УДК 504.75+615.326:549
ББК 28.080.1
П16

Ответственный редактор
доктор биологических наук профессор *Н.К. Христофорова*

Рецензенты:
доктор биологических наук *В.И. Шунтов,*
доктор медицинских наук *В.А. Петров*,
кандидат геолого-минералогических наук *В.К. Попов*

Паничев А.М.

Литофагия: геологические, экологические и биомедицинские аспекты / А.М. Паничев; [отв. редактор Н.К. Христофорова]; Тихоокеанский институт географии ДВО РАН. М.: Наука, 2011. – 149 с. – ISBN 978-5-02-037491-1 (в пер.)

В книге излагается история изучения и результаты авторского цикла исследований феномена литофагии среди людей и животных. Большое внимание уделено механизмам биологического действия литогенных минерально-кристаллических веществ.

Для биологов, геологов, экологов, медиков, студентов соответствующих специальностей, а также для всех, кто интересуется проблемами естествознания.

Panichev A.M.

Lithophagy: geological, ecological and biomedical aspects / A.M. Panichev (Ed. N.K. Khristoforova); Pacific Institute of Geography, RAS. Moscow: Nauka, 2011. – 149 p. – ISBN 978-5-02-037491-1(in cloth).

The book describes the history of the study and the results of original research cycle of litophagy phenomenon in humans and animals. Much attention is paid to the mechanisms of biological actions of lithogenic minerals and crystalline substances.

For biologists, geologists, ecologists, physicians, students of appropriate specialties as well as for anyone interested in the problems of natural science.

ISBN 978-5-02-037491-1

© Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, 2011
© Паничев А.М., 2011
© Редакционно-издательское оформление. Издательство «Наука», 2011

ОТ ОТВЕТСТВЕННОГО РЕДАКТОРА

Главная трудность раскрытия темы литофагии в значительной мере определяется тесным переплетением в ней (можно сказать, взаимопроникновением) слабосочетаемых пока разделов естествознания – геологии и биологии с элементами медицины. Как показывает практика, проникновение в такие, столь отдаленные, пограничные области наук требует от исследователя особой целеустремленности и желания к самообразованию. Оба эти качества вполне присущи Александру Михайловичу. Мне хорошо знакома его докторская диссертация, которая также была посвящена теме литофагии и защищалась в 1998 г. в экологическом совете ДВГУ (ныне ДВФУ).

За двадцатилетний период, истекший с момента издания книги первой, многие высказанные в ней мысли обрели завершенность, получили подкрепление фактическим материалом. В итоге научные знания о малоизвестном науке феномене литофагии в мире животных и человека, несомненно, подняты на качественно иной уровень. Эти новые знания открывают новые горизонты для исследований в области экологии животных, биоминеральных взаимодействий, в развитии практических направлений медицины и ветеринарии, а также в совершенствовании технологий выращивания животных.

Все три этапа работы над темой литофагии, получившие реализацию в двух книгах и в докторской диссертации, это ступени роста эрудиции автора, его научной смелости и убежденности.

Доктор биологических наук,
профессор,
заслуженный деятель науки и техники РФ
Н.К. Христофорова

ОТ АВТОРА

Распространенный среди животных и людей феномен пищевого использования литогенных веществ, или литофагии, привлекает к себе внимание науки по меньшей мере лет триста. Несмотря на давнюю известность и распространенность этого явления, все предпринимавшиеся учеными попытки объяснить его истинный смысл пока не давали однозначного ответа. Как бывает в подобных случаях: то, что не поддается толкованию, начинают объяснять исходя из научных догм, наиболее соответствующих логике текущего момента. К примеру, на вопрос, почему дети и беременные женщины иногда стремятся поедать глину, мел или штукатурку, дают ответ столетней давности: организму необходимы минеральные вещества, и в случае их дефицита он инстинктивно подыскивает то, что нужно. Логично, но хочется подробностей. А их нет. Ответ на вопрос о причине заглатывания камешков птицами считается и вовсе простым. Большинство биологов продолжает пребывать в совершенном убеждении, что растительноядным птицам камешки нужны лишь как «жернова» для перетирания грубой пищи в специально приспособленном для этого мускульном желудке. Между тем сочная весенняя зелень, которую гуси и утки плотно заедают песком, вряд ли нуждается в размалывании каменными жерновами. Стремление млекопитающих поедать землистые минерально-кристаллические вещества принято объяснять чуть более содержательно, но столь же элегантно: животных интересуют соли, главным образом натриевые, поскольку натрий, как подсказывает логика геохимии, весьма подвижный элемент, легко выносимый из почв поверхностными водами. Дефицит натрия в пище якобы и заставляет животных потреблять обогащенные элементом почвы и горные породы.

Наш более чем 30-летний опыт изучения самых различных аспектов проблемы «землеедения» показывает, что все эти ответы можно принять лишь в самом первом приближении. На самом деле биологическое действие практически всех наиболее часто встречаемых в меню животных и человека горных пород и минералов насчитывает как минимум десяток составляющих. Но и это еще не все. Главные открытия нас ожидают в энергоинформационной сфере биоминеральных взаимодействий, к изучению которых наука только-только подходит.

О РАЗНОВИДНОСТЯХ ЛИТОФАГИИ И ТЕРМИНАХ

Об инстинктивной привычке людей и животных периодически поедать землистые вещества слышали многие. Вместе с тем мало кто задумывался над тем, что минерально-кристаллические вещества могут попадать в пищеварительный тракт как человека, так и животных не только в результате целенаправленного их употребления, но и случайно, попутно с водой или с пищей. Многие наверняка обращали внимание, что собак и кошек не заботит стерильная чистота пищи. Прежде чем съесть кусок мяса, они могут основательно вывалять его в земле или песке. Особенно много землистых веществ попутно с кормом потребляют травоядные животные. К примеру, подсчитано, что на пастбищах Англии и Новой Зеландии крупный рогатый скот поглощает до 100 г «земли» на 1 кг сухой растительной массы; у овец количество попутно поглощаемого минерального вещества может достигать 300 г на 1 кг сухой травы (Thornton, 1983). В зимнее время концентрация «земли» в фекалиях овец может доходить до 650 г/кг (Hea1y, 1967). Таким образом, поглощение землистых веществ в мире людей и животных не является чем-то необычным, это, скорее, заурядный факт.

Существует две формы поглощения землистых веществ: случайная и инстинктивная. Обе формы землеедения встречаются и среди людей, и среди животных. Как свидетельствуют этнографические данные, инстинктивные формы землеедения у людей, обрастая ритуалами, могут трансформироваться в элементы культуры. В определенном смысле аналогичные закономерности наблюдаются и у животных. Посещение одних и тех же мест с целью поглощения минеральных веществ может формировать у животных стойкие стереотипы поведения.

Для обозначения феномена поглощения человеком или животными литогенных веществ в научной литературе встречаются несколько терминов. Наиболее часто употребляемых два: *литофагия* (от греч. *lithophagy* – камнеедение) и *геофагия* (от греч. *geophagy* – землеедение). В англоязычной среде иногда употребляются также *soil consumption* – потребление почвы, и *pica* – термин, обозначающий пищевые извращения, в том числе и с потреблением минеральных веществ. У людей такие извращения обычно возникают на фоне психических расстройств. Все эти термины в научной литературе появились где-то на рубеже XIX–XX вв.

В российской научной литературе термин *литофагия* впервые появился в 1922 г. В журнале «Сибирская природа» была опубликована статья геолога П.Л. Драверта, которая так и называлась «О литофагии». Написал он статью под впечатлением участившихся случаев землеедения среди голодающих в центральных районах России. Описывая необычное пищевое поведение людей, автор привел литературные свидетельства о широкой распространенности землеедения в других регионах Земли, отметил такую же пищевую склонность у некоторых животных.

В настоящее время в англоязычной среде для обозначения инстинктивного поедания людьми и животными веществ литогенной природы чаще употребляется термин *геофагия*. Нам же кажется, что *литофагия* точнее отражает суть рассматриваемого феномена, поскольку речь идет не о дословном поедании камней, а о поедании литогенных минерально-кристаллических образований в широком смысле.

Еще в XIX в., после того как ученые приступили к системному изучению биологии и экологии диких животных, они обратили внимание на то, что в некоторых регионах встречаются характерные легко узнаваемые ландшафтные комплексы, которые животные активно посещают с целью употребления землистых веществ. Для обозначения таких мест в российской зоологической литературе появляется термин *зверовой солонец* (Насимович, 1938), заимствованный из русского народного сленга. Появление этого термина, как и англоязычного аналога *salt lick* – производного от *соль*, явно связано с давно замеченным людьми пищевым пристрастием растительноядных, особенно копытных животных, к натриевым солям.

В начале 1990-х гг. в научных текстах появился термин *кудур* – тюркскоязычный аналог термина *зверовой солонец*, который был заимствован из словаря Э.М. Мурзаева [1984]. Предложил его В.И. Бгатов, известный в Сибири геолог, занимавшийся научными разработками на стыке геологии и биологии. Необходимость введения в научный оборот термина *кудур* он объяснил тем, что *солонец* уже употребляется в почвоведении и его смысловое содержание не совпадает с аналогом из зоологии. Постепенно слово «кудур», заимствованное из лексикона древних кочевников Центральной Азии, стало укрепляться в научных текстах и даже «дало потомство». От «кудур» образован термин *кудурит(ы)*, обозначающий землистые вещества, которые ищут животные на кудурах. Таким образом, согласно используемой в этой книге терминологии, синонимы *зверовой солонец*, *солонец-кудур*, *зверовой кудур*, *кудур* обозначают специфический ландшафтный комплекс, формируемый при активном участии животных. *Кудуриты* – разновидности горных пород, обладающие некими полезными свойствами, благодаря которым могут быть желанной добавкой в «меню» животных или человека. Какие из терминов окончательно приживутся, определит время.

Следует заметить, что термин *литофагия* не всем российским биологам нравится. Дело в том, что он созвучен с термином *фитофагия*. От *фитофагия* образовано понятие *фитофаги*, обозначающее животных, питающихся растительной пищей. По аналогии понятие *литофаги* должно обозначать животных, питающихся камнями. Как очевидно, растительноядных птиц, рептилий и млекопитающих – основных потребителей литогенных веществ – отнести к таковым нельзя. Чтобы избежать недоразумений, предлагается не

употреблять термин *литофаги*, а говорить *литозависимые животные* или *животные-литоманы*. Почему подразумевается зависимость? Как будет показано ниже, поедаемые литогенные вещества способны расширять адаптивные возможности организмов для выживания в среде с неблагоприятными экологическими факторами. Поскольку самочувствие животных, а порой и сама возможность их выживания в некоторых местообитаниях зависят от наличия и доступности подходящих минеральных веществ, отсюда определение *литозависимые* по отношению животным, обитающим на некоторых территориях, вполне оправдано. Здесь можно добавить, что зависимость животных от веществ литогенной природы в какой-то мере сопоставима с хорошо известной всем зависимостью людей и некоторых животных (к примеру, жвачных) от потребления хлористого натрия, или бытовой соли. При этом ни у кого не возникает желание причислять солезависимых животных, для которых характерен феномен солеедения, к пищевой группе животных-солеедов.

В завершение можно напомнить, что далеко не все типичные фитофаги питаются только растительной пищей. Как известно, большинство жвачных животных иногда могут употребить и мясо. Как и некоторые хищники (к примеру, медведи) периодически могут питаться растительной пищей. Из этого вполне очевидно, что все классификации, основанные на разделении животных по пищевой направленности, всегда условны в той или иной мере. Тем не менее они полезны, поскольку позволяют лучше понять общие закономерности структуры и функционирования природных экосистем.

Глава 1

СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ПРОБЛЕМЫ ЛИТОФАГИИ

Литофагия у человека

Первые научные труды с описанием случаев землеедения среди людей были написаны еще в XVIII в. колониальными врачами, которые столкнулись с необычной формой дистрофии чернокожего населения Африки и американского континента, получившей название «Cachexia Africana» (Cragin, 1836). Ухудшение состояния здоровья у африканских негров-рабов, переправляемых в Америку, и как-то связанный с заболеванием факт поедания земли был отмечен еще в 1687 г. (McNeil, 1987). Позднее Д. Мэсон пришел к заключению, что склонность к землеедению, скорее, является следствием, чем причиной болезни (Mason, 1833).

В конце XIX–начале XX в. по мере расширения этнографических сведений о жизни и обычаях различных народов происходит активный процесс накопления фактических данных о традициях землеедения. Среди работ этого периода можно отметить описание Т. Россом путешествия А. Гумбольдта по Южной Америке (Ross, 1895), а также статью Д. Купера и Х. Манна о землеедении в Индии (Hooper, Mann, 1906).

Первое крупное обобщение по литофагии у людей сделал американский этнограф Бертольд Лауфер, описавший обычаи использования в пищу литогенных веществ, обнаруженные им практически по всему миру: в Юго-Восточной и Центральной Азии, Сибири, Австралии, Океании, Африке, Европе и Америке (Laufer, 1930). Другой крупной сводкой по литофагии у человека была книга европейских этнографов Б. Аннела и С. Лагеркранца «Geophagical customs» (Anell, Lagercrantz, 1958).

Первыми среди русских исследователей, встречавшихся с феноменом литофагии и пытавшихся разгадать его смысл, были географы и геологи А.Д. Гебель, П.С. Паллас, Г.В. Стеллер, Э. Лаксман, Т.Е. Ловиц, В.М. Севергин, И.Г. Гмелин, П.А. Казанский, П.Н. Венюков, М.П. Мельников, К.И. Богданович, Э.Э. Анерт. В 1930-х гг. собранные ими данные, относящиеся к распространению «съедобных» земель и их вещественному составу, обобщил В.А. Обручев в своем широко известном цикле по истории геологических исследований Сибири (Обручев, 1931–1937).

В бывш. СССР после Октябрьской революции интерес в научной среде к данной теме был утрачен в связи с редкой встречаемостью землеедения среди населения на территории страны, а также в связи с резким сокращением экспедиционных работ за ее пределами.

Приблизительно с середины 1960-х гг. XX в. данной проблемой начинает углубленно заниматься американский исследователь Д.Е. Вермеер. Выходит целая серия его статей, посвященных традициям литофагии в Африке и на территории США (Vermeer, 1966–1987). Наряду с этнокультурными аспектами он изучает и медицинские. В результате было выявлено, что исторические корни литофагии в Африке уходят в необозримую древность. «Съедобные» глины были найдены в захоронениях людей 35-тысячелетней давности (Vermeer, 1984). Основная цель их применения чаще всего была связана с лечением различных заболеваний, в первую очередь желудочно-кишечных расстройств.

Как показали минералогические исследования, в составе «съедобных земель», используемых в Африке, Америке и Австралии, доминируют каолинит и галлуазит. Как примеси встречаются смектит, гидрослюды (иллиты), иногда вермикулит, карбонаты, хлориты, сульфаты; в составе обломочной фазы преобладает кварц, встречаются также плагиоклазы, гематит, гетит, гиббсит (Vermeer et al., 1985; Ferrell et al., 1985; Young et al., 2010). Любой геолог легко заметит, что данный набор минералов включает наиболее распространенные виды, типичные для кор выветривания самых различных горных пород.

На фоне активной деятельности Д.Е. Вермеера продолжают появляться статьи, посвященные медицинским аспектам литофагии. Делаются попытки связать с землеедением развивающийся в организме дефицит железа и витаминов (Curtlius et al., 1963; Mengel et al., 1964), которые, однако, были безуспешными. Не убедительными были также попытки объяснить причины землеедения нехваткой в организме таких элементов, как железо, цинк, медь и кальций (Cheek et al., 1981; Feildman, 1986; Abrahams, 1997). Вместе с тем описан случай с женщиной, показавший, что при чрезмерном употреблении глин может развиться нехватка в организме калия (Severans et al., 1988). Выявлена связь глистных инвазий у людей, поедавших зараженные почвы (Robinson et al., 1990; Geissler et al., 1998; Hinz, 1999). Появлялись также статьи, в которых обосновывалась связь литофагии с употреблением ядовитых растений. При этом «земли» рассматривались как вероятные детоксиканты организма (Johns, 1986; Johns, Duquette, 1991; Reid, 1992).

Общее современное состояние изученности феномена литофагии у людей достаточно полно отражает обзорная статья английских исследователей из Уэльсского университета (Abrahams, Parsons, 1996), написанная по материалам 60 работ, специально посвященных тем или иным аспектам литофагии у человека. Этот обзор показывает, что к середине 1990-х гг. изученность данного вопроса продвинулась мало. Уровень исследований тех лет характеризуют данные табл. 1 (результаты количественной оценки биологичской доступности в поедаемых «землях» некоторых макро- и микрокомпонентов на основе кислотных вытяжек).

Традиции землеедения в Африке упорно сохраняются и в наши дни. Современные потребители глин получают необходимый продукт либо покупая его на рынках, либо добывая самостоятельно из различных, в ряде мест довольно многочисленных, источников. К примеру, в хорошо раз-

Таблица 1

Содержание некоторых макро- и микроэлементов (в мг/кг) в вытяжках из «съедобных земель», используемых человеком
(по: Abrahams, Parsons, 1996**)**

№	Автор (год)	Место отбора (порода)	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
1	Johns, Duquette (1991)	Камерун (глина)	45	77	–	9	–	–	–
		Габон («эко»)	87	68	–	4	–	–	–
		Кения 1 (глина)	432	791	135	7	2	63	3
		Кения 2 (глина)	793	220	112	12	1	349	5
		Нигерия («эко»)	102	19	9	10	2	Н. о.	3
		Того (глина)	177	120	–	5	–	–	–
		Замбия (глина)	93	142	60	–	11	19	2
		Заир (глина)	84	16	–	–	–	–	–
2	Vermeer (1984)	Нигерия («эко»)	41	265	179	134	0,6	29	30
3	Vermeer (1986)	Нигерия (почва)	53	3 910	2 010	–	–	–	–
4	Vermeer (1971)	Гана («ай»)	165	120	31	–	–	–	–
5	Hunter (1973)	Гана (глина)	130	1133	331	95	10	Н. о.	15
6	Hunter, Klrine (1984)	Центр. Америка («Святая Земля»)	1 430	1 897	523	43	1,8	0,9	9,9

*Примечание***.** 1 – вытяжка 0,1 HCL с 0,1 мол/л NaCl; 2 – метод анализа не указан; 3 – вытяжка ацетатом аммония pH = 7; 4 – вытяжка 0,1 N HCL; 5–6 – метод не указан; «эко» и «ай» – местные названия разновидностей «съедобных земель», поступающих в рыночную продажу; н. о. – не обнаружено; (–) – не определялось.

ветвленную систему рынков Западной Африки «съедобные земли» поступают главным образом из двух центров добычи. Один из них находится к востоку от р. Вольта среди племен иуи в Гане (Vermeer, 1971). Глины из этого источника под названием «ай» распространяются не столь широко, как из другого, расположенного на территории, занимаемой народами бени (Нигерия). Нигерийские глины, называемые «эко» жителями деревни Узалла, где их добывают и обрабатывают, распространяются очень широко. Только из Узаллы ежегодно на рынки поступает около 500 т глины, которую потребляют сотни тысяч людей, живущих за многие сотни километров от источника добычи. Глина «эко» попадается даже на рынках в 1500 км к западу от Узаллы (Vermeer et al., 1985).

