

матовость песчинок, зерна получили более сглаженную форму, возросло содержание мелкой фракции до 16,4% от объема пробы. Наибольший эффект получен для мелкой фракции.

Если действие кавитации на пески практически точно укладывается в теорию воздействия кавитации на минералы, то для каолина такой теории нет. В литературе нет сведений о кавитационных методах исследования и обработки именно каолинов.

Химическая формула каолинита $2(\text{Al}_2[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4)$, теоретический химический состав, масс.% – 39,5% Al_2O_3 , 46,5% SiO_2 и 14% H_2O [1]. Кристаллическая структура состоит из двухслойных пакетов (рис. 1), содержащих один кислородный тетраэдрический слой состава $[\text{Si}_{2n}\text{O}_{5n}]^{2n-}$ и один алюмокислородно-гидроксильный октаэдрический слой состава $[\text{Al}_{2n}(\text{OH})_{4n}]^{2n+}$. Оба слоя объединяются в пакет с помощью общих кислородов кремнекислородного слоя. Эти связи достаточно слабые, что обуславливает весьма совершенную спайность каолинита и возможность различного наложения одного слоя на другой, что приводит к нарушению строгой симметрии кристаллической структуры.

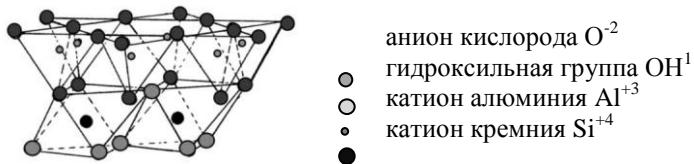
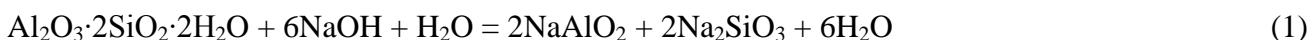


Рис.1. Схематическое изображение структуры каолинитового слоя [2]

Ставилась задача попробовать разрушить эти относительно слабые связи при помощи совместного действия кавитации и химических растворов. Ультразвуковая кавитация каолина проводилась в дистиллированной воде, в водных растворах пищевой соды, перекиси водорода, а также в щелочных растворах NaOH и KOH . Эксперименты проводились при различных соотношениях веществ, при различных мощностях аппарата и за разные промежутки времени. Результаты получены только в двух последних случаях. Причем более эффективной является обработка в растворе NaOH .

Процесс переработки каолина на глинозем должен состоять из двух стадий с промежуточным получением гидроокиси алюминия. Вторая часть процесса не выполнялась. Перевод алюминатной части в раствор (1) и выделение Al(OH)_3 в осадок (2) проходит как два самостоятельных этапа. В раствор по (1) переходят одновременно алюминатная и силикатная



части каолина. В зависимости от условий эксперимента – соотношения навесок каолина и едкого натра, времени обработки и мощности ультразвукового воздействия, получены алюмосиликатные растворы различной концентрации, которые далее подвергались сгущению (выпариванию) до получения концентрированного раствора и начала кристаллизации NaOH .

В соответствии с терминологией, принятой в бокситовой технологии (процесс Байера), второй этап называется декомпозицией или выкручиванием. В процессе Байера он представляет собой самопроизвольное разложение алюминатного раствора на Al(OH)_3 в виде осадка и раствора NaOH в процессе длительного перемешивания при вращении декомпозера. Чтобы неустойчивый процесс шел в сторону разложения, в раствор добавляют большое количество затравки в виде свежеприготовленного Al(OH)_3 из предыдущего цикла производства.

В нашем случае в растворе (1) присутствуют также соединения кремния, предположительно в виде силиката натрия, который нельзя перевести в осадок методами декомпозиции. Следовательно, в осадок должен выпадать только Al(OH)_3 . Вторая часть по (2)

выполнялась как методом выкручивания, так и вторичной кавитацией. В качестве затравки использовался гидроксид алюминия (чда).

При декомпозиции выкручиванием не происходило явных изменений ни в весе осадка, ни в форме кристаллов, что можно объяснить недостатком времени для образования новых кристаллов. Самый большой отрезок времени в эксперименте выкручивания составлял 8,5 часов, а в байеровском процессе обработки занимает от 60 до 80 часов.

Из фото на рис. 2 видно, что форма и размеры частиц осадка гидроксида алюминия, полученные при кавитации, отличаются от частиц затравки, имеющих преимущественно вид округлых пластинок. Можно говорить о том, что в процессе декомпозиции кавитацией происходит, как минимум, достраивание кристаллов в различных направлениях. Но, скорее всего, происходит сначала разрушение кристаллов затравки с последующим их ростом. А неправильная форма кристаллов обусловлена самим принципом воздействия кавитации на твердые вещества.

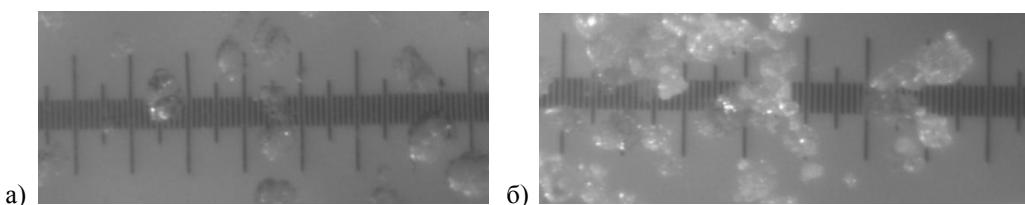


Рис. 2. Частицы $\text{Al}(\text{OH})_3$: а) – затравка; б) – осадок после декомпозиции кавитацией.

Вес высушенного осадка $\text{Al}(\text{OH})_3$ составляет около 1% от веса затравки. Это та часть осадка, которая осталась на фильтре при промывке. Еще примерно треть процента (оценить трудно) это очень мелкие частички, которые не отфильтровываются бумажным фильтром «синяя лента». Что еще раз подтверждает предположение об одновременном процессе роста кристаллов из раствора и их разрушении под действием кавитации.

Предполагается, что незначительный выход $\text{Al}(\text{OH})_3$ связан с тем, что в растворе помимо алюмината и силиката натрия по (1) присутствуют другие соединения, образовавшиеся в процессе кавитации.

Второй метод физико-химического воздействия на каолины, изучаемый в лаборатории, электрогидравлический или электроискровой. Сущность [3] метода состоит в следующем – при подаче напряжения на разрядные электроды, находящиеся в емкости с некоторой ионопроводящей жидкостью, резко возрастает амплитуда тока, вследствие чего значительно возрастает давление в жидкости, сопровождающееся комплексом физических и химических явлений. Ударные волны с высокими скоростями приводят к импульсным перемещениям внутри объема жидкости, возникновению мощных кавитационных процессов, а также к инфра- и ультразвуковым излучениям и резонансным явлениям, ионизации жидкости и минеральных компонентов в ней, возникновению электромагнитных полей. Весь этот комплекс воздействий приводит к разрушению твердых частиц, интенсивному протеканию химических процессов синтеза, полимеризации, обрыва сорбционных и химических связей, а, следовательно, к разнообразным физическим и химическим изменениям в материале.

Нас интересовало, как под действием электрогидравлического разряда при разных условиях будут изменяться свойства традиционных для исследования в нашей лаборатории минералов – каолинов, песков, кианитов и др. Если воздействие разряда на пески и камнеподобные минералы можно предположить – это в первую очередь дробление и примитивное разделение на зёрна, то каолин обладает совершенно другими свойствами, что должно придать работам с ним множество сложностей.

Была создана опытная установка. Особенностью работы с каолином является то, что он практически сразу оседает на дно емкости. Разряд при прохождении между электродами «выбирает» путь наименьшего сопротивления. И все последующие разряды проходят по этому

пути. При этом основная масса вещества не попадает в зону действия разряда. Для всех веществ из нашего перечня это также характерно. Чтобы решить эту проблему установка была дополнена перемешивающим устройством – наклонным ($\sim 30^\circ$) блоком вращения емкости с пульпой (рис. 3). В данной компоновке разряд всегда проходит по новой траектории, под его действие всегда попадают новые объемы продукта.

Установка состоит из следующих основных частей: станины, секции электрооборудования, блока воздушного формирующего промежутка, стойки-направляющей с электродной группой, рабочей емкости на вращающемся основании с приводом от червячного редуктора. На фото (рис. 1) – показана основная часть установки – блок вращения с электродной группой, на рис. 2 – электрическая схема установки. Для запуска данной установки необходимо решить еще ряд вопросов.



Рис. 3. Рабочий узел установки.

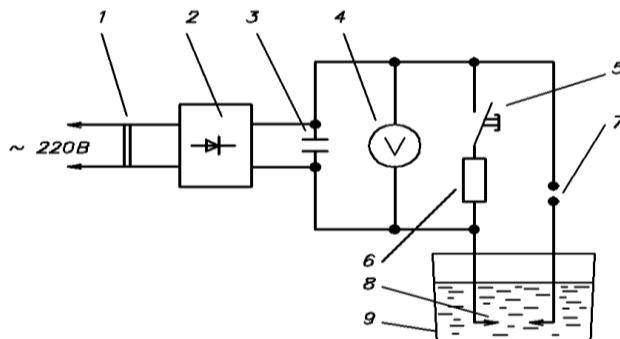


Рис. 4. Электрическая схема установки: 1 - трансформатор; 2 - выпрямитель; 3 – блок конденсаторов; 4 – измеритель напряжения; 5 – кнопочный выключатель; 6 – зарядное сопротивление; 7 – воздушный формирующий искровой промежуток; 8 – рабочий искровой промежуток; 9 – рабочая емкость.

Работа выполнялась при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 11-05-98507).

Литература

1. Еранская Т.Ю., Римкевич В.С. Влияние кавитации на обогащение каолинов.// «Химическая технология». 2012. №5. С. 291-296.
2. Интернет сайт: <http://wiki.web.ru/> Все о геологии. Каолинит. [Электронный ресурс] Дата обновления: 20.05.2010. – URL: <http://www.wiki.web.ru> (дата обращения 21.07.2011).
3. Л.А. Юткин. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. Л.: Машиностроение. 1986. 253 с.

ТЕРРИТОРИИ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ КАК МЕХАНИЗМ ПОВЫШЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ДОБЫВАЮЩЕГО СЕКТОРА АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.В. Кашина

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

Поиск новых механизмов для улучшения инвестиционного климата в дальневосточных регионах в последние годы приобрел особую значимость. Об актуальности данной проблемы свидетельствует определение Президентом Российской Федерации В.В.Путиным в послании Федеральному Собранию от 12 декабря 2013 года развитие Дальнего Востока национальным приоритетом на весь XXI век и предложение создать в этом регионе территории опережающего развития (1). «Такие меры нужны для создания среды, необходимой для конкуренции региона со странами АТР» сказал 5 февраля 2014 года на совещании «Об основных принципах создания и управления территориями опережающего развития на Дальнем Востоке» премьер-министр Д.Медведев [2].

Создание территорий со специальным режимом предпринимательской деятельности является одним из эффективных правовых средств государственного регулирования экономики, хорошо зарекомендовавшее себя в зарубежных странах. «Страны АТР давно идут по этому пути: названия разные, но суть одна - особые условия работы предприятий. Почти 60% продукции, которую мы получаем из Китая, изготовлено в таких зонах» [3], поэтому такой подход доказывает свою целесообразность реальными результатами.

В настоящее время в Российской Федерации законодательно закреплено создание двух типов территорий со специальным правовым режимом: особые экономические зоны и зоны территориального развития.

Создание особых экономических зон в Российской Федерации (ОЭЗ) регламентируется Федеральным законом от 22.07.2005 № 116-ФЗ «Об особых экономических зонах в Российской Федерации». На территории ОЭЗ не допускается разработка месторождений полезных ископаемых, за исключением разработки месторождений минеральных вод и других природных лечебных ресурсов. Однако с 2013 года на территории ОЭЗ допускается переработка полезных ископаемых (кроме нефтепереработки и переработки природного газа) после исключения данного вида деятельности из списка запрещенных [4].

С момента принятия Федерального закона об особых экономических зонах в Российской Федерации создано 28 ОЭЗ, из них две на Дальнем Востоке: портовая особая экономическая зона «Советская Гавань» на территории Хабаровского края, туристко-рекреационная особая экономическая зона «Остров Русский» в Приморском крае, но они пока не могут составить конкуренцию зарубежным аналогам. В настоящий момент в этих зонах резидентов не зарегистрировано [5]. Отсутствие потенциальных «якорных» резидентов свидетельствует о недостаточной привлекательности дальневосточных территорий и неподготовленности площадки для инвесторов. В то же время одним из основных критериев привлекательности ОЭЗ, с точки зрения частных инвесторов, является степень развитости инфраструктуры, как показывает мировой опыт, именно опережающее строительство инфраструктуры обеспечивает приток частных инвестиций [6].

Второй тип территориального развития - «зона территориального развития» (ЗТР) введено Федеральным законом от 03.12.2011 № 392-ФЗ в соответствии с которым ЗТР определена как часть территории субъекта Российской Федерации, на которой в целях ускорения социально-экономического развития субъекта Российской Федерации путем формирования благоприятных условий для привлечения инвестиций в его экономику, резидентам ЗТР предоставляются меры государственной поддержки [7].

К запрещенным видам деятельности в ЗТР относится добыча сырой нефти, природного газа, драгоценных металлов, камней, полудрагоценных камней, их производство и переработка.

Постановлением Правительства РФ 16 апреля 2012 г. № 326 утвержден перечень регионов на территории которых могут создаваться ЗТР. В данный список вошли 20 регионов, из них 5 регионов Дальнего Востока - Камчатский и Приморский края, Амурская, Магаданская и Еврейская автономная области [8]. Решение о их создании будет принимать Правительство Российской Федерации на основании заявок от региона. В настоящее время ЗТР на Дальнем Востоке не созданы. Ведется работа в этом направлении в Амурской области, в Камчатском крае.

Существующий набор специальных экономических зон дополнен третьим типом «территории опережающего развития» (ТОР), которые призваны стать важнейшим механизмом улучшения условий инвестирования и ведения бизнеса на Дальнем Востоке.

Минвостокразвития уже внесло в Правительство Российской Федерации законопроект «О территориях опережающего социально-экономического развития и иных мерах государственной поддержки регионов Дальнего Востока». Согласно вышеназванного законопроекта ТОР это - территория регионов Дальнего Востока, на которой в соответствии с решением Правительства Российской Федерации в целях развития регионов Дальнего Востока установлены особые правовые режимы осуществления предпринимательской и иной деятельности [9].

Среди вносимых изменений в российское законодательство, предусматривающее особые условия ведения предпринимательской деятельности для резидентов ТОР - установление пятилетних каникул по налогу на прибыль организаций, по земельному налогу, по налогу на имущество организаций, снижение ставок обязательных платежей по страховым взносам. Также резиденты ТОР не будут платить НДС, пошлины на ввозимые для производственных нужд товары за счет свободной таможенной зоны.

Такие льготы сделают инвестиционный климат Дальнего Востока более благоприятным, но сами по себе они не будут являться фактором, на основе которого инвесторы станут принимать решения, качественных изменений в экономическом развитии региона следует ожидать только, если такие льготы подкрепить модернизацией транспортной инфраструктуры и минимизацией административных барьеров.

Планируемое упрощение порядка получения разрешений на строительство и подключение к электросетям, а также обеспечение создания необходимой инфраструктуры ТОР, усилит эффект государственной помощи дальневосточным регионам.

Из таблицы 1 следует, что по общей концепции ТОР очень похожи на ОЭЗ, между тем, в отношении новых образований предполагается применить более существенный перечень налоговых льгот и преференций, сокращение сроков административных процедур и создание инфраструктуры за счет государственных средств. Таким образом, можно отметить, что ТОР представляют собой существенно улучшенный тип ОЭЗ. При этом ТОР требуют вложения крупных бюджетных средств для их организации и создания необходимой инфраструктуры.

Минвостокразвития России совместно с администрациями дальневосточных регионов определены 14 потенциальных площадок для создания ТОР (10), из них две планируется к созданию в Амурской области, это ТОР «Белогорск» и ТОР «Екатеринославка» со специализацией в агропромышленной сфере. В перспективе возможно создание ТОР «Гаринская» в районе строительства Гаринского ГОКа, об этом говорил губернатор Амурской области на совещании при полномочном представителе Президента в ДФО Трутневе, которое проходило в г. Благовещенске 11.07.2014 (11).

Задачи опережающего развития ТОР «Гаринская» можно решать используя новые технологии в создание современных производств по освоению Гаринского железорудного месторождения, а также в дальнейшем в строительство металлургического комбината прямого восстановления железа. Однако без прямой поддержки государства проект по строительству Гаринского ГОКа становится инвестиционно не привлекательным для инвестора, так как необходимо строительство дорогостоящей инфраструктуры - железнодорожной ветки Шимановская-Гарь (12). Кроме того, при решении вопроса о создании ТОР «Гаринская» необходима проработка с якорным инвестором вариантов создания сопутствующих

производств в рамках данной территории. Таким компаниям было бы выгодно иметь в регионах добычи мощности по переработке и при этом получать налоговые преференции в течении 5 лет, то есть в числе потенциально заинтересованных компаний - те, кто обладает лицензиями на добычу ископаемых в Амурской области.

Таблица 1

Сравнительные характеристики признаков ОЭЗ, ЗТР и ТОР в России

Признак зоны	ОЭЗ	ЗТР	ТОР
Принятие решения о создании	Правительство РФ	Правительство РФ	Правительство РФ
Срок создания	49 лет	12 лет	Не определено
Льготный налоговый режим	ОЭЗ ППТ: Налоговые льготы на 5 лет: снижение ставки налога на прибыль на 4,5% (20% до 15,5%); земельный налог ставка 0%; транспортный налог льготы 0% по решению региональных органов власти. Налоговые льготы на 10 лет: налог на имущество ставка 0%.	Налоговые льготы в соответствии законодательством Амурской области: снижение ставки налога на прибыль на 4,5%; налог на имущество ставка 0%;	Налоговые льготы на 5 лет: налог на прибыль - 0%; налог на имущество - 0%; земельный налог -0%; снижение ставок обязательных платежей по страховым взносам.
Режим свободной таможенной зоны	НДС- 0%; пошлины на ввозимые для производственных нужд товары -0%	Не предусмотрен	НДС- 0%; пошлины на ввозимые для производственных нужд товары -0%
Административный режим	Предоставление: - государственных услуг по принципу «одного окна»; - права выкупа земельных участков; - обеспечение создания инфраструктуры, необходимой для организации производства	- Создание за счет государственных бюджетов объектов инфраструктуры, необходимых для осуществления резидентами деятельности; - предоставление из федерального бюджета субсидий на компенсацию части затрат на уплату процентов по кредитам банков и лизинговым платежам	- Льготное подключение к объектам инфраструктуры; - создание за счет государственных бюджетов инфраструктуры, необходимой резидентам; - установление льготных ставок по арендной плате; - сокращение сроков административных процедур

Таким образом, можно сделать вывод, что создание ТОР в Амурской области позволит значительно улучшить инвестиционную привлекательность агропромышленного комплекса и в перспективе добывающего сектора экономики. В результате у региона появится больше шансов привлечь инвесторов в создание перерабатывающих производств в рамках создаваемых ТОР.

Литература

1. Послание Президента Российской Федерации Владимира Путина Федеральному Собранию // Российская газета 12 декабря 2013 г. [Электронный ресурс].URL: <http://www.rg.ru>. (дата обращения: 18.07.2014).
2. Территории опережающего развития на ДВ нужно создавать с прицелом на инвесторов. <http://www.dvnovosti.ru/khab/2014/07/03/22151/> дата обращения 26.07.2014.
3. [Сайт] <http://www.EAOmedia.ru>.

4. Об особых экономических зонах в Российской Федерации: Федеральный закон от 22.07.2005 № 116-ФЗ. [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. [Сайт] <http://www.russez.ru>
6. Зельднер А., Козлова С. Управление процессом привлечения частных инвестиций в особые экономические зоны России // Проблемы теории и практики управления. 2013. № 10. С. 75-80.
7. О зонах территориального развития в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 03.12.2011 № 392-ФЗ. [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
8. Постановление Правительства Российской Федерации от 16 апр. 2012 г. № 326. [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
9. О территориях опережающего социально-экономического развития и иных мерах государственной поддержки регионов Дальнего Востока: Проект Федерального закона. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rg.ru>. (дата обращения: 22.07.2014).
10. Территории опережающего развития на Дальнем Востоке призваны стать первыми историями успеха. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.trud-ost.ru/?=284742>.
11. Юрий Трутнев считает завод семян в Приамурье самым подготовленным для включения в ТОР ДФО. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.dairynews.ru/dairyfarm/>
12. [yuriy-trutnev-schitaet-zavod-semyan-soi-v-priamure.html](#).
13. Кислова С. Варианты развития. Амурский губернатор представил возможные площадки для индустриальных парков // Амурская область: день за днем. 07.03.2014.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ

В.М. Кузьминых, А.П. Сорокин

Амурский научный центр ДВО РАН, г. Благовещенск

Одна из насущных проблем современной гидрометаллургии золота, которая широко обсуждается в литературе, это возможные способы извлечения золота из золошлаковых отходов (ЗШО). На территориях, занимаемых отходами от сжигания углей в топках промышленных печей котельных и ТЭЦ, скопилось огромное количество этих отходов, исчисляемое миллионами тонн. Содержание благородных металлов, и в частности, золота, различно для различных территорий и зависит от исходного содержания его в углях, сжигаемых на том или ином предприятии. По данным различных авторов, содержание может колебаться от десятков мг на тону до первых единиц граммов на тонну. Так, например, на Благовещенской ТЭЦ в золоотвале содержание золота от 1 до 3 г/т. Как показывают исследования [1], включение золота в частицы минералов ЗШ разнообразно и чаще всего недоступно для извлечения стандартными приёмами, которые используются в практике.

Помимо сказанного, исследования, проведённые в АмурНЦ ДВО РАН, позволяют сделать вывод о значительном диспергировании частиц золота, первоначально, присутствующих в углях, в процессе сжигания углей при высокой температуре. В итоге подавляющая часть золота выносится с мелкой золой, которая далее улавливается мокрыми скрубберами или электрофильтрами. При этом появляются новые свойства золота и, в частности, обнаруживается способность золота переходить в водный раствор при контакте золы с водой. Учитывая огромное разведение при водной транспортировке ЗШ от ТЭЦ до золоотвала, содержание в водном растворе золота составляет в различное время года от 0.02 до 0.05 мг/л. При отношении Ж:Т = 70-100 : 1, в водный раствор переходит от 0.7 до 3.5 г/т. При длительном стоянии раствора на открытом воздухе при отсутствии дождей происходит постепенное высыхание и концентрирование золота в водном растворе. Так экспериментально было установлено, что увеличение концентрации было достигнуто от 0.01 мг/л до 0.15 мг/л. Присутствие в растворе концентрации 0.15 мг/л уже позволяет вырабатывать окупаемую технологию извлечения золота в промышленном масштабе из водного раствора, получаемого простым контактом золы с технологической водой.

Один из возможных вариантов извлечения золота, перешедшего в водный раствор, основывается на особенности золота, содержащегося в золе после сгорания угля, при контакте с водой переходит в водный раствор в первый час контакта. При более длительном контакте наблюдается снижение содержания золота в растворе. При наличии в технологической воде некоторых примесей (соли, кислоты и пр.) в небольшом количестве извлечение золота в водный раствор увеличивается на 10 – 50%. Сорбция золота из водного раствора может осуществляться с помощью сорбентов на основе активированного угля, прошедшего специальную подготовительную обработку.

Механизм перехода золота из золы после сгорания угля в воду, а также форма нахождения золота в водном растворе в настоящее время ещё не выяснены и находятся лишь на стадии гипотез и предположений. Во всяком случае, после фильтрования раствора через бумажный фильтр (синяя лента), концентрация золота в водном растворе не изменяется, что свидетельствует о том, что частицы золота, в виде которых оно переходит из фазы твердой золы в фазу водного раствора, имеют размеры меньше диаметра пор фильтра. Убедиться в том, что получаемый раствор истинный, не представляется возможным из-за очень низких концентраций золотой составляющей раствора. Во всяком случае, размер частиц должен быть менее 0.1 мкм. При длительном стоянии раствора не наблюдается какой-либо коагуляции вместе с падением содержания золота в водной фазе. Наоборот, при стоянии раствора в

открытом сосуде происходит его испарение и повышение содержание золота пропорционально испарившемуся объёму воды.

Использовать отмеченное явление перехода в водный раствор золота из золы в технологических унитарных целях возможно при соблюдении некоторых условий. В частности, концентрация золота в водной фазе должна быть выше некоторого порогового значения, при котором будет соблюдаться условие экономической выгодности предлагаемого нового технологического процесса. Как показали многочисленные эксперименты по выщелачиванию золота из золы различных углей, в среднем в водный раствор переходит до 20% содержащегося в золе золота. Однако, добавки некоторых веществ в очень небольших количествах, сильно влияют на полноту перехода золота в водную фазу. В качестве примера для сравнения приведём результаты извлечения золота из пыли электрофильтров (ПЭФ) с добавками и без добавок. Исходное содержание золота в ПЭФ пробирным анализом было определено и многократно подтверждено – 3.2 г/т. Навески пыли по 150 г перемешивали с пятью литрами различных водных растворов. После перемешивания и отстаивания от осветленного раствора отбирали пробы 1 л и направляли на анализ сорбционным способом с последующим пробирным определением золота в сорбенте. Получены были следующие результаты определений.

Таблица

Характеристика раствора для смешивания с навеской ПЭФ	Время перемешивания смеси, часов	Процент перехода золота из исходной навески ПЭФ в раствор
водопроводная вода	1	15
слабый раствор нейтральной соли	6	33
раствор сильно разведенной кислоты	6	81.1

При этом содержание золота в растворе составляло для первого раствора 0.014 мг/л, для второго раствора 0.031 мг/л, для третьего раствора 0.078 мг/л. Вполне очевидно, что третий раствор предпочтительнее для извлечения золота и значительно ближе к порогу самоокупаемости.

Для отыскания наиболее приемлемого способа извлечения золота из водного раствора были проведены следующие опыты.

Раствор, полученный после контакта с ПЭФ в кислой среде, после удаления частиц ПЭФ фильтрованием, разделили на три части по 1.3 литра. Извлечение золота из первой порции раствора проводили перемешиванием в течение 1 часа с 1 г тонко истертого угля из угольных аптекарских таблеток. Среда раствора оставалась слабокислой (рН 4.0). Уголь отфильтровывали и анализировали пробирным методом.

Из второй порции раствора осаждение золота проводили перемешиванием с 1.5 г зернистого угля марки БАУ в слабокислой среде (рН 4.0) в течение 4-х часов. Уголь анализировали пробирным методом.

К третьей порции раствора добавили суспензию извести CaO, содержащей 0.3 г CaO, в пересчете на сухой реагент. При этом выпал осадок смеси сульфата и окиси кальция. После отстаивания и фильтрации осадок подсушивали и анализировали на золото пробирным методом.

Подсчетом величины извлечения золота на сорбент установлено: извлечение на истертый активированный уголь в слабокислой среде 91.3% от количества золота, присутствующего в растворе после контакта его с навеской ПЭФ; извлечение на зернистый уголь составило 91.1%; извлечение на осадок смеси соединений кальция составило 76.5%. Исходя из приведенных значений извлечения золота на сорбент, можно говорить о предпочтительности применения для сорбции активированного зернистого угля, поскольку его отделение от маточного раствора можно проводить на сите с размером ячейки 0.5 мм, предварительно отсеяв более тонкий уголь.

Таким образом, экспериментально показано, что особенности, которые приобретает золото при сжигании угля в промышленных печах при высоких температурах, значительно превышающих температуру плавления золота, позволяют переводить золото в жидкую фазу

при контакте с водой и слабыми водными растворами простых неорганических соединений. При этом золото может извлекаться сначала в раствор, а затем на сорбент без применения каких либо сложных приемов и дорогих и ядовитых реагентов.

Литература

1. Черепанов А.А. Благородные металлы в золошлаковых отходах дальневосточных ТЭЦ // Тихоокеанская геология. 2008 Т.27. №2, С 16-28.

ИНОСТРАННЫЕ ИНВЕСТИЦИИ В ДОБЫВАЮЩЕМ КОМПЛЕКСЕ ЭКОНОМИКИ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

В.Е. Оверина, Н.В. Кашина

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

Богатство природными ресурсами Амурской области определило отраслевую специализацию региона. В период с 2008 по 2012 годы доля добывающего комплекса увеличилась в ВРП региона в 2,3 раза с 6,9% до 15,8%, в структуре промышленного производства с 32% до 52% (1,6), что свидетельствует о возрастающей роли добывающего комплекса в структуре экономики области. При этом, перед регионом стоит стратегическая задача – формирование высокотехнологичного инновационного добывающего комплекса полного цикла (начиная с добычи, обогащения до производства конечного продукта) с высоким уровнем комплексного извлечения и глубокой переработкой (2). Очевидно, что обеспечение эффективного функционирования комплекса требует значительных капитальных вложений. Значимая роль при этом отводится иностранным инвестициям, так как потребности не могут быть удовлетворены только национальными инвесторами. По оценкам Российского фонда прямых инвестиций (РФПИ) соотношение отечественных инвестиций к иностранным составляет один к пяти (3). К тому же, структура распределения инвестиций по источникам финансирования Дальнего Востока крайне специфична – доля собственных средств в 2013 году составила 34,4 %, тогда как в среднем по России этот показатель равен 46,1 %. (4). Таким образом, проблема привлечения иностранного капитала является одной из самых актуальных для этого сектора экономики. Поэтому в настоящей работе поставлена цель – проанализировать поступление иностранных инвестиций в добывающий комплекс Амурской области.

Суммарный поток иностранных инвестиций в Амурскую область в 2012 году по сравнению с 2006 г. вырос в 5,3 раза - со 112,0 млн. долл. до 597,1 млн. долл., 94 % которых поступили в форме прямых инвестиций. В 2013 году произошло их снижение до 162,8 млн. дол. США, в том числе в добычу полезных ископаемых с 418 млн. дол. США в 2012 г. до 112,5 млн.дол. США в 2013 году, что обусловлено резким падением цены на золото и корректировкой владельцами компаний расходов на капитальные вложения в проекты. На рисунке 1 представлены объемы вложений иностранных инвестиций в экономику Амурской области за 2006-2013 годы.

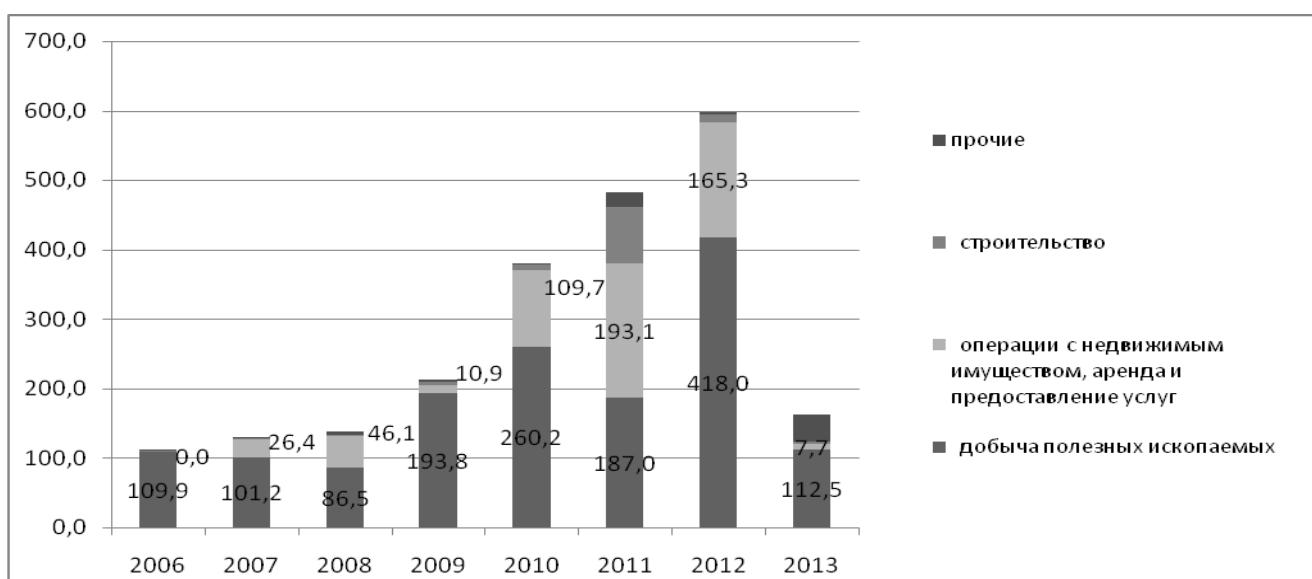


Рис.1 Структура иностранных инвестиций по видам экономической деятельности, поступивших в экономику Амурской области за период 2005-2013 г.г., млн. долл.

Анализ отраслевой структуры поступлений иностранного капитала показывает, что для инвесторов инвестиционная привлекательность области по-прежнему имеет преимущественно сырьевую направленность. Наиболее привлекательной сферой экономики области для иностранных вложений на протяжении последних 8 лет являются добыча полезных ископаемых. На ее долю приходится от 98,3% в 2005 г. до 70% в 2012-2013 годах.

В добывающем секторе большая часть крупных бизнес-проектов связана с добычей, первичной переработкой и продажей преимущественно сырьевых ресурсов. Следует отметить, что именно вложения в цветную металлургию (золотодобычу) определяют отраслевую структуру иностранных инвестиций. Завершается реализация проектов по освоению Албянского и Маломырского золоторудных месторождений в Селемджинском районе, внедряются новые технологии в этой отрасли – автоклавная технология извлечения золота из упорных руд (5). Кроме того, в Амурской области привлекают внимание зарубежных инвесторов такие направления инвестиционных вложений как добыча титаномагнетитовых руд, железной руды. Проекты, направленные на технологические трансформации, требуют значительных объемов инвестиций и характеризуются длительными сроками окупаемости и высокими рисками, поэтому в долговременные инвестиционные проекты вкладывают средства преимущественно крупные зарубежные компании.

Среди стран-инвесторов, инвестирующих капитал в добычу полезных ископаемых в 2013 году были Кипр, на долю которого приходится 80% от общего объема иностранных инвестиций – 130,4 млн. дол. США. Из Китая поступило 32,4 млн. дол. США, то есть 20% общего объема иностранных инвестиций. Китайские инвесторы предпочитают вкладывать средства в малый и средний бизнес уделяя большее внимание строительству и производству строительных материалов.

Анализ масштаба деятельности иностранного сектора в Амурской области позволяет выделить наряду с имеющимися положительными характеристиками (дополнительные инвестиционные потоки, создание новых рабочих мест, увеличение объемов производства золота) ряд факторов, воздействие которых на экономику области можно оценить как недостаточно эффективное.

Во-первых, это направление основных инвестиционных потоков иностранного капитала в наиболее развитые отрасли промышленности - цветную металлургию, в то время как инвестиционные проекты ТЭК (освоение буроугольных месторождений и технологии получения востребованной и конкурентной продукции из бурых углей) должного внимания пока не получили.

Во-вторых, это преобладание кредитов в общем объеме иностранных инвестиций (81% в 2013 г.), что связано с необходимостью возврата средств.

Эффективность инвестиционного процесса напрямую зависит от инвестиционного климата региона. Согласно оценке Рейтингового Агентства «Эксперт», среди 83 регионов России Амурская область по инвестиционному климату относится к числу регионов с «незначительным потенциалом – умеренным риском» (группа 3B2), по рейтингу инвестиционного потенциала заняла 65 место (в 2011 году – 67), по рейтингу инвестиционного риска переместилась с 53 на 44 позицию (1).

На государственном уровне разработано большое число программ, направленных на стратегическое развитие экономики дальневосточных регионов России, среди которых Стратегия социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона до 2025 г., стратегия развития ТЭК Восточной Сибири и Дальнего Востока до 2030 г., и др. Правительство Амурской области в целях повышения инвестиционной привлекательности региона проводит активную целенаправленную политику в области улучшения инвестиционного климата, в том числе по совершенствованию законодательной базы, развитию форм государственной поддержки инвесторов, организации информационно-коммуникационной инфраструктуры. К числу факторов, обеспечивающих инвестиционную привлекательность Амурской области, помимо значительного ресурсного потенциала можно

отнести географическое положение, позволяющее наладить экономическое сотрудничество с Китаем и другими странами АТР, научный потенциал.

Однако, регионы, в которых освоение природных ресурсов исторически является отраслью национальной специализации и важнейшим фактором региональной экономики, в системе народного хозяйства России продолжают играть роль источника сырья и материалов. Анализ показывает, что угроза сохранения сырьевой структуры экономики региона по-прежнему существует, и прежде всего за счет ориентации преимущественно на первичные отрасли промышленности, а именно – добычу полезных ископаемых (7). Дальнейшее развитие добывающего сектора экономики области должно быть направлено на формирование инновационного комплекса полного цикла: разведка – добыча – переработка – транспортировка – реализация продукции. Таким образом, важнейшей задачей перед регионами ресурсного типа, к которым относится Амурская область, стоит передислокация инвестиционных ресурсов в научноемкие инновационные производства с высоким уровнем переработки полезных ископаемых.

Инвестиционный процесс в этом секторе экономики связан со сложностями транспортной доступности к ресурсным базам и соответственно возрастанием капиталоемкости проектов. Принимая во внимание значение и возможности масштабных инвестиционных проектов в сфере освоения минеральных ресурсов кардинальным образом влиять на ситуацию в регионе (на рынке труда, создание новых точек роста и т.д.) можно объяснить возрастающее внимание к ним со стороны органов власти. При этом следует отметить необходимость поддержки таких проектов со стороны федеральных органов власти, когда государство обеспечивает полностью транспортную инфраструктуру, а частный иностранный бизнес вкладывает средства в комплексное освоение и переработку минерально-сырьевых ресурсов. Взаимодействие органов власти и частных компаний позволит повысить привлекательность разработки месторождений в труднодоступных местах региона.

Литература

1. Привлечение иностранных инвестиций в экономику Амурской области в 2005-2012 годах: Стат. Бюлл. / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Амурской области. - Благовещенск, 2013. - 50 с.
2. Стратегия социально-экономического развития Амурской области на период до 2025 года. Постановление Правительства Амурской области от 13.07.2012 № 380 [Электронный ресурс] // Консультант плюс.
3. РФПИ привлек в совместные фонды \$15 млрд от ведущих мировых инвесторов [Электронный ресурс] // Российский Фонд прямых инвестиций. 2014. 23 июля. URL: <http://rdif.ru/fullNews/1080/> (дата обращения: 30.07.2014).
4. Рудько-Селиванов В.В., Лапина К.В., Кучина Н.В. Инвестиционные процессы на Дальнем Востоке России в условиях неопределенности // Вопросы отраслевой и региональной экономики. Вестник ТГЭУ. 2013. № 3. С. 31-41.
5. Орлов В.А.. Инвестиционные приоритеты Приамурья // Бюджет. 2014. № 2. С18-19
6. Валовый региональный продукт и качество жизни населения Амурской области: Стат. Бюлл. / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Амурской области. - Благовещенск, 2013. - 39 с.
7. Сорокин А.П., Кашина Н.В., Межаков В.З. Современное состояние и стратегические направления инвестиционного развития горно-добывающего комплекса Западного Приамурья // Вестник ТГЭУ. 2010. № 1. С 3-13.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНВЕКЦИИ ФЛЮИДА НАД ВНЕДРИВШИМСЯ В ГИДРОТЕРМАЛЬНУЮ СИСТЕМУ МАГМАТИЧЕСКИМ СИЛЛОМ

Н.С. Остапенко, С.И. Бородавкин, В.В. Абрамов, А.В. Черных

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

На основании размещения выявленных промышленных рудных тел Покровского золоторудного месторождения над магматическим силлом дацитов, в основном, по периферии его гребня (купольного поднятия), разведчиками и исследователями сделано предположение о его рудоконтролирующей роли [1,2,6]. Анализ геологической ситуации и факторов рудолокализации позволили нам сделать предположение о возможной рудоформирующей роли этого магматического тела посредством оказания теплового воздействия на динамику рудообразующих растворов над его поверхностью [3]. Магматическое тело имеет невыдержанную мощность, а его поверхность осложнена прогибами, поднятиями и увенчана главным гребнем.

В 2012-2013 годах, с целью дополнительной аргументации высказанного предположения, нами были проведены лабораторные экспериментальные исследования развития конвективной динамики флюида над моделью силла для ситуации центральной части Покровского месторождения. Здесь имеет место совмещение повышенной мощности магматического тела с его гребневой частью. В результате на модели было показано [4,5], что по периферии основного гребня силла развиваются и длительно существуют конвективные ячейки, с которыми можно связать известные промышленные рудные тела (залежи). Следовательно, силл вполне мог играть рудоформирующую роль и обеспечить размещение продуктивных тел по периферии основного гребня (куполя). Вывод обоснованный, но не окончательный (так как осталась невыясненной роль в рудолокализации участков повышенной мощности силла). Геологическая ситуация северо-восточного фланга месторождения благоприятна в этом отношении (рис. 1).

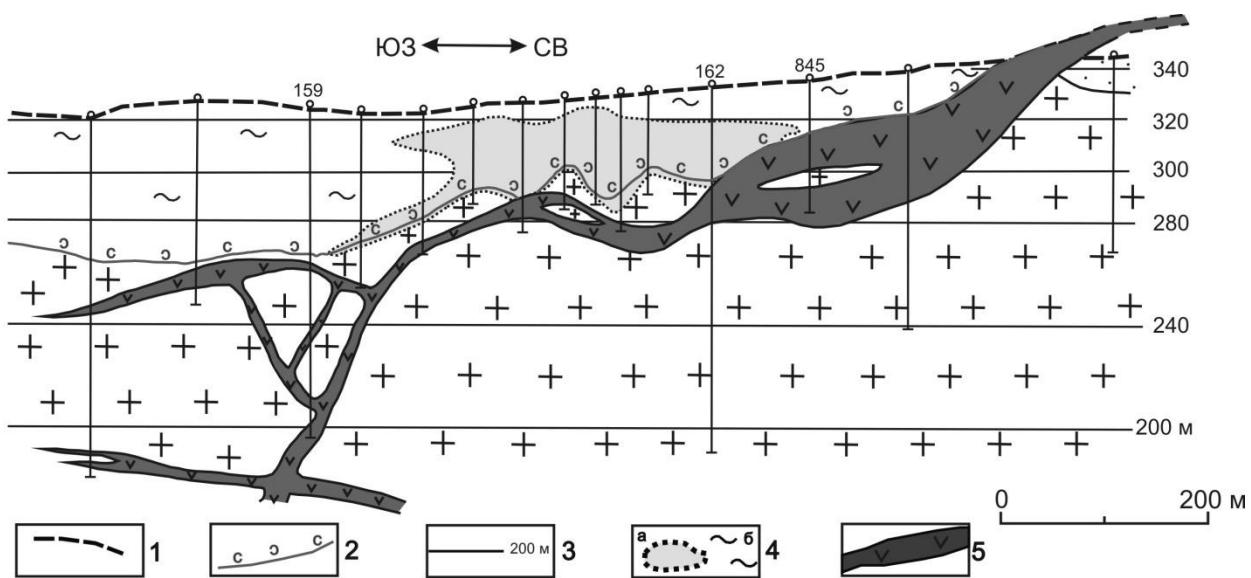


Рис. 1. Продольный разрез через северо-восточный фланг Покровского месторождения

1 – современная поверхность и вертикальные буровые скважины; 2 – подошва толщи вулканитов; 3 – горизонты месторождения с отметками (в м); 4 – контур рудной залежи Молодежная по данным разведки (а) и ореол рассеянной прожилково-вкрапленной минерализации (б); 5 – силл дацитов.

Здесь имеется свой основной гребень на господствующих высотных отметках около 360 м. Нижние части силла в районе его выклинивания размещаются на отметках около 240 м. И, главное, участок с максимальной мощностью значительно смещен от апикса гребня на западный склон поверхности силла. В связи с этим, имеется возможность смоделировать в экспериментах влияние на размещение промышленной минерализации обоих факторов в отдельности – мощности тела и местоположение его гребня, то есть подтвердить или опровергнуть сделанное предположение. Сконструированная и применявшаяся ранее установка с водным нагревателем всей модели [4] не пригодна для решения этой задачи. Для её решения нами сконструирована новая установка с автономным электронагревом фрагментов модели разной мощности (рис. 2).

Конструкция экспериментальной установки. Модель силла для эксперимента выполнена из медной пластины толщиной 1 мм и шириной 7 см, длиной 30 см, в масштабе около 1:3000 от реального его размера. Она точно повторяет все изгибы его поверхности (рис. 1,2), установленные по результатам разведки месторождения сетью буровых скважин.

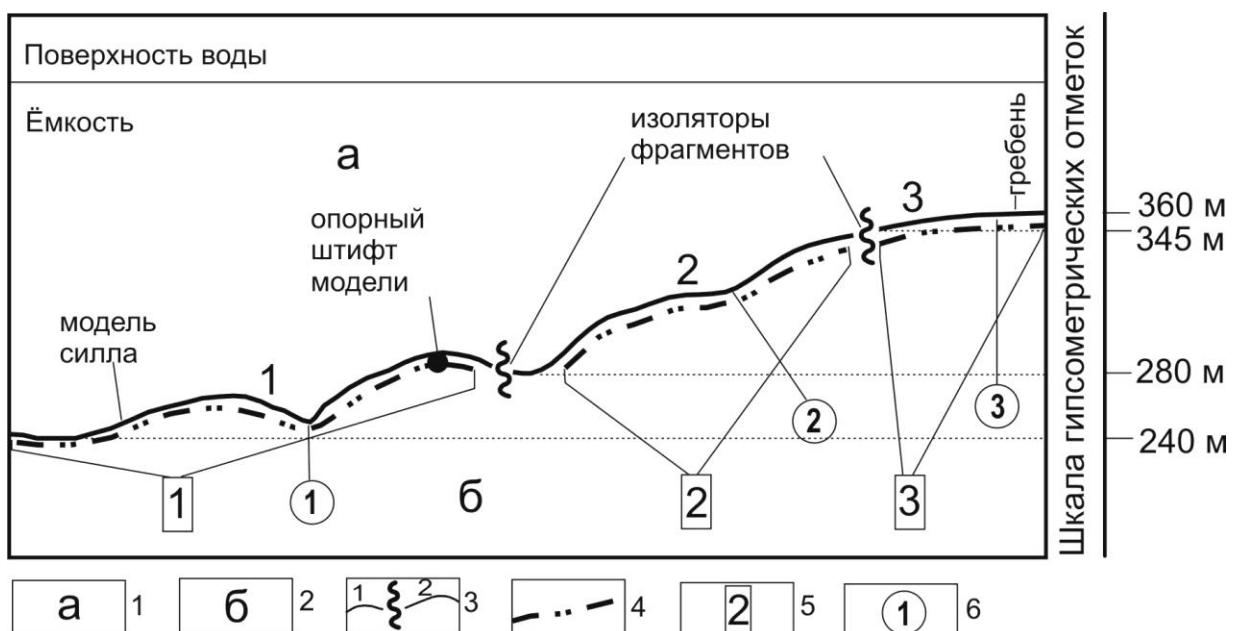


Рис. 2. Конструкция экспериментальной установки.

1, 2 – ёмкость из прозрачного оргстекла из 2-х секций: 1 – для воды, имитирующей рудообразующий флюид, 2 – для монтажа нагревательных элементов и термопар; 3 - разделяющая их герметично впаянная модель силла из трёх изолированных медных фрагментов пластины определённых форм, соответствующих участкам силла различной мощности. Максимальную мощность имеет фрагмент-2; 4 - изолированные слюдяными прокладками от медных пластин модели нагревательные элементы; 5 - регулирующие электропитание нагревателей модельных фрагментов силла выносные ЛАТРы; 6 - термопары.

Как и прежняя, эта установка представляет собой прозрачный призматический сосуд из оргстекла с герметически встроенной медной пластиной (нагреваемое тело), моделирующей сложную поверхность магматического силла. Для возможности имитации нагрева флюида от фрагментов силла различной мощности, модельная пластина была разделена на три изолированных фрагмента, соответствующих участкам силла различной мощности, герметично соединенных посредством тепло- и электроизоляторов, изготовленных из резины. Эта пластина делит сосуд по высоте на две части. Верхняя его часть предназначена для размещения имитирующей гидротермы воды; нижняя часть – для размещения электронагревателей и термопар. Герметичность дна верхнего сосуда обеспечена термоклеем (этиленвинилацетат). Элементы нагрева представляют собой никромовую спираль, намотанную на листовую слюду. Электроизоляция между нагревающим элементом и медной пластиной модели обеспечивается

прокладкой из листовой слюды. Каждый фрагмент пластины может автономно нагреваться до заданной температуры, регулируемой с помощью ЛАТР-а. Максимальные мощности нагревателей каждой из пластин равны, соответственно, 84,4 Вт, 220,4 Вт и 36,8 Вт. Температуры нагрева пластин в разных экспериментах были разными, но не превышали 85°, во избежание турбулентности. Контроль нагрева пластин модели осуществляется хромель-алюмелевыми термопарами. Замеры температуры воды в любой точке над поверхностью нагреваемой модели силла оперативно осуществляются лазерным термометром и контролироваться ртутным термометром.

Визуальное и видеонаблюдение зарождения, становления и перестройки конвективной системы может осуществляться посредством размещения в необходимых точках нагреваемой пластины модели хорошо растворяющегося подкрашивающего воду вещества. Наш опыт показывает, что лучшим индикатором водных потоков является кристаллический KMnO₄.

Структуру конвекции «флюида» можно параллельно с видеокамерой наблюдать и с помощью имеющегося тепловизора «Flir-3» с фиксацией ключевых моментов развития его температурного поля на фото и последующим совместным анализом их и видеозаписи эксперимента. Результаты проведенных экспериментов освещены в другой нашей статье в этом же сборнике.

Подготовительные работы и конструирование экспериментальной установки выполнены при финансовой поддержке гранта ДВО РАН 12-III-A-08-183.

Литература

1. Власов Н.Г., Дмитренко В.О., Капанин В.П. и др. Приамурская золоторудная провинция // Золоторудные месторождения России. Отв. ред. Константинов М.М. Москва. 2010. С. 187-212.
2. Дементиенко А.И. Геолого-структурные и geoхимические особенности золотого оруденения, петрохимия рудоносных комплексов Покровского месторождения: Автореф. дисс. ... канд. Благовещенск: АмурКНИИ, 1997. 24 с.
3. Остапенко Н.С., Нерода О.Н. К обоснованию рудоформирующей роли силла дацита на Покровском золоторудном месторождении // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии: Вторая Всероссийская научная конференция 15-16 октября 2012 г., Благовещенск [сб. докл]. Благовещенск, 2012. С.117-120.
4. Остапенко Н.С., Нерода О.Н., Бородавкин С.И. Экспериментальное моделирование отложения золота в рудных телах Покровского месторождения // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии: Юшклинские чтения-2013, 19-22 мая 2013 г., Сыктывкар [материалы]. Сыктывкар: ИГ КОМИ НЦ УрО РАН. 2013. С. 401-403.
5. Остапенко Н.С., Нерода О.Н., Бородавкин С.И. Беспалов В.В. Экспериментальное моделирование конвекции флюида над поверхностью внедрившегося в экранированную рудообразующую гидротермальную систему силлообразного магматического тела // Геодинамика и минерагения Северо-Восточной Азии.: IV Всероссийская научно-практическая конференция 26-31 августа 2013 г., Улан-Удэ: [материалы.]. Улан-Удэ: ГИН СО РАН. 2013. С. 270-273.
6. Хомич В.Г., Борискина Н.Г. Инъективные структуры и золото-серебряное оруденение Покровского рудного поля (Приамурье) // Геология рудных месторождений. 2003. Т45, №1. С. 24-42.

МЕХАНИЗМ ПРОТЕКАНИЯ ГЕТЕРОФАЗНЫХ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

А.А. Пушкин, М.А. Леонтьев, В.С. Римкевич

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

В связи с осложнением отношений с США и Евросоюзом одной из важных особенностей современной экономической политики России является импортозамещение. Обеспеченность Российской алюминиевой промышленности собственными бокситами составляет 40 – 45% [1]. Остальная потребность в сырье покрывается за счет импорта глинозема из Австралии, Экваториальной Африки и Южной Америки.

В нашем институте разработана фторидная технология переработки небокситового алюмосиликатного сырья, запасы которого в Амурской области велики. Кроме того, Амурская область обладает богатыми гидроресурсами (Зейская и Бурейская ГЭС), что может быть использовано для создания энергоемкого производства, в частности, производства алюминия.

Основным алюмосиликатным сырьем, изучаемым в настоящий момент являются каолины Чалганского и кианиты Чимчанского месторождений. В процессе выбора оптимальных вариантов сырья или фторирующего реагента для данного технологического процесса, встает задача предварительного термодинамического расчета различных физико-химических равновесий с целью выявления оптимальных сочетаний реагентов. В связи с этим нами на основе приложения Microsoft Access 2007 разработана программа для проведения физико-химических расчетов, включающая расчеты как по химической термодинамике, так и по химической кинетике [2, 3]. Программа состоит из двух блоков. Один из них предназначен для определения при разных температурах направлений протекания и тепловых эффектов физико-химических реакций, которые могут быть положены в основу исследуемого технологического процесса [4]. Второй блок предназначен для кинетических расчетов, проводимых в процессе обработки результатов экспериментов. Блок содержит две ветви: одну для реакций, протекающих по степенному закону, другую – для реакций, подчиняющихся уравнению Авраами [5, 6].

По степенному закону протекают гомофазные реакции, т.е. реакции, протекающие в газах или растворах, уравнению Авраами подчиняются, как правило, гетерофазные реакции. Тем не менее, гетерофазные реакции нуждаются в дополнительном обсуждении.

Механизм протекания гетерофазных реакций включает в себя две стадии, одна из них диффузионная, вторая - кинетическая. Диффузионная стадия заключается в диффузии молекул одного вещества внутрь зерна с другим веществом по мере того, как фронт реакции продвигается внутрь зерна. Кинетическая стадия реакции связана с собственно химической реакцией взаимодействия молекул двух веществ и происходит при столкновении молекул. Определяющей является наиболее медленная стадия, так как она оказывает основное сопротивление ходу реакции, и время протекания гетерофазной реакции приблизительно равно времени, затраченному на эту стадию. О реакциях, для которых более медленной является стадия диффузии, говорят, что они проходят в диффузионной области, о реакциях, в которых более медленной является стадия химического взаимодействия молекул, говорят, что они протекают в кинетической области. В случае, если времена протекания обеих стадий приблизительно равны, говорят, что эта реакция протекает в переходной области.

Выведем уравнение, выражающее условие протекания в переходной области гетерофазной химической реакции вида **A+B→продукты**.

Если реакция происходит между двумя веществами в виде порошков, то, после перемешивания порошков, реакция будет происходить в точках контакта порошинок двух различных веществ **A** и **B**. Точечный контакт в реальных условиях превращается в контактную площадку. Тогда на границе двух зерен будет наблюдаться диффузия веществ через контактную площадку, допустим, из зерна вещества **A** в зерно вещества **B** со скоростью

$$\text{Скорость диффузии} = D \frac{\partial C_A}{\partial x} S,$$

где D – коэффициент диффузии, S – контактная площадка, $\frac{\partial C_A}{\partial x}$ – градиент концентрации вещества A .

В зерне вещества B будет происходить химическая реакция со скоростью

$$\text{Скорость химической реакции} = k C_A C_B * V,$$

где k – константа скорости реакции веществ A и B , $C_A C_B$ – произведение концентраций веществ A и B в зерне B , V – объем зерна B .

Тогда, исходя из равенства скоростей диффузии и химической реакции между молекулами веществ A и B в переходной области, получим выражение

$$D \frac{\partial C_A}{\partial x} S k C_A C_B * V.$$

(1) Предположим, что падение C_A концентрации вещества A происходит полностью в пограничном слое толщиной δ , представим градиент концентрации в уравнении (1) в виде их отношения

$$D \frac{C_A}{\delta} S k C_A C_B * V.$$

Далее, упростим выражение и подставим вместо коэффициента диффузии и константы скорости их выражения из зависимости Аррениуса

$$D_0 \exp\left(\frac{-E_D}{RT}\right) \cdot \frac{S}{\delta} k_0 \cdot \exp\left(\frac{-E_A}{RT}\right) \cdot C_B \cdot V.$$

Далее, вводя обозначения, аналогичные обозначениям, работы [7]

$$\frac{D_0}{\delta} = \beta_0, \frac{S}{\delta} = f,$$

где β_0 – коэффициент массоотдачи фазы A , а f – удельная поверхность контакта двух фаз, получим уравнение

$$\beta_0 \cdot f k_0 C_B \cdot \exp\left(\frac{-(E_A - E_D)}{RT}\right), \quad (2)$$

которое является критерием прохождения реакции в переходной области. Уравнение (2) аналогично критерию в работе [7], который применялся для случая гетерофазных реакций, протекающих в двух фазах. Основное отличие заключается в наличии экспоненциального члена, в который вынесена зависимость коэффициентов диффузии и константы скорости от температуры.