Глиноедение еще недавно было широко распространено и на юге США среди чернокожего населения (Vermeer, Frate, 1979). К примеру, по данным Вермеера, в приустьевой части р. Миссисипи глины добывались на обширной территории в пределах надпойменной речной террасы обычно из бортов дорожных выемок или из подпочвенного слоя на глубине от 50 до 130 см.

Общее представление о распространенности литофагии среди населения приэкваториальной зоны на примере африканского континента дает рис. 1. Типичный карьер, где добывается «съедобная земля» в Африке, – на рис. 2. На рис. 3 запечатлен процесс приготовления съедобных глинистых лепешек.

Для лучшего ознакомления с темой литофагии среди людей рассмотрим более детально самые последние данные, собранные коллективом американских и африканских исследователей в Танзании (Восточная Африка), на островах Занзибар и Пемба (Young et al., 2010). На островах, как и на восточном побережье африканского материка, распространены рыхлые аллювильные преимущественно глинисто-илистые отложения четвертичного (миоценового) возраста. На островном архипелаге, где издавна распространена культура литофагии среди коренного населения, были собраны образцы «съедобных земель» (всего 11 разновидностей), которые были подвергнуты различным лабораторным исследованиям. Кроме того, выполнены полевые эпидемиологические и этнографические исследования, собрано 57 интервью среди потребителей кудуритов. Из 2 367 опрошенных беременных женщин 169 (7,1%) заявили, что регулярно едят глины в ходе текущей беременности. После рождения ребенка у большинства из них привычка к литофагии исчезает.

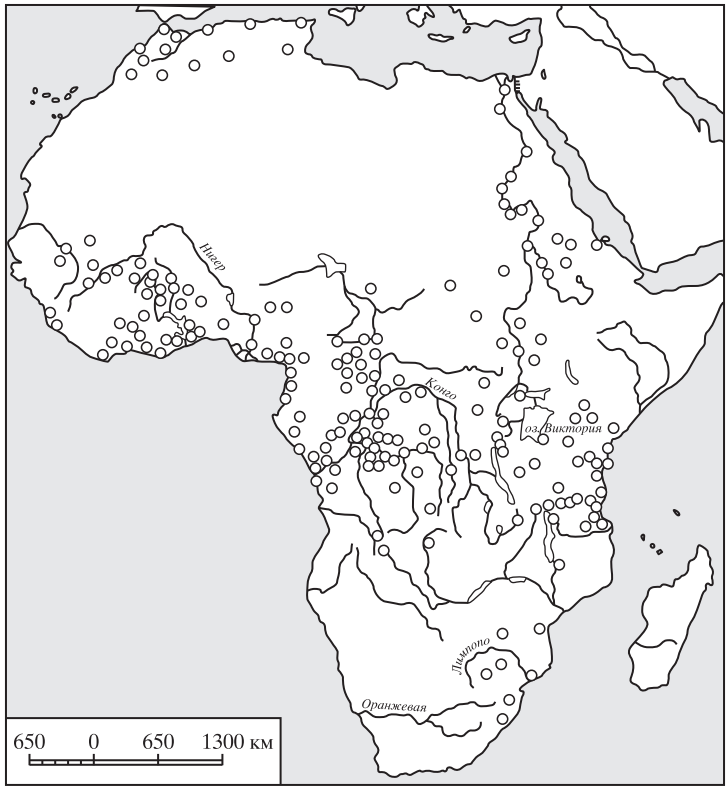


Рис. 1. Распространенность литофагии в середине XX столетия среди коренного населения Африки (по: Anell, Lagercrantz, 1958)

Рис. 2. Пример одного из карьеров на востоке Африки (Танзания), где добыча «съедобной земли» осуществляется попутно при строительстве фундамента дома (по: Young et al., 2008)

Рис. 3. Процесс изготовления лепешек из глины для продажи. Африка, Танзания (заимствовано с http://www.magneticclay.com/eating-clay.php)

Среди небеременных женщин потребителей глин выявлено около 0,2%. Глинистые породы поедают также дети от 2 до 5 лет (4,5% от общей численности).

Большинство людей имеют свои собственные места добычи «съедобых земель». Это могут быть карьеры, откопанные при строительстве фундаментов домов или колодцев, закопуши среди сельскохозяйственных полей или на поверхности и склонах окружающих холмов в пределах древних речных террас. Некоторые люди покупают «съедобные земли» на рынках.

На о-ве Пемба выявлено четыре разновидности используемых «земель», которые имеют собственные названия udongo, mchanga, vitango pepeta и ufue.

Udongo – песчано-алевритовые отложения от светло-красного до темно-серовато-коричневого цвета, которые добываются на глубинах от 5 до 50 см, их часто используют при строителстве стен домов. Mchanga – это слабоокрашенные песчано-илистые породы, обычно выкапываемые на глубине при строительстве колодцев. Vitango pepeta – мягкие светлые, иногда слабоокрашенные охрами глинисто-илистые сланцеватые массы, выкапываются близко от поверхности. Ufue – белые или розовато-белые илистые породы.

«Съедобные земли» либо специально готовят (отмывают, пропекают в печи или на солнце), либо употребляют в сыром виде там, где находят. Из 57 опрошенных 26 употребляли udongo, 10 ели ufue, 13 – vitango pepeta и лишь 2 – mchanga. Большинство респондентов не смогли объяснить, почему они едят землю, некоторые упомянули как причину тошноту и слюноотделение. Количество съедаемой за один прием земли составляло приблизительно от 18 до 180 г при частоте суточного приема от 1 до 20 раз. Потребители часто отмечали приятный запах и вкус такой земли.

Лабораторные анализы показали, что pH водной вытяжки в образцах «съедобных земель» сильно различается. Для udongo он колеблетсяот 7 до 10,5, для mchanga – около 8, у vitango pepeta и ufue – около 5.

Результаты гранулометрического, а также химического (табл. 2) и минералогического (табл. 3) анализов показали, что земли udongo и mchanga представлены преимущественно кремнеоксидными минеральными комплексами с небольшим содержанием каолинита и галлуазита с преимущественно песчано-алевритовой размерностью кварцевых зерен. Земли типа vitango pepeta – глинисто-илистые отложения с преобладанием каолинита и галлуазита, обогащенные оксидами железа. Земли ufue – кремнеоксидно-глинистые (кварц-галлуазит-каолинитовые) отложения преимущественно алевритовой размерности. Происхождение всех этих отложений связано с процессами глубокого выветривания различных горных пород с последующим переносом продуктов выветривания водой в виде мутьевых взвесей и отложением в приустьевой части сравнительно крупной долинной реки.

Содержание микроэлемнтов в «съедобных землях» о-ва Пемба (табл. 4) колеблется на уровне минимальных значений для почв исследуемого района. В целом же они характерны для сильно выветрелых остаточных кор выветривания, которые широко распространены в Африке. Не обнаруживаются

Таблица 2

Результаты химического анализа «съедобных земель» о-ва Пемба, Африка
(по: Young et al., 2010**)**

Оксид №	Udongo				Ufue			Vitango pepeta		Mchanga
	818	832	835	839	833	845	834	812	842	838
SiO_2	90,97	89,07	81,45	93,49	71,58	78,61	61,61	52,08	54,05	94,48
TiO_2	0,45	0,37	0,29	0,39	0,15	0,24	0,92	0,60	0,38	0,21
Al_2O_3	7,58	7,75	7,92	5,04	19,78	17,78	23,20	32,30	34,58	3,12
Fe_2O_3	0,75	0,88	0,74	0,73	0,84	0,46	8,06	5,74	1,56	0,57
MnO	0,01	0,01	0,04	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
MgO	0,14	0,18	0,47	0,17	0,20	0,17	0,70	1,16	0,74	0,13
CaO	0,18	0,77	2,97	0,14	0,17	0,06	0,11	0,04	0,04	1,79
K_2O	0,60	0,33	1,83	0,32	2,12	0,05	0,34	0,72	0,30	0,33
Na_2O	0,03	0,01	0,76	0,04	0,44	0,03	0,00	0,06	0,00	0,05
P_2O_5	0,01	0,04	0,09	0,02	0,01	0,00	0,02	0,02	0,00	0,02
Sum	100,7	99,42	96,56	100,4	95,31	97,41	94,96	92,73	91,65	100,7

Таблица 3

Результаты минералогического анализа «съедобных земель» о-ва Пемба, Африка
(по: Young et al., 2010**)**

Минерал №	Udongo				Ufue			Vitango pepeta		Mchanga
	818	832	835	839	833	845	834	812	842	838
Кварц	88,2	85,8	76,0	90,2	47,9	70,0	35,2	3,5	18,4	91,8
Плагиоклазы	0,0	0,2	0,7	0,0	2,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
К-шпаты	2,4	1,0	1,4	0,6	11,6	0,0	1,7	0,0	0,0	1,4
Кальцит	0,0	0,6	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5
Гематит	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0
Гетит	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	1,8	0,4	0,0
Гиббсит	0,0	0,6	0,0	0,0	0,4	0,0	0,4	0,0	0,4	0,0
Каолин/смектит	1,0	2,6	4,2	2,8	4,6	0,0	18,1	44,2	20,9	0,4
Каолинит	5,0	4,4	10,1	3,0	8,6	23,4	25,1	21,3	21,4	1,2
Галлуазит	3,3	4,9	3,2	3,3	24,7	6,6	14,3	29,1	38,5	1,7
Глина общая	9,3	11,9	17,5	9,1	37,9	30,0	57,5	94,6	80,8	3,3

также признаки их обогащенности токсичными и условно токсичными элементами As, Pb,Th, U.

Главный вывод исследователей относительно причин употребления «съедобных земель» сводится к гипотезе о лечебном действии каолинита и галлуазита, что якобы согласуется с последними данными о применении этих

Таблица 4

Результаты анализа микроэлементного состава «съедобных земель» о-ва Пемба, Африка (по: Young et al., 2010**)**

Элемент №	Udongo				Ufue			Vitango pepeta		Mchanga	Среднее по почвам района
	818	832	835	839	833	845	834	812	842	838	
As	4	3	2	2	3	1	11	7	2	2	1–80
Ba	195	105	99	67	795	23	72	66	53	120	100–6 000
Ce	15	17	7	16	13	8	61	27	19	17	–
Co	1	1	1	2	3	1	0	2	2	0	1–80
Cr	77	47	42	37	82	63	190	130	123	29	7–1 000
Cu	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	8	< 2	< 2	3–100
Ga	6	7	7	5	19	17	26	22	26	3	10–100
I	5	9	5	7	3	8	10	3	9	4	2–8
La	8	7	6	7	9	8	34	13	9	5	–
Nb	10	10	9	10	7	9	16	12	9	8	–
Ni	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	7–800
Pb	12	25	9	10	20	7	22	16	13	15	3–120
Rb	10	6	24	6	40	1	12	22	8	5	12–900
Sr	32	32	123	16	115	9	21	15	12	43	70–1 000
Th	4	3	2	3	2	3	9	5	3	2	–
U	0	0	1	1	1	0	2	1	1	0	–
V	15	16	18	14	31	20	120	111	72	8	12–800
Y	9	9	8	9	8	8	15	9	9	8	–
Zn	12	37	24	9	14	4	26	39	29	44	10–500
Zr	420	291	240	316	58	125	446	88	159	218	80–3 000

минералов в качестве фармацевтических препаратов для вывода из организма токсичных веществ и защиты слизистой желудочно-кишечного тракта. Между тем, как очевидно, употребление пород типа mchanga или udongo, в составе которых может быть всего лишь от 3% глинистого вещества, а остальное оксиды кремния, опровергает это предположение. Это может означать, что *либо причины поедания пород человеком пока неизвестны, либо все поедаемые минеральные комплексы, несмотря на различия в составе, обладают близким спектром биологически активных свойств.*

Литофагия у животных

Больше всего данных по литофагии у животных собрано в отношении крупных травоядных млекопитающих и приматов в связи с изучением роли зверовых солонцов, или зверовых кудуров, в экологии этих групп животных.

Первым российским исследователем, взявшимся за системное изучение зверовых солонцов и их роли в жизни животных, был зоолог А.А. Наси-

мович. Ему удалось собрать сравнительно большой фактический материал по закономерностям посещения солонцов-кудуров различными видами травоядных млекопитающих на территории Кавказского заповедника, а также сделать первые анализы химического состава «съедобных» грунтов (Насимович, 1938). Позднее, в книге «Млекопитающие Советского Союза» А.А. Насимович обобщил данные по солонцеванию диких животных на всей территории бывш. СССР (Гептнер и др., 1961). В книге приводятся сведения о посещаемости солонцов-кудуров такими видами животных, как косуля, пятнистый, северный и благородные олени, европейский зубр, серна, безоаровый козел, сибирский горный козел, кубанский тур, а также бараны горный (толсторог) и снежный. Согласно данным А.А. Насимовича, все перечисленные животные посещают солонцы исключительно в горных местообитаниях.

Приблизительно в одно время с А.А. Насимовичем аналогичные наблюдения на солонцах-кудурах проводил Л.Г. Капланов в горах Сихотэ-Алиня (1949). Исследователь обратил внимание на большую притягательность этих объектов для животных. При обсуждении результатов нескольких химических анализов, показавших низкое содержание водорастворимых солей в употребляемых животными глинах, он выразил недоумение по поводу причин их пищевого использования.

В том, что только минеральный голод побуждает животных поедать «землю», усомнился и Ф.Д. Шапошников (1953), который, наблюдая за маралами на солонцах в районе Телецкого озера на Алтае, обратил внимание на то, что у диких копытных животных при поедании глин пропадают признаки диареи, типичной в период весенней перестройки кормового рациона. Обратив также внимание на объем потребляемого глинистого материала, он высказал предположение, что «глиноедение», помогая животным нормализовать процесс дефекации, способствует полноценному их существованию в некоторых местообитаниях.

Под влиянием биологов проблема солонцов-кудуров привлекла внимание геохимика-почвоведа из МГУ Ю.А. Ливеровского. Изучив ряд образцов земель, поедаемых животными в Сихотэ-Алине, он обнаружил единственное их отличие от обычных пород и почв района, состоящее в повышенном содержании натрия среди обменных катионов (Ливеровский, 1959).

За рубежом работы, специально посвященные зверовым солонцам и связанной с ними литофагии, появились приблизительно одновременно с российскими. Возможно, первой из них была статья А. Мьюри (Mure, 1934), в которой оценивалась роль солонцов-кудуров в экологии лосей, обитающих на о-ве Айл-Ройял (оз. Суперио р, Канада). Следующей англоязычной публикацией, специально посвященной исследованию зверовых кудуров, была статья Бита (Beath, 1942). В ней автор описал ряд известных ему солонцов-кудуров в Скалистых горах на территории США (шт. Вайоминг), формирующихся по глинистому элювию среди пород мезозойского возраста. Руководствуясь собственным опытом обследования нескольких солонцов, О.А. Бит предложил свою версию механизма их формирования. По его мнению, солонцы возникают на основе различных пород, которые в соотвествующих условиях выветривания, выщелачивания или подсачивания с выпариванием грунтовых или пластово-трещинных вод могут насыщаться водорастворимы-

ми минеральными солями, среди них наиболее важными для животных являются натрий, кальций, фосфор, а также некоторые микроэлементы. Большое место в своей статье исследователь уделил обсуждению причин усиленного посещения солонцов в связи с возможной вредной ролью селена, в избытке обнаруженного в почвах и кормовых травах в местах обитания снежных баранов, активно посещающих солонцы.

Первой сводкой по солонцам-кудурам в Скалистых горах Канады была работа Л.М. Кауэна и В.К. Бринка (Cowen, Brink, 1949). Исследователи описали около 30 объектов в различных национальных парках, отметив их сильное влияние на создание локальных концентраций диких животных. Они заметили также, что животные отдают предпочтение естественным солонцам даже при наличии рассыпанной соли хлористого натрия.

Среди зарубежных работ 1950-х гг. наиболее показательна статья Д.С. Стокстада с соавт. (Stockstad et al., 1953). Ученые пытались узнать, какой минерал ищут животные, с целью распределить его нужным образом по территории и тем самым заставить животных более равномерно рассредоточиться. Притягательность солонцов, по их мнению, способствует быстрому оскудению кормовых ресурсов в солонцовых районах. Свои исследования они строили на опытах с животными, которым предлагалось 22 разновидности солей. В эксперименте копытные выбирали исключительно натрийсодержащие соли.

«Натриевую» гипотезу о солонцах-кудурах существенно укрепили австралийские исследователи из Мельбурнского университета (Австралия) Д.А. Дентон и Л.Р. Блэир-Вест (Denton et al., 1961; Blair-West et al., 1963; Blair-West et al., 1968). Они изучили разнообразные биологические параметры-индикаторы общей адаптации некоторых травоядных животных к условиям натриевого дефицита в среде. Полученные факты позволили заключить, что при постоянном или периодическом дефиците натрия в окружающей среде у животных развиваются устойчивые или временные адаптивные физиологические и поведенческие реакции, направленные на сохранение водно-солевого гомеостаза в организме.

В период с середины 1960-х гг. и по настоящее время за рубежом проблема литофагии среди копытных животных изучалась довольно интенсивно, но узко в связи с разработкой практически единственной версии о причине «землеедения» как способе регуляции в организме натрия. Наряду с этим продолжался сбор информации по химическому составу кудуритов, а также по динамике и закономерностям «солонцевания» различных видов крупных млекопитающих главным образом в пределах североамериканского континента и Африки (Dalk et al., 1965; Weir, 1969; Hebert, Cowan, 1970; Henshaw, Ayeni, 1971; Hunter, 1973, 1993; Calef, Lortie, 1974; Heimer, 1974; Marsel, Leon, 1974; Weeks, Kirkpatrick, 1976; Best et al., 1977; Weeks, 1978; Wiles, Weeks, 1986; Fraser et al., 1980; Belovsky, Jordan, 1981; Fraser, Hristienko, 1981; Tankersley, Gasaway, 1983; Fraser, 1984; Watts, Schemnitz, 1985; Jones, Hanson, 1985; Kreulen, 1985; Stark, 1986; Risenhoover, Peterson, 1986; Eksteen, Bornman, 1990; Miller, Litvaitis, 1992; Moe, 1993; Ruggiero, Fay, 1994; Tracy, Mcnaughton, 1995; Dormaar, Walker, 1996; Klaus et al., 1998; Klaus, Schmidt, 1998; Abrahams, 1999; Ricardo et al., 2002; Holdetal., 2002; Jeremy et al., 2006; Mills, Milewski, 2007; Mincher et al., 2008; Jeremy et al., 2008; Chandrajith et al., 2009).

Лишь в некоторых из них при обсуждении результатов, когда натриевая версия явно не подтверждалась, высказывались параллельные гипотезы,

Рис. 4. Горные гориллы на солонце-кудуре. Склон вулкана Микено в горах Вирунга, Африка. На обнажении видны многочисленные следы от зубов и рогов диких буйволов и антилоп (фото *M. Kazerezi*, http://gorillacd.org/2009/08/19/geophagy/)

прежде всего микроэлементная, а также предположение о возможном положительном значении микроорганизмов, населяющих поедаемые грунты.

В последние два десятилетия за рубежом идет масса публикаций по литофагии среди животных, причем акцент исследований смещается от копытных и слонов к приматам, некоторым видам птиц, в частности попугаям и летучим мышам.

Среди приматов наибольшее внимание специалисты уделяют шимпанзе и горным гориллам в Африке (Mahaney, 1993; Mahaney et al., 1995а, 1995в, 1996а, 1996б, 1997; Ketch et al., 2001а, 2001б; Klein et al., 2008; Aufreiter et al., 2001; Krishnamani, Mahaney, 2002). Литофагию изучали также среди обезьян Южной Америки (Mahaney et al, 1995б; Muller, Hartman, 1997; Knezevich, 1998; Blake et al., 2010), на островах Японии (Mahaney et al., 1993; Wakibara et al., 2001) и Индонезии (Davies, Baillie, 1988), а также на юге Азии, в Индии (Voros et al., 2001) и Гонконге (Bolton et al., 1998). Из этих работ явствует, что по минеральному составу и геохимии поедаемые приматами «земли» принципиально не отличаются от используемых копытными и человеком. При наличии в округе зверовых кудуров приматы также могут активно их посещать (рис. 4). Часто отмечались случаи потребления грунтов, слагающих термитные постройки, что, кстати, характерно и для других травоядных.

Многочисленные попытки ученых выяснить причину литофагии у приматов также пока не дали однозначного результата. К настоящему времени предложено шесть гипотез (Krishnamani, Mahaney, 2002): 1) кудуриты адсорбируют токсины, которые поступают с кормом или образуются как вторичные

метаболиты; 2) регулируют показатель pH в пищеварительном тракте; 3) выступают в качестве противодиарейного средства (эта гипотеза стала модной после того, как были установлены факты нормализации работы кишечника в случае использования глин, содержащих каолинит, галлуазит и смектит); 4) избавляют от паразитов и противодействуют токсикозам, связанным с эндопаразитами; 5) служат поставщиками макроэлементов; 6) обеспечивают поступление дополнительных порций микроэлементов.

В качестве примера в табл. 5 приводятся результаты определения некоторых химических элементов в поедаемых приматами (макаки) минеральных веществах с преобладанием каолинита и смектита из термитных построек на

Таблица 5

Результаты химического анализа (в % и мкг/г) минерального вещества, поедаемого приматами из термитников на юге Индии
(по: Voros et al., 2001**)**

Элемент №	Почвы термитников			Фоновые почвы		
	1	2	3	1	2	3
Al,%	5,6	5,1	6,7	2,5	3,3	5,1
Ca,%	0,22	0,21	0,21	< 0,06	0,08	< 0,06
Fe,%	3,22	3,06	5,00	3,11	2,29	3,72
K,%	0,84	0,72	1,07	0,63	0,85	1,04
Mg,%	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Na,%	0,10	0,07	0,12	0,10	0,06	0,07
Ti,%	0,32	0,27	0,27	0,36	0,31	0,40
Mn	427	397	436	515	262	434
I	13	< 6	< 6	< 6	< 4	< 6
Cl	< 45	< 53	< 46	< 55	< 30	< 48
Br	5,0	5,3	7,4	< 0,02	< 0,01	1,4
As	4,5	4,7	6,9	4,9	3,6	5,7
Ba	440	370	1160	380	360	360
Ce	89,9	61,9	72,7	61,3	73,4	85,6
Co	13,9	12,3	13,3	9,9	10,0	13,0
Cr	81	72	113	88	78	91
Cs	1,20	1,00	1,20	0,43	0,55	0,89
Dy	2,3	< 1,6	< 1,2	< 1,6	< 0,9	< 1,6
Eu	0,99	0,89	0,75	0,44	0,54	0,58
Hf	10,4	7,8	12,3	13,5	13,0	17,7
La	24,3	22,1	21,4	13,6	17,6	20,8
Lu	0,22	0,18	0,19	0,13	0,17	0,18
Nd	18	17	12	8	13	14
Sc	6,26	5,33	7,10	3,02	3,66	4,92
Sm	2,87	2,52	2,27	1,49	2,03	2,34
Tb	0,43	0,37	0,40	0,24	0,34	0,38
Th	6,3	5,8	8,4	7,2	10,7	10,6
U	1,5	1,3	1,5	1,2	1,3	1,7
Yb	2,0	1,6	1,8	1,3	1,7	1,8

Рис. 5. Попугаи (*Aramacao* и *Araararauna*) поглощают суглинки в речной террасе. Южная Америка, Перу (фото *Tim Ryan*)

юге Индии, а также в составе аналогичных образований из почв, характерных для района. Незначительные различия в составе определявшихся элементов (с превышением в веществе из термитников) обнаруживаются по алюминию, кальцию, брому, цезию, европию, лантану, неодиму и скандию.

Авторы статьи дают заключение, что поедаемые почвы по минеральному составу сильно напоминают глины «эко», широко используемые среди аборигенов в Африке, полагая, что причины поедания термитных грунтов связаны с их детоксикационными свойствами.

Что касается попугаев, то повышенный интерес к этой группе животных обусловлен, во-первых, особой их значимостью как объекта, привлекающего

туристов в страны Южной Америки. Дело в том, что места концентрации попугаев в периоды активной литофагии широко используются в индустрии туризма. Возможности, которые предоставляются туристам для наблюдения и фотографирования на «птичьих кудурах», передает рис. 5. Второе, что подогревает интерес ученых к этой теме, – именно на попугаях было установлено, что растительноядные птицы не всегда довольствуются гастролитами. Оказалось, что они могут активно поглощать и тонкодисперсные минеральные вещества, т. е. типичные кудуриты. Среди наиболее значимых работ на эту тему (Gilardi et al., 1999; Diamond et al., 1999; Burger, Gochfield, 2003; Brightsmith, 2004; Mee et al., 2005; Brightsmith, Arambure, 2004; Lee et al., 2009). Вопрос о причинах поглощения кудуритов попугаями в лесах Южной Америки и Новой Гвинеи, как и летучими мышами в период беременности в лесах Амазонки (Voigt et al., 2007, 2008), также остается нерешенным. Среди выдвинутых версий наиболее часто обсуждаются две: 1) стремление нейтрализовать ядовитые компоненты корма (давно известно, что корм попугаев в тропических лесах богат различными ядовитыми веществами, в том числе алкалоидами); 2) поиск все того же натрия, дефицитного в наземной растительности в условиях гумидного климата (Lee et al., 2010).

На рис. 6 приведена карта, заимствованная из статьи группы английских и американских исследователей (Lee et al., 2010), на которой показано наиболее вероятное распределение встречаемости литофагии у попугаев в Южной Америке по данным компьютерного моделирования. Полученная прогнозная карта хорошо совпадает с результатами натурных наблюдений. В числе учтенных 23 средовых факторов наиболее значимыми были климат (корреляция с высокой влажностью) и геология (связь с районами распространения наиболее молодых вулканических горных пород). Здесь следует обратить внимание читателя на тот факт, что выявленные с помощью компьютерного моделирования районы активной литофагии у попугаев в Южной Америке являются территориями, где литофагия давно известна и среди млекопитающих животных, а также среди коренных жителей, индейцев Боливии, Перу и Гватемалы. Этим мы хотим подчеркнуть, что средовой фактор, вынуждающий попугаев поглощать глину, действует одновременно на всех растительноядных млекопитающих, обитающих на данной территории, включая человека.

Работ, посвященных исследованию функций классических гастролитов в желудках клоачных животных, в первую очередь у птиц и у их предков динозавров, в последние два десятилетия тоже заметно прибавилось. Большинство из них – зарубежные публикации и статьи на сайтах Интернета. Необходимо особо отметить тот факт, что если до недавнего времени основной функцией гастролитов в желудках растительноядных птиц считалась мельничная, то в самые последние годы за рубежом начали появляться мысли о возможности существования дополнительных функций. Так, в диссертации немецкого исследователя О. Вингса (Wings, 2004), посвященной изучению функций гастролитов у динозавров и сопоставлению их с гастролитами африканских страусов, выдвигается целый ряд гипотез относительно добавочных функций у заглатываемых животными минеральных зерен. Среди них, к примеру, такие: 1) минеральные зерна как дополнительный источник минеральных веществ; 2) как вещества, способствующие выделению желудочного

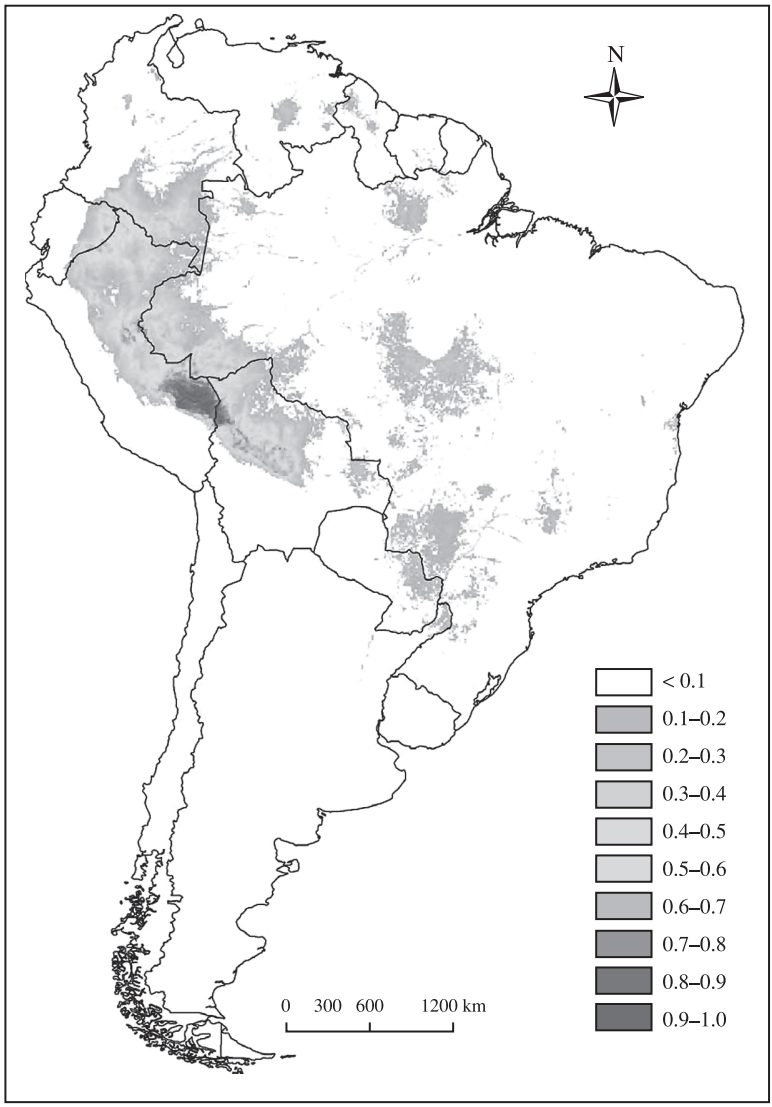


Рис. 6. Прогнозируемая вероятность возникновения литофагии среди попугаев в Южной Америке по данным компьютерного моделирования с использованием 23 факторов среды обитания (по: Lee et al., 2010)
Темный цвет – наибольшая вероятность

сока; 3) минеральные зерна выполняют гидростатическую функцию или служат балластом (у водных рептилий).

С нашей точки зрения, все эти гипотезы имеют право на жизнь. Однако ученые-биологи в своем большинсве не знакомы с главной, уже доказанной функцией гастролитов. Настоящий прорыв в изучении механизма их действия в организме птиц произошел давно, еще в конце 1970-х гг., он связан с результатами исследований российского ученого геолога В.И. Бгатова. Изучая характер преобразования кварцевой и цеолитовой крошки в организме кур, Василий Иванович получил абсолютно достоверные данные об их

существенном влиянии на минеральный и общий обмен веществ в организме птиц (Бгатов и др., 1987). К сожалению, статья в российском научном журнале не дошла до широкой научной общественности (как это часто бывает). В итоге биологи продолжают «изобретать велосипед». Ниже разберем опыт В.И. Бгатова подробнее.

Пока же остановимся на истории исследования гастролитов в желудках ископаемых динозавров. Первые опубликованные сведения о находках желудочных камней у различных представителей динозавровой фауны появились еще в конце XIX–начале XX в. В числе первых публикаций на эту тему стоит отметить работы американских и английских специалистов, в их числе S.W. Williston, G.R. Wieland, B. Barnum, W.J. Beal, B.F. Mudge, G.L. Cannon, R.L. Moodie. Первые гастролиты были обнаружены при раскопках костных остатков плезиозавров, завроподов, тераподов на территории США и Мексики. К настоящему времени число таких находок по всему миру исчисляется десятками. Уже в самых первых публикациях на эту тему в качестве основных версий о причинах заглатывания камней водными рептилиями были высказаны идеи о гидростатической и мельничной функциях. К настоящему времени принципиально ничего не изменилось, главная функция гастролитов (та, что открыта В.И. Бгатовым) так и осталась незамеченной.

Общий итог современной изученности проблемы литофагии по данным анализа зарубежных источников

Инстинктивная литофагия наиболее широко распространена среди животных-фитофагов, а также среди людей вегетарианцев. При этом обозначились регионы, где литофагия наиболее проявлена. Это приэкваториальная зона Земли, большинство горных территорий, а также приполярные области.

Среди людей-литоманов преобладают в основном женщины и дети. Взрослые мужчины используют литогенные вещества для лечения заболеваний или в магических целях.

Судя по находкам «съедобных» земель в древнейших захоронениях людей в Африке и Южной Америке, литофагия была широко распространена в культуре человека в доисторическое время. Еще в недалеком прошлом культурные традиции литофагии встречалась у самых разных народов в умеренных и северных широтах.

В настоящее время ряд ученых оценивает случаи литофагии у человека как рудиментарное извращение. Другие, наоборот, рассматривают вероятность того, что землеедение обусловлено биологической необходимостью. В литературе мы нашли 5 версий, объясняющих литофагию у человека: 1) чувство голода; 2) стремление найти недостающие в пище химические элементы; 3) нейтрализация токсинов различной природы; 4) уменьшение тошноты и расстройств желудка (особенно у беременных женщин); 5) тренировка иммунной системы.

Отмечены и патологические формы литофагии у людей. В частности, чрезмерным поеданием глин некоторые ученые объясняют случаи задержки роста, а также гипокалиемии и анемии, развивающиеся в результате из-

бирательного поглощения минералами в пищеварительном тракте калия и железа. При несоблюдении элементарной гигиены литофагия у детей может вызывать глистные инвазии, в числе которых могут быть опасные их разновидности.

По минеральному составу «съедобные земли», употребляемые человеком, это чаще всего минеральные смеси с различным сочетанием каолинита, галлуазита, смектита и оксидов кремния в виде кварца и опала. Иногда в их составе существенна доля гидрослюд, карбонатов и сульфатов.

У животных-литоманов инстинктивные формы литофагии характерны для всех половых и возрастных групп. При этом в зоне умеренных широт отмечается четкая сезонность в литофагиальном поведении, которая коррелирует с фенологическими событиями, прежде всего с периодом появления молодой сочной зелени, а также с особыми физиологическими состояниями животных (беременность, лактация, линька, рост пантов, у самцов период гона или период сразу после него). Большинство экологов, занимавшихся солонцами-кудурами, отмечают сильную привязанность к ним животных.

В тропической зоне у животных также отмечается сезонность в литофагиальном поведении. К примеру, у горных горилл период активной литофагии наблюдается с августа по ноябрь. В это время они поднимаются в горы, питаясь преимущественно молодым бамбуком.

Среди литогенных веществ, поедаемых животными, выявлены те же минеральные ассоциации, что и в составе земель, используемых человеком. Химические анализы кудуритов приводятся во многих зарубежных работах, вместе с тем эти данные чаще всего малоинформативны. В связи с применением слишком разных методик анализа результаты часто не сопоставимы между собой.

Факты землеедения среди диких травоядных копытных животных в зарубежной литературе получили однозначное толкование, которое в настоящее время на Западе является практически общепринятым. Кудуры являются естественными источниками натрия для животных в районах, где имеется дефицит этого элемента в воде и кормах. Факты поедания различными животными земель, не содержащих натрия, объясняются в рамках тех же гипотез, что и факты литофагии у человека.

Относительно функций гастролитов в желудках растительноядных птиц в науке сохраняется устойчивый стереотип мельничной функции проглатываемых минеральных зерен. Аналогичная версия преобладает и при объяснении находок гастролитов у ископаемых рептилий.

Из данного обзора вполне очевидно, что знания о литофагии у животных и человека до сих пор остаются бессистемными, не интегрированными в современную научную картину мира. С другой стороны, очевидно также, что наработка системных знаний по данной тематике могла бы внести существенный вклад в развитие экологической науки, в теорию и практику медицины и ветеринарии, в развитие технологий выращивания сельскохозяйственных и домашних животных.

Глава 2

СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ПРОБЛЕМЫ ЛИТОФАГИИ С УЧЕТОМ ИССЛЕДОВАНИЙ АВТОРА

Кудуры и кудуриты: разновидности и закономерности формирования

Значение «съедобных» литогенных веществ в жизни человека и животных невозможно раскрыть без знаний об их составе, свойствах, закономерностях их формирования и пространственного размещения. Поэтому раскрытие темы литофагии начнем с обобщения выполненного нами ранее цикла геолого-геоморфологических исследований (Паничев, 1985, 1987а, 1990, 1998; Бгатов и др., 1988). Следует заметить, что география этих исследований довольно обширна. На протяжении почти четверти века автору удалось побывать и собрать фактический материал в горах Сихотэ-Алиня, Сунтар-Хаята, Малого Хингана, на побережье Байкала, в Саянах, на Алтае, на Кавказе. Путешествовал и по Сибирской равнине, в бассейнах Подкаменной и Нижней Тунгуски, а также в низовьях Оби.

Независимо от условий возникновения все солонцы-кудуры имеют сходные внешние признаки в виде сети подходных троп к грязевым площадкам или к обнажениям горных пород с характерными вылизанными нишами (лизунцы), иногда и с выеденными настоящими пещерами. На таких обнажениях бывают заметны отпечатки зубов, копыт, когтей, рогов и т.д. Основными создателями внешнего облика кудуров являются разнообразные крупные травоядные животные с большой массой, способные оставлять после себя хорошо заметные следы воздействия на ландшафт. Многие солонцы-кудуры вблизи жилья человека посещаются домашними животнми: крупным рогатым скотом, верблюдами, овцами, лошадьми, козами, ламами и т. д., что хорошо известно жителям многих горных местностей. По масштабам кудуры могут занимать территории от единиц до сотен тысяч квадратных метров и протягиваться на километры вдоль речных пойм и террас, склонов гор и горных седловин. Размеры выеденных пещер на кудурах могут достигать нескольких метров в глубину и поперечнике.

Чтобы лучше представить, какими могут быть кудуры, приведем описание «слоновьих пещер» на о-ве Суматра (Индонезия) из книги английского зоолога-натуралиста Дж. Мак-Кинона: «Но интереснее всего были удивительные пещеры, которые слоны выскребали на склонах холмов, добывая белую каменную «пемзу» (судя по описаниям, речь идет о цеолитизированных литокластических пемзовых туфах, аналогичные встречаются в Сихотэ-Алине. – *Прим. авт.*). Я разведал пять регулярно посещаемых слонами групп пещер. Многие из них достигали двенадцати футов в высоту и двадцати пяти в глубину (это приблизительно 3,5 × 7,5 м. – *Прим. авт.*). Потолки

пещер были испещрены длинными гладкими бороздами от бивней, это самцы били по камню... Слоны поедали невообразимое количество этой мягкой породы, и дня два после этого их помет почти целиком состоял из песка. Другие животные пользовались слоновьими раскопами, оставляя следы зубов и отпечатки лап на пыльной земле. Я находил дугообразные следы зубов побывавших здесь орангутангов, странные следы, похожие на щетину хвостов дикобразов, прикусы мунтжака и замбара (виды оленей, обитающих на острове. – *Прим. авт.*) и отпечатки лап тонкопала и белок. Даже гиббоны спускались с деревьев поесть этой землицы. Следы их челюстей располагались высоко под сводом одной из самых больших пещер, а торчащий там сук был отполирован до блеска руками обезьян, которые цеплялись за него, добывая минеральные соли» (Мак-Кинон, 1985, с. 135).