Этот экспоненциальный член помогает выявить зависимость от температуры, а также от энергий активации диффузии и химической реакции. Так, в частности, знак выражения под экспонентой зависит от соотношения энергий активации этих процессов: если энергия активации реакции больше, чем энергия активации диффузии, то при низких температурах определяющим фактором будет диффузия, а при высоких – химическое взаимодействие молекул. Если же энергия активации реакции меньше, чем энергия активации диффузии, то зависимость от температуры будет носить противоположный характер.

Таким образом, экспоненциальный член определяет температурную зависимость хода гетерофазной реакции. Но ход реакции также зависит от факторов, которые сами не меняются с температурой, в частности от дисперсности, а также от величин предэкспоненциальных множителей в зависимости Аррениуса для коэффициентов диффузии и константы скорости.

Кроме того, существует неявная зависимость границ областей протекания гетерофазной реакции от плотности вещества. Зависимость от плотности вещества появляется вследствие её зависимости от концентрации. Так как концентрация несыпучих веществ представляет собой плотность, деленную на массу молекулы, а в случае сыпучих – кроме дисперсности частиц зависит также и от плотности вещества. Однако, сама плотность также зависит от температуры, свидетельством чего является расширение тел при нагревании.

Для решения вопроса о характере временной зависимости концентрации вещества от времени мы проводим расчет погрешностей вычисления констант скоростей. Для степенного закона эти погрешности определяются формулой

$$\frac{dk}{k} = \ln \alpha_{\max} \cdot k_p \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x}, \quad (3)$$

где $\ln \alpha_{\max}$ – логарифм максимальной степени превращения продукта реакции, k_p - коэффициент Стьюдента, σ_y – среднеквадратическое отклонение логарифма экспериментальных степеней превращения от среднего значения этих степеней превращения, σ_x - среднеквадратическое отклонение логарифмов отсчетов времени от их среднего значения.

Для уравнения Авраами формулой

$$\frac{dk}{k} = k_p \frac{\sigma_y}{\sqrt{n}},$$

(4)

где σ_y – среднеквадратическое отклонение экспериментальных значений $\ln(1-a)$ от среднего значения этой величины, n – количество отсчетов времени.

Для вычисления констант скоростей проводилась линеаризация исходных данных логарифмическим и двойным логарифмическим методами, соответственно, далее использовался метод наименьших квадратов для вычисления коэффициентов линейной регрессии. Для вычисления констант скоростей использовались угловой коэффициент и свободный член уравнения линейной регрессии, соответственно. Заметим, что величина погрешности вычисления константы скорости свидетельствует о том, насколько точно линеаризованная последовательность экспериментальных точек следует прямой линейной регрессии, а, следовательно, и о том, насколько точно экспериментальная кривая подчиняется степенной зависимости или уравнению Авраами. Чем больше погрешность вычисления констант скоростей (формулы (3) и (4)), тем больше отклонение экспериментальной кривой от соответствующей зависимости. Следование же экспериментальной кривой тому или иному закону, в свою очередь, позволяет судить об определяющем вкладе в ход реакции столкновений или диффузии, соответственно.

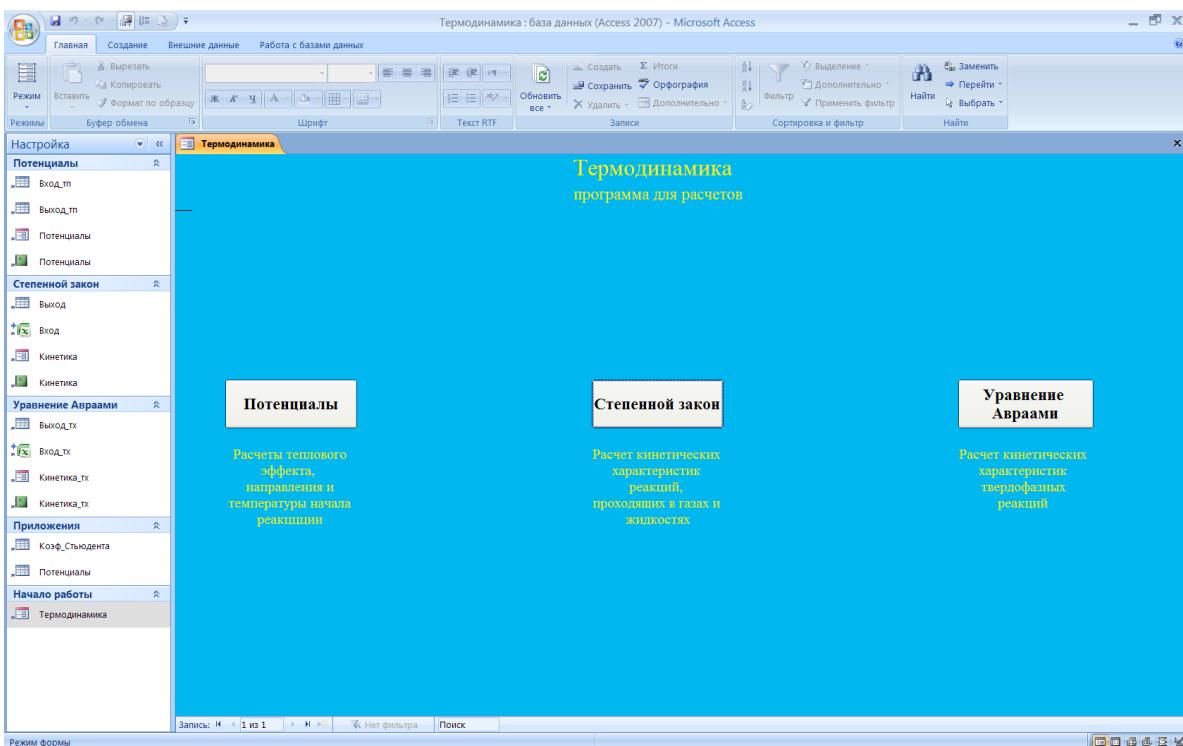


Рис. 1 Стартовая форма программы **Термодинамика** в окне программы Microsoft Access 2007.

То есть, если, в результате расчета, погрешности вычисления констант скорости в предположении о степенном законе получились малыми, а в предположении об уравнении

Авраами большими, значит, зависимость от времени является степенной и реакция протекает в кинетической зоне и наоборот.

В заключение, необходимо сказать о компьютерной реализации программы. Программа докладывалась и ранее [2 – 6], но тогда она была реализована стандартными средствами Microsoft Access 2007. В качестве элементов автоматизации использовались макросы. Сейчас удалось перевести большую часть функций программы на язык процедур Visual Basic for Application. Использование процедур позволило сделать программу более гибкой, уменьшить количество объектов Access, облегчить интерфейс форм. Каждая ветвь программы содержит четыре объекта: две таблицы (одну для автоматизации ввода данных путем её связи с таблицей Excel, вторую с выходными данными с целью создания отчетов), форму с прикрепленной к ней процедурой (назначение формы выборка данных из таблиц, вычисление и заполнение выходных таблиц) и отчет с выходными данными (основное его назначение – экспорт данных) в файл rtf. Группа Приложения содержит две Таблицы со справочными данными: одна содержит таблицу с коэффициентами Стьюдента для расчета погрешностей, вторая – значения термодинамических потенциалов и их производных при стандартных условиях для 150 веществ, наиболее часто встречающихся при фторидной переработке алюмосиликатов.

Литература

1. Сизяков В.М. Состояние и проблемы развития алюминиевой промышленности России в условиях переходного периода (литературный обзор) // Цветные металлы. 2000. № 11-12. С. 29-33.
2. А.А.Пушкин, В.С.Римкевич. Автоматизация термодинамических расчетов в процессах фторидного обогащения алюмосиликатного сырья. Сборник докладов Второй Всероссийской научной конференции «Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии». Благовещенск. 15 – 16 октября 2012г. С. 280 – 283.
3. А.А.Пушкин, М.А.Леонтьев. Программа для расчета термодинамических величин на основе приложения Microsoft Access 2007. Математические исследования в естественных науках. Труды IX Всероссийской научной школы. Апатиты, Геологический институт Кольского НЦ РАН, Кольское отделение РМО, 10-11 октября 2013 г. /Ред. Ю.Л. Войтеховский. – Апатиты: Изд-во К & М, 2013. С. 68 – 72.
4. А.А.Пушкин, В.С.Римкевич, Ю.Н.Маловицкий, Р.В.Белов. Автоматизация расчетов термодинамических равновесий в процессе переработки алюмосиликатного сырья по фторидной технологии. Труды V Всероссийской научной школы. «Математические исследования в естественных науках». 12–14 октября 2009г. – Апатиты: изд. ГИ КНЦ РАН, 2009. С. 225–228.
5. Пушкин А.А., Белов Р.В., Римкевич В.С. Автоматизация расчётов кинетических характеристик физико-химических процессов при переработке силикатного сырья фторидным методом. Труды VII Всероссийской научной школы «Математические исследования в естественных науках». Апатиты. 3-6 октября 2011г. С. 118 – 123.
6. Пушкин А.А., Белов Р.В., Римкевич В.С. Автоматизация расчетов кинетических характеристик твердофазных физико-химических процессов. Труды VIII Всероссийской научной школы «Математические исследования в естественных науках». Апатиты. 15 – 16 октября 2012г. С. 26 – 30.
7. В.В.Бочкирев. Теория химико-технологических процессов органического синтеза. Гетерофазные и гетерогенно-катализитические реакции. Учебное пособие. Издательство ТПУ. – Томск, 2005. – 124С.

СОРБЦИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ОРГАНИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВОМ

В.И. Радомская, Л.М. Павлова, С.М. Радомский

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

Геохимическая роль органического вещества в земной коре многогранна и значительна. Одной из причин пристального внимания исследователей к органическому веществу является приуроченность аномальных содержаний золота и элементов платиновой группы к торфам и углям. Наиболее активными составляющими ископаемых топлив низкой степени углефикации являются гуминовые вещества. Гуминовые кислоты (ГК) - это сложные высокомолекулярные азотсодержащие органические кислоты, образованные путем биогеохимического разложения остатков растений и животных. ГК состоят из гидрофобного ароматического каркаса с большим содержанием функциональных групп, среди которых преобладают кислородсодержащие функциональные группы: карбоксильные, фенольные, гидроксильные, карбонильные и метоксильные. В силу сложности строения очень широк спектр взаимодействий, в которые могут вступать ГК. Ранее было установлено [1, 2], что золото имеет более высокое сродство с гуминовыми кислотами, чем палладий. Задачей исследования явилось экспериментальное изучение возможного механизма связывания золота и палладия гуминовыми кислотами.

Объектами исследования были препараты гуминовых кислот, выделенные из образцов низинного осокового торфа месторождения Егорьевское-2 (Амурская область).

Элементный состав гуминовых кислот определяли на анализаторе Vario EL Cube фирмы Elementar в ИХН СО РАН. По данным элементного состава ГК по методу [3] рассчитывали содержание алифатической составляющей в ГК ($C_{\text{алиф}}$), %:

$$C_{\text{алиф}} = \frac{(H/C - 2/3) \times 100}{4/3} \quad (1)$$

где Н/С – атомное отношение водорода к углероду.

Содержание функциональных карбоксильных и фенольных групп определяли С-ацетатным и баритовым методами.

ИК-спектроскопические исследования ГК проводили на ИК Фурье-спектрометре "Spectrum One". Разрешение спектра 2 см^{-1} .

Изучение ультраструктуры поверхности образцов и зондовый микроанализ выполнены на сканирующем электронном микроскопе JSM-6490LV с ЭДС INCA Energy, X-max и ВДС INCA Wave (ДВГИ ДВО РАН).

Модельные эксперименты по сорбции Au (III) и Pd(II) на гуминовых кислотах проводили в статических условиях при периодическом перемешивании. Разделение твердой и жидкой фаз проводили фильтрованием. Содержание палладия, золота в растворах после сорбции определяли с помощью вольтамперометрического анализатора ТА-4. По разности между исходной концентрацией и концентрацией металла в растворе после сорбции рассчитывали величину адсорбции (A), выраженную в миллиграммах на 1 г сорбента.

Для измерения окислительно-восстановительного потенциала раствора ГК использовался ионометр типа OP-265/1 фирмы «Radelkis» (Венгрия).

Свойства гуминовых кислот. Были охарактеризованы свойства полученных препаратов гуминовых кислот. Гуминовые кислоты, выделенные из низинного осокового торфа, максимально обуглерожены и содержали 58,29 % С. Среднее содержание элементов в % от массы ГК составило: С – 58,29; Н – 5,50; N – 3,49; S – 0,74; O – 31,98, а в атомных процентах - С – 38,48; Н – 43,55; N – 1,98; S – 0,16; O – 15,83. По соотношению О : С = 0,41 ГК характеризуются отчетливо выраженным декарбоксилированием.

Соотношение Н : С = 1,13 свидетельствует об обогащенности ГК группами CH_3 и CH_2 , т.е. используемые ГК имеют четко выраженный алифатический характер. На долю углерода в составе алифатических цепей приходится 34,6%.

В спектрах ГК обнаружены интенсивные полосы поглощения с максимумом при 3395–3388 см^{-1} , отнесенные гидроксильным группам, 2925, 1460 и 730–720 см^{-1} – к длинным метиленовым цепочкам, 2853 см^{-1} – к метильным концевым группам. Интенсивная полоса с максимумом поглощения при 1638 см^{-1} обусловлена плоскостными колебаниями сопряженных углерод-углеродных (ароматические) и углерод-кислородных связей (карбонилы, связанные водородными связями, карбоксилат-ионы). Полоса поглощения около 1511 см^{-1} указывает на наличие неконденсированных ароматических соединений в составе ГК, связанных с атомами азота и кислорода. Полоса поглощения с максимумом при 1237-1223 см^{-1} относится к валентным колебаниям С–О фенольных и карбоксильных групп. Поглощение в области 1127 см^{-1} определяется в основном валентными и деформационными колебаниями ОН-групп в спиртах и карбоновых кислотах. В области волновых чисел от 850 до 694 см^{-1} наблюдаются слабые полосы поглощения, возможно, обусловленные внеплоскостными деформационными колебаниями в ароматических кольцах, имеющих два и более незамещенных атомов водорода [3]. Таким образом, максимальная интенсивность полос поглощения в спектрах ГК низинного торфа отмечена для гидроксильных, карбонильных групп, алифатических и ароматических фрагментов.

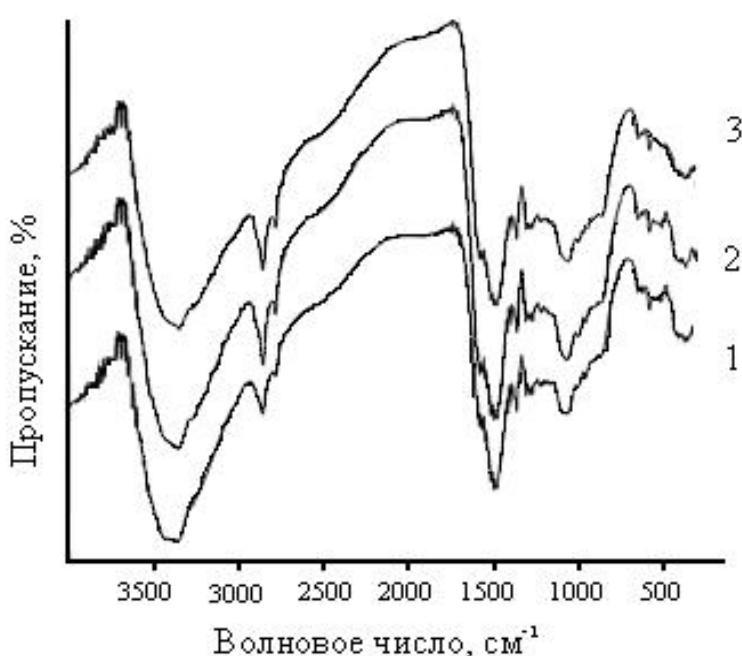


Рис. 1. ИК-спектры пропускания: 1 – ГК; 2 – ГК+Au; 3 – ГК+Pd

Для сорбционных характеристик гуминовых кислот наибольшее значение имеют карбоксильных групп, определяющих кислотную природу ГК, а также наличие фенольных групп. Содержание $-\text{COOH}$ -групп в образце исследуемых ГК, определённых ацетатным методом, составило 2,57, а $-\text{OH}$ -групп - 4,41 мг-экв/г. Таким образом, гуминовые кислоты, выделенные из низинного осокового торфа характеризуются преобладанием в 1,7 раза фенольных групп над карбоксильными.

Взаимодействие гуминовых кислот с ионами золота и палладия.

Были проведены исследования по определению влияния pH раствора на полноту сорбции палладия и золота гуминовыми кислотами (рис. 2). Сорбция Au (III) в кислой среде остается практически постоянной. Степень извлечения золота колеблется в пределах 98-99,9 %.

В случае сорбции палладия из растворов с переменной кислотностью, кривая степени извлечения представлена S-образной формой. Это может быть обусловлено полифункциональностью поверхностных групп, реализацией анионообменного механизма или же механизма комплексообразования, изменением формы и заряда палладиевых комплексов с изменением pH, которые будут иметь разную способность к образованию связей с функциональными группами ГК или механическим окклюдированием взвешенных частиц

гидроокиси. Согласно [4], хлоридные комплексы Pd(II) очень склонны к щелочному гидролизу: выделение из раствора труднорастворимых продуктов гидролиза начинается при pH выше 3. Максимальная степень извлечения палладия гуминовыми кислотами составляет 87 % при pH равном 6, что вероятно, обусловлено доминирующим участием в этом процессе карбоксильных групп ГК, которые в данной области pH находятся в ионизированном состоянии, вероятно в этих условиях сорбции благоприятствует эффективная экспозиция функциональных групп ГК. Согласно полученным результатам (рис. 2) видно, что при всех значениях pH ионов золота сорбируется больше, чем ионов палладия.

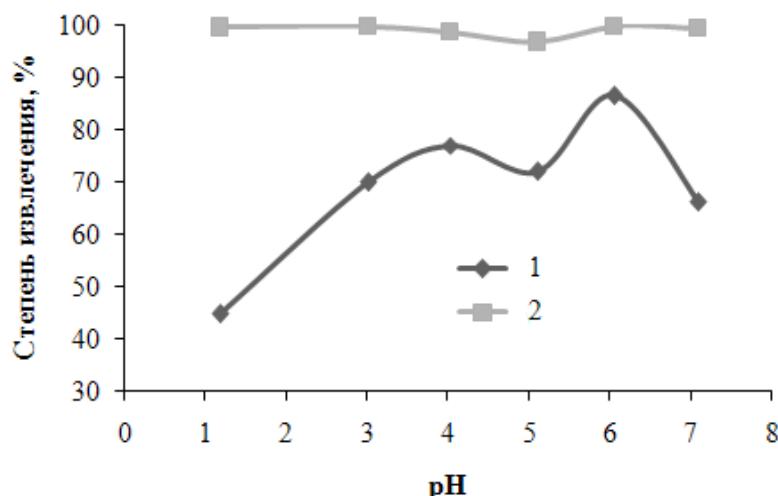


Рис. 2. Степень извлечения палладия и золота в зависимости от величины pH: 1 – ГК (Pd), 2 – ГК (Au). Концентрация Pd (II) 50 мг/л, Au (III) 46,1 мг, объем раствора 10 мл, $m_{\text{сorb.}}=20-30$ мг

Было выявлено, что с ростом концентрации металлов, добавленных к ГК, увеличивалось количество сорбированного металла. При pH 6 максимальное количество сорбированных ионов золота составило 161 мг на грамм препарата ГК, то есть обменная емкость ГК составила 2,45 мг-экв/г. Что касается Pd, то ГК сорбировали около 26 мг ионов Pd на грамм ГК (емкость ГК по палладию 0,49 мг-экв/г). Сопоставление количества металлов, сорбированных гуминовыми кислотами, с числом функциональных групп в них свидетельствует о том, что во взаимодействии с ионами палладия участвовало не более 8 % кислых функциональных групп и не более 20% карбоксильных групп от их общего числа. При взаимодействии с ионами золота были задействованы практически все карбоксильные группы ГК, невзирая на стерические затруднения при сорбции. Из этого факта следует, что золото должно было бы достаточно равномерно распределиться по всей поверхности сорбента.

Различную сорбционную способность ионов золота и палладия по отношению к ГК объяснить только строением их электронных оболочек, участвующих в образовании разных видов связи, невозможно, так как у ионов золота два неспаренных электрона находятся на 5d-орбитали, а у ионов палладия два неспаренных электрона находятся на 4d-орбитали.

Учитывая, что максимальная сорбционная емкость для ГК по отношению к ионам золота составляет около 161 мг/г, образование соединений золота с участием карбоксильных групп ГК должно было найти заметное отражение в ИК-спектрах, однако ИК-спектры исходных ГК и ГК с адсорбированным золотом полностью идентичны (рис.1). Только для образца ГК+Pd наблюдался сдвиг полосы поглощения с максимумом при 1237 см^{-1} , связанной с группой COOH, в длинноволновую область на 13 см^{-1} , что свидетельствует об образовании соединений с участием карбоксильных групп ГК.

При взаимодействии ГК и растворов ионного золота наблюдалось окрашивание раствора в виннокрасный цвет, что косвенно свидетельствует об образовании золя металлического золота и о восстановлении золота гуминовыми кислотами. Данные сканирующей электронной микроскопии подтверждают, что золото на ГК находится в виде частиц элементарного металла

(рис. 3). На образцах гуминовых кислот в основном встречались частицы размером 0,2-1 мкм. Золотые агрегаты размером 1-3 мкм наблюдались довольно редко.

Методом электронной микроскопии установлено распределение палладия по всей поверхности сорбирующей матрицы, но восстановленных форм палладия не выявлено. Этот факт свидетельствует о том, что взаимодействие ГК с растворами палладия останавливается на стадии сорбции, что подтверждается и данными ИК-спектроскопии, в отличие от золота, для которого одной из стадий взаимодействия с ГК является окислительно-восстановительная реакция.

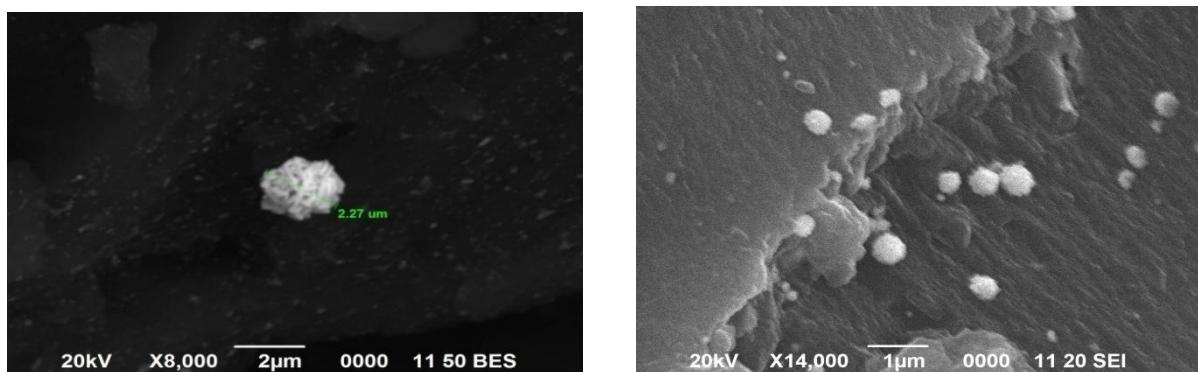


Рис. 3. Наночастицы золота на гуминовых кислотах

Вероятность протекания окислительно-восстановительной реакции в слабокислых растворах для благородных металлов определяется соотношением окислительно-восстановительных потенциалов реагирующих веществ [5]. Стандартный окислительно-восстановительный потенциал для системы $\text{AuC} + 3e \leftrightarrow \text{Au} + 4\text{Cl}^-$ составляет 1,00 В, для системы $\text{PdC} + 2e \leftrightarrow \text{Pd} + 4\text{Cl}^-$ 0,62 В [6]. Окислительно-восстановительный потенциал раствора ГК, выделенных из низинного осокового торфа месторождения Егорьевское-2, равен 0,71 В. Таким образом, ГК способны восстанавливать окисленные формы окислительно-восстановительных пар с потенциалом $\geq 0,71$ В, т.е. в данных условиях должно восстанавливаться только золото.

Сопоставление экспериментальных наблюдений и значений окислительно-восстановительных потенциалов индивидуальных растворов, показывает, что взаимодействие ГК с комплексными соединениями золота обусловлено реакцией окисления-восстановления. Вероятно, на первой стадии взаимодействия ГК и ионов благородных металлов происходит сорбция, обусловленная либо ионным обменом, либо комплексообразованием. Процесс взаимодействия ГК с растворами палладия останавливается на стадии сорбции, взаимодействие же золота с ГК не останавливается на стадии сорбции, а продолжается до восстановления золота в виде наноразмерных частиц. Наночастицы золота служат зародышами, на которых в дальнейшем образуются агрегаты золота.

Работа выполнена при поддержке гранта Президиума ДВО РАН 12-III-A-08-142

Литература

1. Kuimova N.G., Pavlova L.M., Radomska V.I. Biogenic Concentration of Noble Metals // Georesources. 2012. Т. 12. №1. С. 21-25.
2. Куимова Н.Г., Радомская В.И., Павлова Л.М. Концентрирование палладия на биогеохимических барьерах // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. №9. С. 77-84.
3. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. - М.: Изд-во МГУ, 1990. - 325 с
4. Печенок С.И. Сорбционно-гидролитическое осаждение платиновых металлов на поверхности неорганических сорбентов. - Л.: Наука, 1991. - 248 с.
5. Радомский С.М., Радомская В.И. Равновесные параметры процесса окисления благородных металлов // Естественные и технические науки. 2010. № 4. С. 166-170.
6. Благородные металлы. Справ.изд./под ред. Савицкого Е.М. – М.: Металлургия, 1984. - 592 с.

ОСОБЕННОСТИ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ КУПЕРИТА

В.И. Рождествина, Н.В. Мудровская, А.А. Удовенко¹, С.В. Рубанов²

ИГиП ДВО РАН, г. Благовещенск, Россия

¹ Институт химии ДВО РАН, Владивосток, Россия

² Институт Bio21, Университет Мельбурна, г. Мельбурн, Виктория 3010, Австралия

Куперит редкий сульфидный минерал платины названный по имени Р. Купера, впервые описавшего этот минерал в 1928 году [1]. Баннистером и Хейем в 1932 году по порошковым дебаеграммам, полученным методом вращения, проведена расшифровка структуры куперита (PtS) и уточнена его формула [2]. Ими установлено, что минерал кристаллизуется в тетрагональной сингонии с параметрами решетки $a = 3.47$, $c = 6.10 \text{ \AA}$, пространственная группа $P4_2/mmc$ (№ 131), в которой каждый атом Pt образует четыре компланарных связями, а каждый атом серы четыре тетраэдрические связи. Ионы S имеют тетрагонально-искаженную ($c/2a = 0.88$) простую кубическую упаковку (высота элементарной ячейки равна высоте двух таких псевдоячеек) [3]. Для синтетического PtS по порошковым рентгенограммам определены $a = 3.4700$, $c = 6.1096 \text{ \AA}$, $Z=2$ [4].

Структуру PtS относят к вырожденным структурам типа CsCl , представленную в виде элементарного куба, в каждой вершине которого находится ион Cl^- , а в центре ион Cs^+ . Двухвалентная Pt^{2+} в структуре PtS находится в плоско-квадратном окружении атомами S, и такое расположение обуславливает присутствие рядом с квадратом вокруг Pt^{2+} свободного куба. Крупный, но асимметричный катион Pt^{2+} так заполняет свой куб, что центр тяжести его электронного облака оказывается не в центре куба, а у одной из его стенок [5]. В структуре PtS в кубах типа CsCl грани, к которым отклоняются катионы Pt^{2+} в последовательных по вертикали слоях вдоль [001], чередуются в двух взаимно перпендикулярных направлениях, то есть центрированные грани лежат параллельно (100) и (010). Квадраты вокруг Pt не перпендикулярны четверной оси, а параллельны ей. Такая геометрия укладки атомов образует в структуре большие открытые каналы. При давлении в 3 ГПа PtS претерпевает фазовый переход в структуру изоморфную структуре моносульфида палладия (PdS) [7] с пространственной группой $P4_2/m$ (№ 84) и 16 атомов в элементарной ячейке. Эта последняя структура менее симметрична и плотнее чем PtS. Pt и S сохраняют в ней свои плоско-квадратные и тетраэдрические координации, но объем каналов становится существенно меньше.

Другие исследования в основном выполнялись с целью сравнения структуры куперита со структурой минералов платиновой группы (бреггита, высоцкита) [8-9] и ее синтезированных соединений (сульфидов, селенидов и теллуридов), изучения фазовых диаграмм состояния, степени устойчивости соединений [10-12], оптических свойств [13], как информативного индикатора условий рудогенеза [14-15] а также моделирования процессов и условий образования [16-17]. Наиболее часто куперит упоминается, как акцессорный минерал в ассоциации с платиноидами, пирротином, пентландитом, халькопиритом и другими сульфидными минералами.

Обычно куперит встречается в виде неправильных зерен, реже – кристаллов призматического габитуса. Он является устойчивым минералом, нерастворимым в концентрированных кислотах и царской водке. Экспериментальные исследования свидетельствуют, что куперит стабилен до температуры 1200°C, при добавлении в систему Ni до температуры 1000-700°C [11-12]. Однако, появление PtS непосредственно из сульфидного расплава (1200-600°C), по мнению В.В. Дистлера и его соавторов [15], возможно только в условиях очень высокой фугитивности серы. В синтетических экспериментах PtS получается в виде микрокристаллического порошка или ультрадисперсного налета [4, 16-17]. Синтез осуществляют либо сухим способом (сплавлением платиновой черни с серой), либо осаждением из растворов солей платины, при пропускании сероводорода или добавлении раствора сульфида щелочного металла в раствор хлорплатината.

Комплекс исследований выполненных на монокристаллах куперита Юнско-Даньского золотоносного узла Приохотской платиноносной провинции Маймаканской зоны Дальнего Востока [18] выявил ряд особенностей в их тонком строении. На рентгенограммах выявлено присутствие дополнительных линий, отмечается нарушение статистического распределения интенсивности и ряд других особенностей. На основе экспериментальных данных, полученных методами статической и MAS ЯМР ^{195}Pt спектроскопии, для куперита рассчитаны анизотропия химического сдвига ^{195}Pt $\delta_{\text{aniso}} = 5873$ м.д. и параметр асимметрии $\eta = 0.37$, отражающий 37% вклад ромбичности. На основе расчетных методов установлено аномальное поведение упругих свойств куперита [19], это, по мнению авторов, связано с тем, что реальная структура куперита менее симметрична, чем первоначально определенная на опыте.

В работе представлены результаты исследований монокристаллов куперита, отобранных из шлихов Юнско-Даньского золотоносного узла Приохотской платиноносной провинции Маймаканской зоны Дальнего Востока. Исследование выполнено с применением методов электронной микроскопии (сканирующей и просвечивающей), рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализов.

Электронно-микроскопические и рентгеноспектральные исследования выполнены на растровом электронном микроскопе JSM 6390LV JEOL (Япония), оснащенном системой микроанализа Oxford INCA Energy 350 – Wave (Англия) с дисперсией по энергии и длине волны (Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск). Образцы изучались как в исходном состоянии, так и по полированым срезам. А также на просвечивающем электронном микроскопе высокого разрешение TEM FEI Tecnai F20 с HAADF (STEM) детектором и системой EDAX (Институт Bio21, Университет Мельбурна, Австралия). Для просвечивающей электронной микроскопии образцы приготавлялись с помощью метода сфокусированных ионных пучков на установке FEI NOVA NanoLab 200 снабженной микроманипулятором. Предварительно поверхность образца покрывалась защитными платиносодержащими слоями с использованием электронных и ионных пучков. Затем сфокусированным пучком ионов галлия (30 кеВ, 5 нА) вырезалась мембрана толщиной 2 мкм. Далее с помощью иглы микроманипулятора мембрана переносилась и приваривалась к медной сетке-держателю образца для просвечивающей электронной микроскопии. После отделения иглы микроманипулятора образец утонялся до конечной толщины 100 нм сфокусированным ионным пучком (30 кеВ, 300 пА).

Рентгеноструктурный эксперимент выполнен на монокристальном CCD дифрактометре Bruker SMART-1000 (Институт химии ДВО РАН, г. Владивосток). Сбор рентгеновских экспериментальных данных проводился при 297 °К с использованием MoKa - излучения ($\lambda = 0.71073$ Å), ω -сканирование через 0.2° при трех φ – установках с $2\theta = -33^\circ$ и -65° на расстоянии от детектора 45 mm группами по 906 кадров с временем экспозиции 20 сек на один кадр. Все рефлексы проиндексированы в соответствующих ячейках и проинтегрированы с помощью программ SMART и SAINT-Plus, а расчеты по определению и уточнению структуры выполнены по программам SHELXTL/PC. Структуры решены прямым методом и уточнены по F^2 полноматричным методом наименьших квадратов.

В Юнско-Даньском золотоносном узле куперит представлен в основном неправильными зернами с выходами кристаллических граней, призматическими кристаллами и их обломками черного цвета, средние размеры 100-500 мкм, отдельные индивиды более 1 мм. Исследования поверхности кристаллических граней показали наличие образцов с ровной ненарушенной поверхностью, а так же с существенно преобразованной, на которой выделяются микрозоны обогащенные платиной и ультратонкая пористость. Нередко отдельные зоны кристаллов имеют выраженное микроблоочное строение. Кроме того, спорадически встречаются микрокристаллические агрегаты куперита, как самостоятельные зерна, так и в виде сульфидных оболочек вокруг зерен самородной платиной и Pt-Fe минералов, с которыми также он образует сростки, занимая подчиненное положение, развиваясь по периферии, или входит в них в виде микровключений. Отмечаются кристаллы буроватой окраски. Такие кристаллы характеризуются присутствием медьюсодержащих включений, объемная доля которых иногда

весьма существенна. Медь также образует поверхностные пленочные фазы. Данные ЭПР [18] свидетельствуют, что примесь Cu структурно не связана с решеткой куперита, так как Cu имеет кислородное октаэдрическое окружение. Обобщенная кристаллохимическая формула для исследованных образцов куперита – $\text{Pt}_{1-x}\text{S}_{1+x}$ ($-0.1 \geq x \leq +0.1$). Состав куперита отличается от стехиометрического дефицитом платины для одних образцов и избытком для других. Образцов с дефицитом серы существенно больше. По отдельным образцам отмечается примеси палладия, микропримеси железа, спорадически меди и никеля.

Для дальнейших исследований отобраны образцы, имеющие кристаллическую огранку и не содержащие видимых дефектов с минимальным содержанием примесей. Для установления степени кристалличности и выявления структурных дефектов кристаллы куперита изучены методами просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешение и электронной дифракции на просвет.

Анализ электронно-микроскопического изображения высокого разрешения показывает, что кристаллическая структура куперита характеризуется высокой степенью порядка (рис. 1a). Следует отметить, что на электронно-микроскопических снимках мы видим укладку атомов Pt в плоскости (111). Геометрический анализ изображения не выявил в пределах полей видимости структурных дефектов в укладке атомов Pt всех масштабных уровней (точечных, линейных, объемных). Дифракционные пятна экспериментальной электронограммы индицированы в соответствии с литературными данными [4] в тетрагональной решетке (рис.1б). Определены межплоскостные расстояния $d_{101}=0.304 \text{ nm}$, $d_{011}=0.308 \text{ nm}$, $d_{110}=0.248 \text{ nm}$, $d_{112}=0.196 \text{ nm}$.

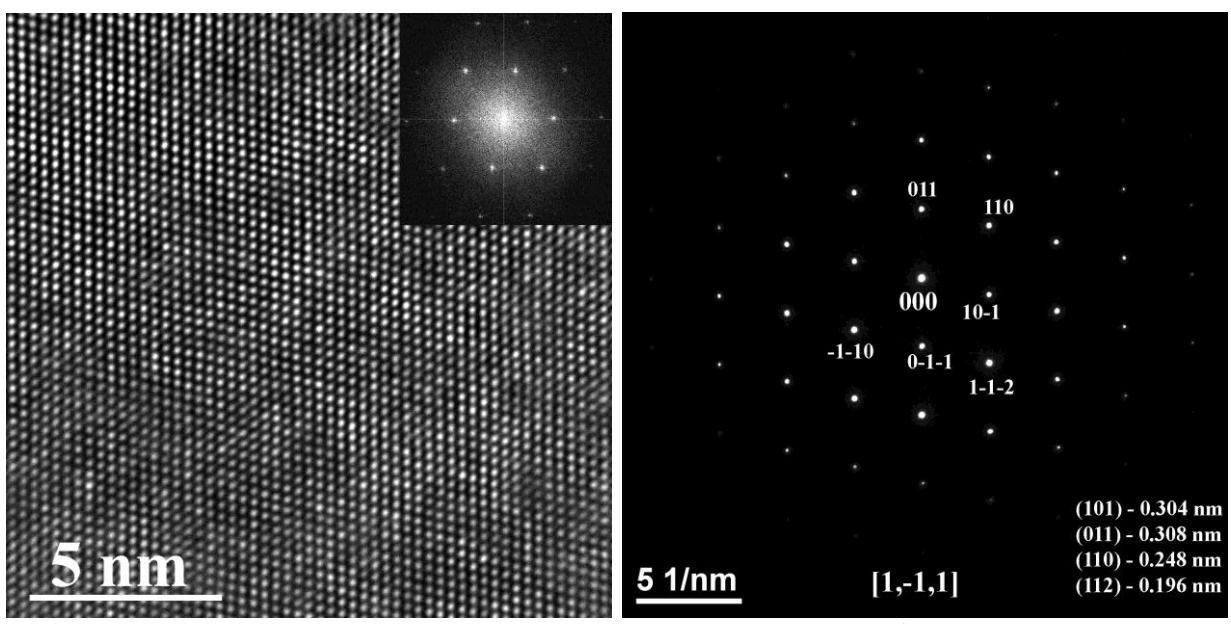


Рис. 1. Электронно-микроскопическое изображение высокого разрешения на просвет кристаллов куперита (а) и картина электронной дифракции от кристаллов куперита (б)

Рентгеноструктурные исследования кристалла окатанного в сферу $d=0.26 \text{ mm}$ (PtS (I)) показали, что в строение обратной решетки кроме основных рефлексов, которые соответствуют тетрагональной ячейке [4], отчетливо проявляется много слабых рефлексов с интенсивностями $\leq 60 \sigma(I)$, которые удваивают параметры ячейки. Эксперимент, выполненный на исходных кристаллах без дополнительной обработки, показал тождественные результаты, в связи с этим далее рассматривается данные по подготовленному сферическому образцу PtS (I). Согласно погасаниям отражений основным рефлексам (без учета слабых) для исследованных кристаллов соответствует пространственная группа симметрии $P4_2/mmc$. Учет слабых рефлексов отвечает пространственной группе $I4/mmm$.

Уточнение структуры в группе $P4_2/mmc$ по литературным данным [4] дает высокий фактор недостоверности ($R1=0.126$), большое значение экстинции (1474.8) и заниженный

тепловой параметр платины (0.0000(0) Å²). На разностной электронной плотности проявляется пик электронной плотности высотой 48 e/Å³ (Q-пик), отстоящий от атома платины на расстоянии 2.31 Å. Уточнение структуры с учетом этого пика в качестве атома серы S(2) понижает R1 до 0.0724 для 211 /Fo/. Остальные параметры уточнения заметно не изменились, но на разностной электронной плотности Q-пики высотой более 5.6 e/Å³ исчезли. Атомы серы S(1) и S(2) в структуре статистически занимают две частные позиции 2e (0,0, ¼) и 2f (½, ½, ¼) с заселенностью 0.406(1) и 0.594(1). Суммарный мотив структуры можно рассматривать как наложение мотивов от двух доменов, параллельно смещенных по двум осям относительно друг друга на величину [½, ½, 0].

Определение структуры в большой ячейке в группе *I4/mmm* выявило 4 независимых атомов Pt и 2 атома S, которые с заселенностями 0.5 статистически занимают две частные позиции 16 *n*. Структурные мотивы большой и малой ячеек тождественны. Структуру в группе *I4/mmm* также следует рассматривать как наложение мотивов от двух доменов, смещенных в плоскости *ab* на [¼, ¼, 0]. Эллипсоиды тепловых колебаний Pt и S в структурах кристалла-сферы и исходных необработанных кристаллов не определялись.

Для получения статистики и выяснения возможных причин появления сверхструктурных линий в работе дополнительно исследованы кристаллические обломки, получены случайным образом в результате скальвания более крупных кристаллов по плоскостям спайности: призма (PtS (II)), тонкие пластины (PtS (III) и PtS (IV)). Следует отметить, что визуально строения обратных решеток всех исследованных образцов (окатанных и не обработанных кристаллов и их обломков) похожи между собой, то есть кроме основных рефлексов, соответствующих тетрагональной ячейке [4], отчетливо проявляется дополнительные рефлексы.

Уточнение структуры кристаллического обломка призматической формы PtS (II) в малой ячейке также подтверждает, что атомы серы в структуре статистически занимают две частные позиции, но заселенности S(1) и S(2) равны 0.254(6) и 0.746(6) соответственно. Эллипсоиды тепловых колебаний атомов определены, но тепловые параметры S в два раза меньше, чем Pt, что не свойственно. Уточнение структуры в большой ячейке: R1 = 0.0684 для 389 /Fo/, EXTI = 219(1), заселенности S(1) и S(2) равны 0.5612(3) и 0.4388(3) соответственно. Тепловые параметры атомов Pt и S близки.

Результаты уточнения структуры кристаллических обломков в виде тонких пластин PtS (III) и PtS (IV) оказались несколько отличными от объемных кристаллов и между собой.

Определение структуры пластины PtS (III) в малой ячейке не выявляет атома серы S(1). Принудительное задание двух атомов серы в процессе МНК сводится к одному атому S(2), то есть структура определяется как монодоменная. Структура тонкой пластинки тождественна известной в литературе [4]. Тепловые параметры атомов Pt и S между собой близки (0.0041 и 0.0039 Å²) и эллипсоиды тепловых колебаний хорошо определяются. Определение структуры в большой ячейке: R1 = 0.0498 для 376 /Fo/, EXTI = 852(1), заселенности атомов S1 и S2 равны по 0.5 (табл.5). Следовательно, разупорядоченность структуры PtS (III) по атомам серы в большой ячейке сохраняется. Тепловые параметры атомов Pt примерно в два раза больше, чем параметры атомов S.

Определение структуры более тонкого пластинчатого обломка PtS (IV), толщиной 0.04 мм в малой ячейке также не выявляет второго атома серы S(2). Результаты уточнения: R1=0.0236 для 181 /Fo/, EXTI =0.141, тепловые параметры атомов Pt и S между собой близки (0.0040 и 0.0051 Å²). При просмотре обратного пространства кристаллической решетки этого кристалла также наблюдаются слабые дополнительные рефлексы, удваивающие параметры ячейки. Но они слабее и их меньше. Однако в процессе обработки эксперимента программой SAINT-Plus наблюдалось значительное смещение этих рефлексов из центра «окна», что не позволило обработать эксперимент.

В целях определения природы проявления слабых сверхструктурных рефлексов, удваивающих параметры ячейки структуры куперита, были сопоставлены интенсивности основных и дополнительных рефлексов четных и нечетных слоевых линий (группа типа 2 0 2 и 1 0 1 и группа типа 4 2 2 и 2 1 1). Показано, что при переходе от сферического кристалла к

кристаллическому пластинчатому обломку интенсивности основных рефлексов повышаются. Следовательно, природа этих сверхструктурных рефлексов не является приборной. Двойникование кристаллов также не может давать удвоения параметров ячейки. К тому же при электронно-микроскопических исследованиях двойники на макроуровне выявлены лишь в единичных кристаллах, микродвойников не установлено. Следовательно, появление сверхструктурных рефлексов в кристаллах минерала куперита обусловлено модуляцией структуры за счет незначительных смещений атомов серы из частных позиций. А смещение сверхструктурных рефлексов в PtS (IV), связано с эффектом напряжения от раскола мелкого кристалла.

Следует также отметить, что первичные структурные данные [2,4] были получены методом порошка, то есть образцы подвергались механическому истирианию, переводя кристаллы в напряженное состояние.

Таким образом, кристаллическая структура минерала куперит PtS модулирована. Модуляция структуры обусловлена незначительными смещениями атомов серы из частных позиций. В объемных кристаллах куперита атомы S в кристаллической структуре малой ($P4_2/mmc$) и большой ячеек ($I4/mmm$) статистически занимают две частные позиции. В тонкопластинчатых сколах в связи с проявлением напряженного состояния и малого объема возбуждения кристаллическая структура в группе $P4_2/mmc$ сводится к одному независимому атому S и аналогична известной в литературе [4], а в группе $I4/mmm$ структура разупорядочена по атомам S.

Литература

1. Cooper R.A. A New Platinum Mineral in the Rustenburg Norites //J. Chem. Metall. Mineral. Soc. South Africa. 1928. V. 28. P. 281-283.
2. Bannister F.A., Hey M.H. Determination of Minerals in Platinum Concentrates from the Transvaal by X-Ray Methods. // Mineral. Mag. 1932. V. 28. P. 188-206.
3. Пирсон У. Кристаллохимия и физика металлов и сплавов. /Пер. с англ. С.Н. Горина. М.: Мир. 1997. ч.2. 471 с.
4. Berry L.G., Thompson R.M. X-ray Powder Data for Ore Minerals: the Peacock Atlas. // Geol. Soc. Am. Mem. 1962. 85. P.71.
5. Белов Н.В. Структура ионных кристаллов и металлических фаз. М.: 1947. 237 с.
6. Blatov V.A., Shevchenko A.P., Proserpio D.M. Applied Topological Analysis of Crystal Structures with the Program Package ToposPro// Cryst. Growth Des. 2014. 14. P. 3576-3586.
7. Collins R., Kaner R., Russo P., Wold A., Avignant D. High-pressure phase transformation of platinum sulfide // Inorg. Chem. 1979. 18 (3). P. 727-729.
8. Groenvold F., Haraldsen H., Kjekshus A. On the Sulfides, Selenides and Tellurides of Platinum //Acta Chemica Scandinavica. 1960. V. 14. P. 1879-1893.
9. Cabri L.J., Gilles Laflamme J.H., Stewart J.M., Turner K., Skinner B.J. On Cooperite, Braggite and Vysotskite //American Mineralogist. 1978. V. 63. P. 832-839.
10. Genkin A.D. and Evstigneeva T.L. Associations of platinum-group minerals of the Noril'sk copper-nickel sulfide ores //Econ. Geol. 1986. V. 81. P. 1203-1212.
11. Sabine M.C. Verryn and Roland K.W. Merkle Compositional variation of cooperite, braggite and vysotskite from the Bushveld Complex //Mineralogical Magazine. June 1994, V. 58. P. 223-234.
12. SABINE M.C. Verryn AND ROLAND K.W. Merkle The System PtS-PdS-NiS between 1200° and 700°C //The Canadian Mineralogist. 2002. V. 40. P. 571-584.
13. Criddle A.J. and Stanley J.S. Characteristic optical data for cooperite, braggite and vysotskite // Canad. Mineral., 1985. V. 23. P. 149-169.
14. Scott A. Wood, Bruce W. Mountain and Pujing Pan. The aqueous geochemistry of platinum, palladium and gold: recent experimental constraints and a re-evaluation of theoretical predictions. // Canadian Mineralogist. 1992. V: 30. P. 955-982.
15. Дильтер В.В., Гроховская Т.Л., Евстигнеева Т.Л. и др. ПЕТРОЛОГИЯ СУЛЬФИДНОГО МАГМАТИЧЕСКОГО РУДООБРАЗОВАНИЯ. М.: НАУКА, 1988. 230 с.
16. Плюснина Л.П., Лихойдов Г.Г., Некрасов И.Я. Поведение платины в водной сульфидно-хлоридной среде при 300-500 °C и 1 кбар // Докл. РАН. 2000. Т.370. №1. С. 99-101.
17. Плюснина Л.П., Лихойдов Г.Г., Ханчук А.И. Экспериментальное моделирование поведения платины в системах Pt-Fe(Nib-As-S-Cl-H₂O и Pt-Ni~As-Cl-H₂O) при 300-500°C, 1 кбар // Докл. РАН. 2005. Т. 405. № 1. С. 105-107.

18. Рождествина В.И., Иванов А.В., Заремба М.А., Анцуткин О.Н., Форшлинг В. Монокристаллический куперит (PtS): кристаллохимические особенности, ЭПР и ЯМР ^{195}Pt спектроскопия // Кристаллография. 2008. Т. 53. №3. С. 423-430.
19. Arnaud Marmier, Petros S. Ntoahae, Phuti E. Ngoepe, David G. Pettifor, and Stephen C. Parker. Negative compressibility in platinum sulfide using density-functional theory. // Phys. RevB. 2010. V. 81. 172102.

РАЦИОНАЛЬНАЯ ПЕРЕРАБОТКА КИАНИТОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ФТОРИДНЫМ МЕТОДОМ

В.С. Римкевич, А.А. Пушкин, И.В. Гиренко

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

Российская Федерация занимает второе место в мире по производству первичного технического алюминия после Китая, опередив такие промышленно развитые страны, как США, Канада, Норвегия и другие. Но российская алюминиевая промышленность испытывает дефицит глинозема, который при имеющихся объемах производства алюминия не может быть решен за счет отечественных бокситов и низкокачественного небокситового сырья: нефелиновых руд, синнитов аортозитов и других, а так же ввиду отсутствия эффективных и экономически рентабельных технологий их переработки. Большини перспективами обладают концентраты из андалузит-кианит-силлиманитовых руд, количество глинозема в которых достигает 59–62,7 мас.%, что сопоставимо с содержанием Al_2O_3 в высококачественных бокситах [1].

Месторождения андалузит-кианит-силлиманитовых руд равномерно распределены на территории России и находятся в экономически развитых районах: Кольский полуостров, Карелия, Урал, Красноярский край, Республика Тыва и других. В Амурской области общие прогнозные ресурсы андалузит-кианит-силлиманитовых руд составляют 1686,11 млн т. Интерес к проявлениям этих руд возрастает с тем, что они локализованы в полосе, примыкающей к трассе БАМа. Это резко улучшает экономические условия районов распространения этих руд и позволяет рассматривать их как базу небокситового сырья для промышленного освоения [2].

Цель настоящей работы – изучение фторидных процессов комплексной переработки кианитовых концентратов и разработка эффективного метода комплексного извлечения глинозема, аморфного кремнезема и других полезных компонентов.

Объектом исследования являлись кианитовые концентраты состава (мас.%): SiO_2 – 36,63; Al_2O_3 – 62,50; Fe_2O_3 – 0,24; TiO_2 – 0,10; CaO ; MgO – не обнаружено, Na_2O – 0,11; K_2O – 0,09; п.п.п. – 0,40 из кианит-биотит-гранатовых сланцев и гнейсов Чимчанского месторождения (Амурская область), и кианитовые концентраты состава (мас. %): SiO_2 – 37,25; Al_2O_3 – 59,65; Fe_2O_3 – 0,32; TiO_2 – 0,49; CaO – 0,29; MgO – 0,34; Na_2O – 0,61; K_2O – 0,35; п.п.п. – 0,50 из кианит-мусковит-гранатовых сланцев Егустинского рудопроявления (Челябинская область). В опытах использовался измельченный материал до размеров менее 0,05 см.

Комплексная переработка кианитовых концентратов, состоящих в основном из минерала кианита ($\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$), осуществлялась с применением гидродифторида аммония (NH_4HF_2) марки ч.д.а. В нормальных условиях он представляет собой кристаллическое вещество, которое в отличие от других фторирующих реагентов (фтор, фтористый водород, плавиковая кислота) не представляет существенной экологической опасности, но при нагревании он становится более энергичным реагентом, чем газообразный фтор [3]. Температура плавления гидродифторида аммония составляет $126,8^\circ\text{C}$, температура разложения – 238°C .

Эксперименты проводили на лабораторной установке специальной конструкции с реактором из нержавеющей стали, в которой спекали исходное сырье с гидродифторидом

аммония и термически обрабатывали полученные смеси при заданных температурах и временах выдержки. Для сбора летучих продуктов применяли двухзонный конденсатор, изготовленный из нержавеющей стали и фторопласта. Регенерация гидродифторида аммония происходила в лабораторном выпаривателе-кристаллизаторе,

Исходное сырье, промежуточные фазы и конечные продукты исследовались химическим, рентгенофазовым, спектральным, электронно-микроскопическим и другими методами анализов, применяемыми в Аналитическом центре минералого-геохимических исследований ИГиП ДВО РАН. Расчеты термодинамических параметров, констант скорости и энергии активации химических реакций осуществлялись с применением приложения Microsoft Excel 2007 и программы, разработанной на основе приложения Microsoft Access 2007.

Перед проведением экспериментальных работ был выполнен термодинамический расчет вероятности протекания реакций спекания кианитового концентрата с гидродифторидом аммония, сублимационного отделения летучего гексафторосиликата аммония ($(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$) с образованием фторида алюминия или глинозема, а также процессов гидролиза с образованием наночастиц аморфного кремнезема и восстановления NH_4HF_2 и NH_4OH (табл. 1).

Таблица 1

Расчетные значения изменений энергии Гиббса (ΔG , кДж) для реакций 1 - 8

№	T, °C	25	100	200	300	400	500
1	$\text{Al}_2\text{SiO}_5 + 9\text{NH}_4\text{HF}_2 = 2(\text{NH}_4)_3\text{AlF}_6 + (\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6 + \text{NH}_3\uparrow + 5\text{H}_2\text{O}\uparrow$						
	ΔG	- 316,7	- 350,4	-395,3	-440,2	- 485,1	-530,0
2	$(\text{NH}_4)_3\text{AlF}_6 + (\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6 = \text{AlF}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6\uparrow + 3\text{NH}_3\uparrow + 3\text{HF}\uparrow$						
	ΔG	293,7	211,7	109,3	6,8	- 109,3	-225,4
3	$2(\text{NH}_4)_3\text{AlF}_6 + (\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Al}_2\text{O}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6\uparrow + 6\text{NH}_3 + 12\text{HF}\uparrow$						
	ΔG	744,2	553,1	298,1	43,3	-211,7	-466,6
4	$(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6 + 4 \text{NH}_4\text{OH} = \text{SiO}_2\downarrow + 6\text{NH}_4\text{F} + 2 \text{H}_2\text{O}$						
	ΔG	-48,7	-19,1	20,3	59,7	99,2	138,6
5	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4\text{OH}$						
	ΔG	-9,2	-1,2	22,1	45,2	68,5	91,8
6	$\text{NH}_3 + \text{HF} = \text{NH}_4\text{F}$						
	ΔG	-39,1	-23,3	-2,1	19,1	40,3	61,4
7	$\text{NH}_3 + 2\text{HF} = \text{NH}_4\text{HF}_2$						
	ΔG	-45,8	-32,4	-14,7	3,0	20,8	38,5
8	$2\text{NH}_4\text{F} = \text{NH}_4\text{HF}_2 + \text{NH}_3\uparrow$						
	ΔG	0,5	-12,0	-28,7	-45,4	-62,1	-78,8

Кинетическими опытами установлены оптимальные физико-химические параметры (температура, время выдержки и др.) с определением констант скоростей и энергий активации прохождения химических реакций.

Взаимодействие кианитового концентрата с NH_4HF_2 в табл. 1 описывается реакцией 1, которую проводили в температурном интервале 100-200°C и временах выдержки 0,25–4,5 час. При температурах выше температуры плавления NH_4HF_2 взаимодействие протекает с максимальной скоростью, и при 200°C за 3,5 часа достигаются оптимальные условия образования порошкообразного спека, состоящего, по данным рентгенофазового анализа, из смеси $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ и гексафтороалюмината аммония ($(\text{NH}_4)_3\text{AlF}_6$). Выделяющийся аммиак улавливается в устройстве с водой, с образованием аммиачной воды (NH_4OH) (реакция 5).

Термическая обработка порошкообразного спека при температурах 350-550°C в течение 15-60 мин в восстановительных или инертных условиях приводит к образованию фторида алюминия, а в окислительных условиях с продувкой водяным паром – глинозема (табл. 1,

реакции 2 и 3). В результате термической обработки происходит сублимация летучего $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ при температурах выше 300°C , что согласуется с данными [3,4].