Приведем еще одно описание слоновьих солонцов-кудуров, но уже в виде обширных грязевых ванн на относительно ровной местности среди тропических джунглей Африки. По данным исследователя биолога Дон Белт (Belt, 1999), в лесах Центрально-Африканской Республики обитают лесные слоны (*Loxodonta Africana cyclotis*), которые составляют треть от полумиллиардной популяции всех африканских слонов. Основным местом их обитания в настоящее время является Национальный парк Дзанга Ндоки. Непосредственное наблюдение за лесными слонами, которые ведут необычайно скрытную жизнь, стало возможным после обнаружения уникального «грязевого бассейна» в долине р. Модобу. Судя по описаниям, это типичный водно-грязевый кудур, куда животные приходят по протоптанным столетиями тропам, чтобы поглощать глину. Площадь грязевого кудура составляет около 12 га, причем она постоянно увеличивается. Слоны настолько активно посещают «грязевый бассейн», что иногда там можно увидеть до 180 животных одновременно. Особенно любят грязь молодые и пожилые животные. Разрыхляя грунт на дне «бассейна» с помощью клыков и вытаптывая его ногами, слоны создают настолько глубокие ямы, что иногда на поверхности остаются видны лишь спины гигантов. Слоны не единственные посетители этого удивительного места. Все обитатели джунглей (буйволы, дикие свиньи, лесные антилопы бонго и другие животные) время от времени посещают грязевые ямы, особенно в сухой сезон. Даже насекомые, по свидетельству Д. Белт, питаются этой грязью, тучей облепляя крупных животных.

Если судить по данным, приведенным в работе Г. Клауса с коллегами (Klaus et al., 1998), «грязевый бассейн» в Дзанга Ндоки приурочен к субинтрузии долеритов. Вероятнее всего, она представляет собой корневую часть базальтового палеовулкана, возможно также, что сами грязи формируются в результате подтока из глубины слабоминерализованных углекислогазовых вод. Аналогичные грязевые солонцы-кудуры, но значительно меньшего масштаба известны в Сихотэ-Алине, в частности в пределах Бикинской широтной тектонической зоны (в бассейнах рек Алчан, Красная и Большая Светловодная).

Эти два описания слоновьих кудуров – яркие примеры существующих в природе двух основных типов, или групп, солонцов-кудуров как самобытных ландшафтных комплексов. Одна такая группа названа нами гидроморфные, вторая – литоморфные.

Рис. 7. Гидроморфный солонец-кудур на основе водного источника в ландшафте горно-таежного Сихотэ-Алиня, бассейн р. Колумбе, июнь 1984 г. Посещается преимущественно лосями и изюбрами

Все **гидроморфные** разновидности (от греч. *hydor* – вода и *morphe* – форма, т.е. такие, чей облик обусловлен притоком воды) приурочены к выходам на поверхность источников минерализованных вод (сосредоточенных или рассредоточенных) в различных условиях грунтового увлажнения вплоть до заболачивания. Этот тип солонцов-кудуров можно подразделить на: 1) водные источники (тот случай, когда животные потребляют только минерализованную воду); 2) водно-грязевые (случаи, когда помимо воды из источника потребляются в разной степени обводненные минеральные и почвогрунты); 3) водно-болотные (случай минерализованных источников, разгружающихся

Рис. 8. Гидроморфный солонец-кудур водно-грязевого типа в ландшафте альпийской зоны Кавказа, бассейн р. Малая Лаба, сентябрь 1985 г. Посещается преимущественно сернами и зубрами

среди торфяников). Примеры типичного облика гидроморфных кудуров показаны на рис. 7–14.

Проведенное нами гидрохимическое исследование 80 гидроморфных солонцов-кудуров на территории Сихотэ-Алиня показало, что источниковые воды на них гидрокарбонатно-натриевые или гидрокарбонатно-натриево-кальциевые, часто с повышенным содержанием кремния и железа. Из некоторых выделяется углекислый газ. Минерализация воды редко превышает 1 г/л, в среднем колеблется от 0,4 до 0,8 г/л при фоновой концентрации солей в окружающих ручьях и родниках около 0,1–0,3 г/л (Паничев, 1987а).

Рис. 9. Гидроморфный солонец-кудур водно-болотного типа, Сихотэ-Алинь, р. Малиновка, май 1984 г. Посещается преимущественно изюбрами

Рис. 10. Там же. Выбитая копытами животных площадка высохшего торфяника

Рис. 11. Гидроморфный солонец-кудур водно-болотного типа. Посещается преимущественно лосями и изюбрами. На переднем плане выходы источниковых железистых вод. Долина р. Большая Светловодная, Сихотэ-Алинь, июль 1983 г.

Рис. 12. Гидроморфный солонец-кудур водно-грязевого типа в долине р. Ирга, бассейн р. Нижняя Тунгуска, июль 1984 г. Посещается лосями и северными оленями

Рис. 13. Гидроморфный солонец-кудур на основе минерализованного водного источника в пойме руч. Медвежий (бассейн р. Бикин) в Сихотэ-Алине. Животные поедают суглинки и супеси в радиусе до 50 м от источника. Июнь 1981 г.

Рис. 14. Гидроморфный солонец-кудур на основе водного источника в предгорьях Малого Хингана, июль 1984 г. Посещается преимущественно изюбрами и косулями

Поедаемые породы на них обычно представлены глинами, суглинками или почвенно-илистыми образованиями в составе рыхлых отложений самого различного генезиса. Особая привлекательность их для животных связана с наличием глинистых минералов и почвенной органики, насыщенных на испарительных и сорбционных геохимических барьерах натрием и другими ионами и их соединениями, поступающими в составе минерализованной воды. Иногда в их составе бывает значительной доля опаловидного кремния, выпадающего в осадок из минерализованных вод. Особо следует отметить, что большинство изученных нами гидроморфных кудуров пространственно приурочено либо к выходам осадочных или туфогенно-осадочных толщ преимущественно мелководных фаций с обильными признаками древней жизни, либо к тектонически обусловленному элювию по осадочным или вулканическим породам, обогащенным органическими (чаще углистыми, иногда опаловыми) веществами. На древних платформах, к примеру, на территории Западной или Восточной Сибири, встречаются гидроморфные кудуры на основе выходов глубинных хлоридно-натриевых рассолов (Паничев, 1990).

Связь всех гидроморфных кудуров с разрывной тектоникой в молодых складчатых областях всегда хорошо прослеживается, будь то разломы или тектонические зоны, картируемые геологически или дешифрируемые на топокартах, аэро- и космоснимках.

Пример ярко выраженной структурной приуроченности кудуров к тектоническим разломам в верховьях р. Колумбе в Сихотэ-Алине показан на рис. 15.

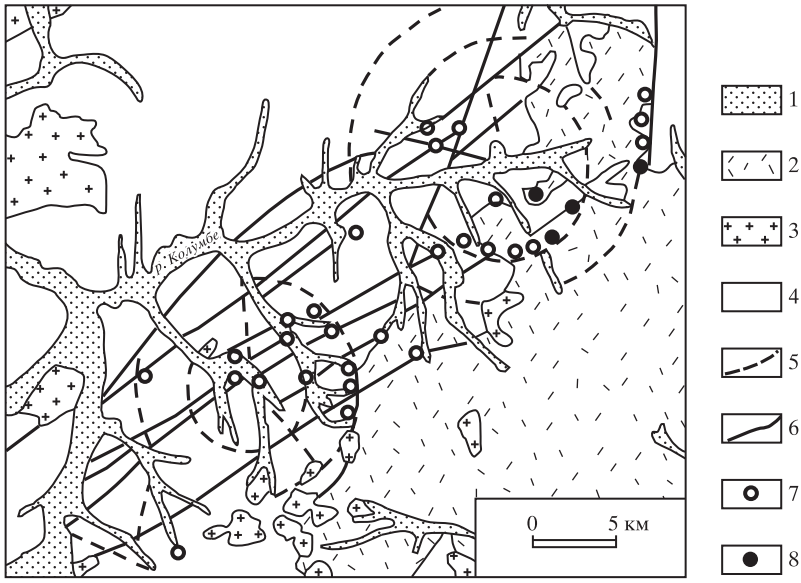


Рис. 15. Ярко выраженная геолого-структурная позиция солонцов-кудуров на основе водно-минеральных источников на примере Колумбинской разломной зоны в Сихотэ-Алине, бассейн р. Колумбе (по: Паничев, 1990)

1 – четвертичные отложения; 2 – мезозойские вулканиты кислого состава; 3 – интрузии гранитоидов; 4 – разновозрастные породы осадочного генезиса; 5 – надочаговые кольцевые разломные системы, читаемые по рельефу; 6 – картируемые разломы; 7 – гидроморфные и 8 – литоморфные солонцы-кудуры

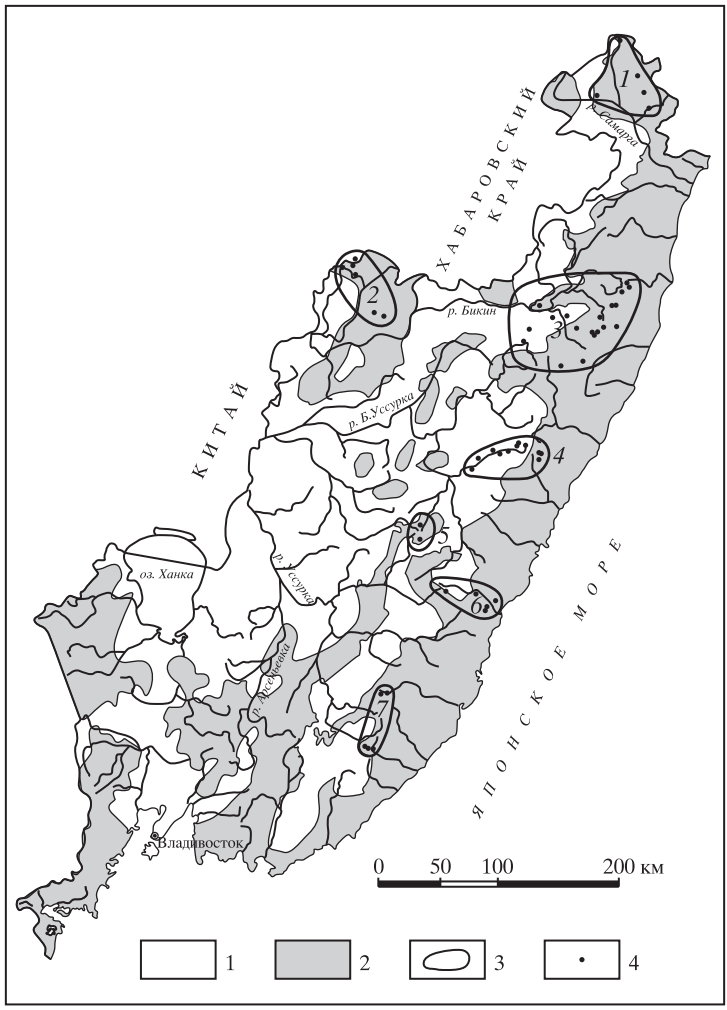


Рис. 16. Региональное распределение солонцовых районов и солонцовых урочищ на территории Приморского края

1 – область преимущественного распространения осадочных пород; 2 – область преимущественного распространения вулкано-плутонических образований Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса; 3 – важнейшие солонцовые районы; 4 – важнейшие солонцовые урочища

Солонцовые районы: 1 – Самаргинский; *2* – Алчанский; *3* – Верхнебикинский; *4* – Таежно-Колумбинский; *5* – Малиновский; *6* – Зеркальненский; *7* – Верхнеуссурский

На рис. 16 – распределение важнейших солонцовых районов и солонцовых урочищ на территории Приморского края.

На Кавказе гидроморфные кудуры изучались нами в бассейнах ручьев Ачипста, Умпырка, Лугань и Закан (притоки рек Малая и Большая Лаба). Возникают они на основе малодебитных слабоминерализованных источников гидрокарбонатно-натриевого состава обычно в поймах ручьев, а также в русловых ложбинах их мелких притоков (Паничев, 1990). Источники приурочены обычно к разломным зонам среди флишоидных толщ морских мелководных фаций юрского возраста.

Среди зарубежных работ, посвященных исследованию геологических аспектов формирования солонцов-кудуров, мы нашли лишь одну статью (Knight, Mudge, 1967) о солонцах в шт. Монтана (США). Авторы показали, в частности, что все кудуры в изученном регионе приурочены к выходам на поверхность только 3 из 25 пачек в толще осадочных пород мезозойского возраста. Эти 3 пачки сходны по литологии и генезису. Породы представлены темно-серыми сланцами, формировавшимися в мелководных морских условиях. Возраст одной из них – юрский, двух других – верхнемеловой. Все солонцы-кудуры в пределах выходов таких пород возникли на основе источников минерализованных вод. Коренные породы на солонцах перекрыты рыхлыми глинистыми отложениями с валунами известняков и кварцитов. В коренных сланцах вблизи выходов источников отмечается ожелезнение и аргиллизация. Химические анализы источниковых вод показали гидрокарбонатно-натриевый состав с общей минерализацией от 0,4 до 0,7 г/л (при фоновых значениях от 0,18 до 0,35 г/л). Анализ глинистых отложений показал слегка повышенные содержания натрия, бора и лития.

Несмотря на скудость имеющейся в нашем распоряжении информации о геологической природе гидроморфных солонцов-кудуров на Американском континенте, судя по представленным данным, геологическая ситуация имеет явное сходство с той, какую мы наблюдаем в Сихотэ-Алине и горах Кавказа.

Литоморфные солонцы-кудуры (т.е. «каменные» выходы на поверхность «съедобных» горных пород) могут быть очень разнообразны как по внешнему виду, так и по расположению на местности. Их вещественной основой могут быть различные по масштабам и генезису обнажения горных пород: рыхлые делювиально-пролювиальные образования, аллювиальные отложения рек, проточных озер и стариц, глинистый элювий по тектоническим зонам и даже скальные обнажения с участками избирательного выветривания. Наиболее типичные варианты облика литоморфных разновидностей кудуров показаны на рис. 17–22, а также на рисунках в цветной вклейке.

В пределах вулканических поясов и зон ареального вулканизма литоморфные кудуры чаще всего образуются по глинистому элювию и делювиально-пролювиальным отложениям среди цеолитизированных и опалитизированных туфов и туффитов, отлагавшихся в кратерных озерах палеовулканов, а также в пределах относительно небольших грабенов-долин и вулканотектонических впадин, заполненных туфогенными и туфогенно-осадочными породами нередко с прослоями обугленного растительного детрита и даже пластами бурых углей.

В пределах Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса подавляющее большинство литоморфных кудуров возникает в пределах контрастных (базальт-риолитовых) палеовулканов различного уровня денудационного среза. Период их деятельности – от палеоцена до плейстоцена. Вероятнее всего, этот же возрастной интервал активности вулканов, к которым приурочены солонцы-кудуры, характерен для всего Тихоокеанского вулканического пояса.

Поедаемые минеральные комплексы (кудуриты) в районах распространения вулканических пород обычно состоят из глинистых минералов

Рис. 17. Один из многочисленных литоморфных кудуров в вулканической кальдере Нгоронгоро плейстоценового возраста, Танзания, Африка. Каолинит-галлуазитовые элювиально-делювиальные отложения. Посещается различными копытными животными (по: Mills et al., 2003)

Рис. 18. Литоморфный кудур в плейстоценовой террасе Телецкого озера, Горный Алтай. Гидрослюдисто-хлоритовые илисто-суглинистые отложения. Посещается алтайскими маралами. Январь 1994 г.

Рис. 19. Лизунцовые ниши в глинисто-цеолитовых породах на литоморфном кудуре по руч. Шарыпова, бассейн р. Большая Светловодная, Сихотэ-Алинь, июль 1987 г. Делювиальные отложения среди кальдерных фаций палеоценового вулкана

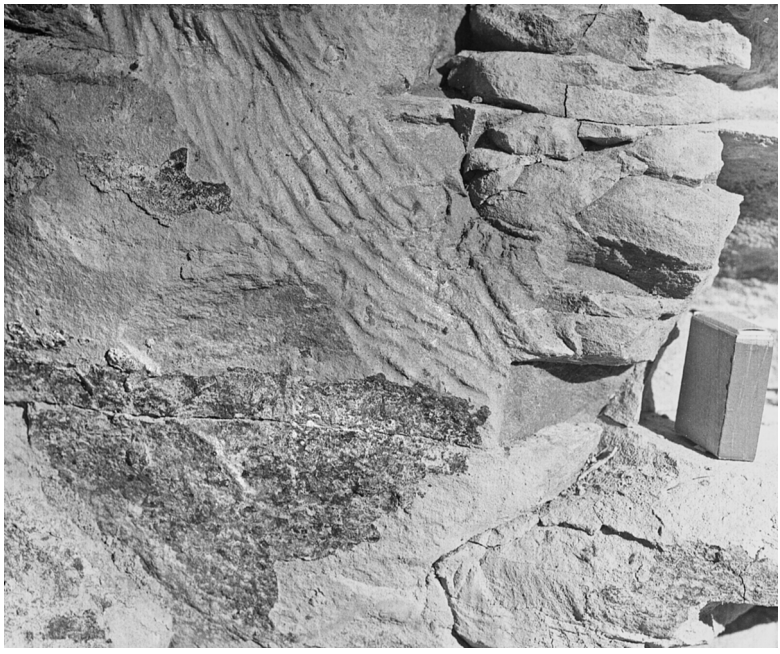
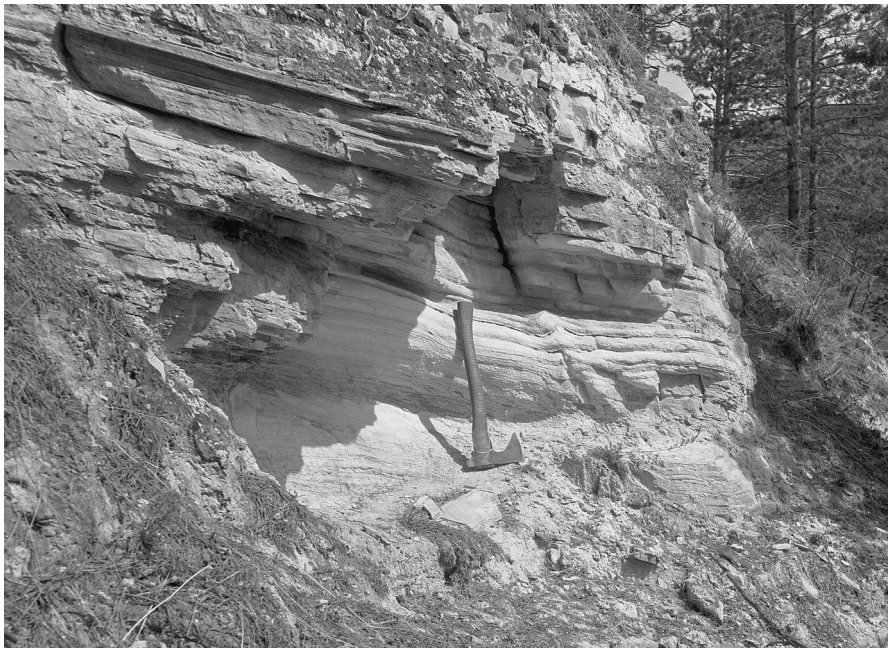


Рис. 20. Следы передних зубов изюбра на цеолитсодержащих породах. Сихотэ-Алинь, р. Ванчин Угольный, май 2002 г.



Рисм. 21. Фрагмент литоморфного кудура по терригенно-карбонатным сланцам нижнего палеозоя. Склон руч. Средние Хомуты, западный берег Байкала, июнь 1984 г.

Рис. 22. Глинистая ванна, раскопыченная животными в верхней части глинисто-цеолитовой залежи. Литоморфный кудур в верховьях руч. Буреломный, бассейн р. Пещерка, Сихотэ-Алинь, июнь 1983 г.

Таблица 6

Химический (в масс.%) и микроэлементный (в мкг/г) состав цеолит-смектитовых кудуритов Сихотэ-Алиня

Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO_2	71,38	68,83	65,24	61,30	66,02	68,27	65,94	59,58	64,85	64,88
TiO_2	0,18	0,27	0,19	0,40	0,22	0,18	0,25	0,19	0,32	0,43
Al_2O_3	11,44	12,38	14,21	14,40	12,69	13,35	11,75	15,07	13,60	12,83
Fe_2O_3	0,80	1,40	2,37	2,30	0,66	0,85	1,00	0,98	1,95	2,37
FeO	0,27	0,26	0,17	0,55	0,79	0,72	0,64	0,51	0,38	0,52
MnO	0,03	0,03	0,07	0,03	0,04	0,02	0,03	0,05	0,03	0,13
MgO	1,56	0,41	0,43	0,80	1,61	1,99	1,57	0,98	1,42	0,13
CaO	1,90	1,96	1,80	2,85	2,84	0,75	2,59	2,74	0,60	0,63
Na_2O	0,82	2,09	0,86	2,03	0,67	1,93	2,22	2,55	2,42	1,99
K_2O	1,03	2,4	3,45	1,75	2,28	3,68	2,30	2,17	3,38	2,78
P_2O_5	0,05	0,07	0,02	0,12	0,06	0,11	0,02	0,03	0,15	0,10
H_2O^-	3,68	4,01	4,21	4,57	3,71	2,86	3,85	4,31	2,80	2,83
П.П.П.	6,37	8,04	7,12	8,40	7,92	4,82	7,97	10,40	7,65	9,90
Сумма	99,51	100,15	100,14	99,50	99,51	99,53	100,13	99,56	99,55	99,55
Ga	12,74	10,41	14,35	16,33	18,06	21,27	11,66	17,18	37,60	23,85
Ge	1,13	0,64	1,00	0,99	1,06	1,60	0,75	0,89	–	1,35
Rb	55,45	73,63	132,91	49,00	155	185,66	118,01	144,46	210,0	157,33
Sr	660,64	328,60	156,23	423,06	420,84	379,65	887,22	1320,9	94,0	157,33
Y	28,17	14,40	22,10	37,53	35,12	57,55	21,18	18,27	68,60	44,15

Zr	121,84	147,83	137,55	249,91	164,42	120,34	138,95	149,88	585,0	608,23
Nb	11,89	7,28	12,92	14,46	13,05	15,75	8,03	21,17	38,60	37,88
Cs	17,59	22,37	12,40	12,18	6,99	12,97	18,92	10,41	17,20	9,27
Ba	1802,3	685,59	859,39	644,37	1142,4	406,29	1629,4	711,80	131,0	462,81
La	32,87	20,25	25,12	35,34	43,03	33,72	21,29	34,25	61,85	51,48
Ce	65,27	44,24	52,38	81,95	80,03	68,25	45,69	48,46	114,9	112,39
Pr	7,53	4,66	5,73	9,35	9,71	8,91	4,81	7,78	11,98	13,23
Nd	31,54	18,05	21,47	36,91	40,49	40,94	20,92	29,74	47,0	46,25
Sm	5,88	3,38	4,73	7,07	7,51	8,78	3,25	4,47	8,90	10,54
Eu	1,27	0,63	0,72	1,66	0,66	0,43	0,82	0,45	0,86	0,88
Gd	6,09	3,01	4,39	7,49	7,30	8,33	3,39	4,21	9,29	10,53
Tb	0,87	0,44	0,65	1,35	1,07	1,46	0,49	0,62	1,45	1,60
Dy	4,89	2,52	4,67	6,69	6,08	8,99	2,91	3,32	9,07	8,47
Ho	0,92	0,56	0,77	1,48	1,12	1,77	0,66	0,63	1,91	1,54
Er	2,30	1,64	2,45	4,11	2,93	4,39	1,74	1,69	5,53	3,78
Tm	0,49	0,21	0,38	0,63	0,62	0,99	0,38	0,41	–	0,61
Yb	2,38	1,59	2,75	4,24	3,37	4,79	1,98	2,18	6,06	3,31
Lu	0,38	0,22	0,39	0,68	0,55	0,72	0,31	0,34	0,98	0,51
Hf	3,80	4,29	4,48	7,22	5,40	5,44	4,14	5,60	11,99	13,88
Ta	0,54	1,34	1,32	1,32	1,55	1,34	1,40	2,65	–	3,01
Pb	55,45	25,58	38,21	26,41	36,94	35,13	43,19	72,04	19,0	67,40
Th	13,13	12,85	13,84	13,68	25,14	24,04	11,43	37,25	16,0	21,02
U	2,35	2,28	2,73	3,47	4,47	4,92	2,56	7,26	2,99	3,45

Примечание. Расшифровку номеров проб см. в подписи к рис. 23; (–) не определялось.

смектитового ряда и цеолитов (преимущественно гейландит-клиноптилолит, мордент, стильбит, натролит), реже это выветрелые опал-халцедоновые породы (травертины) или диатомовые опоки и трепелы, часто с примесью цеолитов. Материнскими породами, по которым в вулканических горах формируются кудуриты как вторичные минеральные комплексы, чаще всего становятся кислые стекла, всевозможные стекловатые и кристаллокластические туфы и туффиты риолитов и дацитов (в том числе щелочные разновидности), редко туфы базальтов.

Для литоморфных кудуров в вулканических горах очень характерны глинистые ванны – участки размокших под действием дождевой или проточной воды глинисто-грязевых образований, раскопыченных животными. Такие ванны часто формируются в местах выхода на поверхность смектитовых глин, которые обладают способностью сильно разбухать в воде. В обводненном состоянии такие глины похожи на гели киселеподобной консистенции белых, серых или желтовато-серых тонов. Характерная их особенность, с которой приходится сталкиваться на обнажениях, – способность окрашивать черную резину (резиновые сапоги, покрышки автомобиля) в стойкий голубой цвет.

Наличие глинистых ванн может придавать литоморфным кудурам черты сходства с гидроморфными разновидностями. В ряде случаев точно определить тип кудура на месте бывает затруднительно. Окончательный вывод о том, возник данный кудур с глинисто-грязевыми образованиями на основе источника минерализованных вод или это просто результат разбухания глиносодержащих пород в дождевой или проточной воде, можно сделать только после химического анализа воды. Примеры общего вида глинистых ванн на литоморфных кудурах показаны на рис. 22, а также на рис. 6, 8, 9 (цв. вкл.).

Выполненное нами (Паничев и др., 2009; Чекрыжов, Попов, 2009) изучение геохимического спектра, включающего около 40 элементов в образцах материнских пород и в формируемым по ним цеолит-смектитовых кудуритах, отобранных в различных районах Сихотэ-Алиня (в табл. 6 показана часть этих анализов), выявило главную их геохимическую особенность. Тренды распределения редких и редкоземельных элементов в них близки и характеризуются относительно *высокими концентрациями цезия, ниобия и циркония* (образующими на диаграммах нормированного распределения редких и редкоземельных элементов отчетливо выраженные максимумы) и *низкими концентрациями бария, стронция и титана* с соответствующими минимумами (рис. 23). Редкоземельный состав кудуритов характеризуется пологим подъемом кривой от лютеция к лантану *с отчетливым европиевым минимумом и менее отчетливым максимумом содержания тулия*.

В блоково-складчатых областях, где преобладают осадочно-метаморфические породы мезозойского и более древнего возраста (к примеру, в горах Кавказа, Южной Сибири, Прибайкалья, Верхоянья) большинство литоморфных кудуров возникает по рыхлым тонкодисперсным преимущественно гидрослюдисто-хлоритовым минеральным комплексам, формируемым в результате элювиальной дезинтеграции метаморфических сланцев, а также по переотложенным накоплениям таких минеральных комплексов в результате их флювиального или делювиального переноса.

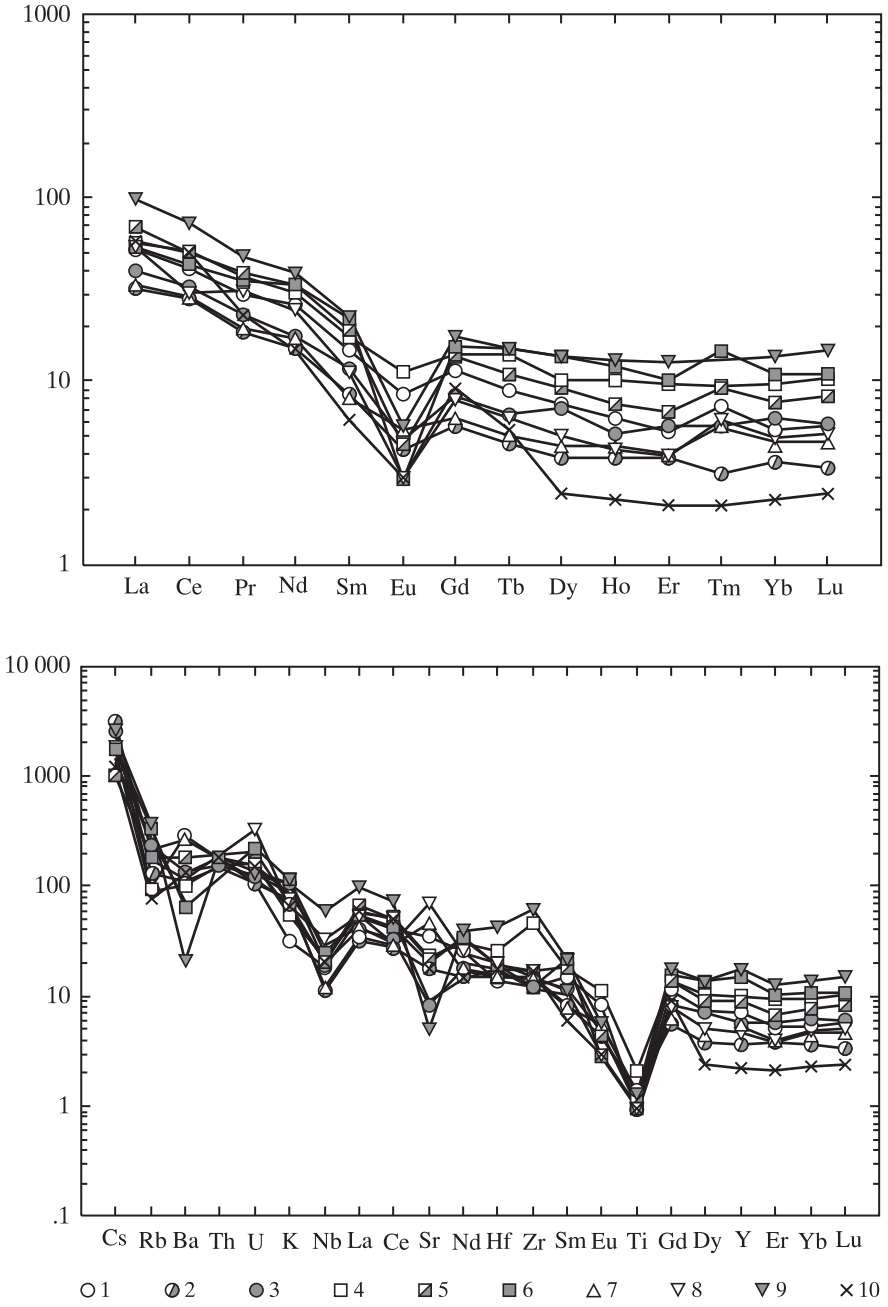


Рис. 23. РЗЭ-спектры и спайдер-диаграмма цеолит-смектитовых кудуритов Сихотэ-Алиня (нормализовано на средний состав верхней коры)

1–3 – северный Сихотэ-Алинь: 1 – р. Пещерка, 2 – р. Лосёвка, 3 – р. Таёжная; 4–7 – Средний Сихотэ-Алинь: 4 – Устиновский карьер, 5 – падь Колобёнкина, 6 – падь Шведова, 7 – падь Кисина; 8 –10 – южный Сихотэ-Алинь: 8 – р. Фурмановка, 9 – р. Ванчин-Угольный, кл. Берёзовый, 10 – р. Ванчин-Угольный, кл. Горелый

При этом элювиальные разновидности кудуритов формируются, как правило, в пределах линейных и узловых тектонически обусловленных зон избирательного выветривания сланцевых толщ. В их минеральном составе обычно обнаруживаются распыленные формы породообразующих минералов, типичных для этой группы пород, – оксиды кремния, гидрослюды и хлорит, часто с примесью полевых шпатов, иногда карбонатов. Иногда значительной в них может быть доля вторичных глинистых минералов каолинитового ряда. Как небольшие примеси (до 1–2%) иногда обнаруживаются цеолитоподобные минералы.

Цеолитоподобные минералы группы филипсита в незначительных концентрациях были обнаружены, в частности, в образцах кудуритов из Тункинской долины (район оз. Байкал), а также из района оз. Телецкое. Данный вопрос требует дальнейшего специального исследования.

Переотложенные скопления кудуритов в блоково-складчатых областях распространены не менее широко. Обычно они встречаются в виде бесформенных «обрывков» или хорошо «читаемых» реликтов речных и озерных террас и конусов выноса – остатков бывших долинных и склоновых «рыхлых чехлов» (рис. 27, 28, 39, цв. вкл.), сформировавшихся большей частью в период господства ледников в плейстоцене. Иногда это четвертичные аккумулятивные отложения, содержащие тонкодисперсные (нередко пудроподобные) полиминеральные комплексы (или сложенные ими), минералогически соответствующие элювиальным образованиям, переотложенным мутьевыми потоками.

Следует особо отметить, что в результате мутьевого переноса водными потоками с последующим отложением в застойных условиях (старицы и озера) сформировались наиболее выдержанные по мощности, гранулометрии и минеральному составу толщи гидрослюдисто-хлоритовых кудуритов в блоково-складчатых горах по всему миру. К примеру, пойменные кудуриты в приустьевой части р. Аккем (рис. 39, цв. вкл.) в горном Алтае, которые в настоящее время активно используются животными, сформировались в результате переноса из района развития элювиальных глинисто-алевритовых пород, распространенных вдоль мощнейшей тектонической надвиговой зоны, проходящей по широте р. Ярлу, притока р. Аккем (рис. 37, 38 цв. вкл.). Расстояние мутьевого переноса минерального вещества составляет в среднем около 30 км. Вдоль самой тектонической зоны на десятки километров тянется целая вереница крупных и мелких литоморфных солонцов-кудуров по элювию, с которыми тесно связаны обитающие в этом районе многочисленные группировки сибирских горных козлов и маралов. В этом же районе местные жители постоянно оставляют на полудиком содержании большие табуны коней, для которых кудуры также являются излюбленными местами (рис. 37, цв. вкл.).

Аналогичные взаимоотношения элювиальных и переотложенных кудуритов, судя по имеющимся литературным сведениям, характерны для многих регионов мира. Например, наиболее широко известные в Африке съедобные глины «эко», добываемые из кайнозойских рыхлых отложений в долине р. Арувби (Нигерия), судя по описаниям, приведенным у американских исследователей (Vermeer et al., 1985), являются результатом мутьевого переноса и переотложения продуктов выветривания палеозойских гидрослюдисто-

хлоритовых сланцев. Аналогичная ситуация просматривается и на восточном побережье Африки, о чем говорилось выше при обсуждении работы (Young et al., 2010).

В блоково-складчатых горных системах, где преобладают кайнотипные осадочные отложения (например, мезозойские флишоидные толщи), что характерно для многих сравнительно молодых горных систем, в том числе для Сихотэ-Алиня, Верхоянья, Кавказа), глинистый элювий, к которому приурочены кудуры, может содержат примесь смектитов. Иногда с помощью рентгенофазового анализа удавалось обнаружить незначительные (менее 1%) примеси и цеолитоподобных минералов (данные факты также требуют проверки). При этом появление смектитов было связано с наличием в осадочных породах примеси щелочных вулканических пеплов или указывало на имевшую место в прошлом вдольтрещинную разгрузку щелочных углекислых, иногда термальных вод. Яркий пример обширного литоморфного кудура, сформировавшегося по обнажениям аргиллизированных пород юры в зоне тектонического контакта в верховьях р. Закан на Кавказе показан на рис. 25, 26, цв. вкл.

В блоково-складчатых горах, где распространены ***палеозойские и допалеозойские метаморфические комплексы,*** в том числе ***с большим участием карбонатов***, кудуры обычно обнаруживают связь с наложенными сравнительно молодыми тектоническими структурами. Такая ситуация, к примеру, описана нами на западном побережье оз. Байкал, в районе падей Средние Хомуты и Харгино (Паничев, 1990). Обнажения элювиальных кудуритов в хлорит-серицит-карбонатных сланцах раннепалеозойского возраста, тянущиеся вдоль склонов гор на сотни метров, сформировались здесь по относительно молодым тектоническим зонам. Общий вид таких обнажений показан на рис. 21, а также на рис. 31–34 (цв. вкл.). Ниже по течению рек, чаще в приустьевых частях, отмечены кудуры, приуроченные к аккумулятивным террасам, сложенным алеврит-гравийным материалом с содержанием тонкого вещества, выносимого из зон избирательного выветривания. В местах скопления тонкого алеврита его активно выедают животные, постоянно поддерживая в окружающем ландшафте характерные внешние признаки зверовых кудуров.

Геохимические особенности гидрослюдисто-хлоритовых кудуритов из района оз. Байкал и оз. Телецкое при сопоставлении их с кудуритами из Сихотэ-Алиня, состоят в повышенном содержании скандия, гольмия и европия при явно пониженном содержании цезия и технеция (данные табл. 7 сравните с данными табл. 10). В них более высоки также содержания ванадия, кобальта и стронция.