Летучий гексафторосиликат аммония улавливается и собирается в первой зоне конденсатора, а пары NH_3 и HF , выделяющиеся в результате разложения фтор-аммониевых солей, взаимодействуют между собой во второй зоне конденсатора с образованием фторида аммония (NH_4F) (реакция 6) или NH_4HF_2 (реакция 7). При слабом кипячении водного раствора NH_4F кристаллизуется гидродифторид аммония (реакция 8), который поступает в начало технологического процесса.

По данным эмиссионного спектрального анализа гексафторосиликат аммония имеет высокую химическую чистоту – содержание металлических примесей не превышает 10^{-4} – 10^{-5} мас.% (Al, Fe, Mg, Ca и другие). Повторная сублимационная очистка позволяет получить $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ с содержанием вредных примесей менее 10^{-6} – 10^{-8} мас.%.

Водный раствор гексафторосиликата аммония (3-33 мас.%($\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$) взаимодействует с аммиачной водой при температурах 20 – 90°C и $\text{pH} = 8$ – 9 по реакции 4 (см. табл. 1). В результате происходит синтез нанодисперсного аморфного кремнезема высокой химической чистоты со средним размером наночастиц 17 – 89 нм [5].

В результате термической обработки в восстановительных условиях температура 550°C является наиболее благоприятной для получения фторида алюминия, рассчитанное теоретическое количество нелетучего осадка, состоящего из AlF_3 и примесей, достигается за 25 мин. По экспериментальным данным оптимальной температурой образования глинозема является 550°C , при этом за 45 минут достигается степень его извлечения более 98%. Образовавшиеся в результате термической обработки в нелетучем осадке примеси оксидов и фторидов железа, натрия и калия удаляются водно-кислотными растворами.

По данным химического, спектрального и рентгенофазового анализов полученный глинозем содержит 99,8 мас.% Al_2O_3 и следующие примеси (мас.%): SiO_2 – 0,02; Fe_2O_3 – 0,03; TiO_2 – следы; CaO , MgO , K_2O , Na_2O – не обнаружены и соответствует маркам Г0 и Г1 [6]. Из него путем электролитического восстановления на лабораторной установке получен первичный технический алюминий марок А5 – А85, среднемировая стоимость которого составляет 1750 \$/т.

На рис. 1 показана аппаратурно-технологическая схема рациональной переработки кианитовых концентратов, в которой планируется применять стандартное и нестандартное оборудование. Основными устройствами являются: загрузочный бункер 1, реактор термический для спекания 2, бункер приема порошкообразного спека 3, реактор вращающийся термический для сублимации 4, бункер приема глинозема или фторида алюминия 5, установка регенерации 6 и бак хранения 7 аммиачной воды, абсорбционный аппарат 8 для гидролизации $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$, вакуумный нутч-фильтр 9 для разделения аморфного кремнезема и фторида аммония, выпариватель-криSTALLизатор 10 для регенерации NH_4HF_2 , электропечи для кальцинации Al_2O_3 и прокаливания аморфного SiO_2 11, бункер приема Al_2O_3 или SiO_2 12. Применяемые реагенты NH_4HF_2 и NH_4OH легко восстанавливаются (табл. 1, реакции 5, 6, 7, 8), что позволяет многократно использовать их в замкнутом технологическом процессе.

В лабораторных условиях при фторидной переработке амурского кианитового концентрата степень извлечения глинозема составляет 98,5%, аморфного кремнезема – 98,7%, регенерация гидродифторида аммония – 99,6 %. Из 100 кг этого концентрата можно извлечь максимальное количество примесей: 0,24 кг Fe_2O_3 (красный железооксидный пигмент), 0,10 кг TiO_2 (белый титановый пигмент), 0,15 кг NaF и 0,11 кг KF , которые используются в различных отраслях промышленности.

Глинозем широко применяется для производства первичного технического алюминия электролитическим способом и используется для изготовления специальных видов керамики и электрокерамики. Фторид алюминия применяется как компонент электролитического расплава при производстве алюминия, для получения криолита, флюсов, стекол, различных видов керамики и других целей. Обладающий сильными огнестойкими и биоцидными свойствами гексафторосиликат аммония находит применение в деревообрабатывающей, пищевой, химической и других отраслях промышленности. Аморфный кремнезем используется как

наполнитель для резины, пластмассы, красок, цветных лаков, лекарственных и косметических веществ, при производстве полупроводникового кремния и других целей.

Среднемировая стоимость глинозема составляет 450 \$/т, фторида алюминия – 2100 \$/т, гексафторосиликата аммония – 4000 \$/т. Среднемировая стоимость исходных кианитовых концентратов составляет 260 \$/т и гидродифторида аммония – 2000 \$/т. Гексафторосиликат аммония можно перерабатывать в аморфный кремнезем (среднемировая стоимость 5000 \$/т) с практически полной регенерацией гидродифторида аммония и NH_4OH .

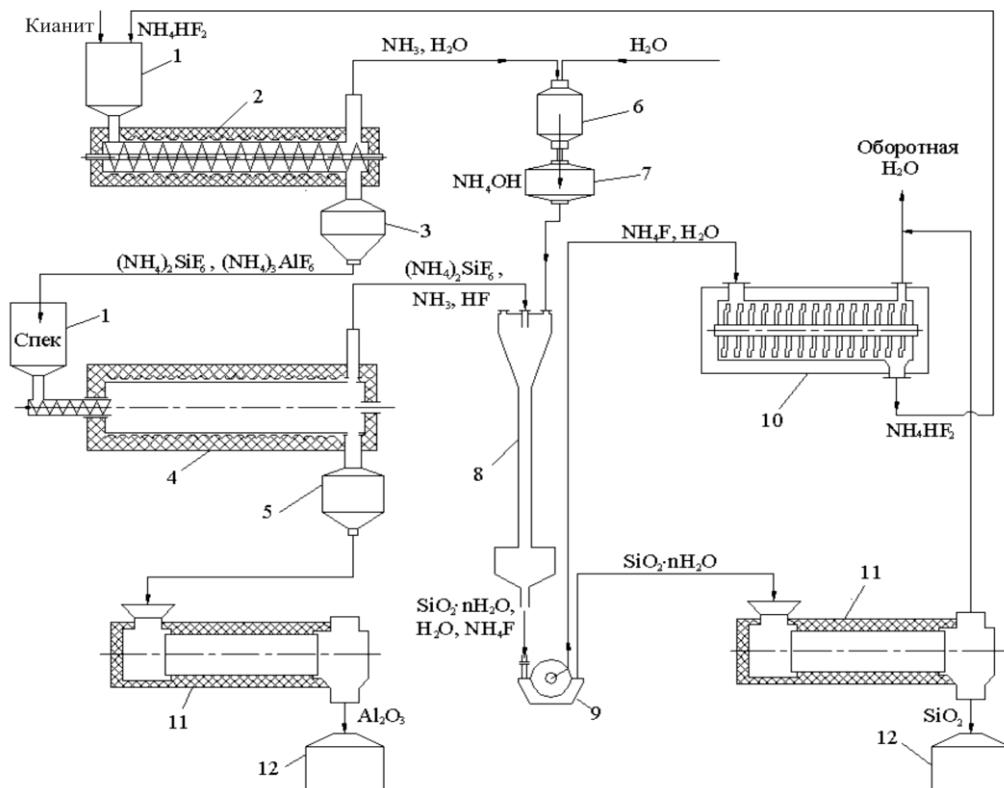


Рис. 1. Аппаратурно-технологическая схема рациональной переработки кианитовых концентратов фторидным методом. Обозначения в тексте.

В результате проведенных теоретических, экспериментальных и технологических исследований процессов фторидной переработки кианитовых концентратов определены оптимальные физико-химические условия и разработан эффективный метод получения глинозема, фторида алюминия, наночастиц аморфного кремнезема и других товарных продуктов. При комплексной переработке высокоглиноземистых концентратов предлагаемый

фторидный метод может конкурировать с широко применяемым извлечением глинозема из высококачественных бокситовых руд способом Байера. Успешная обработка технологических режимов фторидного получения глинозема, фторида алюминия и нанодисперсного аморфного кремнезёма в опытно-промышленном варианте позволит приступить к созданию промышленных установок, обеспечивающих крупнотоннажную переработку алюминиевого сырья различного типа.

Литература

- Лепезин Г. Г., Каргополов С. А., Жираковский В. Ю. Минералы группы силлиманита как новое перспективное сырье для алюминиевой промышленности России // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 12. – С. 1605-1617.
- Римкевич В.С., Демьянкова Л.П., Сорокин А.П. Перспективы комплексного использования кремнеземсодержащего сырья Верхнего и Среднего Приамурья // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2011. № 4. С. 106-116.
- Химическая технология неорганических веществ. Справочник под ред. Т.Г. Ахметова. – М.: Высшая школа, 2002. – 534 с.

4. Медков М.А., Крысенко Г.Ф., Эпов Д.Г. Комплексная переработка датолитового концентрата // Вестник ДВО РАН. 2010. №5. С. 63-66.
5. Римкевич В.С., Пушкин А.А., Маловицкий Ю.Н., Гиренко И.В. Изучение процессов фторидной переработки кремнеземсодержащего сырья // Журнал прикладной химии. 2011. Т. 84. Вып. 3. С. 353-358.
6. Римкевич В.С., Пушкин А.А., Гиренко И.В. Синтез и свойства наночастиц аморфного SiO_2 // Неорганические материалы. 2012. Т. 48. № 4. С. 423-428.
7. Лайнер А.И., Еремин Н.И., Лайнер Ю.А., Певзнер И.З. Производство глинозема. – М.: Металлургия, 1978. – 344 с.

ПРИМЕНЕНИЕ БУРОУГОЛЬНЫХ ГУМАТОВ ПРИАМУРЬЯ

И.Ф. Савченко, Л.П. Носкова, И.В. Гиренко

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г.Благовещенск

Приамурье располагает обширными разведанными и прогнозными ресурсами (более 2,5 млрд. т) бурых углей технологической группы 1Б, невостребованными из-за низкой калорийности и высокой влажности, но ценными, как углехимическое сырье для получения экстрактивных веществ [1]. Например, в углях Сергеевского месторождения содержится около 65 % гуминовых веществ (ГВ) [1,2], которые используются в сельском хозяйстве, как регуляторы роста и развития растений и животных. Было показано [2], что выход гуминовых кислот (ГК) из бурых углей Сергеевского месторождения, равный 63 % может быть повышен до 74 % от органической массы угля (ОМУ) путем предварительной энтбитумизации. Кухаренко Т.А. (1972 г) показала, что выход ГВ и фракционный состав во многом определяется степенью окисленности угля в естественных, лабораторных или промышленных условиях. В ГВ окисленных углей содержание фульвокислот (ФК) выше (28,7-47,1 %), чем у неокисленных, (5,6 %).

Гуминовым веществам свойственна биохимическая полифункциональность. Орлов Д.С. в [3] выделил важнейшие из них: аккумулятивную, транспортную и регуляторную. Аккумулятивную функцию ГВ осуществляют содержащиеся в них ГК, которые создают запасы веществ. Носителем транспортной функции в ГВ являются ФК, это их слабые водные растворы образуют устойчивые, но способные к геохимической миграции соединения. Регуляторная и биопротекторная функции ГВ, под которыми подразумевается усиление мобилизации организмами питательных веществ и защита от экстремальных явлений природной среды возможна при оптимальном соотношении в ГВ гумусовых и фульвокислот. Поскольку биологическая активность ГВ в значительной мере определяется наличием ФК, нами были приняты меры для предварительного окисления угля путем компостирования в штабеле в течение 3-х месяцев.

1. Производство окисленных гуматов

Получение «сырых» водных растворов гуматов из бурых углей велось с соблюдением условий ГОСТ-9517-94 со следующими особенностями.

Компостируенный бурый уголь Сергеевского месторождения экстрагировали в 1% водном растворе гидроксида натрия в отношении уголь - раствор 1 : >10. В стальной емкости суспензию кипятили 1 час при перемешивании, отстаивали 1 сутки. Слив сгущали до концентрации 12-20 %. В гуматах определяли содержание фракция ГК и ФК. За ГК принималась масса выпавшего осадка после обработки 5 % HCl, за ФК принимался солянокислый раствор ГВ. Из компостиированного угля получены Na-гуматы с содержанием ГК 71,3 % и ФК – 28,7 %, т.е. их соотношение было равно 2,48, его нужно было довести до 1,2. Этого мы достигли окислением в реакторе сжатия согласно патенту на изобретение [4]. По другому варианту сгущенные до 20 % гуматы отстаивали 45 дней. Слив с этого отстоя имел массовое отношение ГК и ФК равное 1,12, близкое к необходимому. Далее гуматы нормировали по соотношению ГК : ФК равному 1,2, доводили концентрацию по сухому веществу до 12 % и

использовали в опытах. Этим раствором опрыскивали семена сои и сушили на воздухе. Норма по сухому веществу гуматов 800 г на 1 тонну семян. Обработанные семена использовали для вегетационных опытов. Исследования эффективности гуматов велись с участием сотрудников ВНИИ сои. Обработка результатов вегетационных испытаний произведена к. с.-х.н. В.И. Волохом.

2. Методика проведения и результаты исследований

Опыты проводились в с. Садовом на опытном поле ВНИИ сои на лугово-черноземовидной почве в 2005-2006 гг. Опыты с соей «Гармония» проводились в шестом поле севооборота с многолетними травами. Опыты с ячменем и пшеницей проводились во втором поле звена севооборота (чистый пар-зерновые). Площадь делянки с зерновыми культурами 80 м²; учётная 44 м²; с соей 100 м²; учетная 55 м². Повторность в опытах четырехкратная. Агротехника общепринятая для южной зоны Приамурья. Учет урожая проводился методом сплошного обмолота комбайном Сампо – 500. Статистическая обработка урожайных данных – методом дисперсионного анализа. Биометрический анализ проводился перед уборкой 25-30 растений с делянки в 3-4-х кратной повторности.

Результаты влияния применения гуматов на урожайность сои и зерновых культур в 2005-2006 г приведены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние применения гуматов на урожай сои и зерновых культур, 2005 и 2006 гг.

№	Вариант опыта	Соя				Ячмень		Пшеница	
		2005 г		2006 г		2006			
		Урожай ц/га	Прибавка ц/га						
1.	Контроль (без удобрений)	8,3	-	18,7	-	26,1	-	21,0	-
2.	Семена обработанные (Mo)	9,1	+0,8	19,5	+0,8	-	-	-	-
3.	Семена обработанные (ГNa)	9,5	1,2	20,9	+2,2	-	-	-	-
4.	Семена обработанные (Mo + ГNa)	-	-	19,8	+1,1	-	-	-	-
5.	Mo + N17P60 (локально С 3-3,6)	10,8	2,5	21,1	+2,4	-	-	-	-
6.	Семена обработанные ГNa + 2 опрыскивания по 1000 г/га	10,6	+2,3	-	-	-	-	-	-
7	N60 – (фон)	-	-	-	-	27,0	+0,9	21,5	+0,5
8	Ф + ГNa на семена	-	-	-	-	29,9	+3,8	23,0	+2,0
9	Ф + 2 опрыскивания ГNa (кущение, цветение)	-	-	-	-	30,1	+4,0	21,5	+0,5
10	Ф + ГNa на семена + 2 опрыскивания (кущение, цветение)	-	-	-	-	29,9	+3,8	22,7	+1,7
HC P ₀₅		-	1,2	-	1,8	-	1,3	-	1,5

Проведенные опыты подтвердили регуляторную функцию ГВ бурого угля Сергеевского месторождения. В отношении зерновых и сои это выразилось в том, что:

- На зерновые и сою существенно влияло на повышение продуктивности этих культур. Предпосевная обработка семян повышала урожай ячменя до 29,9 ц/га, пшеницы до 23,0, сои до 20,9 ц/га, при урожае на контрольных вариантах соответственно: 26,1; 21,0; 18,8 ц/га. Полученные прибавки урожая математически достоверны (HCP_{05} 1,3; 1,5; 1,8 ц/га). Опрыскивание зерновых в фазы кущения – цветения было менее эффективно. Элементы структуры урожая ячменя согласуются с полученными прибавками от применения оксигумата натрия. Здесь сформировалось на 15-17% больше зерна, масса растений увеличилась на 20-23%, масса семян на 7% в сравнении с контрольным вариантом.

- Повышенная продуктивность сои от применения гумата натрия, согласуется с основными элементами структуры урожая. На вариантах с его использованием сформировалось больше бобов – на 14-20%, семян на 16-27%, массы семян повышались на 13-24% в сравнении с неудобренным вариантом. Масса 1000 семян находилась на стабильном уровне, независимо от вариантов опыта.

Подтвержденная опытом регуляторная функция ГВ дает основание предполагать проявление также транспортной и аккумулирующих их функций. Следует ожидать, что подвижность важных питательных элементов, например валового фосфора, можно повысить внесением ГВ с преобладанием ФК, а нейтрализацию отравления почв экосистем тяжелыми металлами и радионуклидами – ГВ с преобладанием ГК. В связи с ухудшающейся и тревожной радиологической обстановкой на Дальнем Востоке эти вопросы очень актуальны и должны быть предметом всестороннего изучения влияния гуматов на компоненты экосистем.

Литература

1. Васильев И.А., Капанин В.П. и др. Минерально-сырьевая база Амурской области на рубеже веков. – Благовещенск: «Зея», 2000. С. 12-32.
2. Носкова Л.П., Гуминовые вещества бурого угля Сергеевского месторождения // Химия в интересах устойчивого развития. 2009. № 17. С. 61-65.
3. Орлов Д.С. Свойства и функции гуминовых веществ // Гуминовые вещества в биосфере: сб. науч.тр./ М.: Наука. 1993. С. 16-26.
4. Пат. 2342359 Российская Федерация. Способ получения органических кислот и устройство для его осуществления / И.Ф. Савченко, А.И. Савченко, А.П. Сорокин; Благовещенск. ИГиП ДВО РАН.- опубл. 27.12.08,Бюл. № 36.
5. Сорокин А.П. Римкевич В.С., Савченко И.Ф. и др. Перспективы комплексного использования неметаллических и горючих ископаемых Верхнего и Нижнего Приамурья // Горный журнал. 2007. № 11. С. 52-55.

ВЕЩЕСТВЕННО-СТОИМОСТНЫЙ АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Г.Ф. Склярова

Институт горного дела ДВО РАН, г. Хабаровск

Минерально-сырьевые ресурсы представляют комплекс полезных ископаемых, выявленных в недрах той или иной территории. Хотя недра являются государственной собственностью, полезные ископаемые и прибыль за счет их реализации могут быть находиться в распоряжении отдельных административных субъектов, частной и других формах собственности. Суммарные запасы полезных ископаемых, выявленных в недрах той или иной территории, наряду с другими «даровыми благами природы» - водными, земельными, лесными – представляют природную ценность территории. В зависимости от степени геологической изученности и детальности проведенных геологоразведочных работ количественным выражением оценки минеральных ресурсов являются запасы (разведанные, предварительно оцененные), прогнозные ресурсы, характеризующиеся различной степенью их достоверности. Согласно международной классификации, рекомендованной Комитетом по природным ресурсам ООН, к разведенным относятся ресурсы полезных ископаемых, погрешность оценки которых не превышает 50%. Не отождествляя с обобщенным выражением «минеральные ресурсы» основным предметом исследований является «минерально-сырьевая база», распространяющаяся на ту часть минеральных ресурсов, которая разведана, оценена балансовыми запасами, может быть рентабельно разработана и превращена в минеральное сырье.

Согласно «Закону о недрах», участки недр, содержащие полезные ископаемые, отнесены к «недвижимым вещам», за использование которых разработаны системы лицензирования и налогообложения. В условиях развития рыночной экономики, чтобы полезные ископаемые не были неликвидными материалами, но активно включались в народно-хозяйственный оборот, в частности, для определения системы инвестиционных вложений, возникает необходимость стоимостной оценки минеральных ресурсов в целом территории, рудных районов или отдельных рудных объектов.

В методическом отношении в соответствии с научным направлением работ в институте Горного дела ДВО РАН «Стратегия рационального освоения минерального сырья» анализ количественно-качественного и стоимостного состояния природных минеральных ресурсов в недрах Дальневосточного региона является объективной и наиболее достоверной основой для их оценки в сравнительном аспекте по субъектам федерации Дальневосточного федерального округа (ДФО).

Минерально-ресурсный потенциал Амурской области охарактеризован (в основном балансовыми запасами полезных ископаемых, учтенными по состоянию на 2011 г.) с точки зрения применения методов его количественной и стоимостной оценки. Научно-методические приемы рассматриваются как совокупность аналитических исследований по характеристике и состоянию минерально-сырьевой базы, включающих методы обобщения, анализа и синтеза фактических статистических материалов, количественно-качественного и стоимостного анализов в сравнительном аспекте с суммарными ресурсами по ДФО. Системный комплексный подход одинаковый к анализу фактических материалов определяет сравнительную объективность их оценок.

Состояние минерально-сырьевой базы по полезным ископаемым запасам, в.т.ч по их распределенным и нераспределенным фондам, добыче обобщены, суммированы и проанализированы в сравнительном аспекте по отношению к суммарным по ДФО и другим субъектам федерации отражены в нижеследующей таблице.

Распределенный фонд (рф) включает запасы месторождений, участков, залежей, пластов, на которые получены лицензии на их разработку или дальнейшие геологоразведочные работы.

Нераспределенный фонд объединяет запасы, находящиеся в государственном резерве.

В экономическом аспекте минерально-сырьевая база представляется ресурсами полезных ископаемых, выявленными в недрах той или иной территории (кроме строительных материалов, подземных вод, торфа), разведенными и подготовленными к освоению, оцененными балансовыми запасами фактически и в будущем потенциально служащими сырьевой базой для развития различных отраслей промышленного производства.

Таблица - Состояние минерально-сырьевой базы Амурской области

(в скобках % синим шрифтом - отношения к суммарным значениям по ДФО, красным шрифтом - преобладающие значения):

Полезные ископаемые	Запасы (A+B+C+Заб.)	Распределенный фонд	Нераспределенный фонд	Добыча
Уголь (млн.т), в.т.ч..	4976,269 (15,18)	630,272 10,06	4345,997 16,39	2,975 10,06
бурый уголь	4859,743 (26,52)	596,454 28,62	4263,289 26,25	2,938 28,62
каменный уголь	116,526 (0,81)	33,818 0,81	82,708 0,81	0,037 0,81
Золото (кг)	468180 (8,25)	407298 9,32	60882 4,66	24302 9,32
Серебро (т)	573,7 (1,41)	551,0 1,55	22,7 0,45	39,9 1,55
Платина (кг)	13016 (22,64)		13016 43,19	
Железо (тыс.т)	491459 (6,46)	491459 8,10		852 8,10
Медь (тыс.т)	58,3 (7,35)		58,3 12,95	
Никель (тыс.т)	208,8 (81,56)		208,8 100	
Кобальт (т)	4090 (55,41)		4090 100	
Сурьма			11609 27,82	
Апатиты (тыс.т)	638 (5,00)		638 0,68	
Цеолиты (тыс.т)	90226 (34,17)		90226 39,12	
Оgneупорные глины	10877 (100)		10877 100	
Каолин	69170 (100)	37431 100	31739 100	100
Кварцевые пески	2876 (56,45)		2876 56,45	
Кварц и кварциты (динас, тыс.т)	3185 (100)		3185 100	

Степень освоения распределенных фондов запасов весьма низкая - тысячные – десятые доли процентов. Состояние горнодобывающей промышленности по Амурской области на 2011 год: (полезное ископаемое, добыча, % от добычи по ДФО, разрабатываемые месторождения): **Золото** (кг) – 24302 (21,07) - коренные: Березитовое, Пионер, Покровское, Маломырское; россыпные: р.Уркима, Хайктинская, Харга и др. **Серебро** (т) – 39,9 (3,47) - Бамское, Березитовое, Покровское, Пионер. **Железо** (тыс.т) – 852 (97,04) - Куранахское (титано-железомагнетитовое). **Уголь** (млн.т) – 2,975 (10). – Ерковецкий разрез, Райчихинское месторождение и др.

С целью интенсификации развития инвестиционно-рыночных отношений в экономике, оценки перспектив природных ресурсов ДФО по регионам целесообразно проведение сравнительного анализа МСБ субъектов федерации. Наиболее приемлемой основой для такого сравнения территорий с различными по масштабу и структурам МСБ может служить их стоимостный анализ, выполненный по методикам ВСЕГЕИ при оценке ценности недр России и других административных территорий.

Сравнительная стоимостная оценка природных ресурсов способствует выявлению приоритетных направлений развития экономики той или иной территории, определению ее конкурентоспособности, инвестиционной емкости, может использоваться при перспективном планировании развития регионов в целом и, в частности, при планировании геологоразведочных работ и освоения месторождений.

В условиях развития рыночной экономики, чтобы полезные ископаемые не были неликвидными материалами, но активно включались в народно-хозяйственный оборот, в частности, для определения системы инвестиционных вложений, возникает необходимость

стоимостной оценки минеральных ресурсов в целом территории, рудных районов или отдельных рудных объектов.

Оценка ценности недр выполнялась по двум категориям с определением потенциальной (валовой) и товарной, приближенной к реальным стоимостям минерального сырья. Анализ структур стоимостей позволил определить типы МСБ в сравнительном аспекте с мировыми и другими регионами.

В сравнительном аспекте потенциальных и товарных стоимостей, типов и структур МСБ на картах потенциальной и товарной ценности недр Дальневосточного региона РФ отражено ранжирование территории ДФО по субъектам федерации с определением удельных ценностей недр на 1 км², 1чел.

Потенциальная (валовая) стоимость отражает суммарную стоимость запасов полезных ископаемых, выявленных в недрах той или иной территории.

Общая потенциальная стоимость запасов в недрах ДФО определена в количестве 10833872,42 млн.т , в т.ч. Амурской области- 1241 299,56

Экспресс – оценка *товарной* стоимости минерального сырья в недрах определяется путем введения поправочных коэффициентов в его потенциальную стоимость. Значения коэффициентов устанавливались по статистическим данным, представляющим результаты обобщений большого фактического статистического материала по переводу ресурсов и запасов из низших категорий в высшие, по относительным затратам на различные стадии геологоразведочных работ, добычу, обогащение соответствующих видов полезных ископаемых. Товарная стоимость отражает вероятностно-приближенную рыночную стоимость минерального сырья в недрах, величину необходимых инвестиций в их освоение.

Общая товарная стоимость запасов в недрах ДФО определена в количестве 2 636 512,12 млн.т, в т.ч. Амурская область - .166 937,87.

При оценке стоимостей МСБ важна не только общая стоимость запасов, но и ее структура в вещественном и стоимостном выражении, показывающая из каких видов сырья эта стоимость складывается. По классификации структур стоимостей мира выделяются три основных типа МСБ– топливный, топливно- минеральный и минеральный с подразделением на подтипы.

По структурм стоимостей МСБ – стоимостным рядам (по убыванию) по минеральным ресурсам в недрах территории Амурской области, в которых по потенциальным стоимостям преобладают- уголь, цеолиты , железо, составляя в сумме 96,57%, по товарной стоимости – уголь, цеолиты, железо, золото, составляя в сумме 97,30% от общей стоимости минерального сырья в недрах вещественно-стоимостный тип МСБ Амурской области определяется как угольно-минеральный.

Количество и общая стоимость запасов находятся в определенной зависимости от размеров территории, численности населения. Представляют интерес такие характеристики как удельные ценности, приходящиеся на 1 км² и на 1 чел.

По результатам стоимостного анализа МСБ Дальневосточного региона в сравнительном аспекте по субъектам федерации произведено ранжирование территории по ценности недр, что отражено на картах по потенциальным и товарным стоимостям. Порядок соотношений потенциальных и товарных стоимостей и удельных ценностей недр по Амурской области: потенциальная стоимость 1241 299,56 млн.дол. (11,46 % от суммарной стоимости ДФО), удельные ценности недр на 1 км² – 3,43, на 1 чел. – 1,52; товарная - 166 937,87 (6,33%); удельные ценности недр на 1 км² 0,46, на 1 чел – 0,20 млн.дол.

Стоимостная оценка минеральных ресурсов в недрах Амурской области является составной частью работы «Минерально-ресурсный потенциал Дальневосточного региона (ДФО). Методы его количественной и стоимостной оценки», выполненной в ИГД ДВО РАН (2014 г. отв исп. Г.Ф.Склярова).

ГЕОЭКОЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

АНАЛИЗ ЛАНДШАФТНОГО РАЗНООБРАЗИЯ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

И.Г. Борисова

Амурский филиал Ботанического сада-института ДВО РАН, г. Благовещенск

В последние годы в зарубежной географической литературе появилось много публикаций по оценке ландшафтного разнообразия (landscape diversity). Потребность в такого рода работ обусловлена необходимостью территориальной привязки результатов изучения биологического разнообразия при создании особо охраняемых природных территорий. Для России ландшафтное разнообразие имеет особое значение в связи с её огромными просторами – большой протяженностью в широтном и меридиональном направлениях. Значительная часть российской территории относится к малоосвоенным регионам с ресурсоориентированной экономикой. Поэтому роль ландшафтного аспекта в этих регионах остаётся приоритетной в плане технологии освоения природных ресурсов и сохранения биологического разнообразия. К таким регионам относится Амурская область, расположенная в южной части российского Дальнего Востока.

Цель представленной работы – на основе ландшафтной карты проанализировать ландшафтное разнообразие Амурской области. Целевая установка обеспечивалась решением следующих задач:

- преобразование ландшафтной карты в геоинформационную систему (ГИС);
- определение количественных характеристик ландшафтов по классификационным образованиям;
- определение показателей ландшафтного разнообразия;
- сравнительный анализ Амурской области с РФ по показателям ландшафтного разнообразия.

В настоящей работе впервые для Амурской области составлена и оцифрована ландшафтная карта в масштабе 1:100000, на которой представлены ландшафтные выделы категории «вид ландшафта». Границы ландшафтных выделов совмещены с таксонами более высокого ранга: физико-географические провинции – области – страны. На основе современных технических возможностей по измерению морфометрических показателей классификационных ландшафтных единиц произведены подсчёты площадей, что позволило рассчитать показатели ландшафтного разнообразия – видовое ландшафтное разнообразие, мозаичность, редкость/типичность. Показатели ландшафтной неоднородности определены картографическим методом с помощью ГИС-программы ArcView 3.2.

Все показатели определялись на уровне наименьшей типологической единицы – вид ландшафта. Подсчеты проводились в пределах Амурской области и сравнивались с российскими показателями по стране. При расчете площадей ландшафтных контуров исходили из общей площади Амурской области 363,7 тыс. км².

Одним из важнейших показателей ландшафтного разнообразия выступает представительность (или собственно разнообразие) природных комплексов как определение совокупности ландшафтов, выявляющаяся в процессе инвентаризации геосистем. Для этого рассматривалось общее количество геосистем в иерархической структуре природных ландшафтов (тип-класс-подкласс-вид ландшафта).

К числу наиболее значимых факторов, определяющих ландшафтное разнообразие Амурской области, относятся:

- большое количество природных рубежей высшего иерархического ранга:
- морфоструктурных, биогеографических (ботанических и зоогеографических);
- смена климатических условий (континентальность, муссонность);
- границ зон многолетней мерзлоты;

- границ зон почвенной дифференциации территории;
- границ самого высокого иерархического ранга ландшафтной дифференциации – между ландшафтными странами (Горная страна Забайкалья и Прибайкалья – 8 % от площади Амурской области; Горная страна Дальнего Северо-Востока – 3%; Амуро-Сахалинская страна - 89 %);

2) специфика высотно-поясной ландшафтной структуры, проявляемая в изменении числа поясов, их качественного состава, высотных границ с севера на юг и с востока на запад по мере удаления от океана;

3) взаимодействие эндогенных и экзогенных процессов, способствующих перестройкам ландшафтной структуры, а также появлению эндемичных и реликтовых ландшафтов;

4) особенности антропогенного воздействия, которое усиливает процессы экотонизации и фрагментации ландшафтов, особенно в южной части области.

Сочетание указанных выше факторов нашло отражение в сложности ландшафтной дифференциации. Среди субъектов юга Дальнего Востока Амурская область выделяется достаточно большим разнообразием геосистем, которые относятся к 4 типам, 7 классам, 11 родам и 91 виду. А.А. Мельченко и др. представили площадные соотношения ландшафтных зон и подзон как показатель ландшафтного разнообразия России [2]. На основе этих данных можно рассчитать их долю в границах Амурской области. Амурская область располагается в двух зонах, и представленность её геосистем в них невелика - в суб boreальной гумидной зоне - 0,7 % от общей площади зоны; в boreальной зоне - 1,2 %.

Полное представление о территориальном распределении геосистем даёт ландшафтная карта Амурской области в масштабе 1:1000000.

Из классов и подклассов на территории Амурской области были выделены равнинные и горные геосистемы, плоскогорья, холмогорья и плато. Их площадные соотношения следующие: равнины занимают 34 % от площади области, горные – 44 %, плоскогорья высокие – 0,3 %, холмогорья – 14 % и плато – 8 % (табл. 1). Внутри классов и подклассов были выделены - типы ландшафтов, которые относятся по зональным характеристикам к средней и южной тайге, подтайжной зоне, северной подзоне зоны широколиственных лесов (неморальной), в горах имеют большой набор высотных поясов (гольцово-горно-тундровый, подгольцово-редколесный, таёжный, подтайжный). Всего на территории Амурской области было выделено 20 геосистем (табл. 1).

Среднетайжные равнинные геосистемы представлены Верхнезейской равниной площадью 3,6 % от площади области.

Южно- и подтайжные ландшафты распространены в южной части области в пределах Амуро-Зейской равнины, холмогорий и плато в западной и центральной частях области. Их общая площадь составляет 37,9 % от площади области.

Большая часть Зейско-Буреинской равнины и Архаринская низменность охватывают неморальные ландшафты (9,6 % от площади области).

Ландшафты гор, плоскогорий, холмогорий и плато представлены на 2/3 территории Амурской области. Они разнообразны по генезису (складчато-глыбовые, глыбовые, вулканические) и возрасту. Наибольшие площади занимают среднегорные (25,3 % от площади области) и низкогорные (17,6 % от площади области) ландшафты. Наименьшие площади занимают высокогорья (1,2 % от площади области), которые представлены хребтами Ям-Алинь, Южные и Северные Дырындиские, Токинский Становик.

Высотно-поясные особенности определяются наличием 4 основных поясов (гольцово-горно-тундровый, подгольцово-редколесный, таёжный, подтайжный). Их высотные отметки изменяются с севера на юг и с востока на запад Амурской области. В горах на севере и западе Амурской области подгольцовская зона распространяется с высоты 900-1000 м над ур. м., а на востоке области и в более южных районах – с высоты 1300-1600 м над ур. м.

По площадному соотношению геосистем на территории Амурской области к редким ландшафтам следует отнести геосистемы, занимающие площадь менее 3 % от площади области. К таким ландшафтам относятся высокогорья, 3 типа среднегорий (подгольцово-редколесно-

таёжные, редколесно-горно-таёжные, гольцово-горно-тундрово-южно-таёжные и подтаёжные), 2 типа низкогорий (южно-таёжные, подгольцово-южно-таёжные и подтаёжные), плоскогорья, холмогорья подтаёжные и низкие плато подтаёжные (табл. 1).

Таблица 1
Соотношение площадей геосистем на территории Амурской области

Геосистемы	Площадь геосистем	
	площадь, км ²	% от площади области
Равнинные, в т.ч.	121051	33.9
среднетаёжные	12681	3.6
южно-таёжные	41064.5	11.5
подтаёжные (хвойно-широколиственные)	33054.1	9.3
неморальные	34251.5	9.6
Горные, в т.ч.	157475	44.2
<i>Высокогорные</i> - гольцово-горно-тундрово-редколесно-таёжные	4397.6	1.2
Среднегорные, в т.ч.	90334.8	25.3
гольцово-горно-тундрово-редколесно-таёжные	76760.9	21.5
подгольцово-редколесно-горно-таёжные	6377.2	1.8
редколесно-горно-таёжные	3156.7	0.9
гольцово-горно-тундрово-южнотаёжные и подтаёжные	4040.04	1.1
Низкогорные, в т.ч.	62742.9	17.6
подгольцово-редколесно-горно-таёжные	35495	10.0
редколесно-горно-таёжные	19887.3	5.6
горные южно-таёжные	1920.9	0.5
подгольцово-горно-южнотаёжные и подтаёжные	5439.7	1.5
Плоскогорья высокие, в т.ч.	1114.4	0.3
гольцово-горно-тундрово-редколесно-таёжные	703.8	0.2
среднетаёжные	410.6	0,1
Холмогорья, в т.ч.	47315.7	13.3
среднетаёжные	15971.3	4.5
южно-таёжные	22207.8	6.2
подтаёжные (хвойно-широколиственные)	9136.6	2.6
Низкие плато, в т.ч.	29546.2	8.3
южно-таёжные	21500.1	6.0
подтаёжные	8046.1	2.3

Типичными геосистемами Амурской области являются: все типы равнин, среднегорья гольцово-горно-тундрово-редколесно-таёжные, низкогорья подгольцово-редколесно-таёжные и редколесно-таёжные, холмогорья среднетаёжные и южно-таёжные, низкие плато южно-таёжные.

Немаловажное значение имеет показатель биоразнообразия геосистем. На территории Амурской области высокое биоразнообразие имеют высокогорные геосистемы, низкогорья подгольцово-южно-таёжные и подтаёжные, плато подтаёжные и холмогорья подтаёжные, которые также относятся к редким ландшафтам области.

Видовое ландшафтное разнообразие территории (R) может быть выражено числом классификационных образований ландшафтов на некоторой единице площади, т.е. $R=N/S$, где N – число видов ландшафтов в регионе; S – площадь региона, тыс. км² [2]. Согласно нашим расчетам показатель R по Амурской области составляет 0,25 ед/тыс.км² при среднем показателе

по России – 0,2 ед/тыс.км², при минимальном – 0,02 (Якутия) и максимальном – 1,25 (Северная Осетия) [2].

Мозаичность ландшафтов определяется плотностью размещения ландшафтных контуров на определенной территории. Согласно А.С. Викторову [3], ландшафтная мозаичность территории (M) может быть рассчитана по формуле: $M = K/S$, где K – количество ландшафтных контуров в регионе (вне зависимости от принадлежности к определенному виду ландшафта); S – площадь региона, тыс. км². Количество ландшафтных контуров на карте Амурской области составляет 237. Показатель мозаичности ландшафтов по Амурской области – 0,65 контуров/тыс.км² при среднем показателе по России – 0,59 контуров/тыс.км² с разбросом от 0,05 (Карачаево-Черкессия) до 2,5 (Адыгея) [2].

Мозаичность отражает характер распределения ландшафтов. Она может иметь значение в организации хозяйственной деятельности, транспортной доступности территории. Может иметь и положительное значение в сохранении биологического разнообразия.

Показатели внутриландшафтного разнообразия в значительной мере определяются степенью антропогенного воздействия, проявляющегося в фрагментации (нарушении целостности) ландшафтов, что ведет в одних случаях к усилению мозаичности (горизонтальной неоднородности), в других – пространственной монотонности. Рассчитать показатели внутриландшафтного разнообразия – это задача очень трудоёмкая и на данном уровне исследования не выполнялась.

В настоящее время наиболее освоена южная часть Амурской области, где распахано 1186,7 тыс. га [1], что составляет 3,3 % от площади области. В масштабах области показатель незначительный, но конкретно для ландшафтов южных районов сельскохозяйственное воздействие существенно отражается на ландшафтном разнообразии в худшую сторону, что вызывает необходимость сохранения «островов» типичных ландшафтов (так же, как в староосвоенных регионах), например, сохранение лесных массивов на территории Тамбовского, Константиновского, Ивановского, Белогорского, Михайловского районов.

Все рассчитанные показатели ландшафтного разнообразия по Амурской области свидетельствуют о значимости геосистем высокого иерархического ранга Амурской области в ландшафтном разнообразии России, что подтверждает тезис о невозможности формирования экономико-экологического пространства без учёта всего разнообразия природных условий для разных районов. Для малоосвоенных регионов РФ сохранение ландшафтного разнообразия важно с позиции решения мировых проблем устойчивого развития, обозначенных в Йоханнесбурге как «Цели тысячелетия», в сохранении экологического баланса, поддержании и восстановлении природного уровня биосферных функций в части «оказания страной экосистемных услуг» [4].

Литература

1. Каракин В.П., Шейнгауз А.С. Ресурсы Дальнего Востока // Вестник ДВО РАН. 2002. № 4. С. 23-37.
2. Мельченко В.Е., Хрисанов В.Р., Митенко Г.В. и др. Анализ ландшафтного разнообразия России // Бюлл. «Использование и охрана природных ресурсов России». 2004. № 4. С. 38-45.
3. Викторов А.С. Рисунок ландшафта. М. «Мысль», 1986. 179 с.
4. Тишков А.А. Биосферный функции и природные экосистемы России. М.: Наука, 2005. 310 с.

ФРАКЦИОННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ГОРОДА БЛАГОВЕЩЕНСКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОГЕННОГО ПРИВНОСА ЭЛЕМЕНТОВ

Н.А. Бородина

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

Загрязнение городских почв тяжелыми металлами (ТМ) приобретает характер глобальной экологической проблемы из-за разнообразия техногенных источников, активного включения металлов в процессы биогеохимической миграции и их токсичности для живых организмов. Городские почвы – не только среда обитания растений и микроорганизмов, но и уникальный сорбент разнообразных загрязняющих веществ. ТМ играют значительную роль в составе аэрозольных частиц воздуха. Будучи тонкодисперсными, эти частицы могут проникать в легкие и переходить в кровь человека, накапливаясь в разных органах. Уровень загрязнения почв наиболее сложно определять и контролировать, почву труднее очищать, чем воду и воздух, так как почва относится к наиболее стабильным депонирующими компонентам окружающей среды, ее состав определяется многолетним периодом [4].

Современное исследование почв урболандшафтов должно включать не только определение валового содержания ТМ, но и форм их нахождения с установлением доли подвижных форм и особенностей их распределения. При техногенном загрязнении почв ТМ требуется определять не только условно доступное их количество, но и его ближний резерв. Использование при эколого-геохимическом исследовании показателей подвижности позволит прогнозировать объем возможного усиления потока ТМ из почв в растения и далее по трофической цепи питания.

Целью данной работы явилось изучение закономерностей распределения ТМ (Cu, Zn, Mn, Cr, Ni, Co, Pb, Cd) в урбанизированных почвах г. Благовещенска в зависимости от техногенного привноса элементов.

Благовещенск – административный центр Амурской области, который занимает территорию площадью 321 км² с населением 207,3 тысяч человек [1]. Благовещенск является малопромышленным городом с небольшим объемом производств. Основными загрязнителями атмосферного воздуха в городе являются стационарные источники промышленных предприятий, ТЭЦ и котельных предприятий коммунального хозяйства, а также передвижные – автомобильный, железнодорожный, водный и авиационный транспорт.

Для ТЭЦ характерна большая масса выброса газовой фракции загрязняющих веществ, зона влияния которых прослеживается на 15 км по розе ветров [7]. Несмотря на то, что это предприятие расположено на окраине города, выбросы ТЭЦ в направлении господствующих ветров с северо-запада на юго-восток (согласно розе ветров) большую часть года направлены на жилые кварталы и поэтому оказывают значительное влияние на экологическую ситуацию в городе.

Кроме этого, автотранспорт является также источником поступления пыли. Загрязнение воздуха происходит не только при сжигании топлива в двигателях внутреннего сгорания, но и при истирании шин о поверхность дорожного покрытия. Образуемая при этом пыль бывает обогащена свинцом, цинком и кадмием [7]. По данным ГИБДД УВД по Амурской области на декабрь 2010 г., в г. Благовещенске зарегистрировано 68293 единиц автотранспорта. На 1 км² при плотности населения 646 человек приходится 212 автомобилей.

Отбор образцов почв проводили с июля по сентябрь 2009-2010 г. В г. Благовещенске использовали 34 пробные площадки, включая фоновую. В качестве фона в г. Благовещенске была выбрана территория заповедного урочища Мухинка, расположенная в 38 км северо-восточнее города.

На территории г. Благовещенска было условно выделено 5 зон в зависимости от степени техногенного загрязнения: промышленная (с повышенным техногенным воздействием), где

оказывают влияние промышленные предприятия; дорожная зона – территории, прилегающие к улицам с интенсивным транспортным потоком; буферная зона – зона слабого техногенного воздействия; рекреационная зона – территории, занимаемые парками, скверами, предназначенные для отдыха населения; фоновая зона – Урочище «Мухинка».

Для оценки степени техногенного загрязнения почв была использована 1 М HCl вытяжка, обладающая высокой экстрагирующей способностью по отношению к ТМ, которые могут поступать в почву при техногенном загрязнении. Содержание ТМ в данной вытяжке характеризует потенциальный запас подвижных соединений металлов в почве [6]. Повышенная доля ТМ, экстрагируемых 1 М HCl, по сравнению с фоном, указывает на техногенность происхождения элемента.

Для выделения форм тяжелых металлов с различной подвижностью в почвах и, соответственно, неодинаковой доступностью для растений использовали метод последовательной экстракции металлов из одной навески почвы [5].

Были определены следующие формы соединений ТМ в почвах:

1. Водорастворимая фракция - соединения ТМ в водной вытяжке почв. Водорастворимая форма характеризует степень подвижности элементов в почве, их миграционную активность в ионной форме.

2. Специфически сорбированная и связанная с карбонатами фракция ТМ, которые удерживаются почвенными компонентами с помощью ковалентных или координационных связей на поверхностях оксидов, карбонатов, фосфатов, характеризует запас подвижных форм элементов и их биологическую доступность.

3. Фракция ТМ, связанная с аморфными оксидами и гидроксидами железа и марганца, содержит металлы, образующие прочные комплексы на поверхности гидратированных оксидов железа и марганца, и высвобождающиеся при их разрушении. Данная фракция характеризует содержание потенциально-подвижных форм ТМ.

4. Фракция ТМ, связанных с органическим веществом и сульфидами. К этой фракции относятся металлы, образующие комплексы с органическим веществом, а также подвергающиеся частичному разрушению сульфиды ТМ.

5. Остаточная фракция, содержащая ионы ТМ, прочно закрепленные в кристаллических решетках минералов почвы. Это наиболее консервативная фракция ТМ.

Валовое количество ТМ в почвах, а также в водорастворимой, специфически сорбированной, оксидной, органической и остаточной фракциях определялось по методикам, описанным ранее [2].

Исследование содержания ТМ в экстрактах проводили методом атомно-абсорбционного анализа на спектрофотометре 1 класса «Хитачи»-180-50, в пламени ацетилен-воздух. Свинец и кадмий – на ААС «Аналит 400» по методике КХА ПНДФ 14.1:2.214-06.

Фракционное распределение ТМ зависит от техногенного привноса элемента, который определяется содержанием кислоторастворимой формы.

С возрастанием техногенного привноса **меди** происходит ее аккумуляция, в основном, во фракцию, связанную с органическим веществом почвы (рисунок). В промышленной зоне г. Благовещенска доля подвижных соединений Cu в данной фракции достигает в отдельных точках 42 % от ее валового содержания, в то время как на фоновом участке – 5,7 %.

Техногенное воздействие в урбоэкосистеме способствует увеличению накопления **цинка** в наибольшей степени в оксидной фракции (рисунок). В почвах г. Благовещенска на долю Zn, связанного в данной фракции, приходится до 68 % от валового содержания в промышленной и в транспортной зонах города, на фоновой территории – 9,2 %.

Марганец в почвах присутствует в основном в гидроксидной форме,. Так, в почвах промышленной и транспортной зон города доля Mn в оксидной фракции достигает 80 % от валового содержания.

Техногенный привнос **хрома** способствует увеличению его доли в оксидной и органической фракциях, где его содержание примерно одинаково (рисунок).

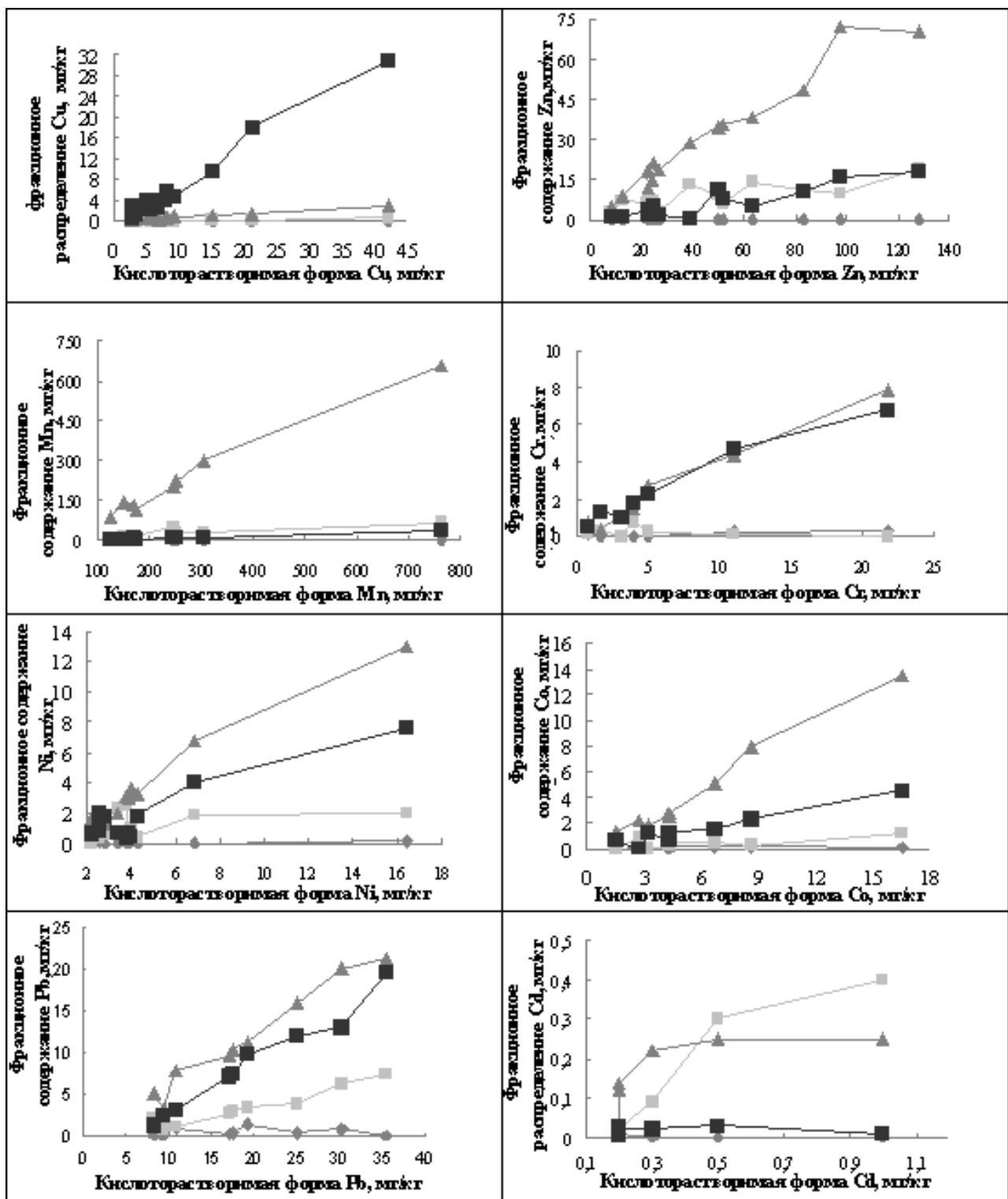


Рисунок - Фракционное распределение ТМ в зависимости от техногенного привноса металла
Примечание – фракции ТМ в почвах: I – водорастворимая фракция (♦), II – специфически сорбированная фракция (■), III – фракция, связанная с гидроксидами Fe и Mn (▲), IV – фракция ТМ, связанная с органическим веществом и сульфидами (■).

С увеличением техногенного привноса никеля происходит его аккумуляция, в основном, во II-IV фракциях, но наиболее интенсивное накопление характерно для оксидной фракции, где его доля достигает 46 % в транспортной зоне г. Благовещенска, на фоновом участке – 16 %.

С повышением техногенной нагрузки накопление кобальта происходит, в основном, в оксидной и органической фракциях (рисунок). Доля соединений кобальта, связанная с органическим веществом почв, достигает 18 % от валового количества.

С ростом техногенной нагрузки увеличивается накопление **свинца**, в первую очередь, во фракции, связанной с гидроксидами Fe и Mn, затем в органической, где его доля в почвах промышленной и транспортной зон г. Благовещенска достигает 50 % и 27 % от валового содержания, соответственно.

Кадмий характеризуется высокой подвижностью и с увеличением техногенного привноса кадмия возрастает его содержание в первую очередь в специфически сорбированной фракции (рисунок), а затем в оксидной. Так в ацетатно-аммонийную вытяжку из почв промышленной и транспортной зон Благовещенска переходит до 23 %, а в оксидную, в среднем, 8 % от валового содержания Cd.

Таким образом, основными фракциями потенциально подвижных форм ТМ в почвах при техногенном загрязнении для Cu, Cr, Pb, Ni, Co являются оксидная и органическая, причем для Cu с возрастанием техногенной нагрузки увеличивается доля фракции, связанной с органическим веществом. Для Zn, Cd, Mn – оксидная и специфически сорбированная, причем для Cd при техногенной нагрузке увеличивается доля специфически сорбированной фракции. С возрастанием техногенной нагрузки уменьшается содержание элементов в остаточной фракции и увеличивается доля подвижных форм ТМ (оксидной, связанной с органическим веществом и специфически сорбированной). На фоновых участках основная доля ТМ находится в остаточной, инертной фракции.

Зная механизмы закрепления ТМ в почве, можно ограничить их миграцию и доступность растениям при формировании почвогрунтов при озеленении городов. Например, для связывания избыточного количества мобильных форм Cu, Cr, Pb, Ni, Co можно с успехом применять гуминовые препараты, а повышенное содержание Zn, Mn и Cd можно снизить известкованием или внесением цеолитов. Водяницкий Ю.Н. [3] предлагает использовать железосодержащие соединения, являющиеся геохимическим барьером для закрепления токсичного Cr (VI).

Это особенно актуально для рекреационной зоны города, которая по экологическому состоянию почвенно-растительного покрова не соответствует требованиям, предъявляемым к зонам отдыха.

Литература

1. Амурстат, территориальный орган федеральной службы. – URL: // Режим доступа: <http://amurstat.gks.ru>.
2. Бородина Н.А., Голов В.И. Содержание различных форм Cu, Zn и Mn в почвах города Благовещенска (Амурская область) // Вестник Дальневосточного отделения Российской Академии Наук. 2013. № 5 (171). С. 69-76.
3. Водяницкий Ю.Н. Природные и техногенные соединения тяжелых металлов в почвах // Почвоведение. 2014. № 4. С. 420-432.
4. Жук Е.А. Особенности распределения тяжелых металлов в верхнем горизонте городских почв // Минералогический журнал. 2004. 26. № 2. С. 61-66
5. Ладонин, Д.В. Соединения тяжелых металлов в почвах – проблемы и методы изучения // Почвоведение. 2002. № 6. С. 682-692.
6. Манджиева С.С., Минкина Т.М., Мотузова Г.В. и др. Фракционно-групповой состав соединений цинка и свинца как показатель экологического состояния почв // Почвоведение. 2014. № 5. С. 632-640.
7. Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – 335 с.

ВЛИЯНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В БУРОЗЁМАХ ХРЕБТА ТУКУРИНГРА (ЗЕЙСКИЙ ЗАПОВЕДНИК)

С.В. Брянин

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

Запас органического углерода в лесных почвах составляет около 70% от общих запасов углерода на планете, в 2-3 раза превышает запасы в растительной (надземной) биомассе лесов и в 1,4 раза - атмосферные запасы углерода. [1]. Поэтому изучение пула углерода в почвах boreальных лесов важно для понимания глобального круговорота этого элемента. Особенно важны подобные исследования в регионах с высокой периодичностью и большими площадями лесных пожаров. Ежегодно на планете лесные пожары нарушают более чем 4×10^8 гектаров лесов и травянистых экосистем, при этом в атмосферу в виде газообразных продуктов горения поступает приблизительно $1,7\text{--}4,1 \times 10^{15}$ г углерода [2].

Влияние огня на органическое вещество почв неоднозначно и зависит от многих факторов, включающих тип пожара, интенсивность и продолжительность горения, тип почв и растительности, топографические условия. Во время пожара органическое вещество почв может быть нарушено в разной степени от лёгкого подсушивания до полного озления, но при любой интенсивности горения происходит уменьшение содержания органического вещества в почвах. Действие пожара не ограничивается процессом горения, а вновь образованные и изменённые органические вещества вовлекаются в процессы почвообразования. При этом особый интерес вызывает изучение длительных изменений в пирогенном органическом веществе почв. Поэтому цель работы - изучить изменения содержания и запасов органического углерода в бурозёмах грубогумусовых под светлохвойной тайгой на южном склоне хребта Тукурингра.