В горах, где распространены палеозойские и допалеозойские метаморфические комплексы, ***иногда встречаются солонцы-кудуры по глинистому элювию среди гидротермально измененных ульрабазитов***. В минеральном составе поедаемых минеральных веществ на таких кудурах преобладает нонтронит (обогащенный железом минерал группы смектита), вермикулит и тальк. Этот сравнительно редкий для кудуритов минералогический тип изучался нами на Абаканском хребте в Горном Алтае. Гидротермальное преобразование типичных гипербазитов отмечено в зоне рвущих гипребазиты амфиболитовых даек и секущих их более поздних кварцевых жил (Паничев,

Таблица 7

Химический (в масс.%) и микроэлементный (в мкг/г) состав кварц-гидрослюдисто-хлоритовых кудуритов

Элемент №	11	12	13	Элемент №	11	12	13
SiO_2	53,92	66,26	53,59	Be	1,12	2,78	1,88
TiO_2	0,72	0,79	0,86	Sc	11,29	12,70	15,96
Al_2O_3	11,49	12,82	15,01	V	106,98	114,63	144,83
Fe_2O_3 общ.	4,66	5,19	6,66	Co	14,59	14,29	19,49
MnO	0,08	0,09	0,13	Zn	43,20	44,49	57,44
MgO	4,44	2,06	3,17	Ga	15,94	14,72	18,81
CaO	10,45	2,03	3,51	Rb	122,58	93,78	76,68
Na_2O	2,47	2,44	3,06	Sr	411,51	244,71	202,91
K_2O	1,59	1,41	1,86	Y	18,87	65,53	34,11
P_2O_5	0,25	0,11	0,20	Zr	126,8	133,6	142,9
П.П.П.	9,93	6,80	11,95	Nb	10,51	9,33	10,40
Сумма	100,00	100,00	100,00	Mo	< 0,2	< 0,2	0,35
				Sn	1,97	1,69	1,96
				Cs	2,23	3,25	2,92
				Ba	643,1	351,5	534,6
				La	25,16	26,14	23,92
				Ce	51,80	55,75	49,30
				Pr	5,29	5,54	5,68
				Nd	22,37	23,57	25,86
				Sm	4,40	5,04	5,90
				Eu	1,09	1,27	1,35
				Gd	4,02	6,32	5,86
				Tb	0,62	1,25	1,01
				Dy	3,23	8,46	6,03
				Ho	0,74	2,12	1,38
				Er	2,27	7,28	4,28
				Tm	0,30	1,08	0,62
				Yb	2,12	7,16	4,22
				Lu	0,25	0,96	0,50
				Hf	3,86	4,49	4,86
				Ta	0,90	0,94	0,94
				W	0,50	0,87	1,14
				Th	5,79	7,70	6,14
				U	1,19	2,34	2,43

Примечание. 11 – кварц-хлорит-гидрослюдистый суглинок, кудур в Тункинской долине (приблизительно в 100 км южнее оз. Байкал), сентябрь 2010 г.; 12 – кварц-гидрослюдисто-хлоритовый суглинок, кудур недалеко от кордона Беле, берег оз. Телецкое, сентябрь 2010 г.; 13– кварц-гидрослюдисто-хлоритовый суглинок, кудур недалеко от кордона Чири, берег оз. Телецкое, сентябрь, 2010 г. Анализы выполнены в ДВГИ ДВО РАН, спектрометры Agilent 7500; iCAP 6500 Duo (Thermo Electron Corporation, США). Ответственный исполнитель н. с. Н.В. Зарубина.

1990). Солонец-кудур среди массива гипербазитов возник в гольцовой зоне гор (см. рис. 35,36 цв. вкл.), активно посещается сибирскими горными козлами, иногда северными оленями.

На равнинах тонкодисперсные, особенно глинистые, глинисто-цеолитовые и опаловые, породы распространены значительно шире, нежели в горах (Буров, Якимов, 1997; Цеолитсодержащие…, 2001). Однако признаки их активного использования животными с образованием типичных кудуров обычно не выражены, что характерно, по крайней мере, для большей части территории равнин умеренных широт. Явный интерес к кудуритам на равнинах животные проявляют лишь в районах развития многолетнемерзлых пород, в сильно заболоченных, а также в некоторых сильно засушливых местностях. Это указывает на особые биогеохимический и физико-географический режимы этих ландшафтов. В таких ландшафтах могут встречаться кудуры как гидроморфного, так и литоморфного типа. При этом гидроморфные могут быть связаны с разгрузкой вдоль разломных зон хлоридно-натриевых вод из артезианских пластовых бассейнов. Кудуры на основе подобных источников изучались нами в среднем течении р. Нижняя Тунгуска (см. рис. 12), а также по другим притокам Енисея (Ангара, Бирюса и др.). Посещают их лоси и северные олени.

Известны на равнинах литоморфные кудуры и по вулканогено-осадочным цеолит-глинистым породам, большая часть которых средне-, позднепалеозойского возраста. Такие породы известны в пределах Кемчугской, Казачинской, Ангаро-Нижнетунгусской и Кемпендяйской впадин Енисейско-Вилюйского нижнекаменноугольного прогиба на юге Сибирской платформы, обнаружены они также в Северо-Минусинской и Назаровской впадинах на границе с Саяно-Алтайской складчатой областью (Буров и др., 1985). Литоморфные кудуры, приуроченные к выходам цеолитизированных пород в пределах поднятых тектонических блоков, известны нам по р. Кемпендяй в Якутии. Уникальность ситуации на Кемпендяе состоит еще и в том, что кудуры находятся в непосредственной близости от естественных выходов пластов галита (каменной соли), к которым животные никакого интереса не проявляют.

Таким образом, большинство солонцов-кудуров обнаруживают закономерные геолого-структурную позицию и геоморфологическую приуроченность.

В вулканических горах большинство литоморфных кудуров имеют прямую или опосредованную связь с радиально-концентрическими разломными системами в пределах палеостратовулканов, с которыми были связаны процессы гидротермальной аргиллизации и цеолитизации туфов и туфогенно-осадочных пород. Большая часть таких кудуров возникает среди озерных фаций вулканических кальдер или «провальных» озер в пределах вулканотектонических впадин. Гидроморфные кудуры в вулканических горах и контактирующих с ними районах, где распространены осадочные и вулканогенно-осадочные разновозрастные отложения, контролируются различными разрывными тектоническими, водо- и углекисло-газоносными структурами.

В блоково-складчатых горах и на равнинах гидроморфные солонцы-кудуры также имеют прямую или опосредованную связь с разрывной текто-

никой. Тектонические разломы служат подводящми каналами для разгрузки глубинных и пластовых минерализованных вод.

Литоморфные кудуры в блоково-складчатых горах чаще всего формируются по тектонически обусловленному элювию среди осадочных молассоидных и флишоидных толщ по горизонтам, обогащенным пирокластикой или органогенным опалом. Среди сланцевых пород зеленокаменной фации метаморфизма кудуры возникают по тектонически обусловленному глинисто-алевритовому элювию, а также по производным аллювиальным и делювиальным шлейфам.

В пределах равнин литоморфные кудуры формируются по кварц-опаловым и глинистым породам, иногда по глинисто-цеолитовым породам осадочного генезиса или (в пределах поднятых тектонических блоков) по цеолит-глинистым породам вулканического происхождения.

Геологические закономерности возникновения солонцов-кудуров в вулканических горах на примере Ванчинской угленосной впадины в Сихотэ-Алине

Геолого-ландшафтная ситуация, при которой формируются кудуры на р. Ванчин, является типичной для Тихоокеанского вулканического пояса (во всяком случае, для горно-таежных ландшафтов зоны умеренных широт), поэтому рассмотрим ее подробнее.

Ванчинская впадина размером 15 × 5 км приурочена к бассейну руч. Ванчин-Угольный (правый приток р. Милоградовка). На северо-западе эта структура сопряжена с Березовской угленосной депрессией, расположенной южнее г. Облачная, одной из самых высоких в Сихотэ-Алине (1854 м). На территории впадины преобладают типичные для горно-таежных ландшафтов Сихотэ-Алиня кедрово-широколиственные леса с участками елово-пихтовых лесов, по сырым марям преобладают лиственничные насаждения. Пятнами встречаются вторичные леса с преобладанием белой березы.

Наш выбор этого объекта для детального изучения был обусловлен еще и тем, что кудуры в пределах впадины формируются по разным фациальным типам цеолитизированных вулканических и вулканогенно-осадочных пород, которые к тому же хорошо зарекомендовали себя как сырье для медицинских технологий (Паничев и др., 2004).

Согласно нашей реконструкции (Паничев и др., 2009; Чекрыжов и др., 2010), заложение Ванчинской впадины произошло в раннем кайнозое (65–50 млн л. н.). Сначала она представляла собой односторонний рифтогенный грабен в виде замкнутой межгорной котловины с крутым юго-западным тектоническим бортом и более пологим северо-восточным. Возникший в его пределах озерный бассейн был основным аккумулятором терригенных и вулканокластических материалов.

В соответствии с современными представлениями, в начальный период кайнозоя территория Сихотэ-Алиня представляла собой континентальную окраину Калифорнийского типа с присущими ей активными тектоническими процессами, сопровождавшимися катастрофическими землетрясениями и проявлениями контрастного вулканизма (Ханчук и др., 1997). Именно в

этот период в пределах Восточного Сихотэ-Алиня сформировалась целая серия субширотных рифтоподобных магмопроницаемых структур проседания, в их числе, наряду с Ванчинской, Зеркальненская, Максимовская, Светловоднинская, Кедровская, Краскинская, Пойменская, Нарвинская, Амбинская и ряд других. Их образование сопровождалось просадкой или обрушением земной поверхности на сотни метров с быстрым заполнением провалов сначала молассовыми отложениями (конгломераты и песчаники с примесью вулканогенного материала, иногда с прослоями алевролитов и аргиллитов и пропластками угля). Подобные контрастные отложения формируются при разрушении крутых тектонических бортов. Позднее они были перекрыты лавами риолитов и андезитов, а также вулканогенно-осадочными и терригенными угленосными отложениями.

В начале эоцена (48– 44 млн л. н.) в юго-восточном борту впадины (см. рис. 1, цв. вкл.) происходили многочисленные эксплозивные и лавовые извержения риолитовой магмы, сформировавшие здесь вулканическую постройку (Союзненский палеовулкан). Значительная часть изверженного материала (вулканического пепла и пемзы) аккумулировалась в озерном бассейне, о чем свидетельствуют горизонты отложившихся в водной среде витрокластических туфов и вулканических песков.

Извержения кислых магм из близповерхностных очагов завершились около 43 млн л. н. внедрением более глубинных расплавов андезитового состава, которые сформировали небольшую постройку на северо-восточном борту впадины. Заключительные этапы бимодального (риолит-трахиандезитового) вулканизма сопровождались интенсивным изменением пород в зонах разгрузки гидротерм вдоль северо-западных зон разломов. В местах выхода гидротерм обогащенные вулканическим стеклом продукты извержения подвергались метасоматическому преобразованию в смектит-цеолитовые и опаловые породы. В обводненной части впадины этот процесс местами охватил всю толщу туфогенно-осадочных пород. С поствулканическими процессами риолитового этапа вулканизма связано также и формирование золотосеребряных руд месторождения Союзное в недрах Союзненского палеовулкана, о чем свидетельствуют калий-аргоновые датировки кварц-адуляровых жил с золотосеребряной минерализацией (Томсон и др., 2002).

После основной фазы вулканических извержений бассейн седиментации какое-то время сохранялся на северо-западном участке впадины, где произошло отложение терригенных аргиллитов и алевролитов с незначительной примесью вулканокластического материала.

В период от позднего миоцена до плейстоцена в Сихотэ-Алине происходили последние масштабные изменения в рельефе, особенно на участках сопряжения главного хребта с субширотными тектоническими зонами, а также с Милоградовской, где находится Ванчинская впадина. Основные изменения в рельефе в районе Ванчинской впадины в этот период протекали на фоне перехвата левых притоков р. Уссури, в том числе водотока палеодолины руч. Ванчин-Угольный, со смещением к северо-западу линии главного водораздела Сихотэ-Алиня (Короткий, 1968). В процессе перестройки гидросети резко усилился врез ручьевых долин, в том числе Ванчина-Угольного. В результате цокольные террасы палеодолины, организованные разломом северо-западного простирания, «зависли» на бортах современной долины (на высоте

до 50 м и более), образовав характерный прерывающийся структурный уступ, удаленный от современного русла до 300 м (рис. 1, цв. вкл.). В настоящее время к этому уступу приурочена большая часть коренных выходов цеолит-глинистых пород (цеолититов) по вулканогенно-осадочным отложениям на правобережье долины. Практически все эти обнажения несут в той или иной мере выраженные признаки литофагиальной активности животных. Вокруг некоторых сформировались характерные ландшафтные комплексы кудуров.

Таким образом, большая часть кудуров в этом районе, в том числе все кудуры вдоль правого борта руч. Ванчин-Угольный (рис. 1, цв. вкл.), приурочены к туфогенно-осадочным породам, отложившимся, как уже было сказано, в палеоцене непосредственно после заложения Ванчинской впадины.

По внешнему виду коренные породы на кудурах Ванчина светлые, иногда желтоватых, зеленоватых или розоватых оттенков, часто покрыты темными корками и дендритами окислов железа и марганца. Обнажения разбиты трещинами вдоль и поперек напластования. Среди пород преобладают туфы и туффиты кислого состава от пелитовой до псаммитовой размерности частиц основной массы с характерным для цеолититов «сахарным» обликом на сколе. В шлифах под микроскопом обнаруживается практически полная замещенность основной массы (включая обломки пемз и стекол) скрытокристаллическим глинисто-цеолитовым веществом. Из цеолитов, наряду с клиноптилолитом и гейландитом (которые определяются только рентгенографически), изредка попадаются различимые в поляризационном микроскопе агрегаты морденита и натролита.

В породах встречаются слои, содержащие фоссилизированные остатки ископаемых растений, иногда обугленные. Отдельные блоки пород на обнажениях, особенно в прикорневой части деревьев, превращены в рыхлую зернистую массу, которая в обводненном состоянии напоминает халву, а в осушенном белесую с различными оттенками пыль с примесью песчаной фракции. У подножия коренных обнажений в основании склонов, где просачиваются пластовые воды, могут формироваться обогащенные глинистым веществом переотложенные кудуриты с образованием характерных «раскопыченных» животными грязево-глинистых площадок (глинистых ванн) с лизунцами в тонкодисперсных глинах.

Количество съедаемого минерального вещества на кудурах за один раз одним взрослым оленем, судя по замерам углублений, оставленных животным на обнажениях, может измеряться килограммами. Животные могут грызть коренные породы, оставляя характерные отпечатки зубов (рис. 5, цв. вкл.), но чаще поедают или вылизывают элювиальные суглинки и глины в зоне делювия (см. рис. 32), а также в прикорневой части деревьев (рис. 2, цв. вкл.) или в расщелинах между камнями. На одном из обнажений животные активно поедают глины непосредственно под пластом угля метровой мощности (рис. 3, цв. вкл.). В этом единственном случае среди глинистых минералов в пробах преобладал каолинит, а не смектиты, что объясняется длительным воздействием углекислых растворов на цеолититы в зоне выветривания под углями.

Внешний облик ванчинских кудуров и кудуритов, представленный на фотографиях, характерен (с небольшими вариациями) для большинства литоморфных кудуров Сихотэ-Алиня. Для сравнения, в Приложении приво-

дятся фотографии литоморфных кудуров в бассейнах рек Пещерка, Максимовка, Зева, в верховьях р. Колумбе, в верховьях руч. Шандуйский, а также общий вид цеолитизированных пород на кудуре в верховьях р. Фурмановка (рис. 6–23, цв. вкл.). В том числе на рис. 21 (цв. вкл.) показана осыпь цеолитизированных пород в районе палеовулкана Солонцовый с хорошо заметными издалека многочисленными зверовыми тропами. При близком рассмотрении на осыпи отмечаются характерные следы выедания глинисто-щебнистых отложений животными, чаще в корнях деревьев (рис. 20, цв. вкл.). На рис. 19 (цв. вкл.) та же осыпь, но уже на космоснимке 2008 г. (заимствовано с сайта Google-Earth). На фотографии, сделанной из космоса, хорошо просматривается та же сеть зверовых троп, что и на нашем фото, снятом 20 лет назад. Это указывает на высокую консервативность поведения животных на кудурах от поколения к поколению.

В качестве комментария к этим снимкам можно добавить, что хорошая читаемость характерных ландшафтных особенностей крупных кудуров на космоснимках делает метод дистанционного их выявления и мониторинга весьма перспективным. Особенно перспективен этот метод для использования среди тундр и остепненных ландшафтов.

Говоря о мониторинге (в том числе мониторинге динамики внешних изменений кудурных ладшафтных комплексов), обращаю внимание читателя на снимки Приложения, 10, 11 (цв. вкл.), где отображен общий вид кудура в верховьях р. Лосёвка приблизительно с одной точки с разницей в 22 года. Очевидно, что произошедшие изменения для маленького таежного кудура весьма заметные: за два десятилетия животными съедено и перемещено несколько кубометров горных пород.