Исследования были проведены в лиственничной тайге в пределах южного макросклона хребта Тукурингра (Зейский заповедник, Золотогорское лесничество). Для комплексных наблюдений осенью 2013 года заложены постоянные пробные площади размером $50 \times 50 \text{ м}^2$ в лесном массиве, не подвергавшемся влиянию огня (площадка 38К), а также в лиственничном лесу, нарушенном пожаром 2003 года (площадка 37П). За пределами каждой пробной площади был заложен почвенный разрез для установления классификационной принадлежности и изучения основных свойств почв. Образцы почв отбирались по генетическим горизонтам, высушивались, измельчались и пропускались через сито с диаметром ячейки 2 мм. Лабораторные исследования выполнялись на базе Аналитического центра минералого-геохимических исследований ИГиП ДВО РАН. Определение проводилось на анализаторе общего и неорганического углерода SHIMADZU TOC-V CPN, с использованием модуля SSM-5000A. Название почвам дано по классификации почв Росии [3]. Гумусное состояние почв оценивалось с использованием показателей Д.С. Орлова [4].

Почвы исследуемой территории представлены бурозёмами грубогумусовыми оподзоленными. Строение профиля: A0-AY-AEL-BM-BMC-C. Мощность почвенного профиля составляет 65 см, с 20 см почвы сильно каменистые. В поверхностных горизонтах почв (0-5 см) площадки 37П наблюдалось высокое содержание углей.

Содержание органического углерода в поверхностном горизонте изучаемых почв сверхвысокое и составляет на контрольной площади - 27,8 %, а в почвах подверженных влиянию огня - 37,24%, на глубине около 10 см разница концентраций органического углерода не так велика, горизонты AY содержат 10,92 и 12,06 % в контроле и на гари соответственно. С глубины 20 см почвы характеризуются аналогичными концентрациями и внутрипрофильным распределением органического углерода (рис. 1). В нижних горизонтах почвенного профиля содержание углерода снижается до 0,5% в обеих исследуемых почвах.

Запасы органического вещества в слое 0-20 см в почвах на контрольной площадке средние (167,8 т/га), а, в почвах подверженных пирогенному влиянию - очень высокие (300,4 т/га). В

почвах, подверженных влиянию огня 68% запасов органического вещества сосредоточено в 10 см слое, а в почве контрольной площадки 79% в аналогичном слое.

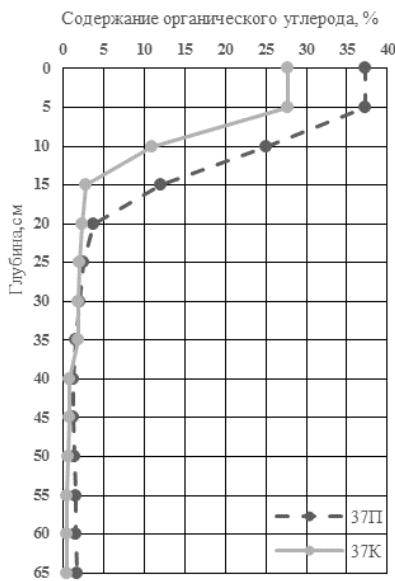


Рис. 1. Профильное распределение углерода в почвах: 38К – почва контрольной площадки, 37П – почва, нарушенная пожаром 2003 года.

Характер внутрипрофильного распределения запасов органического вещества в почвах подверженных влиянию огня (площадь 37П) свидетельствует о существенном нарушении пожаром естественного гумусового профиля, убывание запасов происходит не постепенно, а колеблется от слоя к слою, в то время как в почвах контрольной площади (38К) происходит последовательное снижение запасов вниз по профилю (рис. 2).

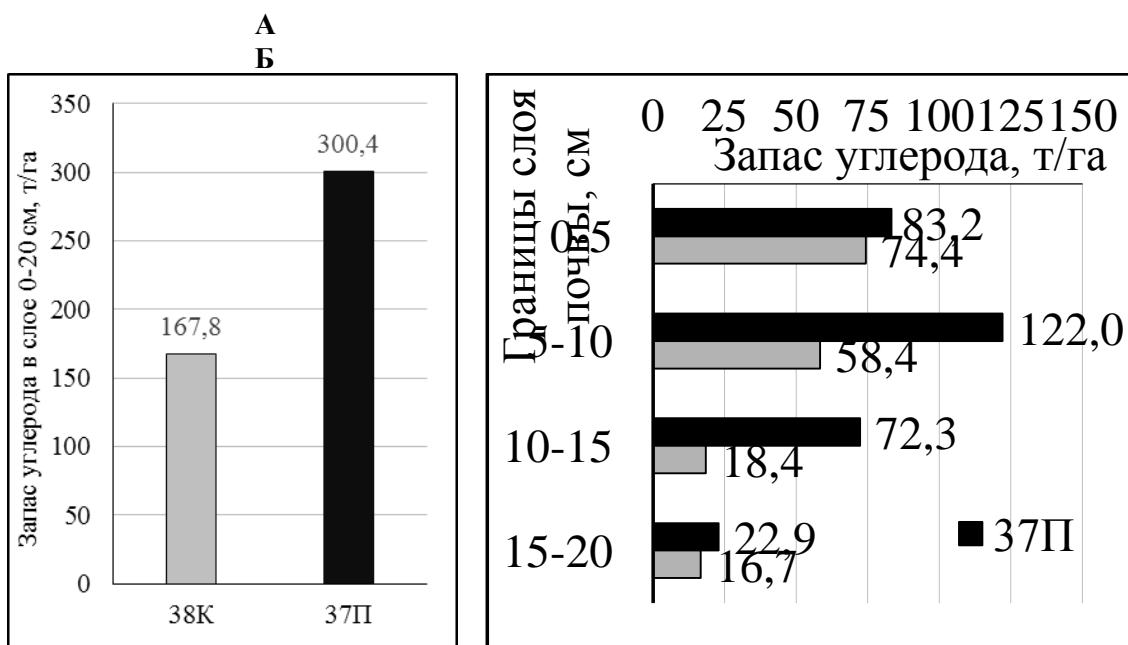


Рис. 2. Распределение запасов органического вещества в профиле бурзёмов: А – общий запас углерода в слое почвы 0-20 см, Б – профильное распределение запасов углерода по слоям почв.

Увеличение концентрации и послепожарных запасов углерода в 20 см слое почв, вероятно, вызвано уплотнением почв после пожара (данные не представлены) и высокой концентрацией угля в поверхностных горизонтах почв. Присутствие угля в почве, очевидно

привело к завышенным результатам при инструментальном определении углерода. С другой стороны, в литературе приводятся данные об иных причинах восстановления, а в отдельных случаях и превышения допожарных концентраций углерода в почвах [5]. Среди них: 1) связывание не сгоревшего органического вещества с минеральной фазой почв, в таком состоянии органические соединения наиболее устойчивы к биохимическому разложению, 2) трансформация вновь образованных гумусовых кислот и гумусоподобных веществ в устойчивые формы, благодаря развитию специфических групп микроорганизмов, 3) зарастание гарей растениями азотфиксаторами, которые существенно ускоряют депонирование углерода в почвах у условиях высоких показателей первичной продуктивности. Кроме того, многие исследователи отмечают вспышку микробиологической активности в почвах непосредственно после пожара, однако по истечении более длительного срока величина минерализации органики микроорганизмами существенно снижается, что так же опосредованно влияет на увеличение запасов органического вещества в почве.

Таким образом в буровёмах грубогумусовых под светлохвойной тайгой органическое вещество сконцентрировано в верхнем 20 см слое почв, за 10 летний период после пожара произошло увеличение содержание органического вещества в 2 раза по сравнению с почвами не подверженными влиянию огня. В почвах после пожара происходит неравномерное вертикальное снижение запасов органического вещества, что подтверждает существенное влияние пожара на естественный гумусовый профиль.

В наших исследованиях через 10 лет после прохождения пожара наблюдается двукратное увеличение запасов органического вещества в почвах. Для объективной интерпретации таких высоких концентраций требуются дополнительные исследования органического вещества, в частности фракционного состава гумуса, концентрации угля в почве, водорастворимого органического вещества.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект № 14-05-31297 мол_а

Литература

1. Lavorel, S., Lambin, E.F., Flannigan, M., Scholes, M. Fires in the earth system: the need for integrated research. // IGBP Global Change Newsletter 2001 №48 P. 7–10.
2. Dixon RK, Brown S, Houghton RA, Solomon AM, Trexler MC, Wisniewski J Carbon pools and flux of global forest ecosystems.// Science 1994. № 263. P.185–190.
3. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почтоведение. 2004. № 8. С. 918-925.
4. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова; под ред. Г.В. Добровольского. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
5. Certini G. Effects of fire on properties of forest soils: a review. //Oecologia. 2005 №143. P.1–10.

СИСТЕМЕ «ТЕХНОГЕННЫЙ ПЕСОК – ВОДА – ВОЗДУХ» МЕСТОРОЖДЕНИЯ БОМ-ГОРХОН (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ)

Е.В. Васильева, В.И. Васильев, О.К. Смирнова

Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ, geovladi@mail.ru

Цель и методика моделирования. Численное моделирование термодинамических равновесий в системе «техногенный песок – водный раствор – воздух» проводилось с целью определения преимущественных форм нахождения загрязняющих компонентов на месторождении Бом-Горхон (Забайкальский край) в техногенных стоках р. Зун-Тигня в поверхностных условиях. Исходными данными послужили анализы проб лежальных техногенных песков ТП-2 и ТП-3 и воды БГ/11-4, БГ/11-5, БГ/11-6, отобранных в процессе полевых работ сезонов 2011–2012 гг. Состав воздуха был принят справочный.

Моделирование проводилось на программном комплексе «Селектор» [2] методом минимизации энергии Гиббса по авторской методике [1]. Строились однорезервуарные модели с температурами 1, 5, 10, 15, 20, 25 и 30°C при давлении 1 бар. Независимые компоненты моделируемой термодинамической системы (64 компонента): Al, Ca, Dy, Ho, Mo, Re, Sb, U, As, C, Er, Fe, Nd, Rb, Sr, V, Ba, Ce, Eu, La, Ni, Sm, S, Yb, Be, Cs, F, Pb, Nb, Sc, Tl, Y, Bi, Cl, Gd, Li, N, Se, Th, Zn, B, Cr, Ga, Lu, P, Si, Tm, Zr, Br, Co, Ge, Mg, K, Ag, Sn, H, Cd, Cu, Hf, Mn, Pr, Na, W, O.

Масса систем устанавливалась 1 кг с исходным отношением массы воды к массе воздуха равным строго 2 : 1. Потенциально возможные зависимые компоненты системы отбирались из баз данных ПК «Селектор» a_Sprons98.DB, g_Sprons98.DB и s_Yokokawa.DB. Термодинамические свойства зависимых компонентов перед включением в модель были согласованы. Предельная концентрация учитываемых компонентов раствора была принята 10^{-7} мг/л.

Результаты моделирования. Суммарно моделирование показало возможность равновесного существования 165 растворенных компонентов и 3 компонентов газовой фазы при различных температурах. Равновесное отношение массы фазы водного раствора к массе газовой фазы с увеличением температуры уменьшается от 1.82 до 1.72 (рис. 1, слева). Общая минерализация раствора изменяется неравномерно от 69198.1 до 69288.8 мг/л с минимумом ~68975 мг/л при температуре ~11°C (рис. 1, справа).

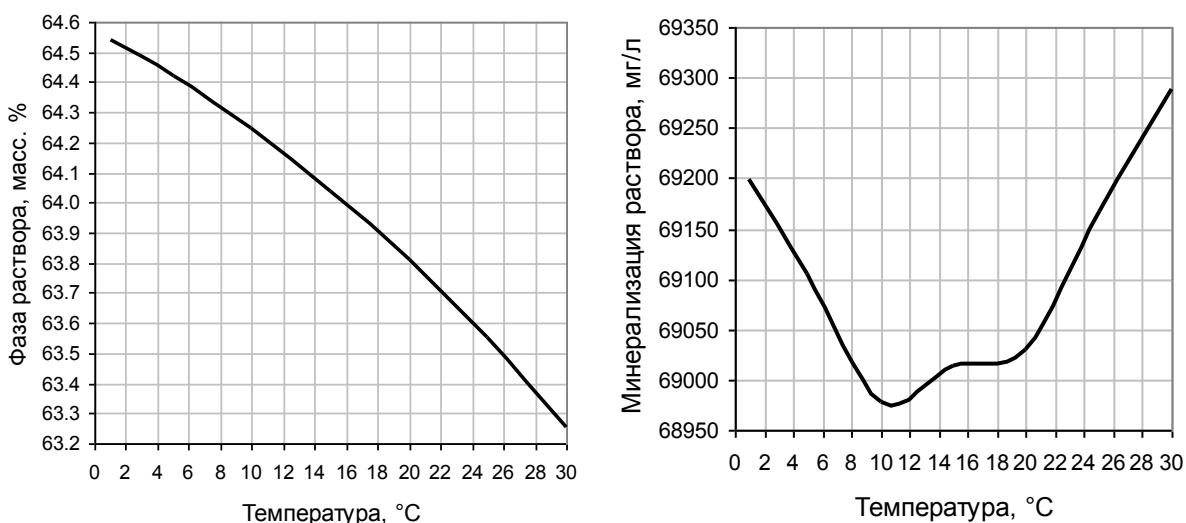


Рис. 1. Зависимость равновесной массы (слева) и общей минерализации (справа) водного раствора в моделируемой системе от температуры.

В следующей таблице в алфавитном порядке показаны преимущественные формы нахождения компонентов с положительной степенью окисления в водном растворе и их максимальные концентрации:

Компонент	Форма нахождения в растворе	Максимальная концентрация, мг/л
Ag	AgNO_3^0	0.1023
	Ag^+	0.042997
Al	Al^{3+}	11089
	AlOH^{2+}	5257.9
	HALO_2^0	2911.6
	AlO^+	907.26
	AlO_2^-	0.048292
As	H_2AsO_4^-	0.053574
	H_3AsO_4^0	0.048809
B	B(OH)_3^0	04.7523
Ba	Ba^{2+}	2.0609
Be	Be^{2+}	4.767
	BeOH^+	1.8307
	BeF^+	0.0049494
	BeO^0	0.0017549
Bi	BiO^+	0.097911
	HBiO_2^0	0.010534
Ca	CaSO_4^0	11357
	Ca^{2+}	0.018877
Cd	Cd^{2+}	212.22
	CdCl^+	4.1487
	CdCl_2^0	0.003157
Ce	CeNO_3^{2+}	282.68
	$\text{CeH}_2\text{PO}_4^{2+}$	93.691
	CeSO_4^+	21.382
	Ce^{3+}	8.2308
	CeBr^{2+}	0.06798
	CeF^{2+}	0.021461
	CeOH^{2+}	0.0041642
Co	Co^{2+}	29.371
	CoCl^+	0.018487
Cr	HCrO_4^-	18.394
	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	0.84792
Cs	Cs^+	0.090626
	CsBr^0	0.0001271
Cu	Cu^{2+}	134.36
	CuOH^+	0.071947
	CuCl^+	0.057402
	CuF^+	0.0003292
Dy	DySO_4^+	2.5281
Er	ErSO_4^+	1.8562
Eu	EuSO_4^+	3.1019
Fe	FeO^+	21927
	FeOH^{2+}	2689.2
	HFeO_2^0	1259.4
	Fe^{3+}	5.3932
	FeF^{2+}	1.4433
	Fe^{2+}	0.020431

	FeCl^{2+}	0.012774
	FeO_2^-	0.0001187
Ga	HGaO_2^0	3.4513
	GaO^+	0.17459
	GaOH^{2+}	0.004515
Gd	GdNO_3^{2+}	7.5083
	$\text{GdH}_2\text{PO}_4^{2+}$	6.0217
	GdSO_4^+	2.4336
	Gd^{3+}	0.91141
	GdF^{2+}	0.0054265
	GdOH^{2+}	0.0014553
Hf	HfO_2^0	0.46662
	HHfO_2^+	0.0080833
	HfO^{2+}	0.0073702
Ho	HoSO_4^+	14.896
K	KSO_4^-	577.6
	K^+	0.092741
	KHSO_4^0	0.0012156
La	LaSO_4^+	156.49
Li	Li^+	102.5
	LiCl^0	0.0014056
Lu	LuSO_4^+	4.5605
Mg	MgSO_4^0	57502
	Mg^{2+}	0.0008317
Mn	MnSO_4^0	10106
	Mn^{2+}	0.0020685
Mo	HMoO_4^-	0.25535
	MoO_4^{2-}	0.0008269
Na	NaSO_4^-	4984.3
	Na^+	0.75599
	NaBr^0	0.0003713
	NaHSiO_3^0	0.0001798
Nb	HNbO_3^0	0.064538
Nd	NdSO_4^+	96.169
Ni	Ni^{2+}	26.41
	NiCl^+	0.0002946
	NiF^+	0.0000255
Pb	Pb^{2+}	8.2224
	PbCl^+	0.049796
	PbOH^+	0.032505
	PbF^+	0.0000595
Pr	PrNO_3^{2+}	18.482
	$\text{PrH}_2\text{PO}_4^{2+}$	14.654
	PrSO_4^+	4.2888
	Pr^{3+}	1.5815
	PrF^{2+}	0.0042326
	PrOH^{2+}	0.0010838
Rb	Rb^+	0.71904
	RbBr^0	0.0000783
Re	ReO_4^-	0.28446
Sb	HSbO_2^0	0.03519
Sc	Sc^{3+}	3.1698
	ScO^+	1.5011
	HScO_2^0	0.045072

Se	HSeO_3^0	0.087293
Si	SiO_2^0	2224.9
	HSiO_3^-	0.0003415
Sm	SmSO_4^+	16.194
Sn	SnO^0	0.020315
	SnOH^+	0.011902
	Sn^{2+}	0.0005433
Sr	Sr^{2+}	138.15
	SrCl^+	0.011313
	SrHCO_3^+	0.0011372
Th	Th^{4+}	128.42
Tm	TmSO_4^+	4.8205
U	UO_2^{2+}	18.815
	UO_2OH^+	10.142
	UO_3^0	3.5473
V	H_3VO_4^0	0.38136
	H_2VO_4^-	0.028379
	VO_2^+	0.0021165
Y	Y^{3+}	32.31
	YOH^{2+}	0.066161
Yb	YbSO_4^+	0.67309
Zn	Zn^{2+}	21801
	ZnOH^+	121.53
	ZnCl^+	33.529
	ZnF^+	0.022016
	ZnCl_2^0	0.0008965
	ZnO^0	0.0001126
Zr	ZrO_2^0	0.41229
	HZrO_2^+	0.0068091
	ZrO^{2+}	0.0016247

Особо необходимо отметить высокие концентрации серы в формах HSO_4^- (до 11334.0 мг/л), SO_4^{2-} (до 6696.9 мг/л), азота в формах NO_3^- (до 2219.1 мг/л), N_2 (до 6.6265 мг/л) и фосфора в формах H_2PO_4^- (до 5.7864 мг/л) и H_3PO_4^0 (до 4.498 мг/л).

Газовая фаза системы представлена преимущественно азотом (N_2 , 96.00–99.01 масс. %), что свидетельствует о поглощении системой кислорода из воздуха, и, соответственно, о резко окислительных процессах, происходящих в реальной природной, неравновесной системе. Содержание азота с температурой уменьшается. Состав газовой фазы дополняют водяной пар (H_2O , до 2.10 масс. %) и кислород (O_2 , до 1.91 масс. %).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 13-05-01155 А.

Литература

1. Васильев В.И., Чудненко К.В., Жатнуев Н.С., Васильева Е.В. Комплексное компьютерное моделирование геологических объектов на примере разреза зоны субдукции // Геоинформатика, №3, 2009. – С. 15–30.
2. Чудненко К.В. Термодинамическое моделирование в геохимии. – Новосибирск: ГЕО, 2010. – 287 с.

О ПРИРОДЕ НАВОДНЕНИЯ 2013 Г. В ПРИАМУРЬЕ

М.Н. Гусев

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

Наводнение – одно из явлений, с которым связаны огромные материальные и моральные потери общества. Установлено [1], что количество катастроф, связанных с наводнениями на протяжении последних десятилетий во всём мире, прогрессивно увеличивается, а число пострадавших растёт ещё быстрее.

В России наводнения наиболее часто случаются в Приамурье [2], что существенно ухудшает качество жизни в регионе, препятствует его экономическому развитию. В этой связи, проблема наводнений в регионе требует предметного изучения. Познание природы наводнений лежит в основе разработки эффективных мер, снижающих бедствия от них. Оно приобрело особую актуальность после наводнения 2013г. в Приамурье.

В «Гидрологическом словаре» под «наводнением» понимается «затопление водой местности в пределах речной долины и населённых пунктов, расположенных выше ежегодно затапляемой поймы» [3]. В принятом к исполнению ГОСТе [4] «наводнение» характеризуется «затоплением территории водой, являющимся стихийным бедствием». Из этих определений следует, что наводнение сопряжено с подъёмом воды (по различным причинам) и затоплением территорий, *наносящим ущерб населению*.

В естественных условиях подъёмы уровня воды в реках связаны с паводками и половодьями, в основе которых лежат процессы, определяющие общий поверхностный сток. Паводок характеризуется сравнительно кратковременным (при половодье – сравнительно длительным) подъёмом воды в реках, вызванным дождями или снеготаянием во время оттепелей (при половодье – снеготаянием или совместным таянием снега и ледников) [3, 4].

Нетрудно заметить, что в основе приведённых явлений лежит единый процесс: подъём уровня воды, её разливы по поверхности прилегающих к руслу территорий. Однако паводок характеризует собой определённое состояние в деятельности рек, одну из периодически повторяющихся фаз их жизни, тогда как наводнение по существу характеризует последствия действия этого состояния на условия жизнедеятельности. Иными словами, паводок – естественный процесс, а наводнение – явление, имеющее социальные последствия. Поэтому для понимания природы наводнения 2013г. важно коротко рассмотреть особенности формирования паводков на территории Приамурья - естественную (природную) составляющую возникновения наводнений, а также выявить место и роль человеческого фактора в этом явлении.

Формирование частых паводков в Приамурье связано, прежде всего, со своеобразием его географического положения. Расположение его на стыке двух контрастных областей Земли – континента (Сибирской платформы) и океана обусловило над его территорией специфический муссонный режим движения воздушных масс. Им обусловлено резкое преобладание жидких осадков над твёрдыми осадками в году. Это предопределяет весьма высокую степень неравномерности поверхностного стока. Повышенной концентрации стока и резкому подъёму воды в реках способствует преимущественно горный рельеф территории (при средней густоте расчленения поверхности бассейна - 0,61 км/км² [5]), особенно в её краевых частях. По состоянию внешних условий формирования рельефа геоморфосистема бассейна р. Амур подразделяется на 4 подсистемы с присущими им особенностями водного режима: Шилкинско-Аргунскую, Зейско-Бурейскую, Сунгариюскую, Уссурийскую, исполняющих роль самостоятельных центров по сбору воды. Они питают р. Амур и ответственны в главном за паводки в её долине. Литературные источники и история инструментальных наблюдений за речным стоком в Приамурье свидетельствуют, что наиболее высокие паводки на р. Амур формируются при наложении паводков из этих водосборных центров. Формированию максимального стока в амурском бассейне предшествуют обильные осадки тёплого сезона года, связанные с муссонной циркуляцией воздушных масс, обеспечивающие повышенный

поверхностный сток. За тёплый период выпадает в среднем около 90-95% годовой суммы осадков, из которых более половины – с июля по сентябрь [5, 6]. Площадь их распространения, характер выпадения (интенсивность, частота), определяющих в главном объёмы стока, зависят от синоптической обстановки. Максимальному стоку благоприятствует ситуация, когда над северо-западной частью Тихого океана формируется мощный антициклон, блокирующий привычное (субширотное) перемещение летних циклонов (в Охотское море), которые генерируются на полярном фронте. При этом под влияние циклонов, несущих огромные запасы влаги, попадает большая часть бассейна, что гарантирует повышенный поверхностный сток.

Важная особенность паводков в Приамурье – интенсивный подъём уровня воды (до 1 м/сут) в руслах рек. Этому способствует существенно горный характер бассейна, предопределивший высокую скорость поверхностного стока, а так же широкое развитие на левобережной части бассейна многолетнемёрзлых пород, во многом определяющих повышенные модули дождевого стока (до 3-4 л/с \square км² и более [6]).

Для эффективного выполнения своих функций в условиях всего диапазона изменений расходов воды (в т.ч. порождающих экстремально высокие паводки) водоток формирует определённый набор взаимосвязанных форм флювиального рельефа (руслы с островами, береговые откосы, пойменные массивы), образующих геоморфосистему «днище речной долины» (ДРД). ДРД – система саморегулируемая и саморегулирующая транспорт бассейнового вещества (сток воды и сток наносов). Обеспечивая сбор бассейнового вещества, ДРД одновременно выполняет функцию естественного регулятора объёма и мощности потока: при повышенных расходах воды русло не способно осуществлять её транзит, часть воды отбирает пойма. При этом происходит диссиляция энергии потока и срезка пика паводка в основном русле, что снижает его общую размывающую мощь, способствуя сохранности формы ложа потока. Этим достигается, с одной стороны, уменьшение энергетических затрат на переформирование русла, а с другой – обеспечивается транспорт любого возможного в таких условиях объёма бассейнового вещества (в т.ч. воды). Таким образом, формирование ДРД – естественный инструмент, посредством которого реки самостоятельно регулируют транспорт бассейнового вещества. Эта защитная функция ДРД, имеет важное геоэкологическое значение. Её необходимо не только учитывать при планировании природопользования, но и применять в практике использования водных ресурсов.

Однако в условиях современного хозяйствования эти функции ДРД практически всегда игнорируются. Зачастую пойменные массивы огораживают от основного русла высокими глухими насыпями (дамбами), а её сравнительно выровненную поверхность используют не только под сельскохозяйственное производство, но и для строительства жилых и промышленных объектов. Вывод из руслового режима значительных участков ДРД снижает пропускную способность реки, увеличивает частоту, продолжительность и высоту паводков, а значит - их разрушающую способность. Неучёт (игнорирование) этих функций ДРД при хозяйствовании зачастую и приводит к катастрофическим наводнениям. Ущербы от таких наводнений огромны. Например, прямые и косвенные потери в наводнение 2013г на территории ДФО составили 527 млрд. рублей [7]. Исходя из понимания роли паводков в деятельности рек и основных функций ДРД, становится очевидным, что в основе наводнений лежит человеческий фактор, точнее – нерациональное хозяйствование. Негативные последствия наводнения 2013г, анализ причин его формирования подтверждают это.

Летом 2013г. большая часть Приамурья попала под влияние частых интенсивных дождей в силу благоприятного сочетания синоптической и гидрологической обстановок. Количество выпавших осадков за 8 месяцев 2013г. на территории Амурской области практически повсеместно превысило годовую норму на 5-20% [8], что определило в главном повышенный сток рек. Наряду с этим высокому подъёму воды в реках способствовала предшествующая многоснежная зима и запоздалая весна. Таяние больших масс снега совпало по времени с не свойственными для весны – начала лета дождями, выпавшими на ещё не оттаявшую почву. В результате в конце мая и весь июнь уровень воды в руслах основных рек Приамурья держался относительно высоким: привычной в начале лета межени не наблюдалось. Но подобное сочетание синоптических и гидрологических условий отмечалось в прошлом и именно в годы

экстремальных паводков: 1872, 1928, 1958, 1972, 1984 г.г.; похожая ситуация была в 2007г. Следовательно, к таким условиям общество обязано быть готово. Однако огромные экономические потери 2013г. не подтверждают этого. Становится очевидным: истинную причину ущерба надо связывать с человеческим фактором. Каково участие человека в нём?

Наибольшие потери связаны с затоплением днищ речных долин на участках нижнего бьефа Зейской ГЭС (среднего и нижнего течений рек Зея и Амур), а также р. Сунгари и её левого притока р. Нэньцзян. Обращает на себя внимание тот факт, что для бассейна верхнего течения р. Амур, сток которого не зарегулирован, паводок оказался не таким мощным (а наводнение существенно менее разрушительным), как в долинах р. Зея и р. Амур (в среднем течении), сток которых призваны регулировать Зейская и Бурейская ГЭС. Означает ли, что действующие водохранилища не гарантируют защиту от наводнений? Вопрос не риторический, т.к. одна из главных задач приамурских ГЭС (обезопасить общество от наводнений - негативных последствий паводков) не решена.

Действительно, Зейская ГЭС контролирует 45% стока одноимённого бассейна [9], а её водохранилище *многолетнего регулирования* способно удерживать громадные массы воды ($87,38\text{ km}^3$), сопоставимые с годовым стоком (около 60 km^3) воды р. Зея (табл.). Полезный (регулируемый) объём водохранилища вмещает $32,12 \text{ km}^3$ (при НПУ), а с учётом резервного объёма (при ФПУ) $51,08 \text{ km}^3$ воды. При таких параметрах водохранилища, его регулирующие возможности огромны: способны срезать пики паводка в нижнем бьефе практически при любой экстремально высокой приточности воды. За лето 2013г. водохранилище приняло $22,6 \text{ km}^3$ [8] воды (что соответствует 70% регулируемого объёма НПУ), из которых в нижний бьеф сбросило $8,21\text{km}^3$ [8] воды. На первый взгляд, ГЭС выполнила свою роль аккумулятора воды и срезало паводок. Но избежать наводнения в нижнем бьефе не удалось. Почему? Причина - в реализованном режиме регулирования стока Зейской ГЭС и конструктивных особенностях плотины.

Таблица

Основные технические параметры Зейского водохранилища (с использованием данных [9])

Параметры	Абсолютная высота, (м)	Объём, (km^3) полный	полезный	участвующий в регул-нии	Доля полезного объёма, (%)
Форсированный подпорный уровень (ФПУ)	322,1	87,38	51,08	30,36	59,4
Критичный уровень для максимального водосброса	319,3	79,36	43,06	22,34	43,7
Критичный уровень начала сброса воды	317,5	74,56	38,26	17,54	34,3
Нормальный подпорный уровень (НПУ)	315,0	68,42	32,12	11,40	22,3
Уровень предполоводной сработки	310,0	57,02	20,72	-	
Уровень мёртвого объёма (УМО)	299,0	36,30			

Наполняться водохранилище стало с апреля и продолжалось до августа, *несмотря на предупреждения (2.07.13) специалистов гидрометеослужбы о формировании паводка*. Уже к началу паводка (на 5-6.07.13) уровень предполоводной сработки (310м) воды в водохранилище был превышен, достигнув отметки в 313,9 м. При этом полезный объём водохранилища оказался заполнен на 95,7 % (к НПУ). При уровне в 310 м, водохранилище обладает огромным резервом ($30,36\text{km}^3$) свободной ёмкости, способной удерживать сток с расходами обеспеченностью 0,01% ($27600 \text{ m}^3/\text{s}$ [10]). *Удерживая уровень предполоводной сработки (310 м), наводнения 2013г. в Амурской области удалось бы избежать*. Однако при высокой приточности в начале лета сбросы были сравнительно небольшими: в мае – в среднем $850 \text{ m}^3/\text{s}$, снижаясь до $400 \text{ m}^3/\text{s}$ (допускаются сбросы не ниже $640 \text{ m}^3/\text{s}$ [9]), в июне не более $1200 \text{ m}^3/\text{s}$ [8] (разрешается до $1300 \text{ m}^3/\text{s}$ [9]). Подсчитано [10]: максимально разрешаемые сбросы воды через турбины позволили бы к пику паводка уровень воды в водохранилище удержать на 1,5м ниже,

зарезервировав $2,5\text{км}^3$ водохранилища свободными. Однако уже к 19 июля уровень воды достиг НПУ. Вместо начала дополнительного сброса воды в нижний бьеф ГЭС перевели в режим форсирования уровня, а водохранилище стало превращаться из противопаводкового средства в реальный источник паводка. Только по достижению критического уровня 317,5 м (к 1.08.13) приступили к холостым сбросам воды, резко увеличив попуски с 1200 до 3500 $\text{м}^3/\text{с}$ (хотя внутрисуточные колебания расходов не должны превышать 300 $\text{м}^3/\text{с}$ [9]). Это привело к формированию высокой (до 5 м) паводковой волны, которая наложилась на повышенные уровни Зеи и Амура, что не могло не вызвать затопление днища долины в нижнем бьефе.

На Среднем Амуре значительную часть пойменных массивов на правобережье в конце 20в.-начале 21в. оградили высокими дамбами, что позволило вывести из затопления более четверти всей площади правобережной поймы (судя по суммарной протяжённости польдеров) и вовлечь её в интенсивное хозяйствование. При этом паводкорегулирующая роль поймы снизилась. В начале паводка 2013г. дамбы сдерживали проникновение паводковых вод на ограждённые массивы поймы. По мере подъёма уровня воды в русле они становились всё большим препятствием водотоку, стесняя его и увеличивая, тем самым, высоту гребня паводка и его размывающую силу. Это дополнительно увеличило площадь и высоту затопления левобережной поймы. На пике паводка многие дамбы правобережья не выдержали мощи потока. Прорывы дамб спровоцировали уничтожение многих населённых пунктов (со всей хозяйственной инфраструктурой) и гибель многих десятков людей.

Выводы. Формирование наводнения 2013г. обусловлено совокупным влиянием природных условий, негативные последствия которых во многом усилены деятельностью человека: неэффективными действиями по регулированию стока и нерациональным хозяйствованием в пределах ДРД. Следовательно, наводнение 2013г. в значительной мере имеет рукотворный характер.

Зашитить от наводнения нижний бьеф Зейской ГЭС не удалось в силу неэффективного использования её регулирующих возможностей. Неполная сработка уровня перед наступлением паводка и выработка энергии в условиях, значительно превышающих НПУ, существенно увеличивает риск хозяйствования. Это подтверждают результаты предметной оценки роли ГЭС в развитии событий 2013г и их регулирующего потенциала, выполненного на основе сравнения результатов математического моделирования паводка в условиях регулирования стока и в условиях естественного водного режима (без ГЭС) [11]. Без ГЭС длительность паводка в районе Благовещенска была бы в 2 раза дольше. Однако при сохранении полезного объёма водохранилища на 70% свободным к пику паводка (6.08.13), уровень воды в водохранилище так бы и не превысил форсированного уровня и ГЭС не пришлось бы осуществлять холостых сбросов.

Развитие прибрежной инфраструктуры в пределах днища долины р. Амур усугубило негативные последствия паводка. Широкомасштабное мероприятия на правобережье по выводу из сферы деятельности водотока пойменных массивов увеличили высоту паводка и его размывающую способность.

Роль Зейской ГЭС в регулировании стока и его последствиях неоднозначна в силу решаемых ею задач. Существующая практика регулирования стока нацелена, прежде всего, на максимальную выработку электроэнергии, что не способствует главному – не в полной мере защищает ДРД нижнего бьефа от затопления при экстремальной приточности воды в верхнем бьефе; более того, она угрожает безопасности самой ГЭС. Для недопущения в будущем подобных условий, представляется необходимым пересмотреть приоритеты в работе ГЭС в пользу выполнения ею защитных функций, что, в свою очередь, предполагает привести «Основные правила использования водных ресурсов Зейского водохранилища на р. Зее» в соответствие с необходимыми условиями безопасной работы ГЭС: выработку электроэнергии осуществлять в условиях НПУ, как предусмотрено СНИП [12], а не в режиме форсированного уровня, существенно превышающие НПУ.

Литература

1. Осипов В.И. Природные катастрофы на рубеже ХХI века // Вестник РАН. 2001. Т.71. №4. С. 291-302.
2. Нежиховский Р.А. Наводнения на реках и озёрах. Л.: Гидрометеоиздат, 1988. 184с.
3. Чеботарёв А.И. Гидрологический словарь. Л.: Гидрометеоиздат, 1978. 308с.
4. ГОСТ 19179-73. Гидрология суши. Термины и определения. М.: Гос. ком. стандартов Сов.Мин. СССР, 1973. 34с.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Вып. 1, Верхний и Средний Амур. Т.18. Л.: Гидрометеоиздат, 1966. 783с.
6. Байкало-Амурская железнодорожная магистраль // Гидрологическая карта масштаба 1:25000000. М.: ГУГК, фабрика № 3, 1980.
7. URL: <http://news-climate.ru/v>
8. Наводнение 2013. Талакан: пресс-центр филиала ОАО «РусГидро» - «Бурейская ГЭС», 2014. 144 с.
9. Основные правила использования водных ресурсов Зейского водохранилища на р.Зее. М.: Мин. Водн. Хозяйства и мелиорации РСФСР, 1984. 13с.
10. Кривошей В.А., Вильяев В.М. О регулировании режимов работы Зейской ГЭС в предпаводковый и паводковый периоды 2013 года (URL: <http://www.ecolife.ru/zhurnal/articles/19617/>).
11. Тематическое сообщество по проблемам больших плотин. Хронология Амурского потопа (URL: <http://www.solex-un.ru/dams/news/chronologiya-amurskogo-potopa>).
12. СНиП 33-01-2003 Гидroteхнические сооружения. Основные положения. М.: Гос. ком. РФ по строит. и жил.-комм. Комплексу, 2004. 27с.

МОРФОСТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛЕСНЕВЫХ ГРИБОВ, РАСТУЩИХ В ПРИСУТСТВИИ ХВОСТОВ ШЛИХООБОГАТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

В.М. Катола

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

При добыче полезных ископаемых и технологических процессах в атмосферу и гидросферу в избытке поступают тяжелые металлы и их соединения, представляющие опасность для живых организмов. Обладая большим средством к физиологически важным органическим соединениям, эта группа веществ нарушают процессы метаболизма, рост и развитие. Токсичные эффекты тяжелых металлов объясняются взаимодействием с нуклеотидами, нуклеиновыми кислотами, полипептидами, аминокислотами, витаминами и другими лигандами, образующими хелатные соединения [1-4]. Прочные комплексы с группой –SH, –NH², –COO- белков формируют легкополяризуемые катионы Cu²⁺, Co²⁺, Fe²⁺, неустойчивые – Mn²⁺, Ca²⁺, Mg²⁺. Благодаря тому, что бактерии и грибы вырабатывают специальные хелатобразующие вещества, металлы, а также мышьяк и сурьма в высоких концентрациях могут изменять их морфологию, клеточный метаболизм, индуцировать бактериостаз и гибель клеток. Нередким явлением является металлорезистентность микроорганизмов. У бактерий ее связывают с трансмиссивными плазмидами, которые несут гены множественной устойчивости (R-фактор), определяющие толерантность к девяти и более солям тяжелых металлов. Гены устойчивости могут находиться в транспозонах, способных перемещаться в различные участки хромосомы или на плазмиды. Уменьшение проницаемости клеточной стенки (КС), связывание катионов внутри или вне клетки в форме нетоксичных соединений также могут быть причиной резистентности. Механизмы взаимодействия бактерий и грибов, выращенных в опытах *in vitro* на средах с металлами, подробно проанализированы в работах [2, 3, 4, 6, 8]. Ф.Т. Бингам с соавт. [1] считают, что металлы поступают через клеточные мембранны в зависимости от перехода градиента концентрации: вначале они аккумулируются на КС, затем переносятся через нее и уже внутри клетки извлекаются специфическими биомолекулами. Например, медь связывается с поверхностью клеток, ртуть проникает внутрь клетки, где соединяется с SH-группами, инактивирует жизненно необходимые ферменты и откладывается в металлической форме и т.д. На электронномикроскопическом уровне нами показано, что частицы железа и серебра скапливаются только на поверхности КС грибов рода *Penicillium*, никель повреждает поверхностный слой (ПС) КС, проникает внутрь клетки и металлизируется, кобальт повреждает ПС и выпадает на КС единичными частицами, свинец разрушает клетки и откладывается в виде металлических глыбок. По сведению Х. Райс и Н.С. Гуляевой [5] тяжелые металлы разрушают не только поверхностные клеточные мембранны и митохондрии, но и инактивируют ключевые ферменты, структурные белки, приводят к нарушениям в транспорте электронов. Однако многие аспекты биологического действия ионометаллов не исследованы, в частности, слабо представлены ответные общеклеточные реакции грибов на многокомпонентный минеральный субстрат.

Для решения этого вопроса плесневый гриб *Penicillium canescens* культивировали в периодическом режиме на жидкой среде Чапека (источник углерода – глюкоза, азота – NaNO₃, исходная pH 7,0) в присутствии образцов, отобранных из хвостов шлихообогатительной установки (ШОУ) Софийского прииска (Хабаровский край). На момент исследований эти техногенные геохимические аномалии были богаты (г/т) золотом (18± 3,51), ртутью (160,0± 36,7), кобальтом (56± 6,00), хромом (3000,0± 1204, 1), никелем (240± 74,83), медью (326± 49,08), свинцом (340± 92,73), цинком (108± 18,00) и другими элементами. То есть, количество каждого элемента в десятки раз опережало его естественный перенос в геохимическом цикле, поэтому они считаются загрязнителями и способными уже изменять морфологию, химический состав, функции и метаболизм всех живых организмов, включая микромицеты. По мере роста *P. canescens* в инкубационной среде возрастает концентрация лимонной, малоновой, тартаровой и

кетаглютаровой кислот, которые продуцируются им, и pH среды понижается с исходной 7,0 до 5,0, а в идиофазе – до 3,0- 1,0. Кроме органических кислот в культуральную среду поступают другие продукты жизнедеятельности. В результате взаимодействия ионов металлов с ионами питательной среды (H^+ , OH^- , HCO_3^- и др.) и прочими биосубстратами по хелатному циклу формируются координационные соединения металлов с одним или более биолигандов. Эти новые соединения устойчивы, поддерживают пространственную конформацию биополимеров и в свою очередь образуют транспортные биокомплексы, необходимые для роста, развития и накопления биомассы *P. canescens*. В конечном итоге питательная среда превращается в сложный гипертонический токсичный раствор с постоянно нарастающим дефицитом питательных веществ, накоплением продуктов обмена и вновь образованных солей. У выросшего в таких условиях вегетативного тела *P. canescens* под электронным микроскопом легко дифференцируются неоднородные трубчатые мицелиальные нити (гифы), разделенные перегородками (септами) на отдельные компартменты, которые соответствуют клеткам. Гифы представляют собою систему для поглощении питательных веществ и воды. Если принять за норму их диаметр 2- 3 мкм, то среди них можно выделить три морфогенетических типа: а) тонкие нити молодых клеток (примерно 17% биомассы) толщиной меньше 2 мкм; б) гифы, состоящие из зрелых клеток диаметром 2- 3 мкм (примерно 50%); в) крупные гифы из стареющих клеток диаметром выше 3 мкм. Их около 33% (рис. 1). Необходимо отметить, что на 5- 6 сутки роста культуры появляются дегенерированные и разрушенные гифы, хотя четких объяснений, почему они появляются на ранних стадиях роста, пока нет. В изменяющейся среде *P. canescens* экстрагирует из образцов ШОУ тяжелые металлы, которые распределяются в биомассе и культуральном растворе. Биомассой захватываются и депонируются (мкг/г сух. б.) Au (28,18), Co (34,3), Cr (149,7), Cu (391,8), Ni (111,2), Zn (120,6), Pb (141,35) и другие ионометаллы, в культуральном растворе накапливаются лишь Au (0,7), Co (250,0), Cr (317,0), Cu (307,0), Ni (140,0), Zn (145) и Pb (610,0).

Предположительно, в условиях дефицита питательных веществ и повышенного содержания токсикантов у *P. canescens* возникает стресс. Он проявляется первичным повреждением клеток, функциональным нарушением одной или нескольких их структур, дегенерацией, истощением и деструкцией гиф. Хотя грибы относятся к эвкариотным организмам, стрессоры у животных клеток вызывают более сложные эффекты: угнетают интенсивность окислительного фосфорилирования, прекращают синтез АТФ, активизируют протеолиз, повышают потребления кислорода, резко усиливают гликолитические процессы и др. Чтобы выжить в полиметальной среде, *P. canescens* трансформирует ионы металлов и в виде различных по величине и форме электронноплотных минеральноорганических частиц осаждает в промежутках между гифами, на поверхности КС и конидиях (рис. 1, 2, 6). Проникающие же внутрь клетки металлы контрастируют («прокрашивают») все цитоплазматические структуры, тем самым нарушая их функционирование. Одновременно при просмотре в просвечивающем электронном микроскопе (ПЭМ) TESLA BS 500 ультратонких срезов биомассы *P. canescens* удается проследить подробный механизм гибели клеток- мишений. По морфофункциональным признакам выявлено несколько вариантов таких клеток. Как уже отмечалось выше, у одних клеток металлы задерживаются на поверхности жесткой КС, где преобразуются в электронноплотный адсорбат, но на ультрасрезах уже просматривается начинающийся плазмолиз (рис. 2). У других клеток на ионометаллы сразу же реагирует поверхностный слой КС. Будучи аморфной рыхлой мембраной, он сплошным чехлом окружает гифу, контрастируется ионами, расслаивается молекулярными слоями и отторгается (рис.3). Интенсивно «красятся» остальные слои КС, особенно внутренний, представляющий собою матрикс с погруженными и определенным образом ориентированными микрофибрillами из хитина. Контрастируются и утолщаются межклеточные септы (рис. 4). Менее контрастна цитоплазма, включающая в себя воду и молекулы белков, глюкозы, электролиты и остальные вещества, а также основные структурные компоненты (органеллы). Скорее всего, это зависит от особенностей клетки. Наконец, вследствие изменения электролитного состава, дезорганизации

ферментных и прочих систем цитоплазма теряет тургор, а с его утратой ускоренно развивается плазмолиз с полным ее отделением от КС (рис. 5, 6).

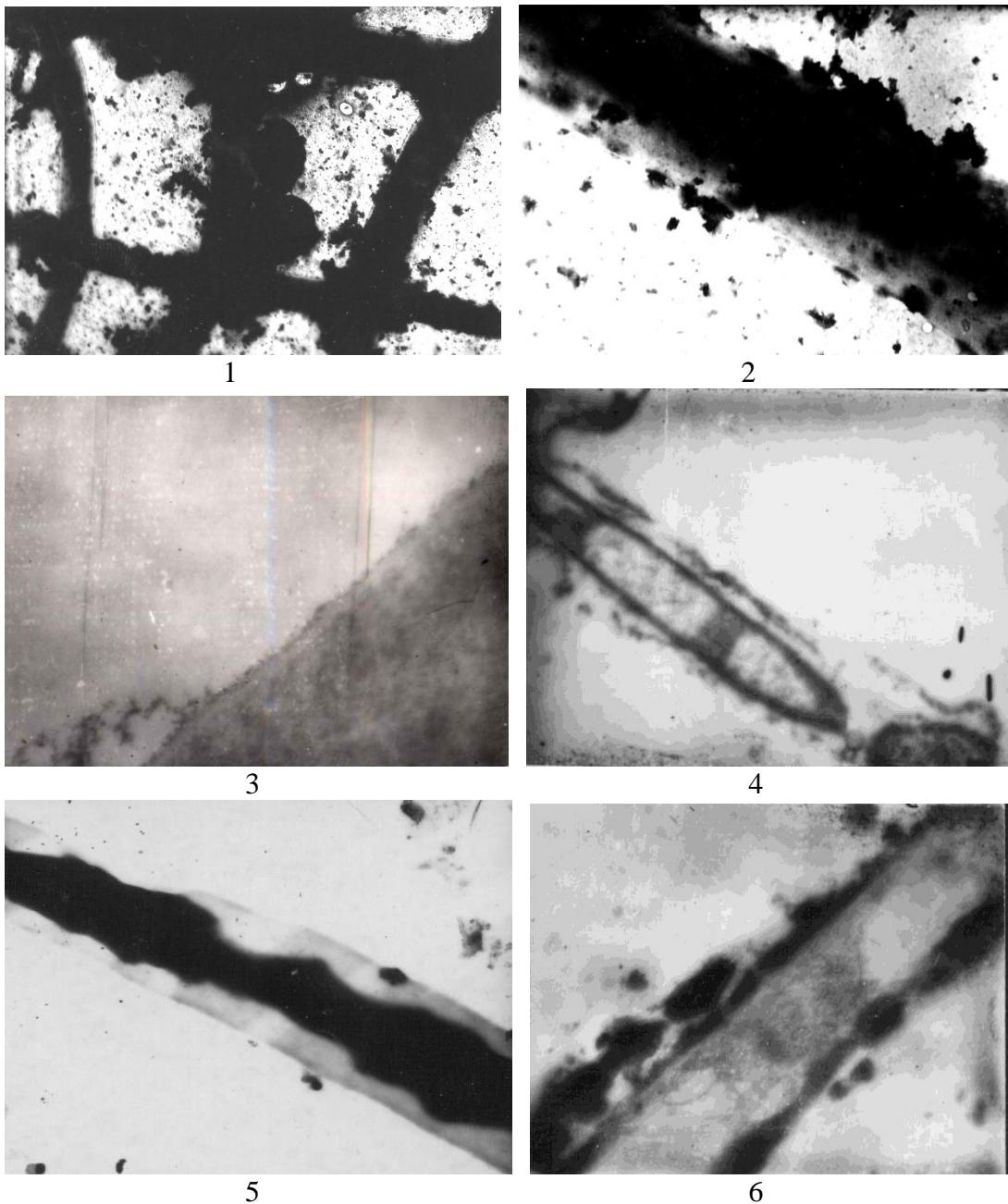


Рис. 1-6. Просвечивающая электронная микроскопия биомассы *P. canescens*: 1 – плотные частицы в промежутках между гифами, на их поверхности и «окраска» ионометаллами гиф и конидий (х 3000); 2. – плотные частицы на поверхности гифы (16000); 3 – отслойка поверхностного слоя (ПС) клеточной стенки (КС), окрашенных металлами (х 22000); 4 – прокрашивание ПС, остальных слоев КС, межклеточных септ, слабо – цитоплазмы (х 9000); 5 – плазмолиз (х 9000); 6 – плотные частицы на поверхности фрагмента гифы *P. canescens* (ультратрасрез, х 16000).

Таким образом, при росте *P. canescens* в присутствии многокомпонентных хвостов ШОУ из них экстрагируются и переводятся в раствор рудные элементы. Металлы, новообразованные соли и комплексы в виде органоминеральных частиц аккумулируются на поверхности гифальных клеток, одновременно проникают внутрь клеток, где контрастируют все структуры цитоплазмы. Последствия воздействия этих факторов могут быть самыми различными, в том числе развитие окислительного стресса, индуцирующего увеличение содержания кислородных радикалов внутри клетки, и запускающие процессы дифференцировки [1]. Во всяком случае,

доля клеток- мишеней, пропитанных тяжелыми металлами, в некоторой мере уменьшает эффективность концентрации токсикантов и сохраняет трофические субстраты. Как мыслится, прекращая нормальное функционирование и отмирая, именно эта дифференцированная часть выполняет роль защитника и хранителя внутреннего порядка остальной живой популяции, которая остается основой мицелия *P. canescens*. Тем самым поддерживается постоянство ее численности, гомеостаз, видовая сохранность и продолжительная жизнестойкость. Не исключено, что визуализированные обще клеточные реакции *P. canescens* на тяжелые металлы и их соединения являются генетически запрограммированной гибелью – апоптозом. Он наблюдается у всех эукариотов, начиная от дрожжей, трипаносом и некоторых других вплоть до высших организмов [7]. Одной из основных функций программируемой смерти является уничтожение «отработанных» и дефектных клеток при повреждениях, инфицировании или мутациях. У дрожжей ее могут вызывать вещества, которые они сами же и продуцируют. Уксусная кислота вызывает у *Saccharomyces cerevisiae* конденсацию хроматина вдоль ядерной оболочки, перераспределение фосфатидилсерина, обрыв нитей ДНК и т.д. Сходным образом она действует на клетки *Candida albicans* и *Zygosaccharomyces bailii*. Предполагается, что механизмы апоптоза возникли ещё у прокариот для защиты от вирусов, гибели при остановке любых физиологических процессов, прекращения роста с исчерпанием питательного субстрата, выживания в стрессовой обстановке. Например, материнская клетка *Bacillus subtilis* активно лизируется при высвобождении споры, голодающая популяция *E. coli* разделяется на две субпопуляции, одна из которых погибает.

Литература

1. Белозерская Т.А., Гесслер Н.Н. Окислительный стресс и дифференцировка у грибов // В кн.: Успехи медицинской микологии. Т. 1. Под ред. Сергеева Ю.В. М.: Национальная академия микологии, 2007. С. 30-54.
2. Бингам Ф.Т., Коста М., Эйхенбергер Э. и др. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. М.: Мир, 1993. 368 с.
3. Давыдова С.Л. О токсичности ионов тяжелых металлов. М.: Знание, 1991. 32 с.
4. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Тяжелые металлы как супертокситанты XXI века. М.: Изд- во РУДН, 2002, 140 с.
5. Райс Р.Х, Гуляева Л.Ф. Биологические эффекты токсических соединений: курс лекций // Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2003. 208 с.
6. Сенцова О.Ю., Максимов В.Н. Действие тяжелых металлов на микроорганизмы // Успехи микробиологии. 1985. Т.20. С. 227 – 252.
7. Ярилин А.А. Апоптоз: природа феномена и его роль в норме и при патологии // Актуальные проблемы патофизиологии. Под ред. Б.Б.Мороза. М.: Медицина. 2001. С. 13 – 56.
8. Gadd G.M. Metal tolerance // Microbiology of extreme environments / Ed. by C.Edwards.-Philadelphia: Open University Press. 1990. P. 178 – 210.

ВЛИЯНИЕ ИОНОМЕТАЛЛОВ НА МЕМБРАННЫЙ АППАРАТ *PENICILLIUM CANESCENS*

В.М. Катола

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

Среди многочисленных загрязнителей наиболее токсичными, после пестицидов, считаются тяжелые металлы [1- 6]. Их влияние обычно носит системный характер и характеризуется кумулятивными свойствами и биохимической активностью. Каждый элемент имеет присущий ему диапазон безопасной экспозиции, который поддерживает оптимальные тканевые концентрации и функции, и у каждого элемента имеется свой токсический диапазон, вызванный связыванием с соответствующими функциональными группами белков и других жизненно важных соединений. Основной мишенью тяжелых металлов являются биологические мембранны, в частности, плазмалемма (наружная мембрана), обеспечивающая избирательное проникновение в клетку и из нее молекул и ионов, эндоплазматический ретикулум (сеть), связанный с метаболизмом клетки, митохондрии, обуславливающие ее биоэнергетику и лизосомальный аппарат, связанный с ее катаболизмом. Мембранны представляют собою структурно-метаболические комплексы, которые ограничивают клетки, внутриклеточные органоиды и состоят из нескольких молекулярных слоев (суммарной толщиной не более 10 нм), содержат белки, липиды, углеводы, различные макромолекулы и др. Их структура хорошо изучена с помощью электронной и лазерной микроскопии, методами рентгеноструктурного анализа, ядерного магнитного резонанса и др. Проникновение веществ через мембранны зависит от их липотропности. Чем липотропнее соединение металла, тем легче оно преодолевает плазмалемму и внутриклеточные мембранны. Степень повреждения самой клетки и ее систем зависит от того, в каком количестве накапливается металл в тех или иных структурах. Последствия взаимодействия металлов с белками и нуклеиновыми кислотами многообразны. Прежде всего, это: 1) ошибки в спаривании оснований нуклеотидов и ошибки в белковых синтезах; 2) связывание и деполимеризация биологически важных макромолекул, необходимых для нормальной жизнедеятельности организма; 3) вытеснение токсичным металлом элементов, необходимых организму (ионы лития способны вытеснять ионы натрия, ионы бария и стронция могут замещать кальций и т.д.). Воздействуем на клеточное ядро ионы металлов могут ингибировать синтез ДНК и РНК, а будучи тератогенами, канцерогенами и мутагенами – вызывать хромосомные аберрации.

Цель настоящей работы – визуализировать процесс взаимодействия тяжелых металлов с мембранными плесневого гриба *Penicillium canescens*, особенно с эндоплазматической сетью и ядром, строение которых отличается по составу липидов и мембранных белков. Тем более, что характер этого взаимодействия и изменения биологических мембранных у плесеней на уровне электронной микроскопии в доступной литературе недостаточно представлено. В период культивирования *P. canescens* на жидкой среде Чапека в присутствии образцов из хвостов шлихобогатительной установки (ШОУ) Софийского прииска (Хабаровский край), богатых различными металлами, из биомассы готовили ультратонкие срезы толщиною 600-900 A° и просматривали в просвечивающем электронном микроскопе (ПЭМ) TESLA BS 500. Заодно отметим, что мы не окрашивали ультратонкие срезы, поскольку во время роста *P. canescens* его структуры уже прижизненно контрастируются ионометаллами среды и хорошо видимы. Известно, что каждая гифа плесневых грибов окружена жесткой стенкой толщиною 0,2 мкм. Она состоит из хитина и глюканов, но основным ее компонентом является все же хитин – азотсодержащий полисахарид. Истинного клеточного строения гифы не имеют, а протоплазма либо совсем не разделяется, или разделяется поперечными перегородками, называемыми септами. Септы делят содержимое гиф на отдельные отсеки (компартменты), внешне похожие на клетки. В центре септы, как правило, остается небольшое отверстие (пора), через которое

протоплазма может перетекать из одного компартмента в другой. В отличие от истинных клеточных стенок (КС) образование септ не связано с делением ядер.

Как видно из представленного рис. 1–4, на клеточной стенке задерживается и накапливается электроннодenseный адсорбат, сформированный комплексом органических и минеральных веществ, в том числе металлов. В нем можно выделить частицы минимальных и максимальных размеров. Преимущественно адсорбат сорбируется аккумулируется на весьма пластичном поверхностном слое КС и удаляется вместе с его обрывками. По мере продвижения металлов внутрь клетки ее структуры контрастируются крайне неравномерно. В меньшей степени металлы захватываются расширенными извитыми и переплетающимися хитиновыми микрофибрillами (каркасом) стенки (рис. 3), тогда как достигшие плазмалеммы ионы вновь трансформируются в крупные отложения. Но это визуализируется не всегда, поскольку плазмолемма чаще сливаются со слабо прокрашенной цитоплазмой.

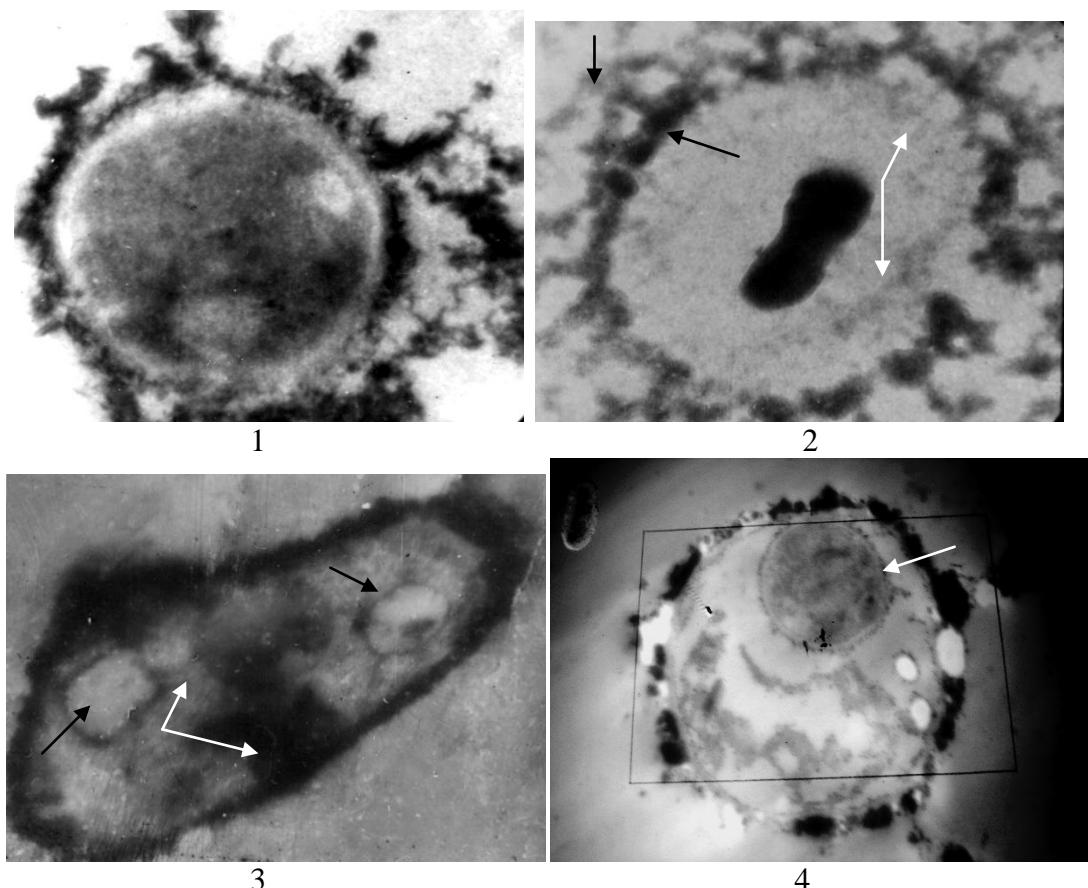


Рис. 1-4. Просвечающая электронная микроскопия: 1 – на поверхности клеточной стенки (КС) нагромождения адсорбата. Плазмалемма плотно примыкает к светлому слою КС, цитоплазма неравномерно прокрашена ионометаллами ($\times 30000$); 2 – хорошо выражены каркас КС (короткая стрелка), плазмалемма (длинная стрелка), эндоплазматический ретикулум (отмечен белыми стрелками), в центре – инкрустированное деформированное ядро ($\times 30000$); 3 – КС покрыта сплошным адсорбатом. Белыми стрелками отмечены два ядра, черной стрелкой – митохондрии ($\times 16000$); 4 – четко видно ядро и его оболочка (отмечены стрелкой). Содержимое ядра контрастируется неравномерно ($\times 16000$).

Цитоплазма – это коллоидный раствор, в котором перемещаются коллоидные частицы и другие компоненты. Она объединяет клеточные составляющие в единую систему, выполняет функцию клеточного скелета, является средой для физиологических и биохимических процессов и обеспечивает передвижение всех мембранных органоидов. Расположенный в ней эндоплазматический ретикулум (рис. 2) является разветвлённой системой из уплощённых полостей, пузырьков и канальцев, окружённых мембраной. Последняя морфологически идентична оболочке клеточного ядра и составляет с ней одно целое. Канальцы, диаметр

которых колеблется в пределах 0,1–0,3 мкм, заполнены гомогенным содержимым, тем самым осуществляют коммуникации между внешней средой и ядром клетки.

Ядро отделяется от других органоидов клетки пористой мембраной из двух липидных бислоёв и состоит из хроматина, ядерного сока и ядрышка. Оно может двигаться по клетке с движением цитоплазмы, но для него характерно и самостоятельное движение амебоидного типа. Форма и структура ядра изменяются в зависимости от функционального состояния клетки и четко реагирует на изменение внешних условий. На рис. 2 – 4 продемонстрирована реакция ядерной мембранны на поступление ионометаллов: сплошная ее инкрустация, уплотнение, формирование на поверхностном слое мельчайшего адсорбата. При большом увеличении микрофотографии между частицами просматриваются поры и локальное расширение перинуклеарного пространства. Проникновение металлов внутрь ядра, неоднородная «окраска» хроматина (комплекса ДНК, РНК и белков) и сорбция его в крупные агрегаты не исключают также возможное повреждение ядерной мембранны. Вследствие этих изменений могут возникать деформация ядра, хромосомные аберрации, патология хранения генетической информации в ДНК, передачи ее при делении клеток, генетического контроля клеточных процессов и т.д.

На ультрасрезах биомассы *P. canescens* митохондрии выглядят расширенными, их мембрана (также бислойная), содержащая большое количество белка порина, образующего в ней поры, уплотнена, иногда деформирована, плотность матрикса местами снижена.

Таким образом, проведенными исследованиями установлены закономерности повреждения у клеток плесневого гриба *P. canescens* мембранныго аппарата и структуры ядра при прямом воздействии высоких концентраций тяжелых металлов. Можно ожидать изменений и на субклеточном и молекулярном уровнях. Но при этом необходимо учитывать индивидуальные реакции клеток на токсиканты, количественно- качественный состав и химические свойства самих металлов и сорбционные особенности клеточных структур. Например, ионы Hg, Ag, Cd, U в основном сорбируются и аккумулируются на клеточной поверхности, ионы Cu, Zn, Ni, Co, Hg, Ag частично транспортируются внутрь клетки, а Cu, Zn, Ni, Co, Pb, Cr и Sr задерживаются плазмолеммой. Поэтому в одних случаях функционирование клетки, нарушенное металлами, может восстанавливаться, в других – заканчиваться нарушением энергетических, транспортных и синтетических процессов (угнетение синтеза компонентов плазмолеммы, нуклеиновых кислот, белка, ферментов), взаимодействия клеточных структур друг с другом, структуры и функции митохондрий (набухание, изменения крист и плотности матрикса) с падением их функций. Все это приводит к прекращению роста и развития грибов.

Литература

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в агроландшафте. – Санкт-Петербург, 2008. 216 с.
2. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века. – М.: Изд-во РУДН, 2002. 140 с.
3. Левина Э.Н. Общая токсикология металлов. – Л.: Медицина. 1972. 184 с.
4. Худолей В.В., Мизгирев И.В. Экологически опасные факторы. – СПб.: АОЗТ УПФФ, 1996. 186 с.
5. Иванова Л.А., Трахтенберг И.М. Тяжелые металлы и клеточные мембранны (Обзор литературы) // Медицина труда и промышленная экология. 1999. № 11. С.28–32
6. Зинина О.Т. Влияние некоторых тяжелых металлов и микроэлементов на биохимические процессы в организме человека // Избранные вопросы судебно-медицинской экспертизы» за 2001 год. Хабаровск, 2001. №4. С. 99–105.

ПОРАЖЕНИЕ ПЛЕСНЕВЫХ ГРИБОВ МИКОПЛАЗМОПОДОБНЫМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ

В.М. Катола

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

Благодаря введению в микробиологическую практику метода ДНК-ДНК гибридизации в начале 70-х годов XX века в самостоятельный класс Mollicutes отнесены уникальные плеоморфные сапрофитные и патогенные микроорганизмы – микоплазмы. Существует несколько точек зрения на их происхождение: а) они отделились от единого предка; б) от клостридиальной ветви общей с грамположительными бактериями; в) возникли в процессе L-трансформации [8]. Миоплазмы выделены из почвы, сточных вод, каменного угля, горячих источников, организмов человека, животных и растений и представляют собою одноклеточные сферические организмы диаметром от 0,1-0,25 мкм (мини-клетки или элементарные тельца) до 0,3-1,40 мкм либо нитевидные структуры длиною 100-150 мкм. [2, 3, 4, 7]. Спор не образуют, содержат плазмиды и различной формы вирусы. Эти свободноживущие прокариоты полностью лишены ригидной клеточной стенки и не способны ее синтезировать – за нее функции выполняет полифункциональная трехслойная цитоплазматическая мембрана толщиной 10 нм [11]. Подобно биологическим мембранам других организмов, она построены главным образом из белков (40-60% от массы мембранны) и липидов. Два белковых слоя (внешний и внутренний) погружены во внутренний липидный слой, на который приходится 40 %. Из них 60% занимают нейтральные липиды, содержащие основной компонент – холестерин, который определяет текучесть и проницаемость мембраны. В небольшом количестве (25-35%) в мембране имеются гликопротеиды, полисахариды и липополисахариды. Масса генома микоплазм небольшая, соотношение Г+Ц пар в ДНК у большинства видов около 25 - 30%. Исключением является *Mycoplasma pneumoniae*, у которой Г+Ц пары составляют 39 - 40%. Уникальность микоплазменных генных систем состоит в том, что они устанавливают постоянную вариабельность поверхностных антигенов, а от них зависит скорость фенотипической изменчивости и пластичности. Рибосомы 70S- типа. Микоплазмы проходят через поры с диаметром 0,22 мкм, чувствительные к тетрациклином, хлорамфениколу, препаратам золота, ультразвуку, ультрафиолетовым лучам, дезинфектантам, но толерантны к низким температурам, пенициллину и др. В культуре одного их вида одновременно обнаружаются крупные шаровидные тела, мелкие зерна, клетки эллипсовидной, дискообразной, палочковидной и нитевидной формы, способные ветвлению. Размножаются микоплазмы бинарным делением, фрагментацией крупных тел и нитей либо почкованием. Паразитируют на мемbrane клеток эукариот, однако *M. penetrans* и ряд штаммов *M. fermentans* могут проникать внутрь клетки. Продукты жизнедеятельности микоплазм (перекиси, нуклеазы, гемолизины и прочие факторы патогенности) способны быть как иммуностимуляторами, так и иммуносупрессорами и оказывать разрушающее воздействие на клетку хозяина. Человек является носителем 14 видов микоплазм, обитающих на слизистых оболочках глаз, респираторной, пищеварительной и мочеполовой систем. *M. pneumoniae* инициирует ринит, фарингит, бронхит и пневмонию. Нередко возникают смешанные вирус – микоплазменные и бактерио – микоплазменные инфекции. Простота организации и размер генома микоплазм предъявляют высокие требования к условиям выращивания. Для их обнаружения применяют культуральный (высевы на специальные селективные бульонные среды), серологический (полимеразная цепная реакция, гибридизация рРНК), иммунофлюоросцентный и другие методы, в том числе электронную микроскопию [5].

Несмотря на множество оригинальных работ, посвященных представителям класса Mollicutes, не все переносчики микоплазм (за исключением насекомых) известны. Практически нет сведений об инфицировании ими микроскопических грибов, следовательно, и их возможном переносе конидиями (спорами). Учитывая все выше изложенное, цель настоящей

работы – обнаружить микоплазмы в гифах и конидиях микромицетов с помощью электронной микроскопии, без которой в настоящее время невозможно изучать биологический материал.

Материал и методы

Для решения поставленной задачи готовили препараты-отпечатки из производственной, угольной и комнатной пыли, с поверхности скальных пород и выросших на плотной питательной среде Чапека колоний *Penicillium canescens*. Одновременно гриб культивировали на жидкой среде Чапека в присутствии образцов, взятых из полиметальных хвостов шлихобогатительной установки (ШОУ) Софийского прииска (Хабаровский край). Препараты-отпечатки напыляли углеродом в вакуумной установке ВУП- 4 и просматривали как в просвечивающем электронном микроскопе (ПЭМ) TESLA BS 500, так и сканирующим электронным микроскопе (СЭМ) JEOL jsm-35 C (Япония), поскольку в отдельности они дают качественно различную информацию об исследуемом объекте. Ультратонкие срезы мицелия *P. canescens* готовили толщиной 600-900 Å° с помощью ультрамикротома марки «LKB- NOWA». Причем, их дополнительно не окрашивали, исходя из того, что в процессе роста плесени ее структурные компоненты хорошо контрастируются ионометаллами. Кроме того, для обнаружения и идентификации микоплазм, инкубационную жидкость освобождали от грибного мицелия, центрифугировали при 3000 об./мин. и высевали на питательную среду Г.Я. Кагана (рН 7,0).

Результаты и обсуждение

Сразу же отметим, что по внешнему виду и размерам колоний *P. canescens* констатировать их инфицирование микоплазмами невозможно. Метод отпечатков оказался наиболее удобным способом выявления микоплазм, в первую очередь, изучения конидий, представляющих толстостенные клетки, которые защищают вид от действия многочисленных стрессоров. В ПЭМ конидии микромицетов, будучи непрозрачными для электронов, выглядят плотными тенями диаметром от 2- 3 до 4- 5 мкм с неровными контурами, округлой, овальной, грушевидной или другой формы (рис. 1). Считается, что в процессе старения они разрушаются. Это так, но необходимо учитывать, что конидии созревают не одновременно и стареют в различные сроки. Проведенный нами анализ препаратов-отпечатков, полученных с поверхности 5-суточных колоний *P. canescens*, показал, что уже среди цепочек ювенильных конидий одной генерации находятся экземпляры с очагами деструкции в оболочке. У таких конидий мы еще в 1997 году [3] обнаружили единичные или небольшие группы гомогенных электронноплотных сферических микроструктур (анонимов) с ровными контурами и диаметром 0,20- 0,25 мкм, которые довольно четко просматривались на фоне деструкции. Подобные образования размером 0,18-0,31 мкм были зарегистрированы на ультратонком срезе гифы *P. canescens*, выросшей в присутствии отходов золотодобычи (рис. 2). В ней они располагались под клеточной стенкой на цитоплазматической мемbrane, а некоторые даже выходили за пределы гифы. Несмотря на визуализацию этих анонимов, посевы центрифугата из инкубационного раствора на среду Г.Я. Кагана не привели к положительным результатам, что могло быть обусловлено: 1 – их внутриклеточным расположением; 2 – некультивируемостью вследствие низкой множественности (дозы) инфекции; 3 – потерей жизнеспособности сразу же после выхода из гифов в среду, насыщенную токсичными элементами.

При просмотре в СЭМ препаратов- отпечатков, взятых из различных природных объектов, внутри конидий на поверхности конидий неидентифицированных микромицетов также постоянно обнаруживались сферулы диаметром 0,20- 1,5 мкм, иногда больше (рис. 3). Согласно материалам исследований, образований другой формы, кроме сферической, ни внутри гифы, ни на поверхности конидий нами не выявлено. Очевидно, сферическая форма является ведущей и в процессе роста эти тела меняют лишь свои размеры. Одновременно обнаружена еще одна важная особенность: все сферические анонимы появлялись на поверхности конидии через деструкции в оболочке. Эти отверстия отличались между собою разными размерами и краями, причем, их размер соответствовал диаметру выходящего наружу сферического тела. Из одного крупного отверстия первыми выходили крупные тела, следом за ними – мелкие, через маленькое отверстие – только мелкие образования. В результате наблюдений мы пришли к

выводу, что по количеству и размеру очагов деструкции можно судить о величине и возрасте анонимов. Поэтому возникающая морфологическая неполноценность конидий, а именно, их разрушение уже не может объясняться одним лишь старением – на первый план выступает совершенно иная причина, обладающая собственной деструктивной активностью. В связи с этим возникает вопрос: кем же она является? Динамика укрупнения сферических структур, незначительная их численность внутри клеток гифы или на поверхности конидии позволяют исключить вирусную инфекцию микромицетов. Известно, что вирусы поражают все типы организмов, от растений и животных до бактерий и архей [1, 6, 10]. Они обнаружены почти в каждой экосистеме Земли, в том числе экстремальных кислых и соленых средах, в горячих источниках Йеллоустонского парка и являются самой многочисленной биологической формой [9], которая поражает 73 видов грибов, относящиеся к 57 родам и 5 классам. Вирусы грибов снижают или повышают вирулентность у патогенных видов и содержат двухцепочечную молекулу РНК, передающуюся через анастомозы между гифами. Для человека большинство этих вирусов относительно авибулентны. Микромицеты *Penicillium*, *Aspergillus* и другие переносят сферические вирусы, размеры которых варьируют от 0,025 до 0,054 мкм, но не более 0,060 мкм. Колонии грибов, инфицированные вирусами, медленно растут, отличаются зеленоватой окраской, секторным некрозом, не образуют воздушного мицелия, у них подавлено спороношение и пр. Численность вирусных частиц в грибной клетке может доходить до 10^5 , однако поражаются не все гифы. Оптимальная температура развития вирусов +22-26°C, при температурах +28-32° С они уже не обнаруживаются. Вирусы отсутствуют также при выращивании грибов в глубине питательной среды или на обедненной среде.

В то же время форма, величина и структура анонимных образований соответствует морфологии элементарных телец и более зрелых клеток микоплазм. В клеточном цикле молликутов элементарные тельца рассматриваются в качестве основной репродуктивной единицы, чей размер не может быть меньше 0,12 мкм. Размножения элементарных телец начинается с их прорастания нитями, хотя не исключено, что доминирующим способом репродукции микоплазм все же является бинарное деление, почкование и разделение нитчатых форм на более мелкие клетки. Почкивание сферических клеток на конидиях мы зафиксировали только однажды.

Учитывая, что обнаруженные нами образования в гифах и на поверхности конидий микромицетов не были выделены в культуру и не идентифицированы, мы воздерживаемся от наименования «микоплазмы». До уточнения их биологических и таксономических характеристик правомочно использовать названия: «микоплазмоподобные организмы», «микоплазмоподобные бактерии», «микоплазмоподобные микробы». Тем не менее, уже сейчас можно утверждать, что микоплазмоподобные бактерии инфицируют микромицеты, персистируют в гифах и размножаются в них. Завершив внутриклеточный цикл развития в цитоплазме, они перемещаются по гифам до конидий, депонируются в последних, в том числе для «дозревания» и переносятся ими. Разрушая конидии, они выходят на их поверхность, чтобы вновь внедриться в интактные гифы и повторить очередной цикл развития. Параллельно микоплазмоподобные микробы рассеиваются в окружающей среде и среди населения. Проникая с аэрозолями в дыхательные пути, инфицированные конидии разрушаются под влиянием защитных факторов организма и освобождаются от своих контаминаントов. В итоге может быть или бессимптомное носительство микоплазмоподобных бактерий, или, наоборот, развитие респираторной патологии, которую можно дифференцировать с помощью серологических тестов. Таким образом,

Выходы

1. Впервые установлено, что гифы плесневых грибов и их конидии являются носителями сферических клеток, которые по электронной плотности и величине соответствуют элементарным тельцам и более взрослым клеткам молликут.

2. До выяснения таксономической принадлежности и изучения биологических свойств обнаруженных сферулл предлагается именовать их микоплазмоподобными бактериями.

3. Механизм проникновения микоплазмоподобных бактерий в гифу плесений, их выход из конидий в окружающую среду и роль в эпидемическом процессе неизвестны и требуют дальнейшего изучения.

4. Можно считать, что плесневые грибы обладают собственным аутомикробиозом, состоящим, по крайней мере, из вирусов и микоплазмоподобных микроорганизмов.

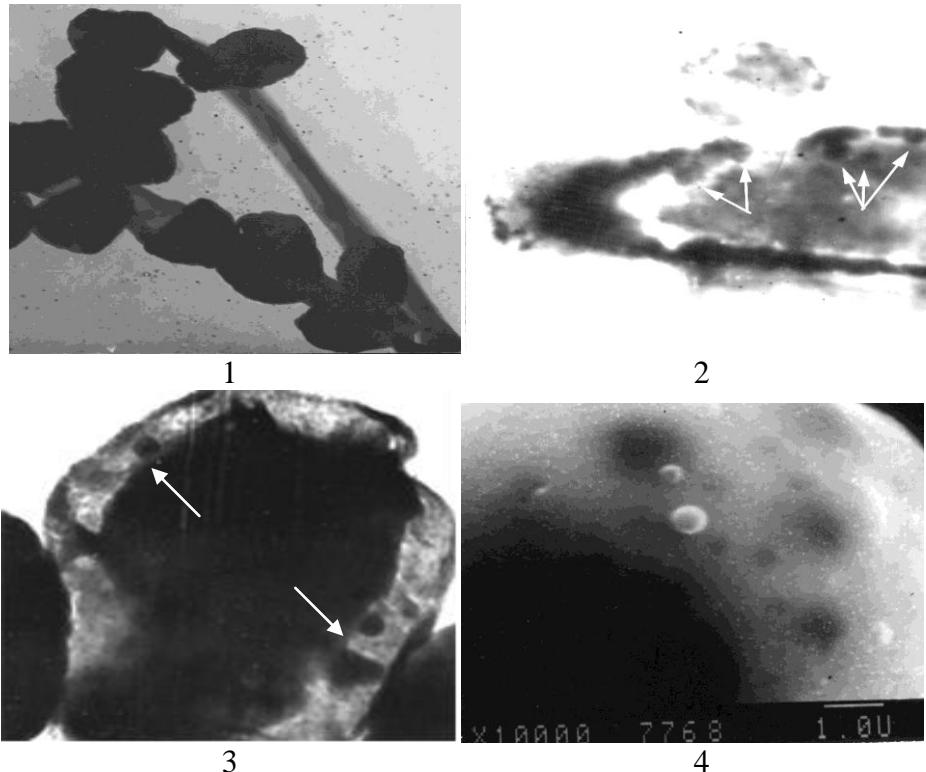


Рис 1-4. Электронная микроскопия: 1 – часть конидиеносца *Penicillium canescens* с полиморфными конидиями (ПЭМ); 2 – ультратонкий срез концевой гифы с крупным адсорбатом на клеточной стенке и микоплазменными организмами (МО) на цитоплазматической мемbrane (ПЭМ, $\times 16000$); 3 – указанные стрелкой МО внутри конидии (ПЭМ, $\times 22000$); 4 – выход МО через дефекты в стенке конидии (СЭМ, $\times 10000$).

Литература

- Бобырь А.Д., Садовский Ю.П. Вирусы грибов, их ингибирующие и индуцирующие свойства. Киев: Наукова Думка, 1978. 125 с.
- Борхсениус С.Н., Чернова О.А., Чернов В.М., Вонский М.С. Микоплазмы. СПб.: Наука, 2002. 320с.
- Катола В.М., Макеева Т.Б., Радомский С.М., Ворошилова Н.С. Выщелачиваемость тяжелых металлов из аллювиальных отложений и их аккумуляция плесневыми грибами // Вестник АмурНЦ. Серия 2. Физика, химия, материаловедение. Благовещенск, 1997. С. 144–152.
- Коротяев, А. И., Бабичев С. А. Медицинская микробиология, иммунология и вирусология. СПб.: СпецЛит, 2002. С. 426 – 430.
- Лабораторная диагностика микоплазмозов у людей: Методические рекомендации МЗ СССР. Л., 1988. 38 с.
- Муромцев Г.С., Максимова Р.А., Дадашева И.М. Вирусы в культуре гриба FUSICOCCUM AMIGDALI DEL. // Микробиология. 1994. Т. 63, Вып. 2. С. 224–270.
- Прозоровский С.В., И.В. Раковская, Вульфович Ю.В. Медицинская микоплазмология . М.: Медицина, 1995. 286 с.
- Раковская И. В. Микоплазмы и микоплазмозы человека: Руководство для врачей. М., 1999. 35 с.
- Koonin E.V., Senkevich T. G., Dolja V.V. The ancient Virus World and evolution of cells // Biol. Direct. 2006. № 1. P. 29.
- Lawrence CM1, Menon S, Eilers BJ, Bothner B. и др. Structural and functional studies of archaeal viruses // J Biol Chem. 2009.V.284, № 19. P.12599–2603.
- Razin S. Isolation and characterization of mycoplasma membranes //The mycoplasmas/Eds J.G.Tully, R.F.Whitcomb. New York. 1979.Vol.2.P.213–229.

ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИЕ АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В ПРИРОДНЫХ СРЕДАХ Г.БЛАГОВЕЩЕНСКА: РАСПРОСТРАНЕНИЕ, ИСТОЧНИКИ, ПОИСК ДЕСТРУКТОРОВ

И.М. Котельникова^{1,2}, А.Г. Сергеева¹, Л.М. Павлова¹

¹Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск,

²Амурский филиал ботанического сада-института ДВО РАН, г. Благовещенск

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) - ароматические углеводороды с двумя или более конденсированными бензольными кольцами [1]. Наряду с токсичными, мутагенными и канцерогенными для живых организмов свойствами, ПАУ характеризуются высокой устойчивостью к деградации в окружающей среде. Непрерывное воздействие даже низких концентраций ПАУ на организм человека представляет серьезную угрозу для здоровья. Вот почему 16 молекулярных соединений ПАУ внесено в списки приоритетных токсикантов Европейского сообщества и Агентства по охране окружающей среды США [2]. В России показателем загрязнения ПАУ считают наличие в окружающей среды 3,4-бенз(а)пирена, который отнесен к веществам первого класса опасности [2].

ПАУ поступают в окружающую среду в основном в виде аэрозолей размерами менее 5 мкм [3]. ПАУ, поступающие в течение всего зимнего отопительного периода в атмосферу, накапливаются в снежном покрове. После снеготаяния полиарены попадают в почву и закрепляются, как правило, в органогенных горизонтах [4].

В г. Благовещенске содержание 3,4-бенз(а)пирена оценивалось только в атмосферном воздухе [5]. В 2012 г. содержание 3,4-бенз(а)пирена в воздухе превышало ПДК в 4 раза, однако необходимо отметить, что в течение ряда лет его содержание в атмосфере снижается [5]. Концентрация 3,4-бенз(а)пирена в других природных средах не контролируется.

По данным Амурстата (2012) основными загрязнителями атмосферного воздуха в г. Благовещенске являются промышленные предприятия, теплоэлектростанция и котельные предприятий коммунального хозяйства, а также автотранспорт [6]. Теплоснабжение г. Благовещенска, кроме ТЭЦ, осуществляют 37 мелких котельных различных организаций и большая сеть домовых печей частного сектора. Загрязняющее влияние на территорию города могут оказывать котельные и промышленные предприятия г. Хэйхэ (КНР), который расположен на противоположном берегу реки Амур в 750 м в южном направлении от Благовещенска.

Целью выполненной работы являлось изучение количественного содержания и распределения ПАУ в сопряженных средах (снег-почва) в урбанизированной экосистеме, идентификация источников загрязнения ПАУ и исследование возможности их деградации.

Отбор проб снежного покрова и почвы проводили в разных районах города по радиальной сетке от основного источника загрязнения – Благовещенской ТЭЦ. Точки наблюдения выбирали также с учетом влияния других факторов загрязнения: выбросов мелких промышленных предприятий, котельных, автомобильного и железнодорожного транспорта, печного отопления. Отбор проб снега проводили в 2010 г. и 2012 г. Всего опробовано 32 точки, в том числе 2 точки фоновой территории. Объединенную пробу снега составляли в соответствии с РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы» часть 2 п. 5.1.2 «Организация наблюдений и отбор проб на снегомерных маршрутах». Предварительная обработка снега проводилась согласно РД 52.04.186-89 часть 2 п. 5.1.3 «Предварительная обработка проб на метеостанциях (постах) при выполнении программы первого вида». Пробоподготовка ПАУ и измерение массовых концентраций выполнены согласно М 02-902-143-07. Почвы для анализа ПАУ отбирали с 2010 по 2012 г.г. Всего было отобрано 78 проб - 10 проб на фоновой территории в различной удаленности от города, 68 проб в разных функциональных зонах городской территории. Образцы почв отбирали в соответствии с МУК № 1424-76. Для исследования использовали поверхностный слой почвы 0-10 см. Объединенную

пробу почвы составляли путем смешивания точечных проб, которые отбирали методом конверта. Пробоподготовка почвы и измерения массовых концентраций ПАУ выполнены по МУК 4.1.1274-03 «Измерение массовой доли бенз(а)пирена в пробах почв, грунтов, донных отложений и твердых отходов методом ВЭЖХ с использованием флуориметрического детектора».

Определение концентраций ПАУ проводилось на жидкостном хроматографе Shimadzu LC-20 Prominance в Аналитическом центре минералого-геохимических исследований ИГиП ДВО РАН.

ПАУ в снежном покрове г. Благовещенска

Зимние периоды 2009-2010 г.г. и 2011-2012 г.г. различались по количеству выпавшего снега более чем в 2 раза [7]. Зима 2009-2010 г.г. была многоснежной, зима 2011-2012 г.г. характеризовалась дефицитом осадков. Поэтому концентрация ПАУ в снежном покрове зимой 2011-2012 г.г. оказалась значительно выше. В 2012 г. на фоновой территории суммарное значение ПАУ в точках отбора проб составляло 1-1,8 мкг/кг снега. В этот период в снежном покрове на территории города концентрация ПАУ достигала 2,91-1112,315 мкг/кг снега. В большей половине образцов (медиана) содержание ПАУ превышало 84,5 мкг/кг снега. В 2010 г. на территории города количество ПАУ в снежном покрове составляло от 0,15 мкг/кг в парках до 8,5 мкг/кг снега в промышленной зоне, медиана по городу была на уровне 4,26 мкг/кг снега.

Основной источник выбросов загрязняющих веществ в атмосферу города – ТЭЦ, которая находится на северо-западной окраине города. В зимний период в г. Благовещенске преобладают ветра северного и северо-западного румбов, поэтому перенос загрязняющих частиц и от ТЭЦ, и от транспортных магистралей идет на юг и юго-восток. Соответственно, в точках отбора проб в восточном и юго-восточном направлении от ТЭЦ содержание ПАУ в снежном покрове оказалось выше (от 100 мкг/кг снега), чем в точках в западном и северном направлениях (от 2,9 до 84,5 мкг/кг снега). В парковой зоне суммарное содержание ПАУ выше фонового содержания в 20-40 раз, в селитебно-транспортной — более чем в 100 раз. Наиболее высокое количественное содержание полиаренов в снежном покрове (331,8-1112,9 мкг/кг снега) установлено в точках отбора проб, которые относятся к зоне железнодорожного транспорта. Следует отметить, что на содержание ПАУ в снежном покрове существенное влияние оказывали факторы локального загрязнения. Довольно высокое количественное суммарное содержание ПАУ в снеге выявлено в точках, относящихся к разным функциональным зонам города и локализованных вблизи малых котельных.

Состав молекулярных видов ПАУ имеет индикационное значение. В снежном покрове г. Благовещенска в исследуемые периоды было выявлено 16 молекулярных видов ПАУ. Наиболее распространенными во всех точках исследования были легкие 3-4-х ядерные виды: флуорен, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, хризен, бенз(а)антрацен. Более 80 % от суммы ПАУ в большинстве точек и в 2010 г., и в 2012 г. составляли фенантрен, флуорантен, пирен и бенз(а)антрацен, что может свидетельствовать о влиянии общего источника загрязнения на всю исследованную территорию. Эти молекулярные виды ПАУ доминируют в зимний период как в атмосферном воздухе, так и в снежном покрове и в других регионах мира [3]. Известно, что на фенантрен, флуорантен и пирен приходится 60 % суммарных выбросов ПАУ за весь цикл горения твердого топлива [8]. Поэтому в зимний период основным источником эмиссии ПАУ в окружающую среду г. Благовещенска можно считать выбросы от сжигания топлива ТЭЦ, котельными и домовыми печами. Компоненты, связанные с ультрамелкой аэрозольной фракцией, могут транспортироваться на длинные дистанции. Именно этим объясняется присутствие в снежном покрове на фоновой территории в 34 км от города тех же молекулярных видов, что и в городе (фенантрена, флуорантена, пирена, хризена, бенз(а)антрацена).

Высокомолекулярные 5- и 6-ядерные виды ПАУ, наиболее опасные для здоровья человека - бенз(b)флуорантен, бенз(k)флуорантен, бенз(а)пирен, дибенз(a,h)антрацен, бенз(g,h,i)перилен, в снежном покрове фоновой территории не обнаружены, а в городе выявлены в 46 % точек, где их доля составляла от 0,7 % до 23 %. Высокое содержание высокомолекулярных видов ПАУ обнаружено на участках городской территории, где выбросы в атмосферу поступали от

деятельности мелких предприятий (производство асфальта, металла и металлоконструкций) и от автотранспорта в заметных количествах. В указанных точках доминирующим видом ПАУ в снеге был тяжелый 5-ядерный бенз(б)флуорантен.

В 46 % образцов снега были выявлены легкие виды ПАУ – 2, 3-х ядерные аценафтен, аценафтилен, нафталин, 2-метилнафталин, бифенил. Известно, что нафталин и его метилированные формы – главные молекулярные виды ПАУ углей [9]. Аценафтилен был одним из главных видов ПАУ в снежном покрове в точках с самым высоким качественным содержанием ПАУ – в местах воздействия железнодорожного транспорта и в районе ТЭЦ. Угольная пыль рассеивается при транспортировке и теряется при хранении, поэтому угольные частицы являются источниками ПАУ в образцах снега в точках, прилегающих к железной дороге и ТЭЦ.

Основными загрязнителями атмосферы г. Благовещенска в зимний период на основании количественного содержания ПАУ в снежном покрове и преобладанию молекулярных видов пирогенного происхождения являются продукты сжигания и рассеивания угля.

ПАУ в почве г. Благовещенска

Концентрация ПАУ в почвах фоновой территории варьировала от 0,011 до 0,344 мг/кг почвы, медиана составляла 0,032 мг/кг почвы. В городских почвах аккумуляция ПАУ была неравномерной в зонах разного функционального назначения. Медиана содержания ПАУ в почвах города в 2010-2012 г.г. составляла 0,70-0,89 мг/кг почвы, что превышает медиану фоновой территории в 20-27 раз. Количественное содержание суммы ПАУ в почвах городской территории различалось в зависимости от локализации точек отбора. Наиболее высокое количественное содержание полиаренов в почвах, как и в снежном покрове, установлено в восточной части города.

Суммарное содержание ПАУ в почвах рекреационной зоны - парков и Ботанического сада составляло 0,14-0,45 мг/кг почвы, что превышало фоновые значения, но в целом ниже, чем медиана. Исключение составляет Первомайский парк, где выявлено загрязнение почв ПАУ от 0,433 мг/кг до 1,55 мг/кг. Содержание ПАУ в почвах промышленной зоны в большинстве точек соответствовало значениям медианы или было ниже, количество ПАУ значительно варьировало в зависимости от локализации точек отбора проб - наиболее загрязненные почвы находятся в восточной части города, рядом с развязками автомобильного и железнодорожного транспорта. Самыми загрязненными оказались почвы селитебно-транспортной зоны, где содержание ПАУ составляло от 0,6 мг/кг до 4,2 мг/кг почвы. Наиболее высокие концентрации ПАУ (1,2 - 4,6 мг/кг почвы) обнаружены в точках вблизи железной дороги.

В фоновых почвах идентифицированы пирен, хризен, бенз(б)флуорантен, фенантрен с количественным преобладанием фенантрена – 68 - 100 % от суммы ПАУ. В городских почвах выявлено 12 молекулярных видов ПАУ. Главными видами ПАУ в почвах г. Благовещенска как в 2012 г., так и в 2010 г., были флуорантен, пирен, бенз(а)антрацен. В точках всех зон в почвах с высоким уровнем суммарного количественного содержания ПАУ доминировал бенз(б)флуорантен.

Состав молекулярных видов ПАУ почв заметно отличался от состава молекулярных видов, выявленных в снежном покрове. В отличие от снега, в почве выявлено значительно меньше легких видов ПАУ. Содержание 3-х ядерных ПАУ в почвенных образцах в черте города составляет менее 20 %. Количество 4-х ядерных ПАУ почти во всех городских точках составляло 50 % и более. Высокомолекулярные виды ПАУ обнаружены во всех зонах функционального назначения. В большей части почвенных образцов (67 %) эти виды ПАУ составляют от 20 до 40 % от суммарного содержания ПАУ.

Оценку загрязнения почв ПАУ провели по суммарной концентрации ПАУ и содержанию бенз(а)пирена на основе образцов почв, отобранных в 2012 году дважды – в начале и конце теплого времени года. Критерии оценки степени загрязнения почвы органическими веществами приведены в МУ 2.1.7.730-99. Если концентрация вещества 1 класса опасности составляет 1-2 ПДК, степень загрязнения почвы считается слабой, а если достигает 2-5 ПДК и более – степень загрязнения почвы очень сильная. По суммарному содержанию ПАУ согласно классификации

Maliszewska-Kordybach почвы считают загрязненными при суммарной концентрации ПАУ свыше 200 мкг/кг и сильно загрязненными при содержании ПАУ выше 1000 мкг/кг [10].

В одних и тех же учетных точках суммарное содержание ПАУ и концентрация бенз(а)пирена были наиболее высокими. Из исследованных образцов почв г. Благовещенска 85 % в начале лета и 96 % в конце являлись загрязненными ПАУ и бенз(а)пиреном. Степень загрязнения и концентрация бенз(а)пирена в почве возросли в течение теплого времени года. Если в начале сезона сильно загрязненными ПАУ и бенз(а)пиреном были 27 % почвенных проб, то к концу летнего периода уже 48 %. Сильно загрязненные почвы относились в основном к селитебно-транспортной зоне и находились в местах проживания населения.

Поиск почвенных микромицетов - деструкторов ПАУ

В разложении ПАУ в почвах принимают участие бактерии, грибы, водоросли [11]. Среди штаммов микромицетов, выделенных из почв г. Благовещенска, проведён поиск микроскопических грибов - эффективных деструкторов ПАУ. На средах в присутствии фенантрена установлен рост 37 штаммов. Самую высокую скорость роста проявили представители рода *Trichoderma*. На средах с бенз(к)флуорантеном наблюдался рост 40 % штаммов, выделенных из промышленной зоны, 36 % штаммов из транспортной зоны и 23 % штаммов из жилой зоны. В отличие от роста на среде с низкомолекулярным видом ПАУ, при росте на среде с бенз(к)флуорантеном наибольшую адаптацию к токсиканту проявили штаммы, выделенные из зон с высоким уровнем загрязнения. На среде с бенз(а)пиреном из 30 штаммов наиболее высокую скорость роста показали *Trichoderma koningii*, *T. aureoviride*, *Mortierella alpina*. По результатам скрининга создана коллекция из 32 штаммов почвенных микроскопических грибов, разрушающих ПАУ.

Качественный и количественный анализ содержания ПАУ в экосистеме г. Благовещенска показал, что наиболее загрязненной является селитебно-транспортная зона в восточной части города. На основании анализа молекулярных видов ПАУ выявлено пирогенное происхождение поллютантов. При значительной концентрации низкомолекулярных видов ПАУ в снеге, в почве их доля снижается и происходит накопление высокомолекулярных видов. Обнаружено, что микроскопические грибы, выделенные из почв г. Благовещенска, обладают способностью деградировать как высокомолекулярные, так и низкомолекулярные виды ПАУ. Адаптация микроорганизмов к высоким концентрациям фенантрена указывает на то, что почвенные микромицеты могут снижать концентрацию 3-х ядерных видов ПАУ, используя их в качестве источников углерода.

Литература

1. Клар Э. Полициклические углеводороды. М.: Химия, 1971. 456 с.
2. Майстренко В.Н. , Клюев Н.А. Эколо-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М.:Бином. Лаборатория знаний, 2009. 323 с.
3. Ровинский Ф.Я., Теплицкая Т.А., Алексеева Т.А. Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов. Л.:Гидрометеоиздат, 1988. 225 с.
4. Габов Д.Н., Безносиков В.А., Кондратенок Б.М., Яковleva Е.В. Полициклические ароматические углеводороды в почвах техногенных ландшафтов//Геохимия. 2010. № 6. С. 606-617.
5. Об охране окружающей среды и экологической ситуации в Амурской области за 2011 год: гос. доклад. Благовещенск: Министерство природных ресурсов Амурской области, 2012. 201 с. URL: <http://www.gosbook.ru/node/66454> (дата обращения 5.03.2014)
6. Состояние окружающей природной среды в Амурской области в 2011 году: Записка. Благовещенск: Амурстат, 2012. 38 с. URL: <http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary> ([дата обращения 4.03.2014](#))
7. Архив погоды в Благовещенске // Расписание погоды. 2004-2014. URL: <http://gr5.ru/> Архив_погоды_в_Благовещенске (дата обращения 10.03.2014)
8. Филиппов С.П., Павлов П.П., Кейко А.В., Горшков А.Г., Белых Л.И. Экспериментальное определение выбросов сажи и ПАУ котельными и домовыми печами // Известия академии наук. Энергетика. 2000. № 3. С.107-117.
9. Achten C., Hofmann T. Native polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in coals – A hardly recognized source of environmental contamination // Science Total Environmental. 2009. Vol. 407. P. 2461-2473.

10. Maliszewska-Kordybach B. Polycyclic aromatic hydrocarbons in agricultural soils in Poland: preliminary proposals for criteria to evaluate the level of soil contamination // Applied Geochemistry. 1996. Vol. 11, I.1-2. P. 121-127.
11. Цибарт А.С., Геннадиев А.Н. Полициклические ароматические углеводороды в почвах: источники, поведение, индикационное значение (обзор) // Почвоведение. 2013. № 7. С. 788-802.

ВЛИЯНИЕ СКЛОНОВЫХ ДВИЖЕНИЙ НА ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ПОЙМЫ В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ Р. АМУР

А.В. Мартынов

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

В природе широко распространены массовые движения почвогрунтов по склону (солифлюкция и кожсолифлюкция), которые сопровождаются динамическими площадными педотурбациями почвенного профиля. В результате склоновых движений существенно изменяется не только строения почвенного профиля, но и подстилающие породы, рельеф, растительность, микроклимат и режим почвенно-грунтовых вод[1]. Формируются особые природные ландшафты, где процессы почвообразование приводят к появлению совершенно новых типов и подтипов почв требующих детального изучения.

В Амурской области, где особые природные условия: переувлажненность грунтов в силу большого объема осадков в теплое время года, глубокое сезонное промерзание грунтов, а также их зачастую тяжелый механический состав, склоновые процессы развиты очень интенсивно. И наглядней всего они проявляются в пределах среднего течения р. Амур вдоль швов террас. В результате развития процесса солифлюкции, тыловые части поймы оказываются погребены под чехлом склоновых отложений, а внешняя граница поймы нивелируется [2]. Формируются так называемые пойменные террасетты, которые геоморфологически являются частью поймы, но при этом они не подвержены затоплению паводковыми водами [3]. В этих условиях определить границу между поймой и первой надпойменной террасой, как по картам, так и в полевых условиях крайне затруднительно.

Цель работы – с помощью ГИС определить границы поймы скрытые пойменным террасеттом и изучить сформированные на нем почвы.

Для выполнения поставленной цели в ходе полевых исследований 2011-2012 гг., в пределах ключевого участка расположенного между селами Куприяново и Калинино, был детально изучен почвенный покров поймы р. Амур. Всего было заложено 28 почвенных разрезов, определены почвенные типы согласно классификации и диагностике почв России [4] и по генетическим горизонтам были отобраны образцы, в которых выполнен анализ свойств почв общепринятыми в почвоведении методами [5, 6]. Граница поймы определялась с помощью ГИС «Панорама» с использованием карт М 1:25000 в качестве топографической основы.

Определение границы поймы осуществляется по гидрологической высотной матрицам качеств. Для этого сначала была определена граница современной зоны затопления, которая также характеризует мощность отложенного наилка, так как высота пойменных отложений не может превысить максимальную высоту подъёма уровня воды в реке. Для большей достоверности это было сделано двумя путями:

– определены максимумы затопления по гидрологическим наблюдениям за определенный промежуток времени;

– в ходе полевых исследований определена граница распространения аллювиальных почв, позволяющая определить на гидрологической матрице среднемаксимальные уровни затопления необходимые для поддержания сукцессионного равновесия в почвах.

Оба метода одинаково показали, что в настоящее время среднемаксимальная высота подъема воды, в пределах исследуемой территории, составляет около 6,5 м.

Следующим шагом был расчет скорости врезания русла реки за период развития поймы. Она была определена посредством вычисления разницы между высотой залегания кровли русловой фации в тыловой и приурезовой частях поймы, с учетом затраченного на врезание времени. В результате было установлено, что средняя скорость врезания русла реки составляет в среднем 0,8 мм в год [7]. По литературным данным средний возраст поймы р. Амур составляет около 7500 лет [2], но для более точного проведения границы поймы была взята верхняя граница голоцен. Это связано с принятым в геоморфологии положением, что к современной пойме относятся вся территория, которая была сформирована на речном аллювии, отложенном за период голоцена, а отложения более древнего возраста по умолчанию относятся к надпойменной террасе. По данным международной стратиграфической шкалы начало голоцена установлено в 11700 лет относительно 2000 года [8].

Таким образом, формула расчета границы поймы выглядит следующим образом:

$$G = ((L_1 - L_2)/t \cdot 1000) * T + h \text{ где;}$$

G – граница поймы; L₁ – положение кровли русловой фации в тыловой части поймы относительно условной межени; L₂ – положение кровли русловой фации в прирусловой пойме относительно условной межени; t – возраст кровли русловой фации в тыловой части поймы; T – время голоцена; h – паводковый коэффициент; 1000 – коэффициент пересчёта на метры

По этой формуле за период голоцена глубина врезания реки составила 9,4 м, что вместе с современным паводковым уровнем р. Амур, составляет 15,5-16 метров (в абсолютных высотах 114,5-115 м при высоте относительной отметки условной межени 98,8 м). Применив полученные данные гидрологической и высотной матрицам было определено, что средняя ширина поймы в районе исследования составляет 13 км. Тем не менее, нельзя не отметить, что граница эта в некотором смысле условна, так как паводковые уровни в течение голоцена могли неоднократно меняться, а русло реки могло менять свое положение, не только намывая отложения, но и размывая их. Но в целом проведённая граница между поймой и надпойменной террасой близка к своему настоящему расположению, что подтверждается результатами радиоуглеродного анализа погребенных аллювиальных почв в пределах пойменного террасетта.

Отдельного внимания требуют почвы, которые формируются на пойменных террасеттах. Несмотря на то, что геоморфологически они приурочены к пойме, они не затапливаются паводковыми водами, поэтому отнести их к аллювиальным почвам не представляется возможным. Также их невозможно отнести и к остаточно-аллювиальным почвам, продолжающим эволюции аллювиальных почв, так как в качестве субстрата для почвообразования служат продукты разрушения надпойменной террасы. Поэтому – это изначально зональные почвы, но развиваются они в пределах поймы. Ни в классификации СССР, ни в классификации России аналога этим почвам нет. Тем не менее, их описание и диагностика встречается в трудах дальневосточных почвоведов. У Терентьева А.Т. эти почвы называются – лугово-бурые, у Иванова Г.И. – пойменно-бурые, указывая на то, что эти почвы развиваются под влиянием двух основных почвообразующих процессов – лугового и буроземного [9, 10]. Они формируются под луговой растительностью в условиях повышенной увлажненности почвенного профиля обусловленной склоновыми и атмосферными водами. Для этих почв характерен гумусово-аккумулятивный горизонт мощностью до 30 см, подстилаемый структурно-метаморфическим горизонтом мощностью до 1,5 метров, коричневого или коричневато-серого цвета с ореховатой или ореховато-призматической структурой, с высокой плотностью, суглинистым или глинистым гранулометрическим составом. Структурно-метаморфический горизонт служит водоупором для атмосферной влаги и при интенсивных дождях, между ним и гумусово-аккумулятивным горизонтом формируется водяная прослойка, интенсивно смещающаяся вниз по склону. Поэтому, несмотря на длительное переувлажнение этих почв, застоя воды нет, восстановительные условия не развиваются и признаки глеевого процесса развиты слабо. В качестве почвообразующей породы выступают погребённые аллювиальные почвы или различные аллювиальные отложения. Суммарная мощность почвенного профиля варьирует от 1 до 3 метров. Реакция среды в этих почвах преимущественно кислая-сильнокислая, содержание органического углерода до 5% в гумусово-

аккумулятивном горизонте и до 0,5% в минеральных горизонтах. Ёмкость катионного обмена варьирует от 10 до 30 мг-экв/100 г с высокой дифференциацией по преобладающему катиону, т.е. в одних горизонтах в составе ЕКО преобладает кальций, в других алюминий, в третьих магний. Подвижный фосфор и обменный марганец характеризуется четко выраженным возрастающим распределением по профилю с содержание от 10 до 300 и от 10 до 60 мг/кг почвы соответственно. Обменный калий и подвижное железо в свою очередь обладают убывающим распределением с содержанием от 40 до 150 и от 1 до 90 мг/кг почвы соответственно

Таким образом, в пределах исследуемой территории средняя ширина поймы составляет около 13 км. Развитые в тыловой части поймы склоновые процессы обуславливают формирование в пределах интразональных пойменных ландшафтов форм рельефа (пойменные террасетты), на которых формируются изначально зональные почвы, характеризующиеся четкими диагностическими признаками, позволяющими отнести их, в соответствии с современной генетической классификацией почв, к структурно-метаморфическим почвам. Эти почвы обладают схожими морфологическими признаками и, несмотря на большой разброс содержания химических элементов, одинаковыми закономерностями их распределения по почвенному профилю.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 14-05-31052мол_а

Литература

1. Воскресенский С.С. Динамическая геоморфология. Формирование склонов. – М.: Изд-во. МГУ, 1971. – 229 с.
2. Геоморфология Амуро-Зейской равнины и низкогорья Малого Хингана / под ред. С.С. Воскресенского. – М.: Из-во. МГУ, 1973. – 275 с.
3. Джеррард А.Дж. Почвы и формы рельефа. Комплексное геоморфологическое-почвенное исследование. – Л.: Изд-во. «Недра», 1984. – 208 с.
4. Классификация и диагностика почв России / Шишов Л.Л., Тонконогих В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
5. Агротехнические методы исследования почв / под ред. А. В. Соколова. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
6. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во. Моск. ун-т, 1970. – 487 с.
7. Гусев М.Н., Помигуев Ю.В. Формирование днища долины реки Амур на участке от устья реки Зея до Хинганского ущелья // География и природные ресурсы. 2013. №4. С. 121-129.
8. Mike Walker and others. Formal definition and dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records // Journal of Quaternary Science. 2009. Volume 24. Issue 1. p. 3-17.
9. Терентьев А.Т. Почвы Амурской области и их сельскохозяйственное использование. – Владивосток: Дальневосточное кн. изд-во., 1969. – 257 с.
10. Иванов Г.И. Классификация и диагностика почв равнин Приморья и Приамурья. – Владивосток: Дальневосточное кн. изд-во. 1966. – 47 с.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ГЕОСИСТЕМ ПРИ РОССЫПНОЙ ЗОЛОДОБЫЧЕ: ЛАНДШАФТНЫЙ И БАССЕЙНОВЫЙ ПОДХОДЫ АНАЛИЗА

З.Г. Мирзеханова, А.В. Остроухов

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск, lorp@ivep.as.khb.ru

Россыпная золотодобыча является одним из наиболее изученных видов природопользования как с точки зрения геологических и ресурсных параметров, так и экологических последствий развития. Несмотря на значительный объем публикаций, касающихся разнообразных аспектов влияния этого вида деятельности на природные комплексы в целом и их компоненты в частности, не утихают научные споры относительно итоговых выводов относительно степени влияния на геосистемы и устойчивости последних к этому воздействию. Часть аллармистски настроенных ученых доказывают катастрофичность экологической ситуации на территориях измененных россыпной золотодобычей, приводя аргументы локальности влияния нагрузки, но значительной глубины преобразования природных систем. Оппоненты, опираясь также на локальность воздействия, приводят доказательства в части высокого потенциала ренатурализации природных комплексов и преобладающего механического воздействия без особых последствий устраниемоего внутренними механизмами саморегуляции геосистем. В целом, дискуссия ведется относительно устойчивости природных систем (ПС) к этому виду хозяйственной деятельности, которая в значительной степени зависит от их преобразования. Целью настоящей публикации является анализ трансформации ПС, максимально преобразованных в процессе освоения россыпных месторождений золота с позиции ландшафтного и бассейнового подходов.

Оба подхода широко используются в приложении решения ряда практических (например, организации территории и нормирования природопользования) и теоретических (например, для определения степени устойчивости природных комплексов при различных видах нагрузок) задач.

В зависимости от особенностей природопользования, сложившихся требований нормирования в конкретных ресурсопользовательских отраслях выбор оперативной территориальной единицы для исследований разный. Так, например, для системы водопользования в широком аспекте бесспорным объектом изучения является бассейн, а анализ устойчивости ПС и соответственно выбор принятия решений определяется использованием бассейнового подхода. Удачно и достаточно широко применяется этот подход и для решения проблем лесопользования, не противоречит он и задачам оптимизации территории при разработке россыпных месторождений полезных ископаемых. Наиболее полно отвечают заданным целям результаты исследований в бассейнах низких порядков, где можно "в чистом виде" проследить характер конкретного воздействия и реакцию на него природной среды. Для многих видов деятельности, связанной с размещением промышленных объектов, их технологических элементов, экологическим планированием территории и др. применяется ландшафтный подход.

Следует отметить, что особой принципиальной разницы в содержательной части данных подходов нет. Более того в качестве "примирающей" основы предложена бассейново-ландшафтная концепция природопользования [1]. В ее основе - следующие основополагающие принципы: "географическая оболочка обладает бассейновой и ландшафтной иерархией; бассейновые системы характеризуются ландшафтной "организованностью"; в пределах бассейново-ландшафтных систем взаимосвязаны природные условия и хозяйственная деятельность; бассейново-ландшафтные системы – оптимальные территориальные единицы мониторинга природной среды" [1, с. 55]. При этом бассейны малых рек и ландшафты низких иерархических таксонов имеют локальный масштаб, но наибольшую распространенность и приемлемую совместимость границ на элементарном уровне.

Спорным моментом в данной концепции является несовпадение границ бассейнов высоких порядков и ландшафтных единиц высокого иерархического ранга. Но на уровне низких рангов территориального деления противоречия нивелируются, поскольку элементарный водосбор включает в себя сопряженный ряд фаций и является целостным образованием, как с функциональной, так и генетической точек зрения. Сопряжение ландшафтного и бассейнового подходов на уровне элементарных территориальных систем дает основание более широко применять данный подход при анализе трансформации и устойчивости ПС для многих видов природопользования.