Как видно из классификационной диаграммы (рис. 24), вулканические породы Ванчинской впадины относятся к риолитам, риодацитам и трахиандезитам, переходящим в трахидациты. Все они относятся к высококалиевой серии. Вулканические стекла, слагающие зоны закалки экструзивных тел риолитов, а также отдельные покровные тела, характеризуются соотношением K_2O/Na_2O, близким к 1. Близкие значения калий-натриевых отношений сохраняются и в цеолititах. При этом общая концентрация щелочных элементов и кремнезема в них существенно понижается

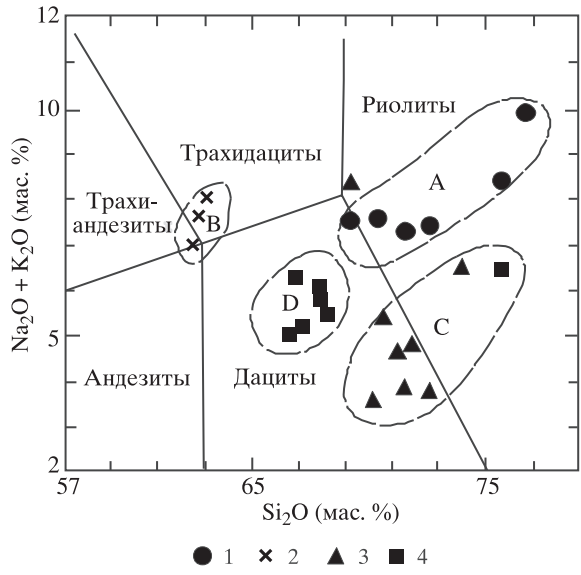


Рис. 24. Классификационная диаграмма исходных горных пород и кудуритов Ванчинской впадины

1 – риолиты и перлиты; 2 – трахиандезиты и трахидациты; 3 – глинисто-цеолитовые метасоматиты (кудуриты) по туфам; 4 – глинисто-цеолитовые метасоматиты (кудуриты) по туфогенным песчаникам (по: Паничев и др., 2009)

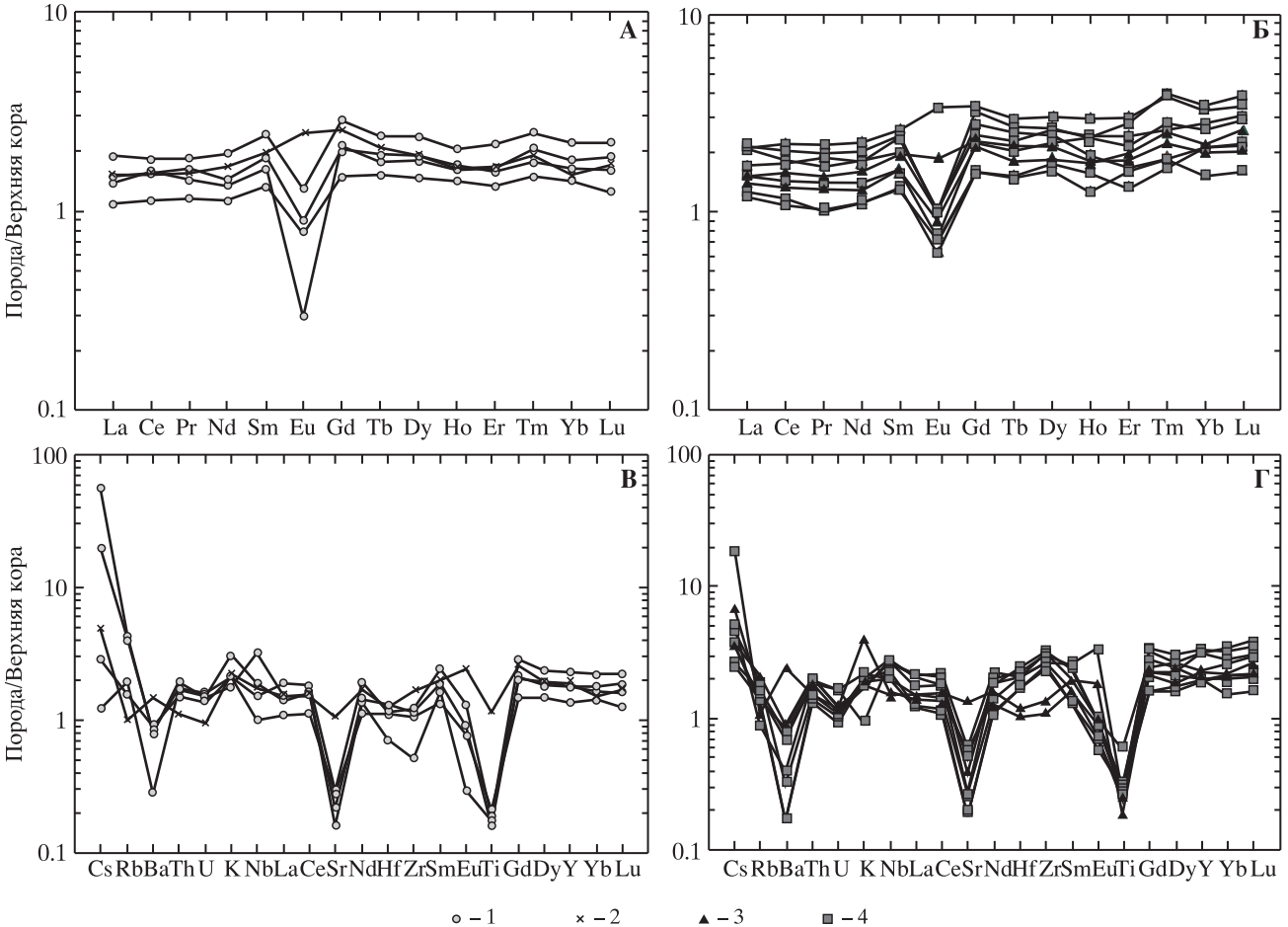


Рис. 25. РЗЭ-спектры и спайдер-диаграммы исходных горных пород (А, В) и кудуритов (Б, Г) Ванчинской впадины (нормализовано на средний состав верхней коры): 1 – риолиты и перлиты; 2 – трахиандезиты и трахидациты; 3 – глинисто-цеолитовые метасоматиты (кудуриты) по туфам; 4 – глинисто-цеолитовые метасоматиты (кудуриты) по туфогенным песчаникам (по: Паничев и др., 2009)

(см. рис. 24), а содержание глинозема (Al_2O_3) и кристаллизационной воды возрастает, что связано с гидротермально-метасоматическим изменением исходных пород. На диаграмме состава цеолититы образуют две относительно обособленные группы. Одна соответствует разностям по туфогенно-осадочным породам и вулканическим стеклам (см. рис. 24), вторая развивается по витрокластическим туфам с более высокими содержаниями кремнезема. Содержание суммы щелочей в обеих группах сильно варьирует.

Спектры распределения редких и редкоземельных элементов (нормированных по составу верхней коры) материнских вулканических пород Ванчинской впадины и производных по ним цеолититам обнаруживают явное сходство (рис. 25). Цеолититы по туфогенно-осадочным породам отличаются более высокими концентрациями гафния, циркония, а также редких земель (см. рис. 25). У цеолититов по витрокластическим туфам повышены концентрации микроэлементов халькофильной группы при более низких содержаниях гафния и циркония. Трахиандезиты, по сравнениию с риолитами и перлитами, характеризуются более высоким содержанием бария, стронция и циркония, а также отсутствием европиевого минимума, характерного для риолитов.

Обращает на себя внимание повышенное во всем комплексе пород Ванчина содержание редкоземельных элементов. При этом наиболее высокие концентрации показывают образцы, содержащие растительный детрит. Тот факт, что угли, переслаивающиеся с цеолитизированными породами в пределах Ванчинской впадины, имеют аналогичный спектр распределения редких элементов, был отмечен еще В.В. Серединым и М.Я. Шпирт (1999). Концентрация редкоземельных элементов в углях объяснена избирательной их сорбцией гуминовым веществом в процессе гидротермального воздействия. Поэтому высокие концентрации редких земель в образцах кудуритов с существенной примесью растительного шлама можно объяснить тем же – повышенной сорбционной способностью к данной группе элементов, захороненной в породе растительной органики.

Микроскопические и микрозондовые исследования образцов кудуритов Ванчинской угленосной впадины показали, что редкоземельные элементы, большая часть из которых фосфаты, сконцентрированы (до 250 г/т) преимущественно в минерализованном детрите. Степень обогащения детрита достигает 2–3 раз, по сравнению с «чистыми» цеолитизированными туффитами (Чекрыжов и др., 2011). В ходе этих же исследований в образцах кудуритов Ванчина обнаружены микрочастицы природного сплава Au–Cu–Ag размером от 500 нм до 3 мкм, отдельные микрочастицы самородного золота, серебра и хрома, а также многочисленные выделения минералов редкоземельных элементов, в основном в виде фосфатов. Эти факты свидетельствуют о гидротермальной проработке стекловатых пористых туфогенных пород на этапе формирования золоторудного месторождения Союзное. Похоже, что аналогичные связи, если не всех, то многих солонцовых районов с проявлениями золотосеребряной минерализации, характерны для Сихотэ-Алиня, что замечено нами давно (Паничев, 1987а).

Полученные свидетельства синхронности тектонических и магматических событий в рифтогенных впадинах Сихотэ-Алиня подтолкнули нас к сопоставлению геологической информации по однотипным структурам.

В результате выявлено, что породы основания Ванчинской впадины хорошо коррелируют по литологическому и химическому составу с одновозрастными вулканогенно-осадочными образованиями тадушинской свиты из основания Зеркальненской впадины, которая также включает горизонты цеолитизированных пород. Такие породы стали основой для формирования кудуров в бассейне р. Зеркальная (Паничев, 1990), в том числе того самого, что описал В.К. Арсеньев (1960), путешествуя по Уссурийскому краю. Оказалось также, что магматические породы Ванчинской впадины сопоставимы с аналогичными образованиями Кедровской кальдеры, ранее выделенной в верховьях р. Кузнецова на широте р. Бикин (Попов, 1986). С кислыми вулканическими стеклами и туфами кедровского комплекса также связаны проявления цеолититов, по которым образуются многочисленные кудуры (рис. 22–24, цв. вкл.).

Собранные нами ранее данные о распространении и геологической природе кудуров по другим районам в пределах Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса (Паничев, 1990), в том числе по верховьям рек Колумбе, Самарга, в районе г. Солонцовая, в верховьях рек Террасная и Светловодная (левые притоки р. Бикин), в верховьях р. Фурмановка (приток р. Аввакумовка) с учетом новой геологической информации позволяют утверждать, что большинство кудуров во всех этих местонахождениях по генезису, вещественному составу и геохимии кудуритов являются аналогами ванчинских. Очень сходные ситуации, если судить по тем сведениям, которые были собраны нашими коллегами из ряда институтов ДВО РАН, наблюдаются на кудюрах в пределах Охотско-Чаунского вулканогенного пояса, в том числе в горах Сунтар-Хаята, а также на Чукотке.

В то же время, если говорить о большей части территории Северо-Востока России, где распространены палеозойские и мезозойские осадочные породы, в том числе и о некоторых районах Чукотки, следует отметить тот факт, что для этих территорий все же более характерен гидрослюдисто-хлоритовый тип кудюритов с примесью оксидов кремния, иногда с карбонатами.

Главный вывод, вытекающий из проделанной работы, состоит в том, что большинство литоморфных кудуров Сихотэ-Алиня формируется по выходам цеолитизированных вулканических и вулканогенно-осадочных первично стекловатых пород преимущественно риолитового состава – продуктам бимодального вулканизма в пределах кайнозойских рифтогенных впадин и вулканических кальдер. Факт отсутствия кудуров на остальной территории объясняется тем, что кислый вулканизм на раннем этапе развития вулканического пояса был принципиально иным по характеру извержения, по геохимической специфике сопутствующего флюидного потока и по минерало-геохимической специфике формировавшегося комплекса горных пород соответственно. Кислый вулканизм на этапе заложения вулканического пояса характеризовался выбросом колоссальных объемов газонасыщенного пирокластического, уже в той или иной мере раскристаллизованного материала, который отлагался в виде однородных толщ игнимбритоподобных пород в субаэральных условиях, достигавших нередко километровых мощностей. Для таких отложений характерно отсутствие в разрезах скоплений вулканического стекла, пригодного для формирования объемных залежей цеолитовых пород. В составе сопутствующих флюидов и гидротерм было сравнительно

много серы, которая на этапе гидротермального преобразования пород предопределяла сернокислотный тип вторичного минералообразования.

Таким образом, локальный характер проявлений специфического вулканизма в Сихотэ-Алине в раннем кайнозое предопределил размещение ареалов цеолит-смектитовой минерализации, приуроченных к вулканическим центрам извержения (к кратерным кальдерам обрушения, к вулкано-тектоническим впадинам сравнительно недалеко от центров извержения пирокластики). Данный фактор мог определять места концентрации травоядных млекопитающих животных в горных местообитаниях и характер их сезонных перемещений на протяжении миллионов лет.

Одним из косвенных свидетельств существования районов, где кудуры формируются в течение тысячелетий, может быть наличие поблизости археологических памятников с характерными артефактами. Такой памятник эпохи камня с многочисленными наконечниками охотничьих стрел и копий обнаружен в приустьевой части руч. Ванчин-Угольный (см. рис. 1, цв. вкл.).

На замеченной нами «привязке» к выходам кудуритов не только местообитаний животных, но также мест поселений древнего человека следует остановиться подробнее. Даже поверхностный анализ наиболее известных памятников эпохи камня и бронзы в Приморье свидетельствует о пространственной совмещенности многих из них с выходами глинистых и цеолитовых пород. На такую совмещенность древних поселений человека с выходами смектитовых глин и цеолитов в Сихотэ-Алине, в частности по долине р. Зеркальная, обратили внимание и некоторые археологи (Гарковик и др., 1997). Аналогичные факты отмечены нами и в Горном Алтае. К примеру, всемирно известные Пазырыкские могильники эпохи бронзы находятся в районе обширных выходов кудуритов в районе с. Балыктыюль (Улаганский административный район). При этом кудуриты, как и тысячи лет назад, по-прежнему активно посещаются дикими и домашними животными. Все эти факты могут свидетельствовать о том, что связь поселений человека с кудуритами могла быть как прямой (люди использовали минералы в пищу или для лечения), так и опосредованной (кудуры могли привлекать людей как места, удобные для охоты или выпаса скота).

Минералогические и физико-химические характеристики кудуритов и гастролитов

Минеральный состав и химические характеристики кудуритов изучались нами в разное время и в различных учреждениях (Елпатьевский, Паничев, 1980; Паничев, 1987а, 1987в, 1990; Бгатов и др., 1988; Паничев, 1990, 1998; Паничев и др., 2009). Обнаруженная нами связь солонцов-кудуров с проявлениями минералов-сорбентов, таких как смектиты, цеолиты и опалиты, оказалась настолько характерной, что еще в 1985 г. мы предложили оригинальный метод поисков месторождений минерального сырья (Способ…, 1985; Бгатов, Паничев, 1985; Бгатов и др., 1985).

Все собранные нами образцы кудуритов по принципу принадлежности к той или иной разновидности горных пород были объединены в три главных петрографических группы и пять рядов (табл. 8). В первый ряд,

Таблица 8

Породообразующие минералы, подвижные катионы, пределы значений ионообменной емкости (в мг-экв/100 г), породообразующих оксидов (в мас.%) и микроэлементов (в мкм/г) в кудуритах

(по: Паничев, 1998, с добавлениями)

Показатели	Группы кудуритов				
	Вулканическая	Метаморфическая			Магматическая
	Ряды кудуритов				
	Вулканический	Серо-сланцевый	Зелено-сланцевый	Карбо-натный	Гипер-базитовый
Минеральная основа	М–Ц / Кр–П–К–С	Кр–Гс–Х–К / М–К–П–Ц	Кр–Х–Гс / К–КА–Ц	КА–Гс–Х–Кр / КАМ–К	М–В–Х–Кр / і
Подвижные катионы	Na=Ca > Mg=K	Ca > Mg > Na > K			Ca > Mg > Na=K
Обменная емкость	30–200	25–50	15–40	10–20	40–60
SiO_2 подвижн.	1,0–15,0	0,1–2,5	0,1–2,5	0,05–0,5	0,1–0,5
SiO_2	44,0–72,0	53,3–63,4	44,0–66,5	8,3–46,8	37,6–42,6
TiO_2	0,1–1,8	0,8–1,1	0,4–1,0	0,05–2,0	0,2–0,5
Al_2O_3	9,2–25,0	15,8–19,3	11,4–17,7	2,0–13,1	3,7–6,6
Fe_2O_3	0,2–14,0	8,6–10,4	5,9–8,6	0,5–4,7	7,3–9,2
MnO	0,02–0,3	0,07–0,2	0,05–0,2	0,01–0,1	0,1–0,2
MgO	0,1–6,5	1,1–2,3	1,1–7,1	0,4–16,0	22,6–31,4
CaO	0,9–8,0	0,3–3,6	0,5–10,0	7,7–47,5	1,3–7,2
K_2O	0,6–3,5	2,3–3,0	1,2–2,5	0,3–3,0	0,05–0,3
Na_2O	1,0–3,5	1,0–2,0	1,6–3,4	0,2–1,5	0,2 –1,5
P_2O_5	0,03–0,4	0,1–0,2	0,03–0,2	0,02–0,5	0,06–0,07
SO_3	< 0,01–0,5	< 0,01–0,5	< 0,01–3,0	< 0,1–3,0	< 0,01
П.П.П.	3,0–36,0	5,4–8,0	2,1–7,4	15,6–40,2	9,5–16,7
B	< 1–83	96–180	24–180	< 1–66	8–19
Pb	7–50	29–66	11–19	7–25	<5
V	<3–250	180–240	96–180	8–96	40–150
Ni	<1–140	83–120	43–130	< 1,65	700–1 200
Cr	< 1–130	68–11	83–340	< 1–80	700–1 800
Co	< 1–37	14–22	7–23	< 1–19	48–66
Ag	<0,01–0,2	0,01–0,08	0,01–0,09	0,01–0,07	0,01
Cu	<1–32	72–90	62–72	3–65	10–58
Mo	< 0,5–3	< 0,5–2,1	< 0,5<4	< 0,5–1,5	< 0,5
Zn	21–160	100–220	54–120	33–89	30–64
N	80	18	17	10	5

Примечание. Минеральная основа: числитель – главнейшие породообразующие минералы; знаменатель – встречающиеся как примесь: С – вулканическое стекло; М – монтмориллонит (и минералы его группы); К– каолинит (и минералы его группы); Ц – цеолиты; Кр – кремния оксиды (включая кристаллические и аморфные разности); П – полевые шпаты; Гс –гидрослюды (и слюды); Х – хлориты; КА – карбонаты кальция; КАМ – карбонаты магния и других металлов; В – вермикулит, Т – тальк. Подвижные катионы – соотношение поглощенных катионов (способных вытесняться ионами аммония); обменная емкость – общая сумма катионов в мг-экв, вытесняемых в раствор ионами аммония; SiO_2 подвижн. – оксид кремния, переходящий в 5%-ную содовую вытяжку (Na_2CO_3); **N** – количество анализированных проб.

вулканический, как и в группу под тем же названием, вошли все кудуриты, сформировавшиеся на основе относительно молодых по возрасту вулканических и вулканогенно-осадочных пород от ультракислого до основного состава. Метаморфическая группа объединяет кудуриты трех рядов (серосланцевый, зеленосланцевый и карбонатный) на основе слабо- и среднеметаморфизованных осадочных пород главным образом по аргиллит-алевролитовым, в том числе высококарбонатным разностям. Все кудуриты метаморфической группы, в составе которых обнаружено более 10% карбонатов, объединены в карбонатный ряд.

Наконец, кудуриты на основе магматических пород выделены в особую магматическую группу, включающую пока один ряд – гипербазитовый.

Как следует из данных табл. 8, состав породообразующих оксидов, состав микроэлементов всех поедаемых пород, как состав и количественные характеристики входящих в них поглощенных катионов, могут существенно варьировать.

По содержанию породообразующих оксидов самый широкий диапазон колебаний в кудуритах наблюдается по кремнию и кальцию (размах достигает 50% и более). Существенно разнятся кудуриты и по содержанию оксидов магния (размах до 30%), алюминия (около 25%) и железа (до 15%). Изменчивость потерь при прокаливании (П.П.П) – до 40%. По содержанию микроэлементов диапазон изменчивости достигает трех порядков (по барию, хрому, никелю, ванадию). Различия же в 2 порядка характерны для большинства из определявшихся микроэлементов.

Кудуриты, входящие в выделенные петрографические группы и ряды, подразделены нами по минеральному составу на 12 минеральных линий (Паничев, 1990). Как показывают данные рентгенофазового анализа, их представители могут быть как практически мономинеральными (один минерал составляет более 75% объема породы), так и полиминеральными (при этом 75% объема могут составлять 2–5 минеральных видов). Большая часть кудуритов состоит из минеральных смесей.

Широкий диапазон изменчивости минерального состава кудуритов предопределяет большую изменчивость их физико-химических характеристик, в частности величины обменной емкости. При этом значения емкости катионного обмена у кудуритов вулканического ряда значительно превосходят таковые у других петрографических рядов. Этот факт объясняется преобладанием в их составе таких сильных ионообменников, как цеолиты и смектиты. Существенным отличительным признаком кудуритов вулканической группы является также почти исключительно натриево-кальциевая их катионная специфика, в то время как кудуриты всех остальных петрографических групп кальциево-магниевые.