Разработка россыпных месторождений – особый вид использования природных ресурсов. Главное его отличие от других типов природопользования состоит:

во-первых, в тесной корреляции с геолого-металлогеническими особенностями территории, значит в строгой приуроченности к определенному месту (безальтернативность изменения пространственного положения);

во-вторых, в направленности выбора стратегии, ориентированной на решение проблемы рационального (в данном контексте наиболее полного извлечения металла) использования минерального сырья;

в-третьих, в доминировании механического воздействия на компоненты геосистем и др. [3,4].

Специфика пространственной локализации россыпных месторождений проявляется в их приуроченности чаще всего к бассейнам водотоков преимущественно низких (I-III) порядков, выделяющихся относительной однотипностью ландшафтных комплексов. Типология ландшаftов в пределах бассейнов более высоких порядков гораздо сложнее. Несмотря на то, что данная хозяйственная деятельность затрагивает преимущественно геосистемы долин, внутрикомпонентные связи всего ландшафтного комплекса бассейна определяют его устойчивость в целом. Поэтому для оценки воздействия россыпной золотодобычи на ПС возможно использование как бассейнового, так и ландшафтного подходов.

Анализ преобразования природных комплексов территории, нарушенной россыпной золотодобычей с применением приборов одностадийной и двухстадийной дезинтеграции металла, проведен в процессе детальных комплексных исследований на ряде россыпных месторождений, расположенных в Охотском и Аяно-Майском районах Хабаровского края. Некоторые из них отрабатывались неоднократно.

В работе использованы данные многолетних полевых исследований, разработанные в лаборатории оптимизации регионального природопользования ИВЭП ДВО РАН ландшафтные карты масштаба 1 : 1 000 000; 1 : 500 000; 1 : 100 000, карта гидрологической сети территории с выделением водотоков I - IV порядков, днищ речных долин и их водосборов, карта природных комплексов долин рек различного порядка, преобразованных россыпной золотодобычей, данные дистанционного зондирования земли (ДДЗ). Локальный размер исследуемых месторождений обусловил применение наряду со снимками среднего пространственного разрешения (Aster, разрешение 15 м/пикс), снимков высокого пространственного разрешения свободного доступа GeoEye (разрешение 0,5 м/пикс) через сервис ArcGIS WorldImagery.

В качестве эталонных объектов исследования послужили бассейны водотоков I–IV порядков в пределах Кет-Капского рудно–россыпного узла, расположенного на северо-западе Аяно-Майского района Хабаровского края. Выбор данной территории объясняется лишь наибольшей степенью ее трансформации вследствие отработки россыпных месторождений золота, другие виды природопользования здесь отсутствуют. Это один из самых золотоносных участков края, выделяющийся наиболее высоким техногенным воздействием. Поэтому все полученные результаты имеют максимальную величину.

По физико-географическому районированию СССР, территория Кет-Капского рудного узла относится к провинции Алданского нагорья, Северо-Байкальской области горной страны Прибайкалья и Забайкалья [2]. Она занимает междуречье рек Омня, Мая (в среднем течении), Маймакан (в нижнем течении), Учур (в среднем течении). В этих пределах его суммарная площадь составляет около 3 000 км². Эта территория находится в зоне распространения

Прибайкальско – Забайкальского варианта среднетаёжных ландшафтов бореального резко-континентального типа.

Анализ пространственной структуры отработанных площадей проводился в границах бассейна реки Буор (приток IV порядка реки Б. Аим). Модельный участок характеризуется 31 природным комплексом на уровне типа уроцищ. Они относятся к 9 подвидам, 5 видов, 3 классов ландшафтов. Преобладающее распространение имеют среднетаёжные низкогорные ландшафты наклонных плато (47,6 %) и глыбовых хребтов (30,3 %) с лиственничными лесами (67 % растительного покрова плато и 51 % глыбовых хребтов). Ландшафты речных долин рек разного порядка, отражаемые в масштабе карты 1 : 100 000, занимают 6,4% от общей площади. Они представлены уроцищами:

1. аккумулятивно-эрэзионных долин рек с лиственничными, елово-лиственничными лесами, пойменными лиственными и смешанными лесами, преимущественно тополево-чозениевые с примесью ели и лиственницы на горно-таёжных и мерзлотно-таёжных, аллювиальных и мерзлотно-таёжных оторфованных почвах (7,2 %); (*характерны для рек IV порядка*);

2. эрозионно – аккумулятивных долин рек с пойменными лиственными и смешанными лесами, преимущественно тополево-чозениевые с примесью ели и лиственницы на аллювиальных, мерзлотно-таёжных оторфованных почвах (3,1%) (*характерны для рек II-III порядков*);

3. эрозионно – аккумулятивных долин рек с пойменными хвойными и смешанными лесами, преимущественно елово-лиственничные, лиственничные, тополево-чозениевые с примесью ели и лиственницы на аллювиальных, мерзлотно-таёжных оторфованных почвах (2,5%) (*характерны для рек I-II порядков*).

Именно в последних двух типах уроцищ локализованы основные отработанные россыпи, они занимают соответственно 57,6 и 24,7 % от площади данных природных комплексов в пределах описываемой территории.

Анализ пространственного распределения антропогенно - преобразованных природных комплексов показал, что максимальные их площади сосредоточены в пределах бассейнов рек II – III порядков (табл.). При этом доля трансформированных территорий в соответствующей категории речных бассейнов относительно небольшая и составляет 1 % для рек II порядка и 1,9 % - рек III порядка.

Совершенно другая ситуация складывается при анализе степени трансформации природных комплексов в пределах речных бассейнов разных порядков (табл.). Так, доля преобразованных геосистем бассейна реки Буор (IV порядок) составляет 0,3 % и 9,5 % от площади долинных природных комплексов. Для водотоков III порядка величина нарушенных природных комплексов речных долин возрастает до 59,9 % в пределах реки Буор-Сала и 18,5 % - реки Терют-Сала. При этом следует отметить, что природные комплексы речных долин, в первую очередь пойменные, отличаются высокой динамичностью и естественной изменчивостью. Степень трансформации геосистем всего бассейна реки Буор-Сала составляет 4 %, а реки Терют-Сала 0,2 %.

Таблица 2
Антропогенная трансформация природных комплексов бассейна реки Буор

Порядок реки	Количество рек	Площадь отработанных россыпей		
		км ² / кол-во отработанных россыпей	% от площади бассейнов	% от площади речных долин / диапазон значений: min-max
I	27	0,64 / 4	0,4	12,3/ 34,9 – 100
II	6	2,35 / 6	1	29/ 21,3-71,6
III	2	3,54 / 6	1,9	55,3/ 18,5-59,9
IV	1	0,89 / 1	0,3	9,5

Таким образом, степень преобразования долинных природных комплексов в процессе отработки россыпей увеличивается по мере уменьшения порядка речного бассейна от 9,5 % (IV порядок) до 35 - 100 % (I порядок). Понятно, что при таком диапазоне об устойчивости природных территориальных систем следует говорить либо для каждого конкретного случая водотоков низких порядков, либо искать зависимость степени преобразования геосистем водотоков высоких порядков от доли преобразованных геосистем водотоков низких порядков.

Если анализировать экологические последствия золотодобычи в аспекте устойчивости ландшафтов, то исходным положением могут послужить теоретические работы, раскрывающие пределы изъятия площадей, которые не оказывают кардинального влияния на функционирование природных комплексов и их внутрикомпонентные связи, в геосистемах различных природных зон [5-8]. К сожалению, на сегодняшний день разработаны количественные критерии оценки устойчивости только для зональных уровней геосистем. С точки зрения многих исследователей, допустимый уровень антропогенного преобразования природных комплексов, при котором сохраняется экологическое равновесие, в зависимости от приуроченности к природной зоне составляет от 10 до 70 % [6, 7]. Для сохранения экологического баланса и функционирования ландшафтов северной тайги (именно в их пределах расположены изученные месторождения и рассматриваются все экологические последствия их отработки) в естественном состоянии должны оставаться не менее 30-40 % природных комплексов. Рянский Ф.Н. [8] определяет площади, необходимые для восстановления геосистем до зонального типа для зоны средней тайги – 55% (равнины) – 60% (горы), для интразональных природных комплексов пойменных лесов – 40%.

Таким образом, если сравнивать выше приведенные данные с полученными нами значениями, то для территории бассейнов рек в целом – антропогенное преобразование невелико, также как и для долинных комплексов III-IV порядков. Предельный уровень нагрузок достигнут для долин рек II порядка, однако носит единичный характер – порог 60 % превышен на 2 реках из 6. Одновременно надо отметить, что природные комплексы долин горных рек I – III порядков отличаются естественной высокой динамикой, так как существуют в условиях активной перестройки русел рек и эволюционно адаптированы к быстрому восстановлению. При преобладании механического вида воздействия и высокой степени сохранности природных комплексов в пределах бассейнов разных порядков, процесс ренатурализации нарушенных геосистем идет удовлетворительными темпами по зональному типу [4].

Рассматривая степень преобразования природных комплексов с ландшафтных позиций (по критерию устойчивости ландшафтов) или исходя из бассейнового принципа (по критерию сохранения экологического равновесия в бассейнах рек различных порядков), следует отметить, что влияние отработки россыпных месторождений золота является локальным. Исключение могут составлять территории, в пределах которых техногенные участки в зоне деятельности добывающих предприятий объединяются, в том числе и вследствие повторных отработок, в обширные по площади техногенные ландшафты, полностью занимающие долину водотока.

В целом в Аяно-Майском районе, где добывалось в конце прошлого века до 40 % от квоты на добычу золота по Хабаровскому краю, площадь ежегодно нарушаемых земель не превышала 15 км² (данные комитета по землеустройству Аяно-Майского района), что составляет 0,009 % от общей площади района.

Литература

1. Зотов С.И. Бассейново-ландшафтная концепция природопользования // Известия РАН. Сер. Географ., 1992. № 6. С.55-65.
2. Исаченко А.Г. Ландшафтovedение и физико-географическое районирование. М.: Высшая школа, 1991. С.271.
3. Мирзеханов Г.С., Мирзеханова З.Г. Ресурсный потенциал техногенных образований россыпных месторождений золота. М.: МАКС Пресс, 2013. -288 с.
4. Мирзеханова З.Г., Дебелая И.Д. Некоторые проблемы рекультивации земель, нарушенных золотодобычей // География и природные ресурсы. 1992. № 3. С. 177–179.
5. Преловский В.И., Короткий А.М., Пузанова И.Ю. и др. Бассейновый принцип формирования рекреационных систем Приморья. Владивосток: ДВО РАН, 1996. 149 с.
6. Реймерс Н.Ф. Природопользование. М.: Мысль, 1990. 637 с.
7. Реймерс Н.Ф., Штильмарк Ф.Р. Особо охраняемые природные территории. М.: Мысль, 1978. 296 с.
8. Рянский Н.Ф. Ландшафтное районирование для целей размещения новых производств в зоне БАМ. Препринт. Владивосток: ДВО РАН СССР, 1989. 65 с.

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЛОНДОКОВСКОГО ИЗВЕСТКОВОГО ЗАВОДА

А.Г. Новорощкая, К.В. Ионкин

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск

ОАО «Лондоковский известковый завод», действующее предприятие-недропользователь, находится в Облученском районе Еврейской автономной области. Предприятия, эксплуатирующие недра, вносят определяющий вклад (не менее 70 %) в экономику района.

ОАО «Лондоковский известковый завод» с 1983 г. разрабатывает наиболее известные и крупные [2, 4] Лондоковское месторождение известняков, Сопка Третья, месторождения доломитов Розовая скала и Белая скала. Доломитовый мрамор Розовой скалы обладал весьма высокими декоративными свойствами и мог быть высококачественным сырьем для облицовочного камня (им были облицованы 3 станции Московского метро), однако, после производства массовых взрывов многие части месторождений стали непригодными для использования с этой целью и долгие годы эксплуатировались только для производства строительного и декоративного щебня, а также в качестве металлургических флюсов.

Промышленные запасы сырья при производстве с номинальной мощностью обеспечивают потребности предприятия на 50 лет.

Готовой продукцией Лондоковского известкового завода являлись строительная известь, известняковая мука (примерно 80 % всей продукции), щебень для декоративного бетона, для производства стекла, для использования в металлургии. Основными потребителями этой продукции были сельскохозяйственные предприятия Хабаровского края, ЕАО, Амурской области.

Кроме того, Лондоковское месторождение известняков (участки Сопка Первая и Вторая) эксплуатируется для выработки цемента. Цементное сырье, ввиду его важности для области, рассматривается отдельно от других видов сырья для стройматериалов. Оно характеризуется высоким качеством, позволяющим выпускать цементы высоких марок и используемые в агрессивных средах. При работе на полную мощность предприятие обеспечено промышленными запасами более чем на 100 лет [2, 6].

Загрязнение почвы, водоемов и отчасти растительности происходит главным образом через атмосферу. Поступающие вредные вещества изменяют качественный состав компонентов биогеоценоза, преобразуют их структуру, нарушают нормальное функционирование и, в конечном счете, подвергают биогеоценоз деградации. В связи с этим особый интерес представляет оценка содержания вредных веществ в аэрозолях и атмосферных осадках.

Мониторинг состояния атмосферного воздуха проводить чрезвычайно сложно из-за трудоемкости отбора проб и сложности анализа. Снежный покров (СП) – удобный природный планшет, в котором аккумулируются и консервируются атмосферные выпадения в течение длительного периода. Это особенно важно в климатических условиях, где СП сохраняется в течение длительного периода. Метод исследования химического состава СП является экспрессным для выявления пространственной структуры и источников загрязнения воздушного бассейна, не требующий специального оборудования.

Цель работы – дать оценку распределения элементов в водорастворимой фракции снежного покрова (СП) для установления степени и характера загрязнения СП в зоне влияния известкового завода в пос. Лондоко; интегральной оценки загрязнения воздушной среды; определения поступления растворимых форм элементов в СП из атмосферы, далее в поверхностные воды.

Методы исследования включали в себя: а) полевые работы, проведенные с помощью автомобильных и пеших маршрутов; б) химический анализ проб; в) сравнительный анализ с ПДКв.р. – предельно допустимой концентрацией вредных веществ для воды водных объектов,

имеющих рыбохозяйственное значение [5], т.к. нормативных документов по ПДК для СП не разработано.

Отобрано 8 интегральных проб СП (каждая по 15 кернов) 31 марта 2009 г. в период максимального влагозапаса на всю глубину СП с помощью снегомерного цилиндра (пластиковая трубка высотой 1 м, площадью сечения 15,7 см²) в следующих точках: в 2 км, 500 м к северу от известкового завода (№1 – фон, №2), в 100 м к северо-западу, в 200 м к востоку от завода (№3, №4), в районе отвалов (№5), в 200 м к югу, в 1,2 и 2,2 км к востоку от завода (№№6-8), соответственно.

Измерялась высота (h, см), рассчитывались плотность (d, г/см³) и влагозапас (P, мм).

Техногенное загрязнение СП изучалось по методике [1].

Особое внимание при исследовании химического состава СП было уделено ионной форме металлов, т.к. среди специфических загрязняющих веществ в урбанизированной атмосфере они занимают важное место. Большинство металлов относятся к первому и второму классам опасности. Их негативное влияние на человека проявляется не только в прямом воздействии высоких концентраций, но и в отдаленных последствиях, связанных со способностью многих металлов аккумулироваться в организме.

Кислотность СП усиливает миграцию тяжелых металлов, поэтому важно контролировать pH СП.

Результаты снегосъемки – № 1 – h – 19, d – 0,24, P – 46; №2 – h – 28, d – 0,23, P – 64; № 3 – h – 25, d – 0,20, P – 49; №4 – h – 24, d – 0,25, P – 60; № 5 – h – 18, d – 0,20, P – 36; № 6 – h – 20, d – 0,31, P – 62, №7 – h – 32, d – 0,17, P – 53; №8 – h – 32, d – 0,16, P – 52; средневзвешенные значения (далее – средние) h – 26 см, d – 0,21 г/см³, P – 55 мм.

Пробы плавились при комнатной температуре, сразу фильтровались через мембранный фильтр 0,45 мкм. В расплавах СП определены: удельная электропроводность (УЭП), pH – кондуктометрически, с помощью Seven Multi Meller Toledo Conductivity pH, элементный анализ растворимой фракции тяжелых металлов (V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, W, Hg, Pb, Bi) и В – на масс-спектрометре с индуктивно связанный плазмой ICP-MS Elan DRC II PerkinElmer (США). Средний химический состав рассчитывался как средневзвешенный [3].

По нашим данным индикатором воздействия газопылевых выбросов на химический состав СП является и величина pH выше 6,5 (в противоположность широко распространенному явлению, когда пониженная величина pH является признаком влияния промышленности). В незагрязненном СП величина pH = 5,0–5,5; а в загрязненном она поднимается до 7–8 и выше [3]. Величина pH СП в районе исследований изменялась в пределах 7,65–9,25 (8,46 – среднее). Минимальная величина pH обнаружена в пробе № 4, максимальная – в пробе № 6.

Удельная электропроводность (УЭП_{KCl}), характеризующая общее засоление снеговой воды, для СП исследуемого района – 40,6–108,0 мкСм/см (43,0 мСм/см), что значительно выше, чем величина УЭП снеговой воды фоновых районов России, соответствует значениям УЭП для крупного промышленного центра [3].

Результаты исследования элементного состава СП представлены в табл. Средние концентрации водорастворимой фракции элементов в СП описываются следующим геохимическим рядом: Fe > Zn > Cu > Mn > Pb > B > Mo > V > Cr > As > Ni > Cd > Hg > W > Sb > Co > Sr > Ag > Bi. Содержание олова в СП – ниже порога обнаружения (0,001 мг/дм³), ртуть найдена в пробах №№4, 6–8 (0,06–1,13 мкг/дм³). В СП отмечено максимальное превышение ПДКв.р. по V – в 5,5 раз, Mn – в 3,6 раз, Fe – в 2,4 раз, Cu – в 42 раза, Zn – в 8 раз, Hg – в 235 раз, Mo – 10 раз.

Общая концентрация тяжелых металлов (и бора) в СП в районе исследования составила 168,01–410,81 (среднее – 283,07) мкг/дм³.

Сумма накапленных элементов в СП за зимний сезон 2008–2009 гг. в водорастворимой форме (в мг/м²) – 8,672–24,597 при среднем значении 15,634. Вклад элементов (%), в среднем) составил по: Fe – 48, Zn – 20,7, Cu – 8,4, Mn – 7,6, Pb – 6,7, B – 3,5, Mo – 1,4, V – 0,9, на долю остальных элементов (Cr, Co, Ni, As, Sr, Ag, Cd, Sn, Sb, W, Bi) приходится лишь 2,8%.

Таким образом, в результате проведенных исследований химического состава СП установлены следующие закономерности: влияние Лондоковского известкового завода

проявляется в сдвиге рН СП в сторону щелочной среды, в химическом составе СП преобладают гидрокарбонат-ионы, ионы кальция, высокие концентрации характерны для водорастворимой фракции ТМ СП – железа, цинка, меди, марганца, свинца.

Таблица

Содержание элементов в снежном покрове в зоне влияния ОАО «Лондокозавод», 31.03.2009 г., мкг/дм³

№	Элемент																	
	B	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Mo	Ag	Cd	Sb	W	Pb	Bi
1	7,21	1,08	1,01	20,9	107	0,39	1,73	14,15	25,92	0,86	0,19	1,16	0,02	0,43	0,22	0,12	6,08	0,005
2	4,09	1,74	0,71	16,3	94,5	0,16	0,71	13,39	22,84	1,46	0,16	4,08	нпо	0,50	0,22	0,10	7,21	0,013
3	11,60	3,18	1,31	26,9	132	0,32	1,57	13,96	67,60	2,43	0,28	2,65	0,15	0,84	0,35	0,29	13,16	0,024
4	18,00	3,04	2,32	24,7	243	0,49	2,03	40,48	57,37	1,43	0,66	3,94	0,06	0,48	0,70	0,46	9,41	0,025
5	5,74	2,44	1,75	33,3	159	0,24	1,25	9,57	49,40	1,45	0,29	1,69	0,04	1,03	0,23	0,42	20,06	0,031
6	13,30	5,52	4,14	36,3	140	0,22	1,68	23,70	70,31	1,89	0,15	2,05	0,13	1,67	0,29	0,71	34,07	0,062
7	14,30	3,16	3,91	14,0	131	0,17	1,42	41,71	78,96	2,06	0,11	4,05	0,20	1,80	0,25	0,55	34,94	0,074
8	5,00	1,10	1,48	12,5	98,6	0,10	1,20	24,64	80,14	0,90	0,08	9,54	0,10	1,37	0,15	0,21	22,98	0,058
*	9,89	2,59	2,09	21,1	136	0,25	1,42	23,91	58,51	1,57	0,23	4,06	0,09	1,05	0,30	0,35	19,03	0,039
**	500	1	70	10	100	10	10	1	10	50	400	1	–	5	–	0,81	6	–

Примечание: № – номер пробы, * – средневзвешенное значение, ** – ПДКвр [4], нпо – ниже порога обнаружения (0,001 мкг/дм³), прочерк – отсутствие данных.

Авторы выражают благодарность Бердникову Н.В., Авдееву Д.В., Зазулиной В.Е. за помощь в проведении работ.

Литература

1. Василенко В. Н., Назаров И. М., Фридман Ш. Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова.– Л.: ГИМИЗ, 1985. – 182 с.
2. Горбачева Г.Д. Магнезиты Малого Хингана и возможности их использования в народном хозяйстве. // Геология и полезные ископаемые Приамурья: сборник научных трудов к 50-летию Федерального государственного унитарного горно-геологического предприятия (ФГУГП) Хабаровскгеология. Хабаровск: Магеллан, 1999. С. 128-133.
3. Новорощкая А.Г. Химический состав снежного покрова как индикатор экологического состояния Нижнего Приамурья: Автореф. дис... канд. географ. наук. – Хабаровск, 2002. – 24 с.
4. Онихимовский В.В, Беломестных Ю.С. Полезные ископаемые Хабаровского края. (Перспективные для освоения месторождения и проявления). (Комитет по геологии и использованию недр РФ «Дальгеолком», Научно-технический центр «Дальгеоцентр», Приамурское Географическое общество). Хабаровск. 1996. 484 с.
5. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. М.: Изд-во ВНИРО, 1999. – 304 с.
6. Усиков В.И. Минеральные ресурсы Еврейской автономной области. Опыт их изучения, освоения, проблемы, перспективы. Владивосток: Дальнаука, 2006. 144 с.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА СНЕГОВОГО ПОКРОВА НА УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Л.М. Павлова, В.И. Радомская

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

Загрязнённый атмосферный воздух является причиной ежегодной смерти более двух миллионов человек во всём мире [1]. Особенны опасны аэрозоли токсичных и радиоактивных элементов, попадающие с дыханием внутрь живых организмов. Группу высокотоксичных элементов (Tl, Pb, Se, Te, As, Sb, Bi) и радионуклидов (Th, U) объединяют редкая распространённость в земной коре (<0,1 %) и *p*-электронное строение ядра, обуславливающее их общие химические свойства [2]. Эти элементы обычно присутствуют в качестве примесей в рудных телах, в ископаемом топливе (угле) и характеризуются слабой экогеохимической изученностью. Полной картины о количестве, источниках, механизмах и путях распространения высокотоксичных редких элементов в урбанизированных средах нет. Экологогеохимический анализ снежной массы позволяет дать количественную оценку присутствующих в воздушной среде города редких элементов и экстраполировать результаты на качество атмосферного воздуха. Дальневосточные города, считающиеся малопромышленными из-за незначительного количества предприятий, их малой мощности, тем не менее, зачастую позиционируются в первой десятке самых загрязнённых городов РФ [3]. Поэтому целью работы явилось изучение высокотоксичных и радиоактивных элементов в сугробовом покрове на территории г. Благовещенска (Амурской области).

Для оценки воздушной среды анализировали сугробовой покров, рассчитывая ряд экологогеохимических показателей - эмиссионную (E) [4], пылевую (P_p) и элементную нагрузки с твёрдой (P_{tv}) и растворимой фазами снега ($P_{раст}$) [5]. Для оценки интенсивности обогащения аэрозолей высокотоксичными элементами рассчитали коэффициенты аэрозольной аккумуляции (K_a) [6]. На основе коэффициентов относительного увеличения нагрузки каждым из изучаемых элементов (K_p) [5] на городскую среду относительно фона вычислили суммарную нагрузку (Z_p) [7]. На основе коэффициентов концентраций (K_k) определили ореолы распространения изучаемых элементов и определили суммарные показатели загрязнения (Z_c) [5] твёрдой и растворимой фаз сугробового покрова, а также коэффициент фазового распределения между нерастворимыми и растворимыми формами каждого элемента ($K_{фрн}$) [8], градация которого предполагает: очень высокое преобладание взвешенной формы элемента при $P_{tv}/P_{раст} > 10$; высокое преобладание взвешенной формы при $P_{tv}/P_{раст} = 5-10$; умеренное преобладание взвешенной формы при $P_{tv}/P_{раст} = 2-5$; равенство взвешенной и растворённой форм при $P_{tv}/P_{раст} \approx 1$; преобладание растворённой формы элемента при $P_{tv}/P_{раст} < 0,5$.

Благовещенск – небольшой, малопромышленный дальневосточный город, компактно расположенный в междуречье Амура и Зеи у границы с китайским городом Хэйхэ. Локализация топливно-промышленных объектов на территории города носит очагово-зональный характер. Основными источниками аэрогенных выбросов являются Благовещенская ТЭЦ, расположенная на северо-западе, топливные установки (37 котельных) промышленных предприятий (заводов «Амурский металлист», судостроительного, мельзавода, мясоперерабатывающего комбината и др.) на восточной окраине по правобережью р. Зеи и отопительные системы частного жилого сектора преимущественно в центральной части города. Основной вид используемого топлива - бурый уголь. Суммарный объём всех выбросов в атмосферу города достигает 41.9 тыс. т в год [9], в котором доля Благовещенской ТЭЦ составляет 32-33 тыс. т загрязняющих веществ [3]. Автотранспорт, количество которого в Благовещенске достигает почти 70 тыс. единиц, тоже вносит свою лепту в загрязнение воздушной среды города.

Общая эмиссионная нагрузка (E) в Благовещенске не превышает 0,2 т/чел. в год, что характерно для большинства малых и средних промышленных городов России. Максимальная суточная пылевая нагрузка (P_p) в отопительный период достигает 210 кг/км², минимальная – 14

кг/км² (медиана 66,0 кг/км²•сут.). На фоновой точке суточная пылевая нагрузка незначительна – меньше 1 кг/км²•сут., что в 10-20 раз ниже считающейся фоновой для континентальных территорий -10-20 кг/км²•сут. [7]. Ореолы с более высокими значениями твёрдофазных выпадений до 100-210 кг/км²•сут. простираются в восточной части города вдоль правобережья Зеи в зоне влияния заводов, авто- и железнодорожного транспорта, а также в жилых районах с печным отоплением. В центральной части города – в подфакельной зоне выбросов ТЭЦ – пылевая нагрузка значительно ниже и составляет 20-80 кг/км²•сут. В соответствии с экологическими критериями оценки состояния воздушной среды методом снегогеохимического опробования [5] загрязнение атмосферы Благовещенска пылевыми аэрозолями соответствует низкому уровню, превышающему фоновые показатели в 3-10 раз. На состояние атмосферного воздуха урбанизированных территорий оказывает влияние не только техногенез, но и совокупность климатических и геоморфологических факторов. В Благовещенске преобладают северо-западные воздушные потоки (30-54%), особенно в осенне-зимний период, несколько меньше северных и южных ветров (18% и 13% соответственно), ещё реже дуют ветра с востока – 4% [10], поэтому в отопительный период ореолы выбросов от ТЭЦ и печных труб простираются в юго-восточном направлении. Наличие водных акваторий с юга и востока (реки Амур и Зея) способствуют возникновению локальных конвекционных перемещений воздушных масс, перераспределяющих потоки поллютантов.

Общая нагрузка высокотоксичными элементами с пылевой составляющей (Z_p) на атмосферу города составляет 2989 единиц, что соответствует среднему уровню загрязнения снежного покрова в соответствии со шкалой уровней загрязнения [7]. Суммарное количество элемента в снежной массе слагается из растворимых и нерастворимых его соединений. Геохимическое поведение этих форм соединений в экосистеме различно. Первые, геохимически наиболее активные, могут включаться в водную и биогеохимическую миграцию; для нерастворимых форм более естественно их депонирование в органогенном слое почвы. Элементная нагрузка нерастворимыми формами (P_{tb}) на территории города превышает фоновую (P_f) на два-три математических порядка (табл.) - максимальные коэффициенты превышения элементной нагрузки (K_p) на урбанизированную территорию по сравнению с фоновой выявлены для Se (818), значительные – для Th (493), U (471), Tl (392), As (321) и Bi (226), Te (214), Sb (71), что подтверждает факт загрязнения воздушной среды в городе. По суммарному показателю (Z_c), уровень загрязнения нерастворимыми формами элементов на территории города оценивается как низкий (табл.). По аналогии с оценкой состава континентальных аэрозолей [6] пылеаэрозоли в городе обогащены (K_a) в сильной и очень сильной степени Bi и Te, в средней степени - Se и Sb, в умеренной степени - As, Th, U, отрицательной интенсивностью обогащения характеризуется Tl (табл.). Над фоном атмосферные аэрозоли в средней степени обогащены Te, в умеренной степени – As, Se, Sb, отрицательная интенсивность обогащения отмечена для Tl, Th и U.

Нагрузку растворимыми формами элементов ($P_{раств}$) рассчитывали по объему снеготалой воды с 1 м² и концентрации элемента в растворимой форме. Разброс (min-max) суммарного показателя загрязнения Z_c растворимыми соединениями по элементам широкий – от низкого уровня до высокого в отдельных точках обследования (в зоне влияния промышленных предприятий), при этом концентрации растворимых соединений высокотоксичных элементов в снежной массе значительно ниже нормируемых для поверхностных вод ПДК (табл.).

О степени преобладания той или иной формы соединений элемента в атмосферном воздухе и, соответственно, потенциальной или активной его опасности, свидетельствует показатель их соотношения ($K_{фрн}$). Для всех исследуемых элементов выявлено высокое (Se, Sb) или очень высокое (As, Te, Tl, Bi, Th, U) преобладание взвешенных нерастворимых форм, которые впоследствии будут депонироваться в почве, обуславливая реликтовое или остаточное загрязнение. Таким образом, накопление высокотоксичных элементов и радионуклидов в геосистеме может происходить в большей степени за счет твёрдофазных аэрозольных выпадений, что предопределяет отдалённые последствия такого реликтового загрязнения для биоты, например, в случае изменения реакции почвенных растворов.

Локализация геохимических аномалий по исследуемым элементам носит различный характер (рис.), что потенциально позволяет наметить зоны устойчивого, реликтового и современного загрязнения. Для тех элементов, распространение которых в большей степени обусловлено переработкой рудного сырья, деятельностью промышленных предприятий (Te, Sb, Bi), характерно локально-пятнистое пространственное расположение ореолов (рис. а). Повсеместным простираем ореолов на территории города характеризуются U, Th As, Se, Tl, распространение которых в большей степени обусловлено сжиганием органического топлива (рис. б, в, г).

Таким образом, эколого-геохимические оценочные показатели снегового опробования на территории г. Благовещенска свидетельствуют о низком уровне пылевой нагрузки в приземном слое атмосферного воздуха ($P_{\text{п}}=14-210 \text{ кг}/\text{км}^2 \cdot \text{сут.}$). С пылевой составляющей выявлен средний уровень суммарной элементной нагрузки ($Z_p=2989$) на атмосферу города при высоком преобладании в пылеаэрозолях нерастворимых соединений Se, Sb или очень высоком - нерастворимых соединений As, Te, Tl, Bi, Th, U по сравнению с их растворимыми формами. Твёрдая фаза техногенных пылеаэрозолей обогащена в сильной и очень сильной степени Bi и Te, в средней степени - Se и Sb, в умеренной степени - As, Th, U, тогда как над фоновой территорией твёрдая фаза атмосферных аэрозолей обогащена в средней степени Te, в умеренной степени – As, Se, Sb, отрицательная интенсивность обогащения отмечена для Tl, Th и U. В соответствии с оценочными критериями эколого-геохимических показателей загрязнение воздуха в г. Благовещенске нерастворимыми соединениями высокотоксичных металлов и радионуклидов по суммарным показателям оценивается как загрязнение низкого уровня ($Z_c = 14.71-59.5$), тогда как загрязнение растворимыми соединениями этих элементов в отдельных точках может достигать более высокого уровня (Z_c до 211.6), при этом концентрации растворимых соединений высокотоксичных элементов не превышают нормируемых для поверхностных вод ПДК.

Таблица. Эколого-геохимические показатели снегогеохимического опробования урбанизированной территории (г.Благовещенск Амурской области)

Элемент	Твердая фаза снега									
	город		фон		$P_{\text{тв}}$	P_{Φ}	K_p	Коэффициенты концентраций (K_k)		
	C^* , мкг/г	K_a	C^* , мкг/г	K_a	МГ/КМ ² •СУТ.	min		max	Me	
As	11.3	6.0	2.4	1.3	745.8	2.32	321	2.4	13.5	4.7
Se	3.1	22	<0.5	1.8	204.6	0.25	818	2.5	10.5	5.9
Sb	4.5	22.5	0.76	3.8	50.16	0.71	71	3.0	20.3	10.3
Te	0.13	130	<0.08	40	8.58	0.04	214	1.0	4.8	1.0
Tl	1.1	0.6	0.2	0.1	72.6	0.19	382	3.0	8.5	5.5
Bi	0.72	72	0.23	23	47.52	0.21	226	1.2	9.4	3.1
Th	15.9	1	2.3	0.1	1056	2.14	493	3.7	10.6	7.0
U	4.0	1.5	0.6	0.2	264	0.56	471	3.0	10.3	6.6
Zc						14.7	59.5	37.1		
Растворимая фаза снега										
Элемент	C^* , нг/л		$P_{\text{ДК}}^1$, нг/л	$P_{\text{раств}}^2$ МГ/КМ ² СУТ.	$K_{\text{ФРИ}}$	Коэффициенты концентраций (K_k)				
	город	фон				min	max	Me		
As	1800	240	10000	54	13.8	0.1	20.0	6.9		
Se	1800	150	10000	54	3.8	8.0	106.2	27.6		
Sb	736	26.5	50000	22.08	2.3	1.0	54.0	11.7		
Te	<3	<3	10000	0.045	190.7	1.0	1.0	1.0		
Tl	52.5	13.8	100	1.575	46.1	1.0	8.4	3.8		
Bi	4.0	3.8	100000	0.12	396	0.3	4.3	1.1		
Th	3.9	7.7	100000 ²	0.117	9025.6	0.1	3.2	0.5		
U	117.8	13.4	15000 ³	3.534	74.7	1.0	75.1	8.7		
Zc						8.1	211.6	54.3		

Примечание: C^* - концентрация по медиане; ¹ – по [11]; ² – неутверждённые значения ПДК по [12]; ³ – по [13]; Me - медиана

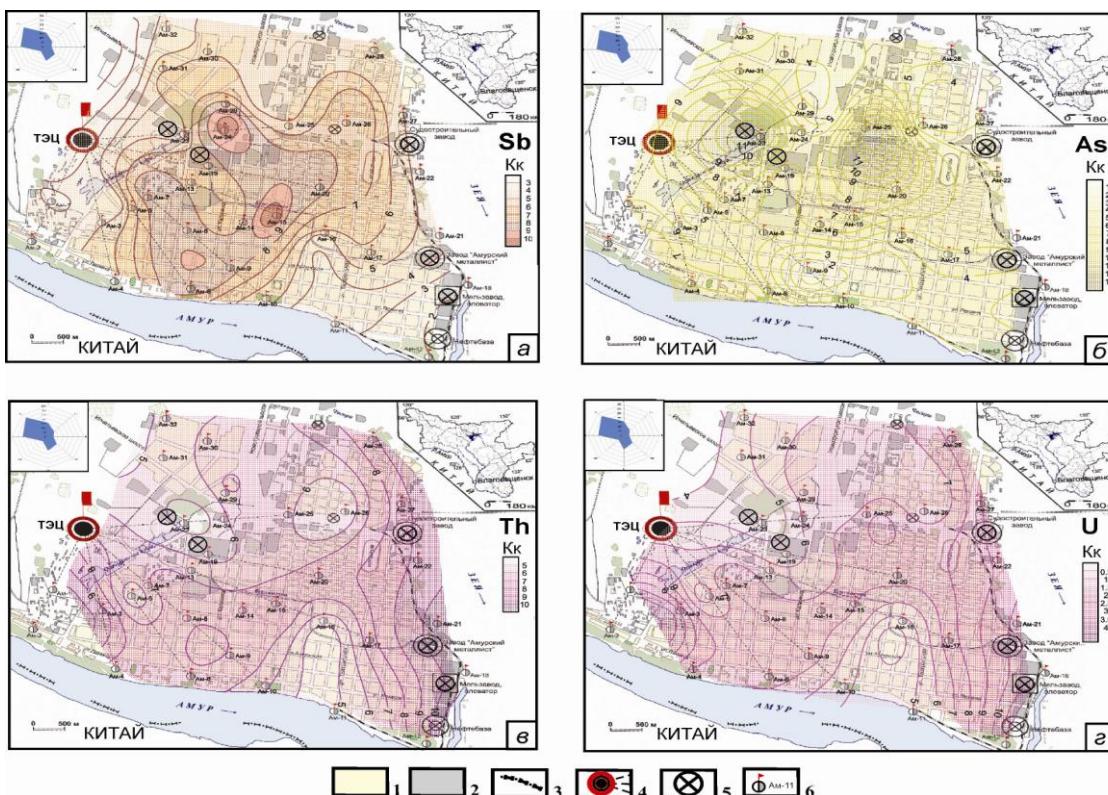


Рисунок. Ореолы элементной нагрузки в пылевой составляющей снегового покрова на территории г. Благовещенска (Амурская область), рассчитанные по Кк: а – сурьма; б – мышьяк; в – торий; г – уран. Условные обозначения: 1 – селитебная территория; 2 – территория промышленных предприятий; 3 – государственная граница РФ с Китаем; 4 – ТЭЦ и подфакельные направления выбросов; 5 – заводы, котельные; 6 – места отбора снежных проб и их номера. Врезки – роза ветров за осенне-зимний период.

Литература

- Shindell Drew T., Collins William J., Dalsoren Stig et all. Global premature mortality due to anthropogenic outdoor air pollution and the contribution of past climate change// Environ. Res. Lett. 2013. № 8. // Режим доступа: <http://iopscience.iop.org> (дата обращения 30.01.2014).
- Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. Кн. 3: Редкие р-элементы.- М.: Недра, 1996. - 352 с.
- Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2010 году». - М.: МПР РФ, 2011. - 571 с.
- Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. - М.: Астрея-2000, 1999. - 769 с.
- Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населённых пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. - М.: ИМГРЭ, 1990. - 8 с.
- Добровольский В.В. Основы биогеохимии. - М.: Академия, 2003. - 400 с.
- Саэт Ю.Е., Ревич В.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. - М.: Недра, 1990. - 335с.
- Маркова Ю.Л. Оценка воздействия промышленности и транспорта на экосистему национального парка «Лосинный остров»: дис.... канд. геол.-минерал. наук. - М., 2003. - 110 с.
- Государственный доклад «Об охране окружающей среды и экологической ситуации в Амурской области за 2012 год». Благовещенск: Министерство природных ресурсов Амурской области, 2013. // Режим доступа: <http://www.amurobl.ru/w> (дата обращения 23.01.2014).
- Коротаев Г.В. Благовещенск: природа и экология. - Благовещенск: Изд-во БГПИ, 1994. -125 с.
- ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» // Режим доступа: <http://www.dioxin.ru/doc> (дата обращения 14.02.2014).
- Беспамятнов Г.П., Богушевская К.К., Беспамятнова А.В., Кротов Ю.А., Зеленская Л.А., Плехоткин В.Ф., Смирнов Г.Г. Предельно допустимые концентрации веществ в воздухе и воде. - Л.: Химия, 1975. - 456 с.
- ГН 2.1.5.2280-07 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». Дополнения и изменения № 1 к ГН 2.1.5.1315-03 // Режим доступа: <http://www.dioxin.ru/doc/gn2.1.5.2280-07.htm> (дата обращения 14.02.2014).

БИОСФЕРА В ГЛОБАЛЬНОМ ТЕКТОГЕНЕЗЕ И ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ РЕГИОНАЛЬНОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ

И.Ф. Савченко¹, И.В. Гиренко¹, Н.И. Белозеров²

¹Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск,

²Амурский Научный Центр ДВО РАН, г. Благовещенск

В биосферах интересна нижеследующая статистика. Из недр Земли в 2011 году было добыто 7695,4 млн т угля и 3276,2 млрд м³ (2457 млн. т) природного газа; в 2012 году извлечено 29956 млн баррелей (4050 млн т) нефти. На горение такого количества топлива необходимо затратить 39450 млн т кислорода, что в 2,80 раз больше физической массы добываемого топлива. Продукты горения (51200 млн т) превышает массу добываемого топлива в 3,63 раза. Причина, почему никого не интересует источник поступления кислорода в атмосферу, кроется в стабильном составе основных газов атмосферы N₂, O₂, CO₂. Газовый состав атмосферы организует и поддерживает биосфера с помощью фотосинтеза водных и наземных растений.

Длительность существования планеты Земля оценивается в 4,55 млрд. лет [7], фототрофы содержащие хлорофилл появились 3,5 млрд. лет назад. К этому времени относится и начало формирования кислородной атмосферы [15]. Из этого следует, что геологическую историю Земли надо разделить на добиологический (дебиосферный) и биосферный (биологический) этапы эволюции, которые имели свои особенности.

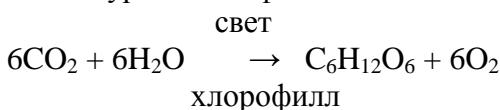
1. Дебиологический (дебиосферный) этап

В этот этап, через 150 млн. лет после окончания главного периода аккреции, появился океан (то есть 4,4 млрд лет назад [21]). Земля интенсивно остывала и, как показано В. Н. Жарковым [7], остывание осуществлялось путем конвекции. На поверхности Земли сформировалась регулярная сеть конвективных ячеек. При этом в литосфере, астеносфере и мантии выделяется слой 700 – 900 км, как одна из глубинных границ конвективной ячейки. Поперечные размеры конвективной ячейки по расчетам должны составлять 1 – 1,4 ее глубины, то есть 700 – 1250 км. Ячеистую сеть конвекции разработал В.А. Алексеев [1]. Им показано, что размер двумерных ячеек равен примерно 100 км. Модель конвективной ячейки в коромантийной оболочке Земли и формирование осадочных бассейнов разработал также Д. А. Астафьев [2, 3]. Далее мы применяем положения тектоники литосферных плит [7, 10], а также идеи изложенные в [1, 2, 3]. Длился дебиологический этап 1,05 млрд лет.

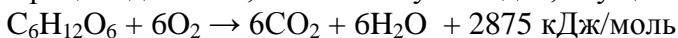
2. Биосферный (биологический) этап

Биологический этап в эволюции оболочек Земли начался с развитием хлорофиллоносных водорослей. Продуктами жизнедеятельности фотосинтезирующих организмов являются органические вещества (ОВ) и молекулярный кислород.

Общее уравнение фотосинтеза имеет вид:



Процесс дыхания, окисления углеводов, осуществляется по реакции:



Энергия дыхания используется на жизненные метаболические процессы. Из закона сохранения следует, что если фотосинтетический O₂ не расходуется на окисление ОВ, а участвует в других химических процессах, то фотосинтетическое ОВ должно накапливаться в земных недрах.

Расчеты с применением закона сохранения вещества и энергии к известным процессам во внешних оболочках Земли показывают, что важной статьей расхода фотосинтетического O₂ было образование гранитоидов путем окисления базальтов, на что было затрачено 2260,7 · 10¹⁵ т и это привело к формированию континентальной коры. Ее блоки и массивы «плавают» на

поверхности астеносферной мантии. Начало формирования блоков и массивов совпадает с появлением фотосинтеза [21].

Расход фотосинтетического O_2 на образование железной руды путем окисления гидроокислов железа (II), учитывая данные [6, 20] составляет $196,5 \cdot 10^{15}$ т O_2 . Формирование кислородно-азотной атмосферы путем окисления аммиака [6] потребовало $8,0 \cdot 10^{15}$ т O_2 . Всего на указанные процессы было затрачено $2465,2 \cdot 10^{15}$ т O_2 , что эквивалентно $2311 \cdot 10^{15}$ т ОВ, депонированных в океанических осадках. Средняя скорость накопления ОВ в осадках за время существования биосфера равна 660 млн т/год, что близко данным [13].

Таким образом, биосферный этап привел к образованию земной коры океанического и континентального типов, а также кислородно-азотной атмосферы.

3. Конвекция в литосфере, астеносфере и верхней мантии

Образование плавающих блоков континентальной коры привело к разрушению регулярной сети конвективных ячеек, которую сменили субдукция и спрединг, коллизия и рифтогенез. При этом «поглощение» фрагментов океанических плит при субдукции и коллизии стало происходить под континентальные окраины и островодужные системы. Глубина конвекции достигает 700 и даже 2900 км [2, 3, 7]. Образование континентальной коры вызвало появление платформ и осадочных бассейнов. Субдукционно-коллизионный и платформенный тип тектонических процессов способствует перемещению осадков в глубокие недра, что приводит к их метаморфизму ОВ вплоть до графитоподобной стадии, флюидизации и конденсации углеводородов (УВ), концентрации запасов.

Важным следствием конвекции с участием ОВ осадков являются продукты термического метаморфизма, прежде всего УВ, их размещение в осадочном чехле и кристаллическом фундаменте, концентрировании запасов УВ в процессе глобального тектогенеза. Существенно, что графитоподобный остаток термолиза ОВ может вовлекаться в мантийные течения, с возможностью преобразования графита в алмазы. При скорости субдукции 30 мм/год [18], длине COX 80000 км, поглощение глубинной области океана (268 млн км^2) будет длиться 110-120 и даже 200 млн. лет.

4. Метаморфизм ОВ в процессе глобального тектогенеза

4.1. Метаморфизм ОВ осадков в осадочных бассейнах платформенных областей

В осадочных бассейнах платформенных областей сапропель, торф и рассеянное ОВ в осадках составляет значительную долю. Мощность осадков может достигать 15-20 и более км, их погружение сопровождается эндогенным прогревом и метаморфизмом ОВ, что приводит к образованию углей и горючих сланцев.

Исследования С. Г. Гагарина и Ю. М. Королева [5] показали, что графитоподобная фаза углей преобладает при температуре метаморфизма около 280-300°C, что соответствует глубинам погружения 8-8,5 км. С. Г. Труфанова и Р. Н. Мурогова [19] допускают начало генерации нефти из ОВ в интервале температур 460-650°C. Из этих и других данных следует, что при платформенном типе осадконакопления из ОВ осадков могут генерироваться только неконденсируемые газы, которые в исключительных случаях, могут образовать локальные незначительные месторождения.

4.2. Метаморфизм ОВ в субдукционно-коллизионной обстановке

В глубокие недра ОВ поступают в литифицированном состоянии. Эксперименты и промышленная сухая перегонка твердых горючих ископаемых (ТГИ) показывают, что разложение ТГИ начинается при $t=200^\circ\text{C}$ с потерей массы 5-9 %. Заканчивается разложение при $t=1150-1200^\circ\text{C}$ с образованием высокообуглероженного остатка (95-99,5%). Летучие вещества выделяются в виде парогазовой смеси (монофлюида). На предприятиях парогазовую смесь разделяют на конденсат и неконденсируемые газы. Из конденсата и газа выделяют целевые продукты.

Есть все основания аппроксимировать условия промышленной сухой перегонки ТГИ к термическому метаморфизму ОВ в глубоких недрах с интервалом температур 200-1200°C, которого достигает слеб на трассе погружения плиты. При геотермическом коэффициенте $30^\circ\text{C}/\text{км}$ термический метаморфизм ОВ будет осуществляться на глубинах 7-40 км. При угле

вхождения океанской плиты под континент $10\text{--}15^\circ$ [8.14] горизонтальное проложение трассы дефлюидизации и конденсации нефти и газа на коллизионно-субдукционной кровле составит 130-200 км.

Если ширина океанического пролива перед «закрытием» была 780 км, то степень концентрирования флюидов может быть 4-6 кратной. В этом заключается механизм концентрации УВ в месторождениях, так как через фронт субдукции или коллизии ограниченным по глубине интервалом проходят обширные акватории, содержащие ОВ в слэбе.

5. Оценка перспектив региональной нефтегазоносности на основе механизма глобальной конвекции

Основой прогноза нефтегазоносности является палеореконструкция [4, 9, 12], построение геодинамической модели региональной геологической структуры. Такой структурой является восточная часть Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП), которая включает Джугджуро-Становый и Селенгино-Становый супертеррейны (ДСС и ССС). Они разделены Джелтулакской шовной зоной [11]. К системе ССС с юга примыкают Ольдойский террейн и система Умлекано-Огоджинского вулкано-плутонического пояса, являющиеся северным обрамлением Амурского супертерейна [17].

До верхнего девона (360 млн. лет назад) указанные структуры существовали обособленно, между ними имелись океанические проливы. Джектулакский миниокеан оформился между ДСС и ССС с развитием АКО с рубежа 160 млн. лет назад. Коллизия ДСС, ССС и Амурского супертерейна завершилась закрытием миниокеана в раннем мелу (134 млн. лет). Формирование океанических осадков миниокеана до коллизии относится к периоду верхний девон – нижний мел (226 млн. лет), закрытие миниокеана началось в верхней юре и закончилось в нижнем мелу (продолжительность 26 млн. лет). При скорости поглощения акватории 0,03 м/год [18], ширина миниокеана равнялась 780 км. Концентрации запасов ОВ океанических осадков при коллизии равнялась $412 \times 10^6 \text{ т}/\text{км}^2$, которые могли быть источником $96 \times 10^6 \text{ т}/\text{км}^2$ УВ. Термическая генерация нефти и газа из ОВ начинается при температуре 465°C [19] и продолжается до 1200°C , что при геотермальном коэффициенте глубоких скважин $27\text{--}32^\circ\text{C}$ соответствует интервалу глубин от 14,5-17,2 км до 37,5-44,5 км. Из этого следует, что при угле поглощения плиты Джектулакского океана равным $7\text{--}10^\circ$, флюиды УВ термического разложения будут иметь горизонтальное положение на поверхности субдукционно-коллизионной кровли 170-245 км. Вот на этом расстоянии от главного Южно-Тукуингрского разлома [22] или Джектулакского трога с проявлением и графита [16] в южном направлении следует планировать поиски УВ.

При проектировании поисков на УВ кроме аккреционных призм сооружений Тукуингра-Джагды следует максимально учитывать результаты геолого-геофизических работ, сопутствующие и прямые признаки нефтегазоносности, т. е. осуществлять предварительный системный анализ.

Например по признакам минимальной плотности пород коры приоритет по наличию УВ имеют территории, тяготеющие к г. Сковородино [22]. По признакам выхода свободного водорода нефтегазовых скоплений, способного вызвать суффозионные просадки на поверхности осадочного чехла с образованием озерных ванн перспективны озеро Огорон, озера Кругляки (бассейн р. Орловки), озеро Круглое (надпойменная терраса р. Томь) и многие другие.

Литература

1. Алексеев В.А. Структура тепловой конвекции в мантии и образование глубинных нефти и газа // Современное состояние теории происхождения, методов прогнозирования и технологий поисков глубинной нефти: I –Кудрявцевские чтения. Всероссийская конференция по глубинному генезису нефти, 22-25 окт. 2012 г., М.: [сб. докл.]. М.: ЦГЭ. 2012. С. 5-8.
2. Астафьев Д.А. Роль планетарной магмофлюидодинамической системы Земли в тектогенезе, бассейно- и нефтегенезе// Дегазация Земли: геотектоника, геодинамика, геофлюиды; нефть и газ; углеводороды и жизнь. Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения академика П. Н. Кропоткина 18-22 окт. 2010 г.-М. ГЕОС, 2010. С. 39-42.

3. Астафьев Д. А. Коромантийная геодинамика, планетарная магмофлюидодинамическая система и глубинные структуры бассейно- и нефтигенеза. I-е Кудрявцевские чтения. Всероссийская конференция по глубинному генезису нефти. 22-25 окт. 2012 г., Москва, ЦГЭ.
4. Верниковская А.Е., Верниковский В.А., Сальникова Е.Б., Котов Б.А. и др. Лейкогранитный магматизм А-типа в эволюции континентальной коры западного обрамления Сибирского кратона // Геология и геофизика. 2007. Т. 48, № 1. С. 5-21.
5. Гагарин С. Г., Королев Ю. М. Моделирование преобразования фазового состава ископаемых углей в недрах. Химия твердого топлива. 2003. №6. С. 6-19.
6. Дроздовская А.А., Снежко А.М. Проблема органического вещества в раннем докембрии Общ. и регион. геология: геол. карт. Обзор / ВНИИ экон. минер. сырья и геол.-развед. работ (ВИЭМС). - М. 1989. -55с.
7. Жарков В.Н. Внутреннее строение Земли и планет. – М.: Наука, 1983. - 416 с.
8. Касаткин С.А., Обжиров А.И. Разломная зона Носаппу и условия формирования газогидрантов (Охотский регион) // Тектоника, глубинное строение и минерагения Восточной Азии: VIII Косыгинские чтения: Всероссийская конференция, 17-20 сент. 2013 г., Хабаровск [сб. докл.]. Хабаровск: изд-во «Дальннаука», 2013. С. 510-513.
9. Коровина Т.А., Чирков В.П., Кропотова Е.П., Шадрина С.В. Модель континентальной окраины как методологическая основа прогноза нефтегазоносности доюрского основания Западной Сибири // I Всероссийская конференция по глубинному генезису нефти, 22-25 окт. 2012 г., Москва: [сб. докл.]. М. ЦГЭ, 2012. С. 285-286.
10. Кузьмин М.И., Корольков А.Т., Дриль С.И., Коваленко С.Н. Историческая геология с основами тектоники плит и металлогении. – Иркутск: изд-во Иркутского университета, 2000. – 288 с.
11. Ларин А.М. Великославинский С.Д., Котов А.Б. и др. Тектоно-магматическая эволюция Джугджуро-Станового и Селенгино-Станового супертеррейнов Центрального-Азиатского складчатого пояса // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии: Всероссийская научная конференция, 16-18 июня 2010 г., Благовещенск: [сб.докл.]. Благовещенск: ИГиП ДВО РАН, 2010. С. 25-26.
12. Метелкин Д.В., Верниковский В.А., Казанский А.Ю. Неопротерозойский этап эволюции Родинии в свете новых палеомагнитных данных по западной окраине Сибирского кратона // Геология и геофизика. Т. 48, № 11. 2007. С. 42-59.
13. Нигматулин Р.Н. Океан: климат, ресурсы, природные катастрофы // Вестник РАН. 2010. Т. 8, № 8. С. 66-72.
14. Пилицын А.Г., Кременецкий А.А. Прогноз месторождений нефти и газа восточной части острова Ява по данным дистанционного зондирования// Современное состояние теории происхождения, методов прогнозирования и технологий поисков глубинной нефти: I –Кудрявцевские чтения. Всероссийская конференция по глубинному генезису нефти, 22-25 окт. 2012 г., М.: [сб. докл.]. М.: ЦГЭ. 2012. С. 285-286.
15. Розанов А. Ю. Когда появилась жизнь // Вестник РАН. 2010. Т. 8, № 8. С.675-694.
16. Савченко И.Ф., Мельников А.В., Гиренко И.В. О возможности совмещенного глубинного рудогенеза и генерации углеводородов в Джелтулакской шовной зоне Монголо-Охотского орогенного пояса // Геодинамика и минерагения Северо-Восточной Азии: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 40-летию Геологического института СО РАН, 26-31 авг. 2013. С. 313-317.
17. Сорокин А.А., Понаморчук В.А., Травин А.В., Сальникова Е.Б. Корреляция позднемезозойского магматизма северной окраины Амурского супертеррейна // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии: Всероссийская научная конференция, 16-18 июня 2010 г., Благовещенск: [сб.докл.]. Благовещенск: ИГиП ДВО РАН, 2010. С. С. 55-57.
18. Сорокин А.П., Серов И.А., Жижерин В.С. Современные движения блоковых структур восточной окраины Центрально-Азиатского складчатого пояса // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии: Вторая Всероссийская Научная Конференция, 15-16 окт. 2012 г., Благовещенск: [сб. докл.]. Благовещенск: Изд-во «Зея», 2012. С. 26-28.
19. Труфанова С. Г., Мургова Р. Н. Газогеохимические критерии глубинности процессов нефтегазообразования.// Дегазация Земли: геотектоника, геодинамика, геофлюиды; нефть и газ; углеводороды и жизнь. Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию академика П. Н. Кропоткина 18-22 окт. 2010 г. .-М. ГЕОС, 2010. С. 280-283.
20. Физические величины. Справочник / Под ред. И.С. Григорьева и Е.З. Михайлова — М.: Энергоатомиздат, 1991. С.1181-1182.
21. Хайн В.Е. Взаимодействие атмосферы, биосфера и литосфера – важнейший процесс в развитии Земли // Вестник РАН. 2007. Т. 77, №9. С. 794-797.
22. Шевченко Б.Ф., Романовский Н.П., Гуровч В.Г. Петрофизическая модель земной коры полосы профиля З-ДВ Сковородино – Томмот: тектонические следствия // Тектоника, глубинное строение и минерагения Восточной Азии: VIII Косыгинские чтения: Всероссийская конференция, 17-20 сент. 2013 г., Хабаровск [сб. докл.]. Хабаровск: изд-во «Дальннаука», 2013. С. 587-599.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (РЗЭ) В РУСЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РЕКИ ЗЕИ (БАССЕЙН РЕКИ АМУР)

О.А. Сорокина

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

В последние годы русловые отложения и речные взвеси являются предметом активных геохимических исследований в различных регионах мира. При этом российская часть Дальнего Востока – один из наименее изученных в этом отношении регионов мира, несмотря на то, что здесь широко развита речная сеть. Цель исследования заключалась в установлении основных закономерностей распределения РЗЭ элементов в русловых отложениях среднего участка р. Зеи.

Среднее содержание редкоземельных элементов (РЗЭ) в образцах русловых отложений Зеи варьирует в интервале от 106,9 до 222,2 мкг/г. Распределение РЗЭ в проанализированных образцах отчетливо дифференцировано (рис. 1), при величине отношения $[La/Yb]_n = 9,9 - 16,4$.

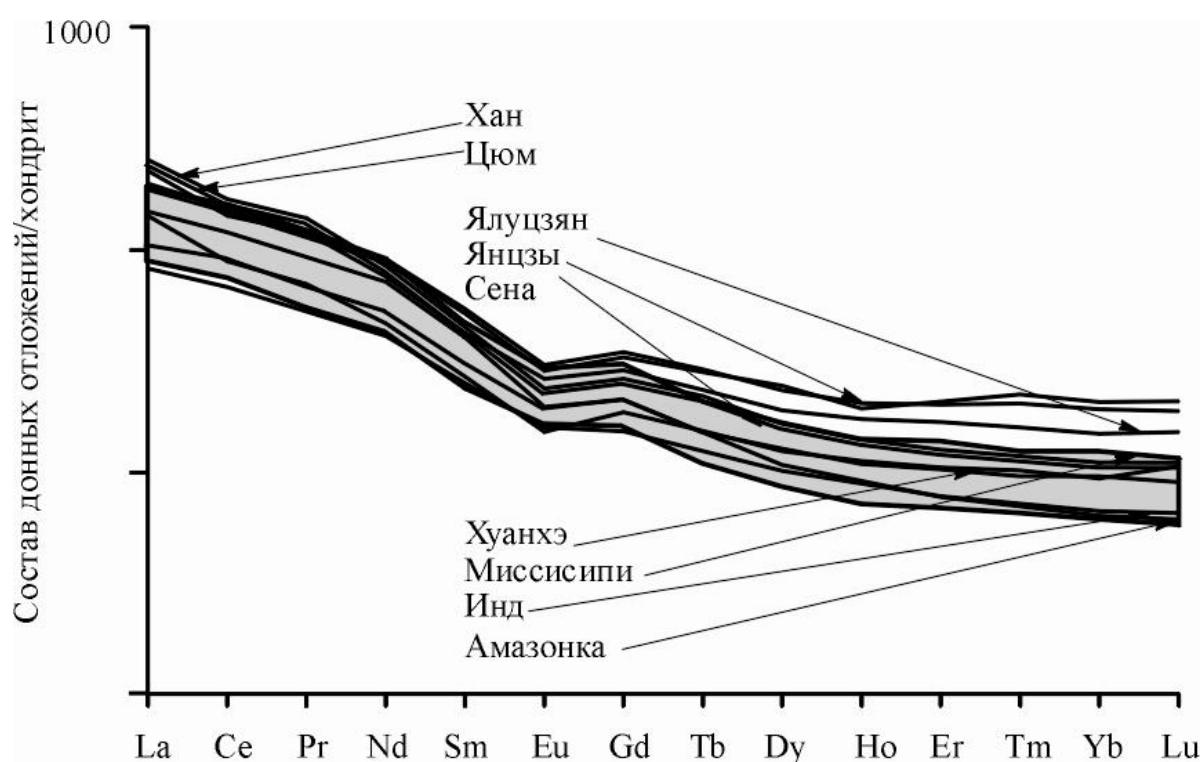


Рис.1 Графики распределения редкоземельных элементов в русловых отложениях р. Зея (серое поле) в сравнении с таковыми в русловых отложениях и взвесях некоторых крупных рек мира по [1], нормированные по составу хондрита по [2].

Характерной чертой распределения также является обогащение легкими лантаноидами по отношению к средним и более пологий график в области средних и тяжелых лантаноидов, о чем свидетельствуют отношения $[La/Sm]_n = 4,9 - 3,1$ и $[Gd/Yb]_n = 2,0 - 2,7$. Большинство спектров РЗЭ имеют незначительную отрицательную европиевую аномалию – $Eu/Eu^* = 0,66 - 0,87$, цериевая аномалия практически отсутствует $Ce/Ce^* = 0,97 - 1,1$.

Анализ имеющихся в литературе данных по геохимии донных отложений рек мира [3, 1] свидетельствует о том, что выявленные особенности для русловых отложений Зеи не являются уникальными. В частности, спектры РЗЭ в русловых отложениях большинства известных крупных рек при нормировании на хондрит подобны друг другу (рис. 1). Для них характерны обогащение легкими лантаноидами и слабо выраженная европиевая аномалия.

В то же время определенные различия становятся очевидными при использовании в качестве нормировочного фактора состава верхней континентальной коры (рис.2).

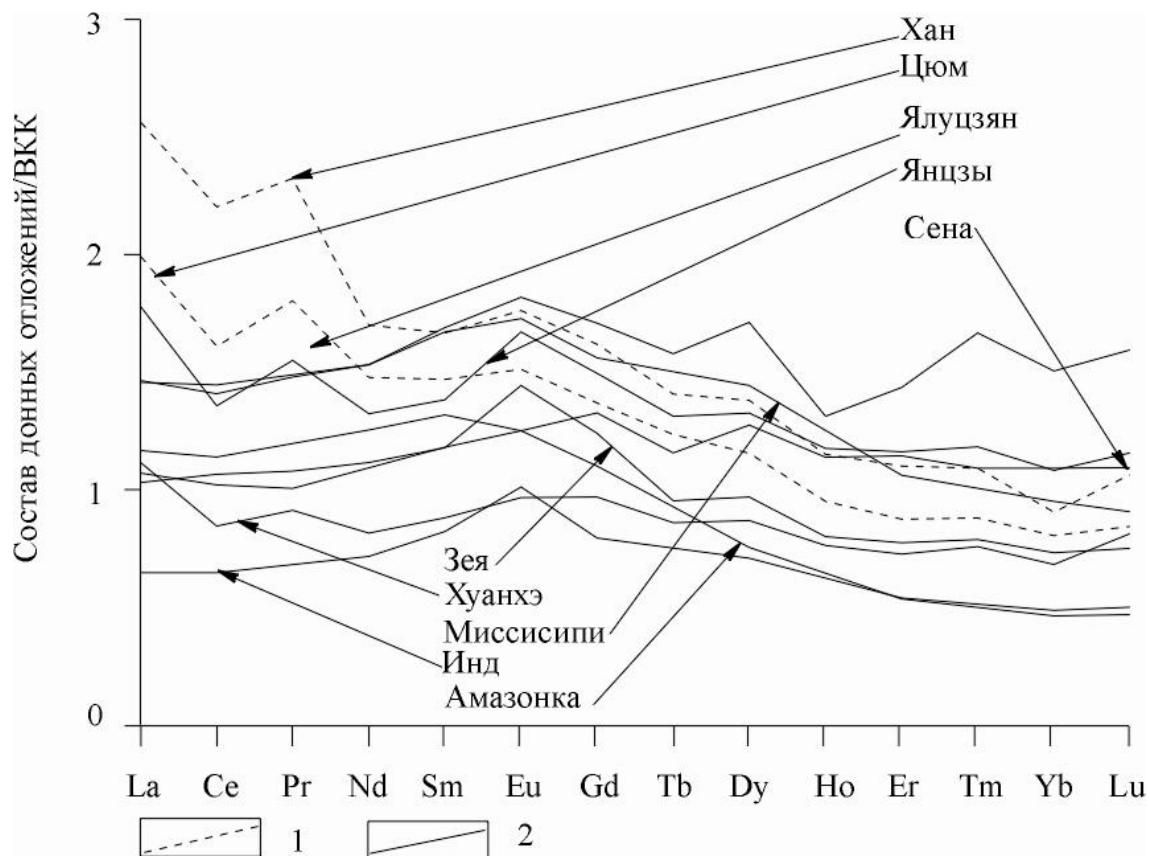


Рис. 2. Графики распределения редкоземельных элементов в русловых отложениях р.Зея и рек мира, нормированные по составу верхней континентальной коры [4] (1 – реки, протекающие по горной местности, 2 – реки, протекающие в условиях равнин).

Так, составы донных осадков рек, развитых в условиях горного рельефа и характеризующихся значительным уклоном долин (реки корейского полуострова – Хан, Цюм) [1], отличаются большим обогащением легкими редкоземельными элементами. В противоположность им составы донных осадков рек, протекающих в условиях равнин вне зависимости от региона (Хуанхэ, Сена, Амазонка, Инд, Миссисипи, Ялуцзян, Янцзы), имеют существенно более пологий график распределения РЗЭ на уровне верхней континентальной коры. Именно такие особенности имеют составы донных отложений р. Зеи.

Резюмируя проведенные исследования, можно сделать следующий вывод: спектры РЗЭ рек различных регионов мира и Зеи, нормализованные по верхней континентальной коре, имеют существенные отличия. Характер распределения РЗЭ Зеи близок к составам русловых отложений рек, протекающих в условиях равнин.

Литература

- Shouye Y., Congxian L., Lee C. D., Na T. K. REE geochemistry of suspended sediments from the rivers around the Yellow Sea and provenance indicators // Chinese Science Bulletin. – 2003. – Vol. 48, N 11. – P. 1135–1139.
- McDonough, Sun S-s. The composition of the Earth // Chemical Geology. – 1995. – Vol. 120, N 3–4. – P. 223–253.
- Gaillardet J., Dupré B., Allégre C. J. Geochemistry of large river suspended sediments: Silicate weathering or recycling tracer? // Geochimica et Cosmochimica Acta. – 1999. – Vol. 63, N 23/24. – P. 4037–4051.
- Taylor S. R., McLennan S. M. The geochemical evolution of the continental crust // Reviews of Geophysics. – 1995. – Vol. 33. – P. 241–265.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ОРГАНИЗАЦИИ АГРАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ТАЁЖНОЙ ЗОНЕ СЛАБООСВОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

В.Т. Старожилов¹, М.М. Суржик², В.И. Ознобихин³

¹Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

²Горнотаежная станция им. В.Л. Комарова ДВО РАН, г. Уссурийск

³Биолого-почвенный институт ДВО РАН, г. Владивосток

Развитие Дальневосточного федерального округа оправдано связывается с освоением значительного природно-ресурсного потенциала этого региона и, прежде всего, с добычей и первичной переработкой полезных ископаемых. Реализовываться это будет, возможно, через создание соответствующих горнопромышленных комплексов (ГПК) государственных, акционерных, частных. Ориентация только на вахтовый способ организации работ таких предприятий представляется не совсем правильным, так как не решается вторая, не менее важная задача – заселение территории, что предопределяет создание продовольственной базы. Поэтому, при освоении новых территорий, в циклы производства должны включаться элементы создания аграрно-промышленных производств (АПП). Особенности образования и функционирования таковых для советского времени было достаточно полно изложены в работе М.Т. Романова [16]. Авторы сообщения ставили перед собой задачу – отразить основные черты геоэкологической обстановки и показать узловые вопросы проектирования агрохозяйств для промышленных предприятий горнодобывающего комплекса в таёжной зоне на агроландшафтной основе.

Необходимо сразу подчеркнуть, что районы нового освоения, относящиеся к таёжной зоне, характеризуются как территории с повышенной сировостью и напряженностью агроклиматических ресурсов – с коротким безморозным периодом, низкой общей теплообеспеченностью, низкими температурами пахотного слоя. Поэтому при проектировании таких параллельных предприятий необходимо использовать агроландшафтный подход, подробно изложенный в методическом руководстве [1]. При проектировании АПП подбор участков по рельефу, микроклиматическим параметрам представляется первостепенным. В таблице представлены наиболее важные геоэкологические параметры качественной оценки пригодности территории и её отдельных частей под АПП и варианты геоэкологической оптимизации. В связи с этим возникает вопрос о характере изысканий под АПП. Они должны осуществляться в несколько этапов, как минимум в два.

На первом этапе подбираются участки, пригодные по рельефу с учетом эффективной организации будущих полей овощного и кормового севооборотов, участков сенокосооборота, пастбищеоборота с целью получения планируемой продукции и формирования инфраструктуры (дорог, мостов, скотопрогонов, водопоев, загонов летней дойки, мест временного промежуточного хранения продукции - сенников и пр.). На карте фиксируются величина уклона поверхности, длина, ширина, экспозиция, характер микрорельефа, проводится почвенная съемка с характеристикой гранулометрического состава верхнего гумусированного горизонта, с определением гидрофизических в метровом профиле и агрохимических параметров, (включая тяжелые металлы - ТМ), определяется наличие и характер грунтовых вод и верховодки. Все осваиваемые участки относятся к перспективному мелиоративному фонду, который характеризуется различными существенными проблемами при освоении земель. Эти сложности определяются особенностями почв муссонно-мерзлотных ландшафтов [7,8,9] и трудностями мелиорации в местных условиях [2, 13, 18].

На втором этапе по этим параметрам рассчитываются величины прямой и рассеянной радиации, определяется её фотосинтетически активная часть и возможный биологический урожай, обеспеченность суммами активных температур, оценивается вероятность повреждения посевов заморозками, определяются: величина безморозного периода, показатель сировости зимы для оценки условий перезимовки озимых культур. По этим данным определяется набор

культур и сортов для возделывания кормовых, овощных в открытом, полуоткрытом и закрытом грунте.

Таблица - Геоэкологические факторы землепользования, влияющие на эффективность аграрного производства в таёжной зоне

Компонент	Проявления	Предотвращение в условиях	
		близких к естественным	при мелиорации
ОСОБО ОПАСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ			
Наводнения	Затопление посевов, пастбищ, прирусловая и паводковая эрозия, захламление территории и пр.	Тщательный выбор участка, исключение территорий затопления из территории постоянного сельскохозяйственного использования	Защита регулированием стока, одамбованием особо ценных земель, создание резервных пастбищ и сенокосов, сенохранилищ на незатопляемых территориях
Ливневые дожди	Плоскостная и ручейковая, овражная эрозия	Организация противоэрэозионного поверхностного стока, специальная агротехника	Малые приовражные противоэрэозионные гидroteхнические сооружения
Землетрясения	Разрушение производственных и жилых строений, элементов инфраструктуры	Строительство с учётом проектной балльности землетрясений	
Оползни	Нарушение поверхности полей, дорожного полотна и пр.	Противооползневые мероприятия	
Провалы после вытаивания многолетней мерзлоты		После вытаяки подготовительный период планировки поверхности	
Наледи		Противоналедевые мероприятия	
Ранние заморозки	Повреждение растений	Противозаморозковые поливы, утреннее задымление, ранняя уборка	
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ			
Агроклиматический потенциал (тепло- и влагобалансовые соотношения)	Обеспеченность теплом и дождевыми осадками	Ориентирование гребней и гряд по странам света и рельефу для повышения теплообеспеченности и сброса избытка влаги	Применение утепления гряд за счёт биотопливной подушки и пленочных тепло- и влагоаккумулирующих плёночных укрытий гряд, орошение.
Рельеф	Проявление эрозии при опасных уклонах, форме и длине склона	Подбор участков с параметрами и гранулометрическим составом почв, исключающими эрозию	Разработка противоэрэозионных агротехнических мер
Агропочвенный потенциал (параметры плодородия)	Избыточное увлажнение и заболачивание	Перехват и отвод склоновых и грунтовых вод и верховодки каналами, дренами	
	Каменистость	Уборка камней на глубину обрабатываемого слоя почв с учётом естественной усадки	
	Маломощность	Постепенное углубление пахотного горизонта до 22-24 см с внесением органических удобрений (навоз, сидераты) и известкованием	
	Сильная кислотность	Известкование почв дозой, создающей оптимальную реакцию среды для культур севооборота	
	Низкая гумусированность	Внесение навоза, торфокомпостов, сидератов, послеуборочных остатков	
	Переуплотненные слои	Глубокое мелиоративное рыхление	
	Не оптимальный водный режим	Гребне-грядовая технология	Дренаж, орошение дождеванием

Составляется схема геохимических ландшафтов, по которым устанавливаются ограничения на использование средств химизации. Оценивается поверхностный сток и дренированность. По расчёту талого и дождевого твердого стока (смыва почв) определяется необходимость и характер противоэрозионных мероприятий. По гидрофизическими параметрам почв, характеризующих состояние почвенной влаги, и по интенсивности дождей определяется необходимость дренажа, глубина и частота его закладки. По агрохимическим показателям, планируемой величине урожая разрабатывается система удобрений для каждого севооборота, сенокооборота и пастбищеоборота. Определяется проектная полноценность кормов и качество овощной продукции по содержанию ТМ в почвах. При близком расположении рудоносных очагов и их элювия от территории АПП такая оценка должна быть обязательной.

Только комплексно проведённые изыскания и реализация расчётной части позволяют выполнить основное требование, предъявляемое к агроландшафту - создание его социально эффективным, устойчивым с геоэкологических позиций и безопасным окружающей его среде. В таёжной зоне широко проявляются следующие деградационные явления: переуплотнение, водная эрозия, подкисление, дегумификация, снижение биологической активности, заболачивание, загрязнение ТМ и биоцидами. Прямыми путем преодоления этих негативных явлений является комплексное окультуривание почв до оптимального состояния.

Из организационных моментов АПП. При наличии крупных пригодных для земледелия массивов и необходимости в больших объемах продукции имеет смысл проектировать самостоятельные коллективные сельхозпредприятия или подсобные хозяйства ГПК с первичной переработкой скоропортящейся продукции [17]. При необходимости в малых объемах товарной продукции и множестве мелких разобщённых участков необходимо проектировать скооперированные фермерские хозяйства типа таёжных заимок различной специализации, в том числе и ориентирующихся на сборе лесной не древесной продукции (ягод, грибов, орехов, лекарственного сырья и пр.).

Безусловно, ведущее значение при организации АПП имеет экономический фактор, но на слабо освоенных территориях, по нашему мнению, чрезвычайно важен учёт природных условий для формирования агроландшафта и его специализации. Опыт проектно-изыскательских работ в пределах таёжной зоны Приморского края [3, 6, 10,] подтверждает, что наиболее оптимальный размер фермерского хозяйства овощного направления составляет 5 га (посевы овощей -3 га, ранний картофель - 1,5 га, теплица - 0,2 га). При современных условиях для самообеспечения фермера молоком и мясом необходимо увеличить площадь сельхозугодий до 10 га для формирования кормовой базы. По мере формирования АПП и его стабилизации необходимость в подсобном животноводстве отпадёт и на землепользовании одного хозяйства может организоваться два овощного направления. Площадь хозяйств молочно-мясного направления составляет 85 га с поголовьем КРС 60 голов, в том числе коров - 24. На перспективном уровне эти хозяйства должны содержать поголовье, соответственно, 110 и 60 голов. Площадь хозяйств плодово-ягодной специализации - 5 га.

Фермерские хозяйства одной специализации целесообразно размещать группами по 10-20 и более для обеспечения возможности их кооперирования для совместной первичной подработки, хранения продукции, приобретения и использования высокопроизводительной техники. Оптимальным расселением представляется хуторское и заимковое, объединяющие до 20 и более индивидуальных усадеб.

В снабжении скоропортящейся продукцией растениеводства таких территорий значение имеют садово-огороднические объединения. Для них подбор участков освоения аналогичен вышеизложенному для АПП, но за элементарную площадь принимается 5-12 соток.

Таким образом, геоэкологические предпосылки, наряду с экономическими условиями, имеют крайне важное, определяющее значение в специализации агропромышленных производств, формирующихся в таёжной зоне. Они определяют трудозатраты на мелиорацию земель, их освоение, организацию территории, природоохранные мероприятия и разработку агротехнологий.

Литература

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: Метод. руководство./ Под ред. акад. Кирюшина В.И., Иванова А.Л. - М.: Росинформагротех, 2005. - 784 с.
2. Алексейко А.А. Мелиорация торфяных мерзлотных почв Приамурья. - Благовещенск: ДВО ДОП РАН, 2001. - 114 с.
3. Амачаев В.П., Ознобихин В.И., Суржик М.М. Общие направления землеустройства фермерских хозяйств Приморского края // Проблемы землеустройства и почвоведения на Дальнем Востоке России. - Уссурийск: ДВО ДОП РАН, 2001. - С. 130-140.
4. Бакланов П.Я. Линейно-узловые структуры промышленности как опорный каркас территориально-хозяйственных структур // Территориально-хозяйственные структуры Дальнего Востока.- Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1982. - С.16-32.
5. Бакланов П.Я., Романов М.Т., Степанько А.А. Сельское хозяйство Приморского края, его роль в продовольственном обеспечении населения // Аграрная политика и технология производства сельскохозяйственной продукции в странах Азиатско-Тихоокеанского региона: Матер. Междунар. науч. конф.– Земледелие и природообустройство. – Уссурийск: ПГСХА, 2002. Т. 1. - С. 16-29.
6. Воробьева Т.Ф., Дюкарев В.Н., Каракин В.П., Ознобихин В.И. Особенности земельных ресурсов таежных районов // Экологическое состояние и ресурсный потенциал естественного и антропогенно измененного почвенного покрова. – Владивосток: ДВО ДОП РАН, 1998. - С. 229-243.
7. Грищенко Е.А., Женжебир А.М., Ознобихин В.И. Водно-физические свойства и мелиоративные особенности основных почв Амурской области // Совершенствование мелиорации земель на Дальнем Востоке. – М.: ВНИИГиМ, 1987.- С. 130-147
8. Зимовец Б.А. Почвенно-геохимические процессы муссонно-мерзлотных ландшафтов. - М.: Наука.1967, - 167 с.
9. Иванов Г.И. Почвообразование на юге Дальнего Востока. - М.: Наука,1976. - 200 с.
10. Каракин В.П., Ознобихин В.И. Сельскохозяйственное освоение земель таежных территорий // Экологическое состояние и ресурсный потенциал естественного и антропогенно измененного почвенного покрова. – Владивосток: ДВО ДОП РАН, 1998. – С. 244-249.
11. Крупская Л.Т., Саксин Б.Г., Ивлев А.М. и др. Оценка трансформации экосистем под воздействием горного производства на Дальнем Востоке. - Хабаровск: Изд-во ин-та Горного дела ДВО РАН, 2001.- 250 с.
12. Малиук С.Н. Влияние природных и социально-экономических факторов на структуру и специализацию региональных АПК // Природно-ресурсный потенциал Восточной Сибири и проблемы формирования аграрных и промышленных комплексов.- Иркутск: ИГ СО АН СССР, 1986.- С.84-85.
13. Ничепоренко Е.Н., Дербенцева А.М., Ознобихин В.И. Мелиоративный фонд Дальнего Востока и перспективы его использования // Развитие и размещение производительных сил и транспортное обеспечение Дальневосточного экономического района: Матер. Всесоюз. науч. конф. – Хабаровск: Ин-т экон. исслед-ний ДВНЦ АН СССР, 1984. - С. 14-15.
14. Новоселецкий Р.Н., Сущенко В.Е., Тимофеев Б.А. Проблема использования солнечной радиации – главного источника энергии в тепловых мелиорациях на вечной мерзлоте //Тр./Северо-Вост. комплекс. НИИ ДВНЦ АН СССР.1976. Вып. 74.- С.63-77.
15. Павлов Н.В., Голов Г.В. Рекомендации по окультуриванию и сельскохозяйственному использованию мелиорируемых минеральных почв Амурской области. – Благовещенск: Амурск. компл. отд. ДальНИИГиМ, 1986.- 28 с.
16. Романов М.Т. Локальные промышленно-аграрные системы юга Дальнего Востока. - Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. – 151 с.
17. Романов М.Т. ТERRITORIALNAYA ORGANIZACIYA HOZJAJSTVA SLABOOSEVOENNYX REGIONOV Rossii.- Владивосток: Дальннаука, 2009.-318 с.
18. Худяков Г.И., Бортин Н.Н., Ознобихин В.И. Экологические аспекты мелиораций на Дальнем Востоке // Повышение эффективности мелиорации и водного хозяйства на Дальнем Востоке: Итоги и перспективы исследований: Тез. докл. IV зон. науч. конф. г. Уссурийск. Генеральные доклады. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. - С. 24-31.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД СРЕДНЕАМУРСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА ДЛЯ ПИТЬЕВЫХ НУЖД

Н.К. Фишер, В.В. Кулаков

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск

В последнее время подземные воды (ПВ) рассматриваются не только как ценное ископаемое, но и как живой организм, который играет важную роль в гидрологическом цикле, поддержании болот, почв и растительности. Экосистемы ПВ на функциональном уровне обеспечивают очистку воды от загрязнения и патогенов, а также снабжение безопасной питьевой водой (Griebler et al., 2014). Однако использование ПВ в качестве источника водоснабжения имеет ряд экологических ограничений. Природное качество подземных вод является определяющим при выборе их в качестве источника питьевого водоснабжения. Понимание уязвимости ПВ и их потенциала самоочищения дает возможность прогнозировать последствия антропогенного на них влияния как для здоровья населения, так и для самих ПВ.

Среднеамурский артезианский бассейн расположен в среднем и нижнем течении р. Амур и приурочен к одноименной впадине (рис. 1). Являясь трансграничным бассейном, он расположен на территории России (55000 км^2) и Китая (45000 км^2). Восстановительная обстановка благоприятствует накоплению железа и марганца в подземных водах бассейна [3], содержание которых превышает нормы для питьевого водоснабжения. Концентрация железа увеличивается по мере движения от обрамления бассейна (менее 1 мг/л) к его центральным частям и достигает 20–30 мг/л (иногда – 80 мг/л). Концентрация марганца в водах бассейна варьирует от 0,1 до 5,0 мг/л. Отмечается дефицит фтора – 0,05-0,3 мг/л при биологической норме около 1,5 мг/л. Для решения экологических проблем безопасности использования подземных вод с высоким природным содержанием железа и марганца экологически и экономически предпочтительней использовать внутрипластовую очистку [9].



Рис. 1. Карта-схема Среднеамурского артезианского бассейна [11]

При выборе источников водоснабжения необходимо учитывать степень защищенности подземных вод от загрязнения, которая зависит от литологического состава пород зоны аэрации, водовмещающих пород и водоупорных горизонтов. Подземные воды Среднеамурского артезианского бассейна характеризуются разной степенью защищенности (Караванов, 1996). Район развития аллювиальных песчаных или песчано-гравийных отложений в поймах рек и первых надпойменных террас характеризуется низкой степенью защищенности. По окраинам бассейна, где отмечается развитие мощных зон выветривания (иногда заглинизованных) мощностью 50-100 м, защищенность подземных вод характеризуется как средняя. В районе развития озерных верхне- и среднечетвертичных глин мощностью до 10-15 м на надпойменных террасах степень защищенности подземных вод бассейна характеризуется как высокая. В условиях антропогенной нагрузки, строительство водозaborных сооружений наиболее предпочтительней в зонах с высокой защищенностью подземных вод.

В районах слабой защищенности ПВ и интенсивной антропогенной нагрузки как на российской части, так и на китайской отмечается загрязнение ПВ бассейна [1, 2, 6, 11]. Наиболее интенсивное загрязнение российской территории бассейна отмечается в самой северной его части в районе г. Комсомольск-на-Амуре (Архипов, Козлов, 1999). По количеству участков и объему загрязнения ПВ, нефтепродукты и их производные являются приоритетными для территории. Использование в 40-50х годах вырытых незащищенных котлованов в качестве резервуаров хранения сырой нефти, многочисленные прорывы продукто- и нефтепроводов, захоронение нефтешламов привели к масштабному загрязнению ПВ северной части города. Содержание НП в отдельных скважинах превышает ПДК в 1000 раз и более, а мощность слоя плавающих на поверхности ПВ линз нефти может достигать 3,5 м.

Считается, что самоочищение подземных вод может происходить за счет разбавления, сорбции, испарения и биодеградации. Однако истинное самоочищение происходит за счёт биодеградации, поскольку происходит деструкция загрязняющих веществ. При этом лимитирующими факторами для микроорганизмов являются отсутствие акцепторов электронов и низкая температура подземных вод. В связи с тем, что подземные воды характеризуются отсутствием кислорода, при деструкции загрязняющих веществ в качестве акцепторов электронов микроорганизмы используют Fe^{3+} , Mn^{4+} , NO^{3-} , SO^{4-} , при этом образуются Fe^{2+} , Mn^{2+} , NH^{4+} и S^{2-} [5, 10].

Установлено, что в районе рекультивированного полигона промышленных отходов, где захоронены отходы разного класса опасности, в том числе более 450 тонн нефтешламов, активность процессов самоочищения ПВ не зависела от изменения температуры ПВ (0-9 °C), а в большей степени зависела от поступления акцепторов электронов. В период малой водности, когда приток акцепторов электронов был слабым, процессы биотрансформации нефтепродуктов были значительно слабей, чем в период высокой водности [4]. Наиболее активные процессы анаэробной биотрансформации нефтепродуктов происходят в непосредственной близости от полигона, поскольку тут присутствуют акцепторы электронов как природного (Fe^{3+} , Mn^{4+} из пород зоны аэрации и водоносного горизонта), так и антропогенного происхождения (NO^{3-} , SO^{4-} из захороненных отходов). В результате анаэробной биотрансформации нефтепродуктов ниже полигона по направлению движения ПВ концентрация Fe^{2+} возрастила до 94 мг/л, Mn^{2+} – до 15 мг/л, а NH^{4+} – до 71 мг/л, что значительно превышает природный фон. При истощении вышеуказанных акцепторов электронов в ПВ создавались метаногенные условия [7], в результате чего биотрансформация нефтепродуктов сопровождалась образованием метана, содержание которого достигало 53%.

Нефтепродукты характеризуются разной плотностью и разной степенью биодоступности. Более легкие фракции нефтепродуктов мигрируют быстрее, чем более тяжелые. При их биотрансформации образуются ароматические и полиароматические вещества, которые также мигрируют с разной степенью. При этом происходит вторичное загрязнение зоны аэрации и ПВ. Послойное исследование грунта на территории нефтеперерабатывающего завода в г. Комсомольск-на-Амуре показали, что почва и зона аэрации интенсивно загрязнены нефтепродуктами (рис. 2), а основное содержание битуминозных веществ относится к тяжелым

смолам и асфальтенам, которые длительное время сохраняются в геологической среде и крайне медленно подвергаются биотрансформации.

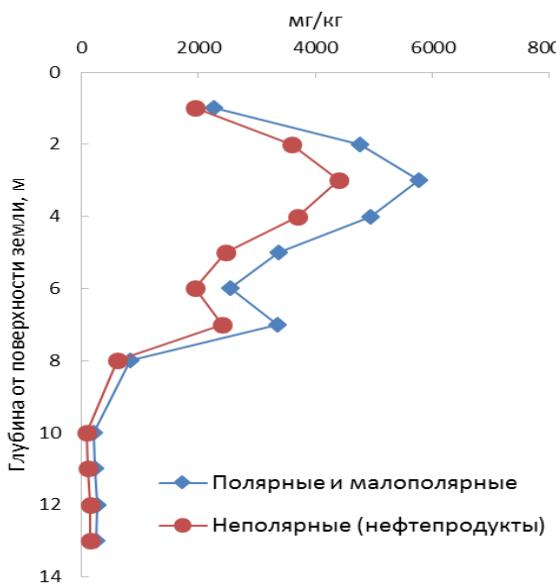


Рис. 2. Содержание битуминозных веществ в породах на территории НПЗ.

Таким образом, в районах отсутствия антропогенного загрязнения подземных вод Среднеамурского артезианского бассейна подземные воды можно использовать в качестве источника чистой и безопасной питьевой воды, однако при этом необходимо удалять повышенные концентрации природного фона железа и марганца. Особенности геологического строения и гидрохимического состава подземных вод бассейна определяют разную степень защищенности подземных вод и устойчивость к загрязнению. Антропогенная нагрузка на геологическую среду в крупных населенных пунктах привела к интенсивному загрязнению подземных вод бассейна и поставило под угрозу безопасность питьевого водоснабжения. Учитывая интенсивность загрязнения ПВ на отдельных участках бассейна, характер загрязнителя, а также неблагоприятные абиотические условия, процессы самоочищения подземных вод бассейна за счет биотрансформации и биодеградации загрязняющих веществ происходят очень медленно. В большей степени они зависят от наличия акцепторов электронов и степени биодоступности загрязняющих веществ. При строительстве водозаборных сооружений необходимо располагать их вне зон нынешней и прогнозируемой антропогенной нагрузки, а также руководствоваться степенью защищенности и устойчивости подземных вод к загрязнению. Для сохранения подземных вод Среднеамурского артезианского бассейна в качестве источника безопасной питьевой воды для нынешнего и будущих поколений необходимо минимизировать или исключить антропогенную нагрузку на геологическую среду, особенно в районах размещения водозаборов питьевых ПВ.

Работа выполнена в рамках проекта 14-III-B-09-218 комплексной программы фундаментальных исследований Дальневосточного отделения РАН «Дальний Восток».

Литература

- Архипов Б.С., Козлов С.А. Нефтяное загрязнение бассейна р. Амур (на примере района г. Комсомольска-на-Амуре) // Амур на рубеже веков. Ресурсы, проблемы, перспективы: Материалы междунар. науч. конф. и II краевой конф. по охране природы. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 1999. Ч. 2. С. 94-95. Караванов К.П. Распространение и использование подземных вод в Российском Приамурье. Препринт. Хабаровск: ИВЭП ХНЦ ДВО РАН. 1996. 69 с.

2. Архипов Б.С., Козлов С.А. Загрязнение подземных вод на территории ДВФО // Разведка и охрана недр. № 7. 2007. С. 86-88.
3. Кулаков В.В. Геохимия подземных вод Приамурья // Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН. 2011. 254 с.
4. Фишер Н.К., Кулаков В.В. Особенности загрязнения подземных вод нефтепродуктами в период обильных осадков // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 6. Владивосток : Дальнаука. 2014. С. 719-722.
5. Banwart S.A., Thornton S.F. 2010. Natural attenuation of hydrocarbon compounds in groundwater // Timmis K.N. (ed.). Handbook of hydrocarbon and lipid microbiology. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. P. 2473-2486.
6. Cao Y., Tang C., Song X., Liu C., Zhang Y. 2012. Characteristics of nitrate in major rivers and aquifers of the Sanjiang Plain, China // Journal of Environmental Monitoring. V. 10, N. 14. P. 2624–2633.
7. Fisher N.K., Kulakov V.V., Medvedeva N.I. Natural attenuation of petroleum hydrocarbon in leachate plume of industrial waste site // Материалы конференции "Resources, environment and regional sustainable development in northeast Asia", 10-15 June, 2014, Changchun. P. 238-243.
8. Griebler C., Malard F., Lefébure T. Current developments in groundwater ecology - from biodiversity to ecosystem function and services // Current Opinion in Biotechnology. 2014. V. 27. P. 159-167.
9. Kulakov V.V., Fisher N.K., Kondratjeva L.M., Grischek T. Riverbank filtration as an alternative to surface water abstraction for save drinking water supply for the city of Khabarovsk // In: Riverbank filtration for water security in desert countries. C. Ray, and Shamrukh, M. (eds.) Springer, Dordrecht, The Netherlands. 2010. P. 281-298.
10. Van Stempvoort D., Biggar K. Potential for bioremediation of petroleum hydrocarbons in groundwater under cold climate conditions: A review // Cold Regions Science and Technology. 2008. V. 53. P. 16–41.
11. Zaisheng H., Jayakumar R., Ke L., Hao W., Rui C. Review on transboundary aquifers in People's Republic of China with case study of Heilongjiang-Amur River Basin // Environmental Geology. 2008. V. 54. P. 1411–1422.

ВЛИЯНИЕ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ЗИМНИЙ ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ СРЕДНЕГО АМУРА

В.П. Шестеркин

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск

Гидроэнергетическое освоение вызывает большие изменения в гидрохимическом режиме многих рек. Происходит глубокая трансформация химического стока, сглаживается амплитуда колебаний минерализации воды и концентраций в ней главных ионов, снижаются за счет процессов самоочищения концентрации биогенных и органических веществ [1, 8]. Отмечается позитивная роль водохранилищ при аварийных промышленных сбросах [1].

В последние годы в бассейне Амура активно развивается гидроэнергетическое строительство. Наибольшее количество водохранилищ для водоснабжения и энергетики было создано в китайской части бассейна. В верхнем течении р. Сунгари построены ГЭС Фынмань, Байшань и Сыхугоу и др. Очень крупные водохранилища Зейское и Бурейское появились в российской части бассейна, по глубине и полному объему существенно отличающиеся от водохранилищ Китая. Строится Нижне-Бурейская ГЭС, планируется строительство Нижне-Зейской ГЭС. После исторического наводнения на р. Амур в 2013 г. стали реальными проекты сооружения Гилюйской, Селемджинской, Усть-Ниманской и др. ГЭС.

Такие экономические преобразования не могли не оказать влияния на водный, а соответственно, и гидрохимический режим Амура. Однако в научной литературе влияние гидроэнергетического строительства на качество амурской воды изучено недостаточно [4–6]. Исследования на р. Амур у Хабаровска и с. Амурзет, рек Зея и Бурея в зимнюю межень в 2003–2014 гг. дали возможность рассмотреть влияние гидроэнергетического строительства более подробно.

В 1899–1944 гг. сток Амура в основном формировался водами р. Сунгари, среднемноголетние расходы которой у г. Харбин в феврале изменялись от 11,1 до 261 м³/с (среднемноголетний расход воды за декабрь–март составлял 112,6 м³/с). После войны завершение строительства ГЭС Фынмань и появление водохранилища Сунхуаху привело к увеличению водности р. Сунгари. В 1953–1975 гг. среднемноголетние расходы воды стали варьировать от 145 до 635 м³/с, в среднем составляли 354 м³/с, т.е. возросли более чем в три раза. Существенно повысилась и водность Амура.

Поступление мало минерализованных вод водохранилища Сунхуаху должно было снизить содержание растворенных веществ в воде р. Сунгари, а соответственно и р. Амур, минерализация вод которых в это время составляла 91–98 мг/л, перманганатная окисляемость (ПО) – 3,3–3,7 мг О/л [6]. Низкой была цветность воды (рис. 1). Наблюдения Росгидромета у Хабаровска в 1955–1975 гг. свидетельствовали об удовлетворительном содержании кислорода (> 5,5 мг/л). Среднемноголетнее значение ПО составляло 4,9 мг О/л, не отличалось от значения в р. Зея (4,5 мг О/л) и Верхнем Амуре (5,1 мг О/л) [4].

Большие изменения в качестве воды р. Амур произошли в 1975 г. после появления Зейского водохранилища, которое обусловило доминирование стока Зеи в стоке среднего Амура. До зарегулирования наименьший расход воды Зеи у г. Зея в декабре–марте составлял 1,58 м³/с (1901 г.), среднемноголетний за 1945–1970 гг. – 20,9 м³/с. Вода характеризовалась повышенной минерализацией и содержанием железа [3], низкими значениями цветности и ПО (табл.).

С появлением Зейского водохранилища сток р. Зея в нижнем бьефе повысился до 600–800 м³/с, в районе г. Белогорье – в 3,5 раза, наибольшее увеличение (8–9 раз) отмечалось в феврале–марте. Существенно изменился гидрохимический режим реки, в первую очередь кислородный. На всем ее протяжении от плотины ГЭС до г. Белогорье содержание кислорода в воде в 1978–1983 гг. не опускалось ниже 9,45 мг/л (65 % нас.), т.е. возросло более чем в 1,6 раза. Исследования зимой 2002 г. у Благовещенска также свидетельствовали о повышенной (до 11

мг/л) концентрации кислорода [4]. Зарегулирование р. Зея привело к формированию в водохранилище низкой минерализации воды.

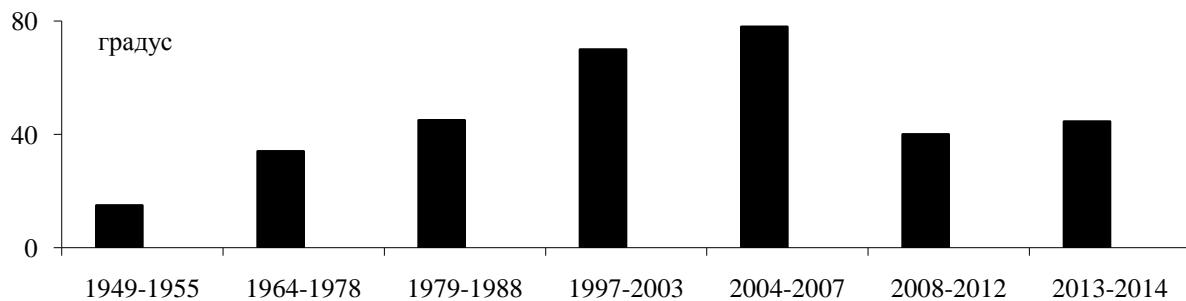


Рис. 1. Динамика цветности вод р. Амур в январе-марте: 1949–1983 гг.– Росгидромет, 1997–2014 гг.– ИВЭП ДВО РАН

В 1977–1983 гг. она не превышала 37,2 мг/л, среднемноголетнее значение составляло 24,9 мг/л. После выхода Зейской ГЭС на эксплуатационный режим среднегодовая минерализация воды р. Зея изменялась от 25,9 до 43,5 мг/л [3], в среднем составляла 32,8 мг/л. Содержание органических веществ существенно превышало величину минерализации. Такие особенности химического состава воды были обусловлены выносом органического вещества из затопленных почв заболоченной Верхне-Зейской равнины, а также не сведенных лесосводкой лесов. В сильно окрашенных водах (среднегодовое значение цветности воды постоянно превышало 75°) отмечалось повышенное содержание аммонийного азота (до 0,74 мг N/л) и валового железа (до 0,85 мг/л). Материалы гидрохимических исследований в августе 2004 г. свидетельствовали об отсутствии больших изменений в химическом составе воды после 1988 года. В настоящее время водохранилище характеризуются низким содержанием главных ионов. Концентрация хлоридных и сульфатных ионов в среднем составляет 0,5 и 2,4 мг/л соответственно, содержание железа и цветность – 0,43 мг/л и 111° соответственно

Таблица. Химический состав вод р. Зея зимой до и после зарегулирования
(числитель – минимальное и максимальное значения, знаменатель – содержание)

Ca^{2+}	Mg^{2+}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	$\text{Fe}_{\text{общ.}}$	M	Цветность	ПО
мг/л							градус	мг О/л
с. Белогорье (1965–1974 гг.)								
7,1–13,0 8,5	0,8–3,3 2,2	20,7–44,5 38,0	3,2–11,0 7,1	0,9–5,5 2,0	0,24–0,98 0,63	59,2–75,5 67,4	2–50 20	2,5–7,9 3,6
Благовещенск (2002 г.)								
4,0–5,2 4,9	1,9–2,3 2,0	18,3–22,0 19,5	1,8–2,7 2,5	2,2–2,6 2,5	0,64–0,67 0,66	32,5–39,9 35,4	100–125 117	11,6–12,6 12,3

Появление Зейского водохранилища существенно увеличило зимний сток Амура. Средние за декабрь–март расходы воды у г. Хабаровска стали изменяться от 842 (1978–1979 гг.) до 1940 (1987–1988 гг.) м³/с. Поступление ультрапресных вод р. Зея, характеризующихся повышенным содержанием растворенного кислорода, биогенных и органических веществ, улучшило качество вод среднего Амура [5].

Уменьшение содержания главных ионов в воде р. Зея обусловило снижение величины минерализации в амурской воде у Хабаровска, которая стала варьировать в пределах 65,7–135,1 мг/л, составляя в среднем 85,8 мг/л. Изменилась динамика содержания главных ионов: до зарегулирования Зеи максимальная их концентрация в воде отмечалась в конце ледостава, а

после зарегулирования – в начале [5]. Наряду со снижением концентрации главных ионов в воде увеличилось содержание органического вещества (рис. 1). В 1979–1987 гг. цветность воды достигла 90°, составляя в среднем 40°. Более высокие значения цветности воды и содержание органического вещества в амурской воде стали отмечаться в последние годы. В маловодную зимнюю межень 2002–2003 гг. цветность воды иногда достигала 100°, составляла в среднем 74°. Высоким, как и в летнюю межень, было значение ПО (в среднем 10,2 мг О/л). Максимальное содержание органических веществ в воде отмечалось в конце ледостава [6].

Существенные изменения в гидрохимическом режиме Амура произошли с появлением Бурейского водохранилища. До зарегулирования наименьший расход воды р. Бурея у с. Каменка составлял 0,90 м³/с (1930 г.), среднемноголетний за декабрь–март 1911–1987 гг. – 46 м³/с [2].

В воде р. Бурея до сооружения Бурейской ГЭС наибольшее значение минерализации (112 мг/л) наблюдалось в декабре 1951 г. при расходе воды 95 м³/с. Вода характеризовалась повышенным содержанием нитратного азота (в марте 2002 г. до 0,44 мг N/л). По сравнению с нитратным азотом, концентрации аммонийного были значительно ниже (до 0,34 мг/л). Подобно аммонийному азоту низкие значения отмечались для железа, цветности воды и ПО, которые в среднем составляли 0,17 мг/л, 14° и 6,0 мг О/л.

Поэтапное заполнение Бурейского водохранилища оказало большое влияние на химический состав его вод не только в начале существования, но и в последующие годы. В результате внутриводоемных процессов содержание аммонийного азота, железа и цветность в придонных слоях воды повысились до 0,68 и 2,64 мг/л и 80°.

С появлением водохранилища расходы воды р. Бурея существенно возросли. В декабре–марте 2003–2004 гг. они изменились от 213 до 224 м³/с, в 2005–2006 гг. – от 397 до 595 м³/с.

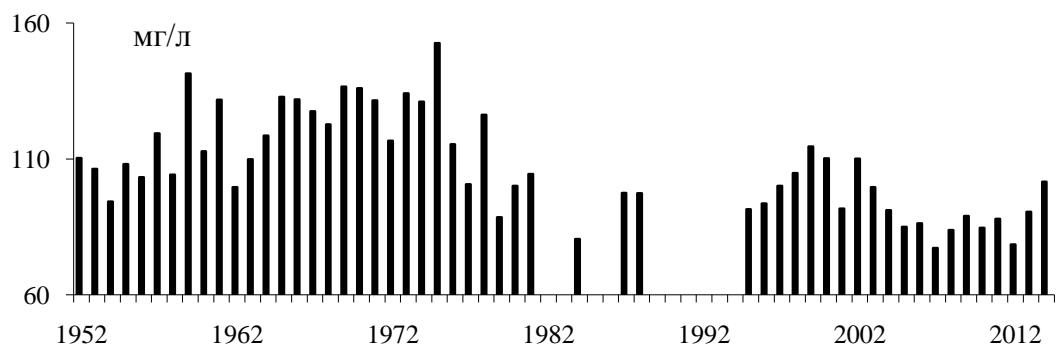


Рис. 2. Минерализация вод р. Амур у Хабаровска в зимнюю межень 1951–2014

Зарегулирование Буреи изменило химический состав вод. Улучшился кислородный режим. В марте 2008 г. содержание кислорода достигало 11,3 мг/л. Минерализация воды в нижнем бьефе в 2004 г. составляла 39,0 мг/л, в 2008 г. – 31,8 мг/л. Ниже, чем в Зейском водохранилище, было содержание железа и аммонийного азота, которое в среднем составляло 0,30 и 0,59 мг/л соответственно. Меньше в воде Бурейского водохранилища содержалось органического вещества. В марте 2004 г. цветность воды составляла 42°, 2008 г. – 60°.

Зарегулирование р. Бурея привело к увеличению водности Амура зимой, снижению концентрации минеральных (рис. 2) и повышению содержания органических веществ (рис. 1). Содержание хлоридных ионов снизилось по сравнению с 1996–2003 гг. в 1,6 раза, аммонийного азота – 1,2 раза. Цветность воды зимой не отличалась от летней, часто достигала 90°, значение ПО приблизилось к 11 мг О/л.

Высокая водность зарегулированных рек Зея и Бурея и Сунгари способствовали минимизации влияния аварии на химическом комбинате в г. Цзилинь (КНР) в ноябре 2005 г. на качество вод Амура.

Наиболее заметно влияние российских водохранилищ проявилось в маловодную зимнюю межень 2007–2008 гг. Содержание хлоридного иона и аммонийного азота в воде не превышало

5,4 мг/л и 0,82 мг N/л, максимальные значения перманганатной окисляемости и цветности достигали 13 мг О/л и 75° соответственно. Минерализация воды в среднем составляла 84,3 мг/л.

С выходом на эксплуатационный режим в 2008 г. Бурейской ГЭС в химическом составе воды р. Амур произошли большие изменения. В декабре-марте 2012–2013 гг. в условиях повышенной водности Амура вследствие работы Зейской и Бурейской ГЭС, сбросы которых суммарно составляли 1980 м³/с, минерализация амурской воды у Хабаровска не превышала 133,8 мг/л, концентрация хлоридного иона – 8,1 мг/л, средние за межень значения составили соответственно 90,0 и 3,9 мг/л. В этот же период, по сравнению с 2004–2005 гг. уменьшилась в 1,5 раза цветность воды (рис. 1). Снизилось содержание аммонийного азота, что свидетельствует об определенном улучшении качества вод Амура.

По длине Амура наибольшее влияние гидроэнергетического строительства проявляется между г. Благовещенск и с. Амурзет. Если выше г. Благовещенск минерализация воды изменяется от 150 до 300 мг/л, то ниже не превышает 40 мг/л. Вода характеризуется повышенной цветностью (до 68°) и содержанием растворенного железа (до 0,28 мг/л), низкой концентрацией хлоридного иона (до 0,7 мг/л). Значительные изменения произойдут в гидрохимическом режиме р. Амур в дальнейшем после выхода Нижне-Бурейской ГЭС на эксплуатационный режим.

Таким образом, гидроэнергетическое строительство обусловило сглаживание различий в содержании растворенных веществ, улучшение кислородного режима, снижение минерализации воды и повышение содержания органических веществ.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта комплексной программы фундаментальных исследований ДВО РАН «Дальний Восток» (14-III-Д-09-049).

Литература

1. Авакян А.Б., А.Г. Кочарян, Майрановский Ф.Г. Влияние водохранилищ на трансформацию химического стока рек // Водные ресурсы. 1994. Т.21. № 2. С. 144–153.
2. Мордовин А.М., Шестеркин В.П., Антонов А.Л. Река Бурея: гидрология, гидрохимия и ихтиофауна / Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН. 2006. 149 с.
3. Петров Е.С., Мордовин А.М., Шестеркин В.П. Гидроклиматология и гидрохимия Зейского водохранилища. Владивосток-Хабаровск: Дальнавака. 1997. 138 с.
4. Шестеркин В.П. Зимний кислородный режим вод Амура // География и природные ресурсы. 2004. № 1. С. 148–151.
5. Шестеркин В.П. Изменение химического состава речных вод в Хабаровском водном узле за столетие // Тихоокеанская геология. 2010. Т. 29. № 2. С. 112–118.
6. Шестеркин В.П. Изменение содержания органического вещества в воде Амура у Хабаровска в зимнюю межень // География и природные ресурсы. 2012. № 3. С. 100–104.
7. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Пространственная и сезонная изменчивость химического состава воды Среднего Амура // Водное хозяйство России. 2012. № 5. С. 18–28
8. Эдельштейн К.К., Гречушкина М.Г. Воздействие гидротехнического строительства на сток Амура // Метеорология и гидрология. 2006. № 5. С. 86–95.

ГИДРОХИМИЯ ТАЕЖНЫХ РЕК ВУЛКАНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ СЕВЕРНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ

В.П. Шестеркин

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск

В пределах Сихотэ-Алиня обширные поверхности занимают плато-базальты и андезито-базальты. В восточной части макросклона они образуют полосу шириной до нескольких десятков километров, расположенную параллельно морскому побережью. На западном макросклоне Сихотэ-Алиня эфузивные образования простираются в виде полосы шириной 10-15 км между реками Немпта и Гур, окаймляя предгорья. Спорадически поля андезито-базальтов отмечаются в бассейнах рек Ботчи, Коппи, Обор и др.

Исследования проводились эпизодически в 1998 – 2014 годы. Химический состав проб воды осуществлялся в Межрегиональном центре экологического мониторинга гидроузлов (№ ROCC RU 0001. 515988) при ИВЭП ДВО РАН.

Реки Альчи, Пунчи и др. (бассейн р. Мухен) дренирующие верхне-олигоценово-миоценовые базальты выделяются повышенными концентрациями ионов магния и кальция, гидрокарбонатного иона, кремния и фосфора, ниже предела обнаружения содержанием ионов калия, хлоридных, в большинстве случаев сульфатных ионов (табл.). В меженный период при минерализации вод более 50 мг/л речные воды по классификации О.А. Алекина [1] относятся к гидрокарбонатному классу, группе магния-кальция, первому типу, в половодье и паводки содержание ионов кальция начинает преобладать над содержанием ионов магния. Содержание органических веществ и железа в воде рек с заболоченными водоемами повышенное. Большое влияние на химический состав речных вод этого района оказывает Мухенское углекислое месторождение минеральных вод. В р. Пунчи ниже этого месторождения минерализация речных вод в период открытого русла повышается на 12,2 мг/л, в зимнюю межень – 35,4 мг/л [6].

Воды рек Дурмин (бассейн р. Сита), Эльмана (бассейн р. Анюй), Болэ (бассейн р. Гур) и др., дренирующих нижнечетвертичные эфузивные образования, характеризуются более низкой минерализацией (табл.). В меженный период отмечаются повышенные концентрации кремния и фосфора, доминирование содержания ионов магния над содержанием ионов кальция. В паводочный период речные воды по классификации О.А. Алекина [1] относятся к гидрокарбонатному классу, группе магния, первому типу. Подобный состав вод наблюдается на реках Хича, Уй и др., дренирующих аналогичные породы восточного макросклона Северного Сихотэ-Алиня [4].

Исследования в бассейне р. Ботчи, который в соответствии с гидрогеологическим районированием относится к Ботчинскому вулканогенному гидрогеологическому бассейну Восточно-Сихотэ-Алинского вулканогенного пояса, свидетельствуют о повышенной минерализации речных вод (табл.). По химическому составу они в основном относятся к гидрокарбонатному классу группе кальция первому типу, за исключением руч. Теряющийся, воды которого являются кальциево-натриевыми [1]. Преобладание ионов натрия над остальными катионами отмечается и в воде расположенного в бассейне р. Ботчи термального источника. Гидрокарбонатно-натриевый состав характерен также для вод Тумнинского минерального источника [2], термальных вод вулканогенных массивов Удалянчи и Байтоушаня Северо-Востока Китая [7,8].

Воды малых рек бассейна р. Ботчи (Солончаковый, Теряющийся и др.) и Сизиман, дренирующих палеогеновые вулканогенные образования, по величине pH являются слабощелочными (7,00-7,75), в зимнюю межень значения pH снижаются до 6,60. Содержание ионов калия, хлоридных и сульфатных ионов находится ниже предела обнаружения (табл.), наименьшие концентрации гидрокарбонатов кальция и магния отмечаются в период весеннего половодья.

Таблица 1. Химический состав вод малых таежных рек вулканогенных образований Северного Сихотэ-Алиня

Показатель	Пунчи n=4	Дурмин n=6	Эльман n=6	Солончаковый n=9	Гыджу n=3	Уй n=4
pH, ед. pH	<u>5,59–6,57</u> 6,10	<u>7,18–7,21</u> 7,20	<u>6,02–7,50</u> 6,94	<u>6,50–7,55</u> 7,05	<u>6,64 –</u> <u>7,63</u> 7,36	<u>6,18–7,29</u> 6,78
Na ⁺ , мг/л	<u>2,5–3,1</u> 2,8	<u>2,2–2,4</u> 2,3	<u>0,7–2,7</u> 1,7	<u>1,6–2,8</u> 2,3	<u>2,5 – 4,5</u> 3,2	<u>1,6–3,8</u> 2,5
K ⁺ , мг/л	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Ca ²⁺ , мг/л	<u>6,4–8,4</u> 6,9	<u>4,8–5,6</u> 5,2	<u>2,3–5,6</u> 3,4	<u>3,8–6,7</u> 5,8	<u>5,4–6,9</u> 6,1	<u>3,5–5,8</u> 4,9
Mg ²⁺ , мг/л	<u>2,9–5,3</u> 4,1	<u>2,4–4,8</u> 3,6	<u>1,4–4,9</u> 2,7	<u>1,3 – 3,0</u> 2,3	<u>1,7 – 2,8</u> 2,1	<u>2,0–3,7</u> 3,0
HCO ₃ ⁻ , мг/л	<u>26,8–42,1</u> 38,2	<u>20,2–25,6</u> 22,9	<u>10–23,2</u> 16,2	<u>21,4 – 34,2</u> 31,1	<u>26,8–30,5</u> 28,3	<u>30,2–40,9</u> 34,8
SO ₄ ²⁻ , мг/л	<u><2,0–5,0</u> 3,4	<u>3,6–3,7</u> 3,7	<u><2,0–3,6</u> 2,6	<u><2,0 – 4,8</u> <2,0	<u><2,0–3,6</u> 2,4	<u><2,0–3,9</u> 2,2
Cl ⁻ , мг/л	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<u>2,4–2,6</u> 2,5	<2,0
N – NH ₄ ⁺ , мг/л	<u>0,23–0,47</u> 0,31	–	<u>0,14–0,53</u> 0,31	<u><0,04–0,11</u> <0,04	<0,04	<u><0,04–0,18</u> 0,08
N – NO ₃ ⁻ , мг/л	<u><0,01–0,29</u> 0,10	<0,01	<u>0,04–0,36</u> 0,16	<u>0,01–0,15</u> 0,06	<u>0,11–0,36</u> 0,20	<u>0,02–0,24</u> 0,13
P, мг/л	<u>0,015–0,031</u> 0,011	<u>0,013–0,029</u> 0,021	<u><0,010–0,039</u> 0,056	<u><0,010–0,053</u> 0,033	<u>0,040–0,053</u> 0,046	<u><0,010–0,035</u> 0,017
Fe _{общ} , мг/л	<u>0,65–0,78</u> 0,73	<u>0,48–0,58</u> 0,53	<u><0,02–0,49</u> 0,26	<u><0,02–0,14</u> 0,03	<u>0,06–0,18</u> 0,12	<u>0,04–0,16</u> 0,12
M, мг/л	<u>43,0–63,2</u> 52,3	<u>35,8–43,5</u> 39,7	<u>24,9–39,8</u> 29,0	<u>28,2–50,7</u> 44,1	<u>43,1 – 55,8</u> 47,9	<u>43,4–60,4</u> 50,5
Si, мг/л	<u>7,8–10,1</u> 9,0	–	<u>7,0–13,9</u> 10,9	<u>4,2–9,9</u> 8,4	–	<u>8,7 – 10,1</u> 9,0
ПО, мгO/л	12,3	<u>7,0–12,5</u> 10,0	<u>0,8–4,0</u> 2,6	<u>1,0–8,3</u> 2,7	<u>1,5–2,0</u> 1,7	

Примечание. Числитель – предел колебаний; знаменатель – среднее значение; Цв. – цветность; М – минерализация; ПО – перманганатная окисляемость; прочерк – компонент не определялся.

Среди биогенных элементов выделяется фосфор, максимальное содержание которого в речных водах достигает 0,096 мг Р/л. Повышенное содержание минерального фосфора (до 0,11 мг Р/л) отмечается и в воде Ботчинского термального источника, в воде р. Гыджу и расположенного в ее бассейне родника (до 0,075 мг Р/л), а также в водах рек Уй и р. Бол. Хадя [4].

Преобладающей формой азота является нитратная, содержание которой не превышает 0,14 мг/дм³, нитритного и аммонийного находится ниже предела обнаружения. Наличие в бассейнах некоторых рек заболоченных земель обуславливает более высокие концентрации аммонийного азота, железа и органических веществ. Содержание кремния в воде повышенное, изменяется в пределах 7,6 – 14,1 мг/дм³. Более высокие значения отмечены в водах термальных источников [5].

Концентрация общего железа незначительная (<0,02–0,16 мг/дм³), в период весеннего половодья за счет поступления с водосборной площади возрастает в 3-7 раза.

Воды малых рек Гыджу, Мучке, Токи и др., дренирующих нижнечетвертичные базальты и андезито-базальты, по химическому составу мало отличаются от вод рек Эльмана, Болэ и др. Исключение составляют хлоридные ионы и ионы натрия, содержание которых в воде рр. Мучке, Токи, Гыджу и др. выше из-за влияния моря.

Таким образом, реки вулканогенных образований Северного Сихотэ-Алиня характеризуются повышенным содержанием кремния и минерального фосфора, в меженный период - превышением содержания ионов магния над содержанием иона кальция.

Литература

1. Алекин О. А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеоиздат. 1970. 444 с.
2. Болдовский Н. В. Подземные воды Восточно-Сихотэ-Алинского вулканогенного пояса. Владивосток: Дальнаука. 1994. 224 с.
3. Гидрогеология СССР. Т. ХХIII. Хабаровский край и Амурская область. :Недра. 1971. 514 с.
4. Форина Ю.А., Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Фосфор в воде таежных рек северного Сихотэ-Алиня // Тихоокеанская геология. 2013. Т. 32. № 1. С. 116–119.
5. Форина Ю.А., Шестеркин В.П. Особенности химического состава речных вод восточного макросклона северного Сихотэ-Алиня // География и природные ресурсы. 2010. №. 3. С. 81–87.
6. Шестеркин В.П., Шамов В.В., Шестеркина Н.М. Особенности химического состава речных вод Пунчинского участка Мухенского месторождения минеральных вод // Геохимические и экологобиогеохимические исследования в Приамурье: сб. статей. Владивосток: Дальнаука, 2000. Вып. 10. С. 180–185.
7. Baojian Liu, Cong-Qiang Liu, Gan Zhang, Zhi-Qi Zhao, Si-Liang Li, Jian Hu, Hu Ding, Yun-Chao Lang, Xiao-Dong Li. Chemical weathering under mid- to cool temperate and monsoon-controlled climate: A study on water geochemistry of the Songhuajiang River system, northeast China //Applied Geochemistry. 2013. N. 31. pp. 265–278.
8. Lake in China (research of their environment (volume two)/ Xiangcan Jin / Cnina Ocean press. 1995. 482 p.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ПОЧВ ГОРОДА БЛАГОВЕЩЕНСКА

Л.П. Шумилова¹, В.А. Терехова^{2,3}

¹Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

²Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, г. Москва

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

В настоящее время одним из самых сложных вопросов в области практической экологии является экологическая оценка экосистем и экологическое нормирование [1; 2]. В природоохранной российской практике используют 5-и уровневую шкалу оценки потери качества окружающей природной среды (ОПС), которую называют шкалой экологического состояния [3]. С этой целью производят пересчет абсолютных химических, физических, биологических показателей в относительные. Шкала экологического состояния имеет два полюса: + и –, так как показано, что почвам может быть нанесен вред не только уменьшением значений показателей ее свойств, но и чрезмерным увеличением. За состояние, близкое к экологической норме условно принимают диапазон 1-3 уровней, соответствующих потере качества ОПС до $\pm 30\%$. В интервале потери качества от $\pm 30\%$ до $\pm 40\%$ находится зона экологического риска ОПС, более $+40\%$ и менее -40% – происходит деградация экосистем, необратимость нарушения функций, "экологическое бедствие". Фоновое значение каждого используемого показателя принимают за 100% и производят пересчет всех показателей относительно фона [4].

Цель исследований – оценить экологическое состояние почв города Благовещенска (Амурская область) по результатам биодиагностики и химического анализа. В работе использован комплексный подход, основанный на учете данных биотестирования, биоиндикации и химического анализа. Продемонстрирована возможность соотнесения данных элементного анализа и биодиагностики почв с 5-уровневой шкалой оценки потери качества природной среды.

Образцы почв отбирали на территории города в период с 2008 по 2011 гг. по радиальной сетке от основного источника выбросов (ТЭЦ) в основных функциональных зонах города Благовещенска (промышленная, селитебно-транспортная, рекреационная). В качестве условно фоновой почвы выбраны аллювиальные серогумусовые почвы в 60 км к северо-западу от города. Определение тяжелых металлов (ТМ) и физико-химических показателей проводили по методам, описанным ранее [5; 6].

Посев микроскопических грибов проводили методом серийных разведений на подкисленную для подавления роста бактерий агаризованную среду Чапека в 5-кратной повторности. Численность микромицетов выражали в колониеобразующих единицах (КОЕ). Анализ структуры комплекса выделенных грибов проводили на основании показателей пространственной частоты встречаемости и относительного обилия видов [7]. Индекс видового разнообразия Шеннона (Н) рассчитывали с помощью приложения Office Excel – Synecol. Идентификацию выделенных штаммов проводили согласно общепринятым определителям [8; 9; 10; 11; 12]. Для идентификации отдельных видов проводили молекулярно-генетический анализ нуклеотидных последовательностей D1/D2 региона 26S рДНК [13]. Названия видов приводили в соответствии с электронной базой данных [14].

Биомассу микроскопических грибов определяли методом газовой хроматографии – масс-спектрометрии (ГХ-МС) [15; 16; 17]. Анализ проводили на ГХ-МС системе HP-5973 Agilent (США) на кафедре агрохимии и биохимии растений факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова.

Активность почвенного дыхания определяли по эмиссии углекислого газа на газовом хроматографе «Кристаллюкс 4000 М» [18].

Для биотестирования готовили почвенную вытяжку согласно требованиям стандартных методик [19] в соотношении 1 : 4 (почва : вода). Экотоксикологические исследования почвенных вытяжек проводили с применением стандартизованных тест-организмов, представляющих различные трофические уровни. В качестве тест-параметров у представителей продуцентов анализировали изменение прироста численности клеток микроводорослей *Scenedesmus quadricauda* за 72-х часовую экспозицию [20]. В биотестах с использованием организмов, представляющих трофическую группу консументов, оценивали выживаемость ракообразных *Daphnia magna* через 96 ч [21]. Влияние водных вытяжек из почв на представителей редуцентов оценивали по различиям в интенсивности биолюминесценции генномодифицированного штамма бактерий *Escherichia coli* в составе препарата “Эколюм” при их 30 минутной экспозиции в пробах [22]. Работа выполнена в лаборатории экотоксикологического анализа почв МГУ, г. Москва (www.letap.ru).

Математическая обработка полученных данных проведена с применением программы Microsoft Excel – XP.

При оценке экологического состояния почв г. Благовещенска в соответствии с указанной шкалой воспользовались полученными значениями физико-химических показателей, таких как pH, содержание органического углерода, содержание подвижных форм фосфора и калия, и биотических параметров – биомасса грибов, общая численность КОЕ, число выделенных видов, индекс Шеннона, таксономическая структура сообщества, доля темнопигментированных видов, интенсивность почвенного дыхания, и данные биотестирования.

В таблице 1 показатели почв различных функциональных зон города Благовещенска представлены в соответствии с 5-уровневой шкалой потери экологического качества. Рассчитаны значения физико-химических и биотических показателей в почвах с разной степенью загрязнения ТМ в абсолютных и относительных единицах. На основании значений потери качества показателей установлено среднее их отклонение от фоновых значений, которое взято за основу при оценке состояния экосистем. В рекреационной зоне потеря качества почвами в среднем соответствует второму уровню (± 19), что отвечает экологической норме. Признаки угнетения почв отсутствуют. В почвах селитебно-транспортной зоны со средним уровнем загрязнения ТМ потеря качества почвами соответствует 2–4 уровням (от -22 до +38), отмечается увеличение большинства показателей относительно фона. Состояние почв соответствует экологической норме, но в отдельных точках наблюдается переходное состояние в зону экологического риска.

Почвы промышленной зоны с высоким уровнем загрязнения характеризуются отклонениями в сторону как положительных, так и отрицательных значений показателей относительно фоновых, однако, большинство показателей имеют отклонения в отрицательную сторону. Средние значения потери качества почвами колеблются в пределах от -39% до +49%, что соответствует 4–5 уровню по шкале нормирования (зона деградации) и указывает на невозможность самовосстановления почв.

Можно заключить, что в работе имеет место сопряженное изменение значений ряда химических параметров загрязнения почв и биологических показателей. В комплексной оценке почв г. Благовещенска учтено 15 различных химических и биотических параметров. Из исследованных показателей наиболее информативными оказались следующие: pH, органический углерод, биомасса грибов, видовое разнообразие по Шеннону, отклики тест-культур, интенсивность почвенного дыхания, таксономическая структура сообщества микромицетов. С их помощью установлено, что состояние почв в рекреационной зоне с низким уровнем загрязнения соответствует экологической норме. Почвы селитебно-транспортной зоны имеют средний уровень загрязнения и соответствуют экологической норме, однако в отдельных точках (при высокой техногенной нагрузке) экосистемы переходят в зону экологического риска. Загрязнение почв промышленной зоны, в связи с присутствием в них тяжелых металлов, соответствует высокому уровню, и почвы находятся в стадии деградации без возможности самовосстановления.

Таблица 1.

Характеристика биотических и химических показателей почв различных функциональных зон города Благовещенска в соответствии с 5-уровневой шкалой потери экологического качества

Показатели, единицы измерения абсолютных величин	Фон	Отклонение показателей относительно фона (потери качества ОПС), %		
		Рекреационная зона	Селитебно-транспортная зона	Промышленная зона
pH	6,4/100	6,8/106(6)*	7,3/114(14)*	7,6/119(19)*
Органический углерод, %	2,61/100	4,3/164(64)*	2,4/91(-9)*	1,9/73(-23)*
Подвижный фосфор, мг/кг	304/100	444/146(46)*	252/82(-18)*	129/42(-56)*
Подвижный калий, мг/кг	188/100	215/114(14)*	296/157(57)*	152/80(-20)*
Биомасса микромицетов, мкг/кг	5,3/100	6,4/121(21)*	2,3/43(-57)*	1,5/28(-62)*
Число видов микромицетов, ед.	10/100	14/140(40)*	15/150(50)*	6/55(-40)*
Численность микромицетов, тыс. КОЕ/г	30/100	22/73(-27)*	39,5/131(31)*	12/40(-60)*
Видовое разнообразие по Шеннону	2,7/100	2,9/107(7)*	3,22/119(19)*	1,8/67(-33)*
Биотестирование, %				
- водоросли (численность клеток)	100/100	85/85(-15)*	87/87(-13)*	55/55(-45)*
- водоросли (замедленная флуоресценция)	100/100	117/117(17)*	198/198(98)*	85/85(-15)*
- дафний (выживаемость мальков)	100/100	94/94(-6)*	86/86(-14)*	75/75(-25)*
- бактерии (гашение люминесценции)	100/100	114/114(14)*	118/118(18)*	175/175(75)*
Доля темноокрашенных форм, %	1/100	9/109(9)*	20/120(20)*	53/153(53)
Интенсивность дыхания почв, мкМ[CO ₂]/г х сут.	0,30/100	0,26/87(-13)*	0,24/80(-20)*	0,14/47(-53)*
Среднее отклонение от фона		от -15 до +24	от -22 до +38	от -39 до +49
Состояние экосистем	Экологическая норма ($\pm 30\%$)	Переходное состояние от экологической нормы в зону экологического риска (от $\pm 30\%$ до $\pm 40\%$)	Zона деградации ($\pm 40\%$)	
Таксономическая структура сообщества микромицетов	Сохранение структуры сообщества	Увеличение разнообразия, упрощение структуры	Перестройка структуры сообщества	
Z _c , средние значения	16	25	58	
Оценка степени загрязнения почв ТМ	Допустимый, низкий, (Z _c < 16)	Средний, умеренно опасный, (Z _c 16-32)	Высокий, опасный, (Z _c 32-128)	

Примечание. Числитель – средние значения физико-химических и микробиологических показателей в абсолютных величинах, знаменатель – относительные значения, %; ()* – отклонение показателей от фоновых, %.

Результаты биодиагностики городских почв подтверждают результаты химических исследований, при этом они дают наиболее полную характеристику экологического состояния городских экосистем. Полученные данные могут быть использованы для прогнозирования экологической обстановки на локальном и региональном уровнях, а также при решении различных прикладных задач: архитектурно-планировочных, рекреационных и других. В качестве рекомендаций для городских территорий с высоким уровнем загрязнения может служить указание обязательного создания газонов и посадки древесной растительности для повышения биологического статуса почвы.

Авторы признательны д.б.н. А.В. Александровой, д.б.н. Н.В. Верховцевой и к.б.н. А.А. Качалкину за содействие в работе.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (11-04-90733 моб_ст, 12-04-01230а).

Литература

1. Linkov I., Loney D., Cormier S., Satterstrom F.K., Bridges T. Weight-of-evidence evaluation in environmental assessment: Review of qualitative and quantitative approaches // *Science of the Total Environment*. 2009. (407). P. 5199–5205.
2. Терехова В.А. Реализация биотической концепции экологического контроля в почвенно-экологическом нормировании // Использование и охрана природных ресурсов. 2012. № 4. С. 31-34.
3. Временные методики определения предотвращенного экологического ущерба: утверждены председателем Госкомэкологии России от 09.03.1999. М., 1999.
4. Яковлев А.С., Макаров О.А. Экологическая оценка, экологическое нормирование и рекультивация земель: основные термины и определения // Бюллетень «Использование и охрана природных ресурсов в России». 2006. С. 64–71.
5. Куимова Н.Г., Шумилова Л.П., Павлова Л.М. Оценка экологического состояния почв города Благовещенска // Вестник РУДН: Серия экология и безопасность жизнедеятельности. 2008. № 3. С. 38-49.
6. Куимова Н.Г., Шумилова Л.П., Павлова Л.М. Фитотоксичность почв и микроскопических грибов как показатель загрязнения экосистем тяжелыми металлами // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2012. № 1. С. 102–107.
7. Мирчинк Т.М., Степанова Л.Н., Марфенина О.Е., Озерская С.М. Характеристика типа комплексов грибов микромицетов некоторых почв Советского Союза // Вестник МГУ. Сер. Почвоведение. 1981. № 1. С. 61–66.
8. Кириленко Т.С. Атлас родов почвенных грибов. Киев: Наук. Думка, 1977. 126 с.
9. Егорова Л.Н. Почвенные грибы Дальнего Востока: гифомицеты. Л.: Наука, 1986. 192 с.
10. Мельник В.А. Класс Hypocreales. Определитель грибов России. Сем. Dematiaceae. СПб.: Наука, 2000. 371 с.
11. Raper K.B., Fennel D.I. *The genus Aspergillus*. Baltimore, 1965. 686 p.
12. Domsch K.H., Gams W. *Compendium of soil fungi*. IHW-Verlag, 2007. 672 c.
13. Качалкин А.В. Новые данные о распространении некоторых психрофильных дрожжевых грибов в Московской области // Микробиология. 2010. Т. 79. № 6. С. 843–847.
14. Indexfungorum // Database. <http://www.speciesfungorum.org/Names/Names.asp> (viewed 11 09 2013).
15. Осипов Г.А. Способ определения родового (видового) состава ассоциации микроорганизмов: патент на изобретение № 2086642 от 10.08.97. 1997. 12 с.
16. Верховцева Н.В., Осипов Г.А. Метод газовой хроматографии-масс-спектрометрии в изучении микробных сообществ почв агроценоза // Проблемы агрохимии и экологии. 2008. № 1. С. 51–54.
17. Frostegard A., Tunlid A., Baath E. Microbial biomass measured as total lipid phosphate in soils of different organic content // J. of microbiological methods. 1991. V. 14. № 3. P. 151–163. DOI: 10.1016/0167-7012(91)90018-1.
18. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Звягинцева Д.Г. М.: Изд-во МГУ, 1991. 303 с.
19. Вавилова В.М., Терехова В.А. Условия отбора и подготовки проб для некоторых методов биотестирования вод, почв и отходов: учебное пособие. М.: МАКС Пресс, 2010. 28 с.
20. Методика ФР. 1.39.2007.03223 "Определение токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток водорослей". М.: Акварос, 2007.
21. Методика ФР. 1.39.2007.03222 "Определение токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний". М.: Акварос, 2007.
22. Методика ПДН Ф Т 14.1:2;3:4.11-04 «Определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадкой сточных вод и отходов по изменению интенсивности бактериальной биолюминесценции тест-системой «Эколюм» на приборе «Биотокс-10», М.: Экологическая экспертиза, 2004.

EVALUATION OF THE BURNED SOIL GENOTOXICITY USING ELECTROCHEMICAL ASSAY

Kazuto Sazawa¹, Hideki Kuramitz²

¹Center for Far Eastern Studies, Univ. of Toyama

²Graduate School of Sci. & Engin. for Research, Univ. of Toyama

1. Introduction

Some researchers have predicted that frequency of wild fires potential will increases with the progress of global warming.¹ Forest- and wild-land fires cause the emissions of CO₂ to the atmosphere from burned soil, and the change of physical, chemical and biological properties of soil. Previous reports on forest soils after fire have been demonstrated high concentration of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) which are known to damage DNA.² These genotoxins such as PAHs have a serious impact on the ecosystem and pose a threat to human health. Therefore, it is necessary to evaluate the genotoxicity of burned soil and to determine the source of genotoxins.

The SOS/*umu* genotoxicity assay evaluates the primary DNA damage caused by chemicals from the β-galactosidase activity of *Salmonella typhimurium* strains. However, a regulatory *umu*-test cannot be applied in direct evaluation of soil samples because it depends on the spectrophotometric detection. Thus, the genotoxic compounds in the soil, sediment and suspended solids are assessed after extracting by an organic solvent.

Previously, we have developed a new electrochemical genotoxicity test based on *umu*-test system with hydrodynamic chronoamperometry using a rotating disk electrode (RED) in a microliter droplet.³ Electrochemical detection has feature that is hardly interfered colored components and soil particle in sample solution unlike spectroscopic detection. Furthermore, the hydrodynamic voltammetry in a droplet (ca. 45 μL) can achieve effective mixing of sample solution and convective mass transport of analyte to the electrode surface which results a signal enhancement for enzymatic reaction to evaluate genotoxicity. The objective of this study is to evaluate the genotoxicity of burned soil using electrochemical detection methods, and to clarify a relationship between genotoxicity and thermal conditions of soil.

2. Experimental Section

2.1 Samples and treatments

The soil samples were collected from tropical peat (Central Kalimantan, Indonesia), high moor peat (Amou moor in Gifu, Japan) and forest soil (Toyama, Japan). Soil samples were heated at different temperatures (250, 300, 350 and 400 °C) for 1, 10 and 30 min using a muffle furnace. We used heating rate as 3 °C per min. The thermally treated soils were extracted with a 10:1 dichloromethane/acetone for 16 h using soxhlet extraction. The extraction concentrated to 10 mL with a rotary evaporator.

2.2 Thermal analysis

Combustion characteristics of the soil samples were determined by means of a Thermogravimetry Different Thermal Analysis. Approximately 1 mg of the samples was heated from 20 to 500 °C at a rate of 3 °C per min. Alumina was used as reference standard in this study.

2.3 Procedure of the electrochemical genotoxicity assay

Schematic diagram of the genotoxicity assay with hydrodynamic electrochemical detection is illustrated in Figure 1. The genotoxicity is determined from the electrochemical oxidation current of *p*-aminophenol (PAP) which is released from enzyme reaction. The hydrodynamic amperometry was carried out by voltammetric analyzer with a glassy carbon electrode, Pt wire and Ag wire as a working, counter and reference electrode, respectively. The thermal treated samples and the *S. typhimurium* strains were incubated at 37 °C for 24 h. The 40 μL of exposed bacteria solution was placed between

the RDE and the Parafilm®-covered glass slide. The amperometric detection was performed by applying a potential of 400 mV at 30°C with a rotation rate at 3000 rpm. After the measurement of current for 30 s, 5 µL of substrate (*p*-aminophenyl-β-D-galactopyranoside; PAPG) was added to the droplet and the current was recorded. The positive genotoxicity was defined as the current value that gives twice of signal obtained by control (unburned soil).

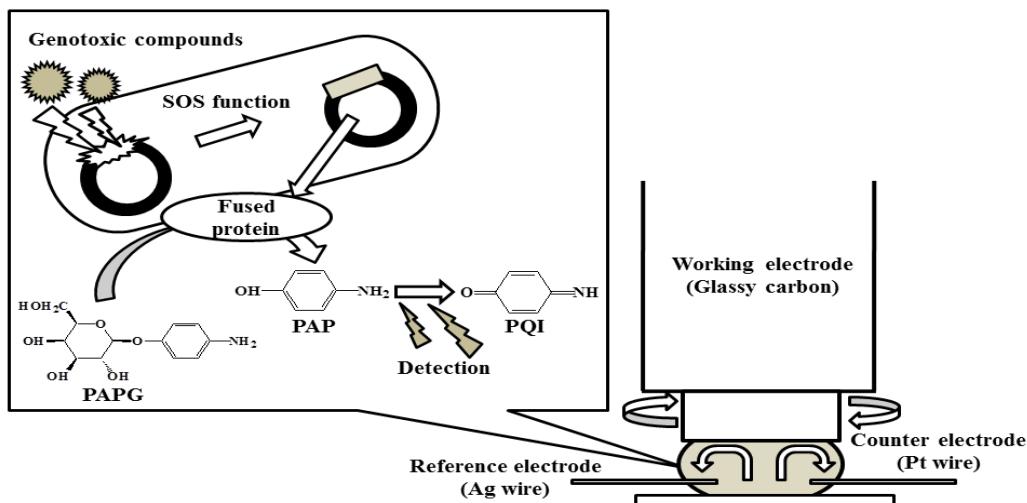


Fig. 1 Schematic diagram of the genotoxicity assay with hydrodynamic electrochemical detection using a rotating disk electrode in a microdroplet.

3. Result and discussion

3.1 The genotoxicity of the thermally treated samples

Figure 2 shows chronoamperograms for *S. typhimurium* directly exposed to the thermally treated tropical peat soils heated at 250-400 °C for 1 min. The absolute value of chronoamperograms slope of the strain solutions increased with increasing the heating time and temperature. This indicated that the tropical peat soil that was heated to 350 and 400 °C has the positive genotoxicity. In addition, we observed a similar trend in the high moor peat and forest soil. When heated at 400 °C, the genotoxicity of soil samples indicated the highest intensity (the value of relative current response: high moor peat = 4.19, tropical peat = 3.62, forest soil = 3.30). On the other hands, the organic solvent extract of the thermally treated soil samples that were heated at 250-400 °C did not show any genotoxic activity. It is indicated that the hydrodynamic electrochemical method can be applicable for assessing the genotoxicity of burned soil.

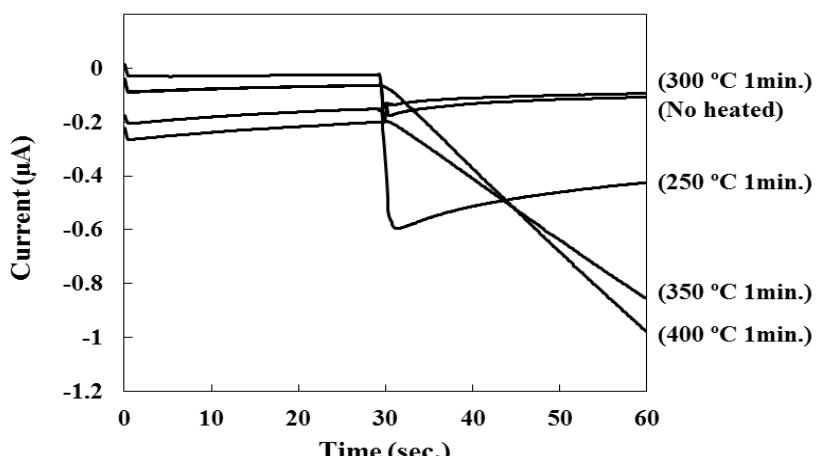


Fig. 2 The chronoamperograms for *S. typhimurium* directly exposed to the tropical peat soil (no heated) and the thermally treated samples heated at 250, 300, 350 and 400 °C for 1 min. The measurements were done by the RDE system at 400 mV applied potential with a rotation rate of 3000 rpm.

3.2 Combustion characteristics of soil samples

Figure 3 shows the weight loss (TG) and differential thermal analysis (DTA) of the tropical peat, high moor peat and forest soil. The TG curves for high moor peat soil shows the highest organic matter contents (Fig. 3 (a)). From the obtained DTA curves of either peat soil, the peak of the combustible gas release (Peak A) and the combustion of carbide (Peak B) were determined to be at 300 and 375 °C, respectively. In addition, Fig. 3 (b) shows that these peaks of the high moor peat soil were higher than the tropical peat soil. This indicated that the high moor peat soil contains large amount of the cellulose components and plant residues.⁴ From previous study, the formation of PAHs from the pyrolysis of cellulose and lignin at temperatures above 300 °C has been reported.^{5, 6} Furthermore, the soil-surface temperature can exceed 300 °C during forest fire. Therefore, these results suggested that the burned soil has genotoxicity for soil microorganism under actual environments.

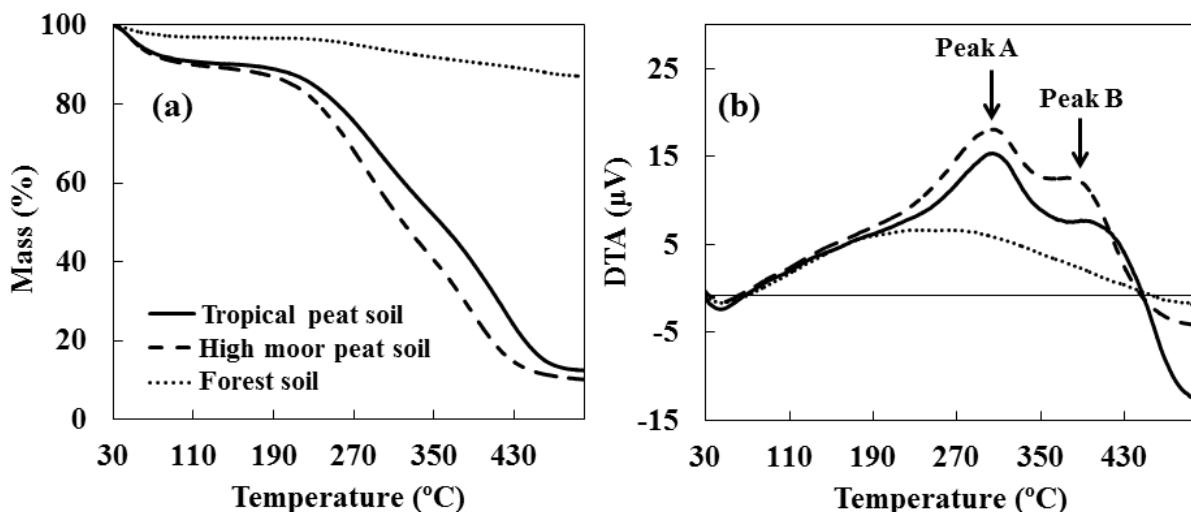


Fig. 3 (a) Weight loss (TG) and (b) differential thermal analysis (DTA) curves of the tropical peat, high moor peat and forest soil. Peak A: combustible gas release; Peak B: combustion of carbide.

3.3 Water eluviation of the genotoxins in the thermal treated soil

Soil water-extracted solutions of thermally treated samples were obtained by shaking 1:10 air-dried soil/distilled water solution at 100 rpm for 24 h at 25 °C in the dark, and filtered through 0.45 µm pore diameter membrane filter. We evaluated that the genotoxicity of soil water-extracted solutions and the extraction residues. As the results, soil water-extracted solutions did not show genotoxic activity, while the extraction residues still retained high genotoxicity. Namely, it is found that the genotoxins in the thermal treated soils has low water solubility, and it cause lasting damage to the soil microbial DNA.

Reference

1. Liu Y. Goodrick S. Heilman W. Wildland fire emissions, carbon, and climate: Wildfire-climate interactions // For. Ecol. Manage. 2014. 317. P. 80-96.
2. Vergnoux A. Malleret L. Asia L. Doumenq P. Theraulaz F. Impact of forest fires on PAH level and distribution in soils // Environ. Res. 2011. 111, P. 193-198.
3. Kuramitz H. Sazawa K. Nanayama Y. Hata N. Taguchi S. Sugawara K. Fukushima M. Electrochemical genotoxicity assay based on a SOS/*umu* test using hydrodynamic voltammetry in a droplet // Sensors 2012. 12. P. 17414-17432.
4. Franciosi O. Montecchio D. Gioacchini P. Ciavatta C. Thermal analysis (TG-DTA) and isotopic characterization (¹³C-¹⁵N) of humic acids from different origins // Appl. Geochem. 2005. 20. P. 537-544.
5. McGrath T. E. Chan W. G. Hajaligol R. Low temperature mechanism for the formation of polycyclic aromatic hydrocarbons from the pyrolysis of cellulose // J. Anal. Appl. Pyrolysis. 2003. 66. P. 51-70.
6. Sharma R. K. Hajaligol M. R. Effect of pyrolysis conditions on the formation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from polyphenolic compounds // J. Anal. Appl. Pyrolysis. 2003. 66. P. 123-144.

APPLICATION OF SIMPLE RAIN AND SNOW MEASUREMENT METHODS TO TUKURINGRA MOUNTAINS, AMUR REGION, FAR EAST RUSSIA

Konosuke Sugiura

Center for Far Eastern Studies, University of Toyama

1. Introduction

Precipitation is one of the most important climate variables. Known problems of the station-based global precipitation data sets include sparse and nonuniform station networks. Northeast Eurasia is one of the areas in the world where observatories are distributed most sparsely according to the Global Surface Summary of Day (GSOD) produced by the National Climatic Data Center (NCDC). Tukuringra mountains is located in Amur Oblast, Russian Far East, northeast Eurasia. The neighborhood whole area is covered by mostly taiga and is located in the southern and eastern limits of taiga. On the other hands, an arid area spreads through the inland of the same latitude. This latitude has a characteristic transition zone for vegetation. Therefore, we firstly focus on the rainfall characteristics through ground-based observations in this taiga area.

The purpose of this study is to introduce simple rain and snow measurement methods, which are highly mobile simple observation tools that can be created from easily obtainable materials in the area, for extracting characteristics of precipitation in Tukuringra mountains in Amur Oblast situated in the Russian Far East and for investigating the relationship between altitude and precipitation in Tukuringra mountains through ground-based observation.

2. Methods

2.1 Simple total rainfall measurement

To measure the total rainfall throughout the year, we made a simple rain gauge composed of a water-storage part with a drinking water PET bottle and a water-receiving part with a 45-mm, 60° conical funnel, as shown in Fig. 1 (Sugiura et al., 2014). The water-receiving part is adhered to the water storage part using electrical tape. The diameter of the funnel which is the water-receiving part was 45 mm. Based on winter field observations at Kitami, Hokkaido, Japan, the catch ratio of the 45-mm funnel was obtained as 69 [%]. Drinking water PET bottles are easily obtainable in Russia and are chosen for the water-storage part.

A small amount of oil is poured into the simple rain gauges to prevent the evaporation of precipitation caught in the water storage part. At this point, the caught precipitation is mainly rain because the catch ratio of a gauge of this type is poor for snow.



Fig. 1 Simple total rainfall gauge

2.2 Simple maximum snow depth measurement

The simple total rainfall gauge is hard to measure snowfall. To investigate the amount of snow, we introduce a simple maximum snow depth gauge using wires, as shown in Fig. 2.



Fig. 2 Simple maximum snow depth gauge

3. Application of tools

Firstly, the size of the simple total rainfall gauge depends on the total amount of rainfall at the installed point. The following is an estimate of the size of the simple total rain gauge.

$$R_{\text{corrected}} = R_{\text{gauge}} \frac{100}{CR} \quad (1)$$

$$R_{\text{gauge}} = W + O + S \quad (2)$$

where $R_{\text{corrected}}$ is the corrected rainfall amount [mm^3], R_{gauge} is the gauge-measured amount [mm^3], CR is the catch ratio of the 45-mm funnel [%], W is the amount of the water storage part in the rainfall gauge [mm^3], O is the suitable amount of oil added to prevent evaporation [mm^3], and S is the amount equivalent to solid precipitation caught by the simple rainfall gauge [mm^3]. Because it was confirmed by visual observation that the funnel was filled with snow during the winter, and it melted into the storage part in spring, to be conservative, S was estimated as ice with a $917 [\text{kg}/\text{m}^3]$ density with which the receiving part of the funnel was filled, that is, the water equivalent of 18.945 mm^3 and equal to 1.2-mm solid precipitation in a 45-mm receiving funnel. The required water storage of rainfall was calculated about 0.997 [L] ($=997,000 [\text{mm}^3]$), assuming that the annual rainfall in the observation area is 1,000 [mm], O is 100,000 [mm^3] and CR is 69 [%]; therefore, a 1.5-L or 2-L bottle would be suitable to use in this area.

Secondly, the maximum snow depth can be measured by visual observation after snow season. The simple maximum snow depth gauge has wires. If bidirectional wires horizontally extended from the pole are covered with snow in winter, the wires will be bent due to snow densification. If the vertical interval between the wires is extremely narrow, the wires may seriously affect the snow pack structure. The maximum snow depth in this area seems to be under 1 [m]. Therefore, a 1-m pole and vertically 5-cm interval wires would be suitable to use in this area.

4. Summary

For extracting characteristics of rainfall in Tukuringra mountains in Amur Oblast situated in the Russian Far East and for investigating the relationship between altitude and rainfall in Tukuringra mountains through ground-based observation, we introduced simple rain and snow measurement

methods, which are highly mobile simple observation tools that can be created from easily obtainable materials in the area.

The simple total rainfall is composed of a water-storage part with a drinking water PET bottle, which is easily obtainable in Russia, and a water-receiving part with a 45-mm, 60° conical funnel. In this area, a 1.5-L or 2-L bottle would be suitable to use in this area. To investigate the amount of snow, the simple maximum snow depth gauge using wires is introduced. In this area, a 1-m pole and vertically 5-cm interval wires would be suitable to use in this area.

Based on cooperation with Institute of Geology and Nature Management, installing simple rain and snow measurement instruments in Tukuringra mountains and going on with field observations will enable us to produce fruitful products.

References

1. Konosuke Sugiura, Shuhei Takahashi, Takao Kameda, Hiroyuki Enomoto, Yuliy Kononov and Maria Ananicheva, Rainfall characteristics at sparsely distributed observatories over the mountainous regions in eastern Siberia. 2014, in preparation.

LITTERFALL OF ALPINE DWARF PINE (*PINUS PUMILA*) GROWING ON THE TWO SUMMITS OF TUKURINGRA MOUNTAINS, AMUR REGION, FAR EAST RUSSIA

Naoya Wada¹, Takeshi Tatsushima², Irina Kozyr³, Semen V. Bryanin³, Viktor V. Lisovsky⁴

¹Center for Far Eastern Studies, University of Toyama

²Graduate School of Science& Engineering for Education, University of Toyama

³Institute of Geology and Nature Management, FEB Russian Academy of Science

⁴Zeysky Nature Reserve Bureau

1. Introduction

Alpine ecosystems are highly vulnerable to global warming, and recent changes of vegetation in several summits of mountains have been reported [1]. Long-term observation enables us to detect changes of ecosystem both structurally and functionally. Litterfall, dead plant material that has fallen to the ground, is thought to indicate a part of ecosystem productivity. Because it's measurable easily to establish traps like bowls without any damage on vegetation, we are able to carry out long-term observation on litterfall dynamics to assess ecosystem productivity under climate change [2].

Alpine dwarf pine, *Pinus pumila* (Pall.) Regel, is one of the representative species in subarctic and alpine regions of northeast Asia, from Russian Far East to Honshu Island of Japan [3]. Litterfall of *P. pumila* community has been investigated so far in alpine regions of Japan [4], but few studies have been carried out in montane regions of Russia. Because *P. pumila* is known to have high needle biomass even though it's growing on upper parts of mountains [5], a large amount of litter will be fallen and inputted to the floor of alpine plant communities, resulting in great impacts on soil formation, carbon stock, and vegetation succession. The aim of our study is to clarify litterfall dynamics of *Pinus pumila* due to long-term observation. In this presentation, we preliminarily report amounts of litterfall of *P. pumila* growing in tukuringra mountains, Zeysky Nature Reserve, Far Eastern Russia.

2. Study sites and methods

This study was carried out on two summits of Tukuringra mountains, Mt. Erakingra (1440m a.s.l.; 54.1°N 126.9°E) and Mt. Topunai (1140m a.s.l.; 53.9°N 127.1°E), located in a territory of Zeysky Nature Reserve, Amur Oblast, Far Eastern Russia. In early September of 2011, we installed a logger for air temperature (T & D Co. Ltd., Matsumoto, Japan) to elucidate thermal condition in each study site. We measured air temperature at one-hour interval from 2011 to 2012. We also placed ten litter traps on the floor of *Pinus pumila* canopies in each study site. In a Japanese mountain, Kajimoto [5] investigated litterfall of *Pinus pumila* using a small plastic basket with a height of 20 cm. In this study, we also used the same one, a small bowl made by plastic (Richell Co., Toyama, Japan), and its diameter and height were 17.5 cm and 20 cm, respectively. The inner part of this bowl was covered by non-woven fabric to capture litter even as small pieces. The bottom of the bowl was fixed into ground by iron pegs. We collected samples of litter twice a year in 2012 (mid June and late August to early September), and at once in 2013 (late August to early September). The litter was sorted into needles, branches, reproductive organs (flowers and cones), insect feces, and other parts of *P. pumila*, and organs of other plants. The sorted fractions of litter were then weighted after drying at 80°C for 48 hours.

3. Result and discussion

Figure 1 shows seasonal change in air temperature in both study sites. Minimum temperature of daily mean was over minus 30°C in winter, and maximum one was around 20°C in summer, in both sites. The warmth index [6], sum of monthly mean temperature over five degree Celsius, was 24.2 degree month in Mt. Erakingra and was 32.0 degree month in Mt. Topunai. These thermal conditions suggest that both study sites could be categorized as subalpine zone, where the warmth index ranges from 15 to 45 degree month [6].

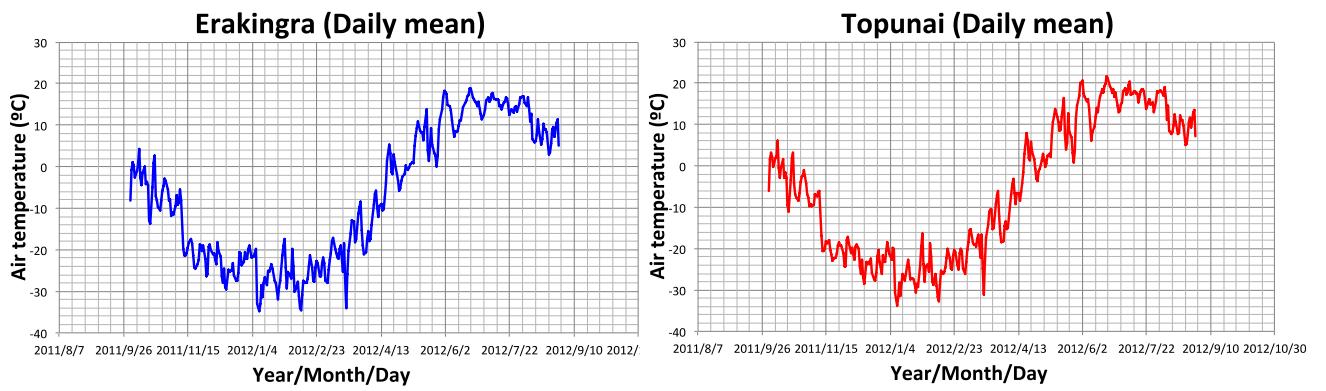


Fig. 1. Seasonal change in daily mean air temperature in both study sites.

Table 1. Litterfall(mean ± SD) of *Pinuspumila* growing in a summit of Tukuringramountains.

	Mt. Erakingra	Mt. Topunai	
Observation period	2011-2012	2012-2013	2011-2012
No. samples	10	10	8
Needles (ton/ha)	1.03 ± 0.43	1.39 ± 0.52	0.70 ± 0.36
Others (ton/ha)	0.43 ± 0.17	0.51 ± 0.21	0.40 ± 0.31
Total (ton/ha)	1.46 ± 0.46	1.91 ± 0.54	1.10 ± 0.62
			1.14 ± 0.22

Table 1 shows the annual amount of litterfall in two study sites. Mean annual amount of needle litter was over one ton/ha/yr in Mt. Erakingra, while it was approximately 0.7 ton/ha/yr in Mt. Topunai. Mean annual amount of total litter was over 1.4 ton/ha/yr in Mt. Erakingra, while it was approximately 1.0 ton/ha/yr in Mt. Topunai. Thus, *Pinuspumila* produced higher litterfall in Mt. Erakingra than in Mt. Topunai, whereas thermal condition was slightly lower in Mt. Erakingra than in Mt. Topunai. Needle litter occupied more than 50% of total litter. However, we found that litter traps were frequently disturbed and several traps came down. In Mt. Topunai in 2011 to 2012, two traps completely lost their non-woven fabrics. Therefore, it was possibility that amounts of litterfall shown in Table 1 would be partly underestimated. Some traps were partly broken in their bodies and such traps had teeth marks that might be made by wild bears.

We therefore deleted data from traps having such traces (Table 2). In Mt. Erakingra, mean annual amount of needle litter and that of total litter were over 1.6 and 2.2 ton/ha/yr, respectively, in 2012-2013. In contrast, amount of litterfall in Topunai still showed lower values, especially in a year from 2012 to 2013.

Table 2. Litterfall(mean ± SD) of *Pinuspumila* growing in a summit of Tukuringramountains.
Sample data with a possibility of disturbance by bear were deleted.

	Mt. Erakingra	Mt. Topunai	
Observation period	2011-2012	2012-2013	2011-2012
No. samples	7	6	2
Needles (ton/ha)	1.13 ± 0.40	1.60 ± 0.55	1.05 ± 0.07
Others (ton/ha)	0.47 ± 0.16	0.62 ± 0.20	0.79 ± 0.42
Total (ton/ha)	1.61 ± 0.35	2.22 ± 0.36	1.84 ± 0.35
			1.15 ± 0.24

Andreev and Pugachev[7] reported that annual amount of litterfall was 1.56 ton/ha/yr, of which 50%, 0.77 ton/ha/yr, was consisted of needle litter, in a *Pinuspumila* scrub of Okhotsk. In Japanese mountains, the annual amount of litterfall ranged from 1.3 to 3.6 ton/ha/yr [4]. The data observed in our study was within these ranges. However, we should pay attention to use data collected in Mt. Topunai, because amounts of litter might be further underestimated with a view point of thermal

condition and annual growth of shoot elongation, which were higher in Topunai than in Erakingra populations. Intensive disturbance probably by bear made accurate observation to be difficult. However, we were able to firstly report annual amounts of litterfall of *Pinuspumila* in the alpine belt of Tukuringramountains. It is necessary to improve sample collection of litterfall with a decreasing of disturbance by bears.

Reference

1. Gottfried M. et al. Continent-wide response of mountain vegetation to climate change // Nature Climate Change. 2012. 2. P. 111-115.
2. Lehtonen A. Lindholm M. Hokkanen T. Salminen H. Jalkanen R. Testing dependence between growth and needle litterfall in Scots pine – a case study in northern Finland// TreePhysiol.2008.28, P. 1741-1749.
3. Krestov P. Forest vegetation of easternmost Russia (Russian Far East) / / Forest vegetation in northeast Asia. Kolbek J. Srute M. Box E.O. (Eds.).2003.P. 93-180.
4. Kjimoto T. Ecological characteristics of *Pinuspumila* with special reference to dry matter production and regeneration // Jpn. J. Ecol.1995. 45. P. 57-72 (in Japanese).
5. Kjimoto T. Aboveground biomass and litterfall of *Pinuspumila* scrubs growing on the Kisomountains Range in central Japan / / Ecol.Res.1989. 4. P. 55-69.
6. Kira T. On the altitudinal arrangement of climatic zones in Japan // Kanchi-Nougaku.1948. 2. P. 143-173 (in Japanese).
7. Andreev D.P. Pugachev A.A. Transformation of plant litter in soils of the Okhotsk mountain province / / Soviet J. Ecol. 1983. 14. P. 72-76.

ПАЛЕОНОТОЛОГИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ ДЕТЯМ

О.В. Сашнина, В.И. Чигарских, Н.В. Болотская

Амурский научный центр ДВО РАН, г. Благовещенск

Палеонтологический музей Амурского научного центра ДВО РАН более 15 лет занимается презентацией палеонтологических исследований проводимых учеными на динозавровых местонахождениях Амурской области: Благовещенское, Кундурское, Гильчинское, Астахихинское, Димское. Коллекция окаменелостей, собранная на этих «кладбищах» является одной из самых крупных в России. В ее составе остатки растительноядных утконосных динозавров, как практически полные скелеты, так и отдельные фрагменты; а так же хвостовые позвонки и зубы завропод, изолированные зубы хищных динозавров; остатки анкилозаврид, крокодилов, черепах; палеофлора – отпечатки листьев и окремнелые стволы. Исключительную научную ценность имеют голотипы: *Amurosaurus riabinini* (Болотский, Курзанов, 1991), *Olorotitan arharensis* (Godefroit et al, 2003), *Kerberosaurus manakini* (Bolotsky, Godefroit, 2004), *Arkharavia heterocoelica* (Алифанов, Болотский, 2010), *Kundurosaurus nagornyi* (Bolotsky, Godefroit, Lauters, 2012) Научными исследованиями находок занимаются ученые лаборатории палеонтологии Института геологии и природопользования ДВО РАН.

В музее собрание палеонтологических раритетов, изменив статус, из элемента исследовательского комплекса в элемент научного образования, наглядно и в доступной форме способствует популяризации российских фундаментальных научных исследований и формирует знание о далеком прошлом родного края.

«История исследования местонахождений позднемеловых динозавров Приамурья» представлена в музейном помещении площадью около 60 кв. метров. Исторический экскурс ведется с начала 20 века посредством уникальных находок, редких фотографий, документов, рисунков и других материалов.

Каждый год более 3 000 человек в музее знакомятся с историей изучения динозавров. Слово динозавр (лат. *Dinosauria*) образовано от древнегреческих слов δεινός — страшный, ужасный, опасный и σαῦρος — ящер и для современного человека понятное и привычное. Особенно популярны динозавры в детской среде. Впервые получив известность в 1842 году, в настоящее время они поселились в книгах, фильмах, комиксах и видеоиграх. Динозавры появляются в историях о затерянном мире, путешествуют во времени и даже несут хаос и разрушение современным мегаполисам. Часто их представляют злобными и кровожадными. Вследствие чего у многих детей сформировалось представление о том, что почти все динозавры это вымышленные хищные существа, и не воспринимаются ими как реальные животные, обитавшие и доминировавшие на нашей планете в мезозойскую эру – в течение более 160 млн. лет. И только научные факты, добытые учеными - палеонтологами меняют это представление, формируют у детей научные знания о вымерших животных. Интерес детской аудитории к далекому прошлому Земли и к эволюции ее органического мира не угасает, постоянно растет. И поэтому деятельность палеонтологических музеев по популяризации научных знаний имеет очень важное значение.

Особенность детской аудитории в том, что она имеет потребность не только в новых знаниях, но и новых впечатлениях и эмоциях, соответственно материал нужно подавать ярко и выразительно, создавать интересные образы, приводить запоминающиеся примеры из жизни животных, играть и фантазировать, не упуская главного - научности и достоверности информации. С учетом этого в нашем музее подготовлены специальные образовательные программы для работы с детьми.

Особенно можно выделить выездные проекты.

В 2010 году для отдаленных от центра города Благовещенска школ сотрудники музея разработали цикл выездных мероприятий по истории амурской палеонтологии. Лекция -

презентация, викторина «Знаешь ли ты динозавров», мастер-класс «Кость - камень - окаменелость», сеанс бодиарта на тему ископаемых зверей др., способствовали повышению интереса к палеонтологии и активизировали посещаемость самого музея. Ребята стали проявлять инициативу, самостоятельно знакомится с музейной экспозицией и экспонатами. У музея появилось много друзей и постоянных посетителей.

В целях более широкого охвата детской аудитории, расширения географии выездов сотрудниками был разработан лекционный проект «Дети + Динозавры = Дружба», который стал одним из самых ярких и востребованных. Целевая аудитория проекта - дети из образовательных учреждений интернатного типа Амурской области. В Приамурье действуют 11 таких учреждений для детей сирот и оставшихся без попечения родителей, в которых воспитываются 7 500 ребят (данные за 2011 г). Педагоги детских домов отмечают большой интерес ребят к динозавровой тематике, но экспозиция палеонтологического музея, ни разу ими не посещалась. Решением этой проблемы стал лекционный проект «Дети + Динозавры = Дружба». В рамках, которого воспитанники интернатов увидели передвижную выставку «Динозавры Амура», интерактивную презентацию «Последние динозавры Азии», копии-слепки с оригинальных костей динозавров и подлинные окаменелости из местонахождений Амурской области, а также модели (игрушки) разных видов динозавров. Ребята с интересом слушали лекции, активно участвовали в викторинах и конкурсах. Дети узнали, об особенностях научного музея, о неизвестных предметах и понятиях (геологическая шкала, динозавр, голотип, окаменелость, отпечаток, слепок и тд). Они с восхищением брали в руки окаменелости, имели возможность почувствовать плотность, вес, пофантазировать о возрасте находки (Фото 1).



Фото 1. Похожий на камень позвонок динозавра.

В процессе общения происходил свободный обмен мнениями. Особую гордость у них вызывал тот факт, что эти необычные научные находки собраны в России на местонахождениях Амурской области. А голотипы пяти динозавров: амурозавра, керберозавра, олоротитана, архаравии, кундурозавра являются частью национального достояния нашей страны. Самые активные почитатели и знатоки динозавров просили подарить им на память

«хоть крошечку динозавра». Для таких случаев сотрудники приготовили мелкие осколки фрагментов настоящих динозавровых костей. Небольшой фрагмент окаменелости становился маленьким кусочком счастья для своего обладателя (Фото 2). Получение ребятами «опыта радости» после общения с палеонтологическим музеем это еще одна очень важная составляющая этих встреч.



Фото 2. Маленький кусочек настоящего динозавра.

Музейные выездные мероприятия стали настоящими научными праздниками не только для воспитанников интернатов, но и их педагогов, и музейных сотрудников.

Педагоги этих учреждений утверждали что, живой опыт общения с реальными предметами для ребят стал важным ресурсом приобретения новых знаний. А дети выражали свое впечатление о мероприятиям в Книге отзывов:

- « Спасибо за экскурсию! Было очень интересно. Мы узнали о наших динозаврах! Они самые лучшие! Обязательно к вам приедем» 4 класс, Белогорск,

-«Хотелось бы еще раз с вами встретиться. Большое спасибо! Вера Ивановна Чигарских самый лучший экскурсовод. Вы лучшие на свете!!!» 4 класс, Семиозерка (Фото 3).

-«Здорово, супер, замечательно. Даже не вериться, что у нас в Амурской области жили динозавры. Они не страшные» 7 класс, Константиновка.

- «Мы без ума от динозавров! Вы принесли нам кусочек счастья» - 6 класс, Белогорск.
Эти отзывы не требуют комментариев.



Фото 3. Вера Ивановна Чигарских, специалист музея на мероприятии с младшими школьниками

За время реализации проекта сотрудники музея посетили почти все детские дома, по возможности дополнительно заезжали в детские реабилитационно - оздоровительные интернаты Амурской области: с. Семиозерка (детский дом №19), с. Дмитриевка (№ 22), с. Ивановка (№ 9,14), г. Белогорск (№ 10,16,7,20), с. Константиновка (№ 2,15), г. Благовещенск (№ 7,8, 17,), с. Поярково (№ 6), с. Крестовоздвиженка (№ 18), п. Юхта. (детская колония) и др

Все мероприятия состоялись при поддержке Общественной палаты Амурской области.

В 2011 году палеонтологический музей АмурНЦ ДВО РАН за лекционный проект «Дети + Динозавры =Дружба». получил диплом Первой степени и Золотую медаль Международной выставки-ярмарки «АмурЭкспоФорум-2011».

В настоящее время музей предлагает детям новые проекты «Динозавры существовали», «Динозавры в городе», «День рождения Ванюши», «Динозавры с большой дороги».

Музейные сотрудники благодарят Ю.Л. Болотского, заведующего лабораторией палеонтологии Института геологии и природопользования ДВО РАН, за огромную помощь и важные замечания и при подготовке и реализации музеиных проектов.