Описывая минералогические и химические характеристики кудуритов, потребляемых животными, нельзя не отметить «уральский феномен». Дело в том, что в пределах Уральских гор, где, как известно, преобладают вулканогенные, магматогенные и метаморфические комплексы палеозойского возраста, признаков существования настоящих литоморфных кудуров нам обнаружить не удалось. Очень редко на Урале встречаются лишь слабовыраженные кудуры на основе минерализованных источников с повышенным содержанием в водах натрия. Феномен практически полного отсутствия лито-

морфных кудуров на Урале пока остается не разгаданным. Наиболее правдоподобной нам представляется версия об относительной геохимической сбалансированности древних литокомплексов Урала по отношению к организмам млекопитающих. Что понимается под такой сбалансированностью?

Ранее мы не случайно акцентировали внимание на том факте, что большинство пород, на основе которых формируются кудуриты, содержат те или иные следы древней жизни. Это могут быть фоссилизированные остатки древних растений или животных, остатки кремниевых или карбонатных панцирей, опаловидный кремнезем биогенного происхождения или просто кора выветривания горных пород – арена длительной жизни почвенных микроорганизмов. Нам представляется весьма вероятным, что во всех таких породах сохранились особые остатки древней жизни в виде специфических структурных ассоциаций из химических элементов уже готовых для ассимиляции в современных организмах. В регионах, где таких «ассоциаций» нет совсем или они в дефиците (в первую очередь, это области распространения молодых вулканических пород), среди обитающих на таких территориях животных постоянно или периодически могут возникать состояния специфического минерального голода. Эти состояния, вызванные недостатком в породах, почвах и соответственно в растительности каких-то микроэлементов или их структурных ассоциаций, могут побуждать животных к поиску и потреблению содержащих их минеральных веществ – кудуритов.

Из работ, посвященных исследованию минерального состава «съедобных земель», потребляемых человеком в Центральной Азии, в Африке и Америке, следует, что среди веществ, слагающих такие кудуриты, преобладает тот же набор минералов, что и в кудуритах, используемых животными. В минеральном составе «съедобных земель» человека обнаружены оксиды кремния (как высокотемпературные разности, так и низкотемпературные биогенные формы), каолинит и минералы его группы, галлуазит и минералы его группы, монтмориллонит (смектит) и минералы его группы, гидрослюды (иллиты), вермикулит, хлориты, карбонаты, сульфаты (Vermeer et al., 1985; Ferrell et al., 1985; Mahaney, 1993; Mahaney et al., 1993, 1996a, 1997; Aufreiter et al., 1997; Young et al., 2010). Кроме глинистых и кремнеоксидных кудюритов в литературе описаны также чисто карбонатные разности, например «гидромагнокальциты» у А.Д. Гебеля (1862), состоящие из переотложенных землистых карбонатов магния и кальция с примесью сульфатов и хлоридов натрия, кальция, магния. Судя по описаниям пород типа «мареканитов» и «болюса» (Обручев, 1931–1937; Анерт, 1928), использовавшихся когда-то в качестве пищевой добавки и лекарственного средства народами Восточной Сибири, в первом случае мы имеем дело со смектитами, возможно, с примесью цеолитов, во втором – с галлуазит-каолинитовой породой, обогащенной гидрооксидами железа.

В 2011 г. нами был выполнен рентгенографический анализ одного образца породы, которая была куплена на рынке в г. Алма-Ата в начале 1970-х гг. Образец нам любезно передала К.С. Коростелёва (сотрудник редакции «Наука» ДВО РАН). Она сообщила также, что эта глина применялась как народное средство, предназначенное для облегчения токсикоза при беременности, а также для лечения желудочно-кишечных заболеваний. Минералогический анализ показал гидрослюдисто-хлоритовый состав породы с примесью кварца.

В следовых количествах обнаружены полевые шпаты. Этот минеральный состав наиболее характерен для кудуритов, встречающихся в горных районах Южной Сибири.

Как показал осмотр содержимого желудков диких водоплавающих и куриных птиц, добытых в Приморском крае, большая часть гастролитов в них состояла из зерен кварца. У гусей и уток на весеннем и осеннем пролетах в районе озер Хасан и Ханка (Приморский край) гастролиты практически полностью состояли из алевритовых и песчаных зерен кварца. Нередко весной желудки птиц были переполнены гастролитами с незначительной долей пищи. Величина зерен гастролитов колебалась от частиц менее 1 мм до галек диаметром 5 мм и более. Среди гастролитов в желудках рябчиков и глухарей, обитающих в горах Сихотэ-Алиня и Сибири, попадались обломки и гальки самых разнообразных горных пород, но чаще кремнийнасыщенных пород и минералов (кварц, полевые шпаты, гранит). Иногда обнаруживались рудные минералы (чаще магнетит и гематит). Наряду с горными породами и минералами в желудках птиц изредка попадались остатки раковин моллюсков (морских, пресноводных или лесных).

Аналогичный набор минералов в составе гастролитов обнаружен у многих видов зерноядных, растительноядных и всеядных птиц (Bialas, 1995; Gionfriddo, Best, 1996; Савченко и др., 2009). В табл. 9 для примера приведены данные из работы О. Вингса (Wings, 2004), отражающие типичный минеральный состав и характеристики гастролитов в желудке страуса. Аналогичный минеральный набор гастролитов в целом характерен и для растительноядных динозавров (Stokes, 1987; Milton, Dean, 1995; Wings, 2004; Gastroliths…, 2009).

Таблица 9

Минералогические и количественные характеристики гастролитов из желудка страуса (по:Wings, 2004)

Размер, мм	Минеральный состав	Количество, шт.	Масса, г
4–8	Набор данного размера	623	200
	Жильный кварц	473	
	Мел	2	
	Вулк. стекло	18	
	Кварциты	55	
	Другие породы	75	
8–20	Набор данного размера	527	1000
	Жильный кварц	346	
	Мел	24	
	Вулк. стекло	4	
	Кварциты	75	
	Другие породы	78	
4–20	Весь набор	1150	1200

Подводя итог минералогическим исследованиям литогенных веществ, используемых в пищу животными и человеком, можно констатировать, что процесс преобразования обычной горной породы в кудуриты связан с формированием самых разнообразных вторичных минеральных ассоциаций. Такие ассоциации типичны для зон низкотемпературного гидротермального метаморфизма (зоны цеолитизации и аргиллизации без явных признаков привноса рудного вещества), а также для глинистых и гидрослюдистых горизонтов зоны выветривания различных типов магматических и осадочно-метаморфических горных пород.

В составе гастролитов у птиц, как и у их предков, динозавров, преобладает кварц, окремненные горные породы (кварциты) и высококремнистые минералы, главным образом полевые шпаты, т.е. самые распространенные минерально-кристаллические вещества в коре выветривания горных пород на Земле.

Общие закономерности литофагии у диких животных

Влияние кудуров на организацию жизни популяций копытных животных в Сихотэ-Алине детально изучалось нами на примере восточной части бассейна р. Бикин, где проводился учет численности животных методом маршрутного подсчета фекальных куч. Результаты учета показали, что встречаемость летних экскрементов в окрестностях солонцов-кудуров (с радиусом до 5 км) в бассейне р. Пещерка для лосей в 8,5, а для изюбров в 7 раз выше, чем в типичных летних стациях этих видов в среднем Сихотэ-Алине (Паничев, 1998).

По данным Г.Ф. Бромлея и С.П. Кучеренко (1983), в районе солонцов в центральном Сихотэ-Алине плотность лосей может достигать 15–20 особей на 1000 га, что при сопоставлении со средней плотностью лосей в ареале вида по Приморскому краю (0,5 ос/1000 га) дает цифру превышения в 30–40 раз.

Аналогичные закономерности прослеживаются при анализе работ всех исследователей, изучавших влияние солонцов-кудуров на жизнь диких животных. К примеру, по данным американских зоологов (Tankersley, Gasaway, 1983), в период пика посещаемости солонцов-кудуров лосями в национальном парке Денали на Аляске плотность лосей в начале лета в среднем составляет 5,0 ос/ 1000 га, в то время как на остальной территории парка лишь 0,3–0,6 ос/1000 га (различие десятикратное).

Классический случай, свидетельствующий о притягательности солонцов-кудуров для диких животных, описан американскими зоологами на примере горных баранов, обитающих в пределах изолированного горного массива известняков Биг Хетчет среди равнины в юго-западной части штата Нью-Мексико в США (Watts, Schemnitz, 1985). За 21 месяц горные бараны, наблюдаемые методом радиотрекинга, 18 раз с определенной цикличностью (явно связанной с климатическими факторами, влияющими на вегетацию кормовой растительности), посетили солонцы-кудуры, которые находились на отдельно стоящих среди равнины холмах вулканического происхождения.

При этом животные, для того чтобы попасть из одного отдельно стоящего горного массива на другой, вынуждены были пересекать участок равнины, где их нередко поджидали хищники.

Аналогичные закономерности просматриваются на примере циклических перемещений самых разных травоядных млекопитающих в различных местообитаниях. В качестве наиболее ярких примеров можно отметить целенаправленные циклические миграции к солонцам слонов, обитающих как в наиболее засушливых районах Африки (Weir, 1969, 1972), так и в тропических лесах (Klaus et al., 1998). Аналогичные закономерности характерны для северных оленей-карибу в некоторых приполярных областях Канады и США (Calef, Lortie, 1974). Во всех этих случаях сезонно-циклические перемещения животных определяются пространственным расположением солонцов-кудуров.

Таким образом, выполненный нами комплекс геолого-биолого-ландшафтных исследований, а также анализ литературных данных позволяют говорить о существовании особого фактора, влияющего на очаговый характер заселенности дикими животными некоторых территорий. Индикатором проявленности данного фактора является наличие и степень выраженности у растительноядных животных признаков литофагиального поведения. Иногда у животных в связи с таким поведением может сформировываться определенный стереотип циклических перемещений по территории. Эти перемещения обычно носят сезонно-ритмичный характер с посещением мест, где имеются выходы на поверхность минеральных веществ, пригодных для потребления. Так животными поддерживается характерный легко узнаваемый облик солонцов-кудуров как самобытных ландшафтных урочищ, или природных комплексов.

Как показывают результаты наших исследований, крупные солонцы-кудуры возникают при сравнительно редком, иногда уникальном, сочетании тектонических, литологических, геохимических и биогеографических факторов, поэтому они остаются неизменными организующими компонентами природной среды диких животных на протяжении длительных отрезков времени, измеряемых иногда тысячелетиями. Что касается мест постоянного формирования кудуров, то они, как очевидно, могут оставаться неизменными в течение миллионов лет. Именно поэтому наиболее крупные зверовые кудуры являются важнейшими и древнейшими местами сезонной концентрации диких животных, причем не только растительноядных млекопитающих, но также представителей всей связанной с ними трофической цепочки.

В качестве ярких примеров длительного существования уникальных природных комплексов с кудурами, постоянно концентрирующих диких животных, можно привести широко известные вулканические кальдеры Нгоронгоро в Африке и Йеллоустоун на Американском континенте. О кальдере Нгоронгоро ранее мы упоминали (см. рис. 18). Практически круглая кальдера, возникшая в результате обрушения центральной прижерловой части постройки крупного вулкана около 2,5 млн л. н., находится на краю саванны Серенгети в Танзании. Дно кальдеры расположено на высоте 2380 м над уровнем моря, ее края примерно на 600 м выше. Диаметр кальдеры около 20 км, общая площадь около 26 400 га. За многие годы в кальдере образовалась уникальная природная система, своеобразный оазис. В настоящее время здесь обитает

около 25 000 животных, в том числе зебры, буйволы, различные виды антилоп (гну, канны, газели). Здесь обитают также черные носороги, слоны и даже бегемоты, что является весьма необычным для этих широт, не говоря уже об абсолютных отметках территории над уровнем моря. В Нгоронгоро самая высокая плотность хищников во всей Африке. В отличие от животных Серенгети, которые постоянно мигрируют в поисках воды и новых пастбищ, большинство обитателей Нгоронгоро живут в кратере постоянно. Вода здесь доступна даже в засуху. Два источника и две реки питают несколько болот и главное оз. Магади. Поскольку озеро бессточное, вода в нем содержит много растворенных солей (главным образом гидрокарбонаты натрия). В соседних болотах есть грязевые ямы, где нежатся бегемоты, там же водопои слонов и черных носорогов.

С 1951 г. кальдера Нгоронгоро является частью Национального парка Серенгети. В 1979 г. она включена в список Всемирного наследия ЮНЕСКО в качестве выдающегося памятника природы, а в 1981 г. объявлена биосферным заповедником.

В пределах охранной зоны Нгоронгоро находится еще одна достопримечательность – ущелье Олдувай – место, где были обнаружены останки одного из древнейших прародителей *Homo Sapiens*.

Теперь несколько слов о Йеллоустоунской кальдере, которая по праву считается самой большой из всех наиболее хорошо сохранившихся вулканических кальдер на Земле. По форме это овальный провал в пределах вулканического горного плато с размерами приблизительно 45 на 75 км. Абсолютная высота днища кальдеры составляет в среднем около 1700 м. Кальдера возникла в результате катастрофического извержения 640 тыс. л. н. и последовавшего обрушения верхней части гигантской стратовулканической постройки. В пределах кальдеры распространены туфы и лавы риолитов и базальтов, имеется множество (около 3000) гейзеров. В 1872 г. в районе кальдеры образован национальный парк, сегодня он самый известный не только в Америке, но и в мире. В настоящее время на территории кальдеры обитает почти 60 видов млекопитающих, в том числе американский бизон (численность этих животных здесь около 4000 особей), чёрный медведь (барибал), олень вапити, лось, чернохвостый олень, снежная коза, вилорог, толсторог и пума.

Согласно археологическим данным, первые люди поселились на территории кальдеры около 11 000 л. н. Интерес древних людей к этой территории, несомненно, был связан с высокой численностью обитавших на ней животных.

Многие российские заповедники (особенно горно-таежные, такие как Кавказский, Алтайский, Саяно-Шушенский, Сихотэ-Алинский) были созданы именно в тех местах, где также имелись самые крупные в соответствующих горных регионах природные солонцы-кудуры. Некоторые из них, например Сихотэ-Алинский заповедник, включают вулканическую кальдеру вулкана Солонцового, сходную с Йеллоустоунской, только возраст ее значительно древнее, меньше масштабы, и современная природно-географическая обстановка существенно иная нежели в горах Йеллоустоуна. Здесь можно отметить, что изначально площадь Сихотэ-Алинского заповедника была значительно больше, она включала также крупнейший в Сихотэ-Алине солонцовый район в верховьях р. Бикин (см. рис. 16), приуроченный

к Бикинской грабеноподобной структуре. Кудуры встречаются и в некоторых северных заповедниках, в частности в Таймырском (Якушкин, Орлов, 1976). Все это далеко не случайные совпадения. Все заповедники России в начале XX в. создавались по принципу «заповедать территории с самой высокой плотностью диких животных». Следование такому принципу автоматически приводило к выбору участков, включавших крупнейшие в соответствующих регионах солонцы-кудуры.

Результаты натурных наблюдений за копытными животными на солонцах-кудурах свидетельствуют о том, что потребность животных в литофагии во всех регионах подчиняется сезонным ритмам (Паничев, 1985, 1987а, 1987б, 1990; Zaumislova, Panichev, 1990; Filus, 2002). Аналогичные закономерности отмечены ранее многими нашими коллегами и предшественниками, изучавшими динамику солонцевания у диких копытных животных. Максимальный пик появления животных на солонцах в зоне средних широт повсеместно приходится на конец весны – начало лета, смещаясь в отдельные годы на середину лета. Осенью (в сентябре), как правило, наблюдается второй менее значимый пик активизации литофагиального поведения. Иногда он бывает совсем слабовыраженным.

В процессе полевых натурных наблюдений нами отмечались случаи посещения дикими копытными животными солонцов-кудуров и в зимнее время. При этом отмечены случаи употребления воды из источников и даже случаи поглощения кудуритов. Один из таких случаев потребления глинисто-цеолитовых пород лосями в декабре 1987 г. зарегистрирован нами на солонце-кудуре по р. Пещерка (рис. 26). Редкое посещение копытными

Рис. 26. Следы лосей, свидетельствующие о поедании животными глинисто-цеолитовых пород в зимнее время. Солонец-кудур в верховьях р. Пещерка, ноябрь 1987 г.

водных солонцов в зимнее время отмечено также Б.Г. Водопьяновым (1976) на Байкале.

В процессе длительных полевых наблюдений в Сихотэ-Алине нами выявлено также, что литофагиальная активность у копытных животных, связанная с посещением кудуров, зависит прежде всего от общей численности животных в районе кудуров, которая может сильно варьировать. Здесь следует подчеркнуть, что литофагия может реализовываться не только на кудурах, но и в любых других местах, где имеются выходы подходящих «съедобных земель». Другими словами, литофагия на кудурах – лишь концентрированное проявление литофагиального поведения животных.

Главные факторы, регулирующие общую численность копытных животных на уровне региона, это, во-первых, массовая гибель от глубокоснежья или эпизоотий (повторяемость данного фактора для Сихотэ-Алиня измеряется периодами от 15 лет и более) и, во-вторых, браконьерство и другие негативные антропогенные факторы. При сохранении численного баланса диких животных на территории их литофагиальная активность более всего зависит от степени контрастности средовых факторов в периоды межсезонья (от зимы к лету и от лета к зиме), вызывающих разбалансированность в работе различных систем жизнеобеспечения в организме. В ряду таких наиболее значимых факторов климатические (амплитуда и частота колебаний наиболее значимых для животных составляющих климата) и кормовые (сроки и скорость вегетации растительности).

Во всех регионах, где мы проводили наблюдения за дикими копытными животными на солонцах-кудурах, у животных всегда обнаруживались явные признаки физиологических перестроек в организме (активная линька, рост пантов, состояние беременности или лактации), иногда признаки патологических состояний (истощение, наличие открытых ран, язв, переломов). На рис. 27–30 и на рис. 12 (цв. вкл.) типичные примеры лосей и изюбров на кудурах в Сихотэ-Алине в разных стадиях линьки и фазах роста пантов. Аналогичные закономерности просматриваются и при анализе литературных данных.

Степень следовой выраженности кудуров зависит от численности и видовой принадлежности посещающих их животных, поскольку степень воздействия на ландшафт, как и количество однократно съедаемых минералов, пропорциональна весу животных. Наиболее выраженные кудуры формируют виды наиболее массивных животных. Слоны, естественно, вне конкуренции. Количество (вес) однократно поедаемых млекопитающими животными литогенных веществ, согласно нашим наблюдениям, может сильно различаться и обычно колеблется от 0,5 до 5% веса животных. Так, олени весом около 100 кг могут съедать до 5 кг глинистых пород за один раз (авторские наблюдения). Слон весом в тонну может поглотить сразу до 10 кг и более литогенных веществ (Chandrajith et al., 2009). Курица в килограмм веса проглатывает за день около 10 г гастролитов (Бгатов и др., 1987), страусы весом до 100 кг поглощают в среднем около 1 кг гастролитов (Wings, 2004).

Количество поедаемого копытными животными минерального вещества определялось нами как косвенными методами (по замерам объема выеденных

Рис. 27. Изюбры (*Cervus elaphus*) на гидроморфном водно-газевом солонце-кудуре Каплановский, р. Колумбе, Сихотэ-Алинь, июнь 2008 г. Фото *С.А. Пизюк*

Рис. 28. Лоси (*Alces alcescameloides*) в разной стадии линьки там же. Фото *С.А. Пизюк*

Рис. 29. Молодые изюбры на литоморфном кудуре по р. Пещерка, Сихотэ-Алинь. Июнь 1983 г.

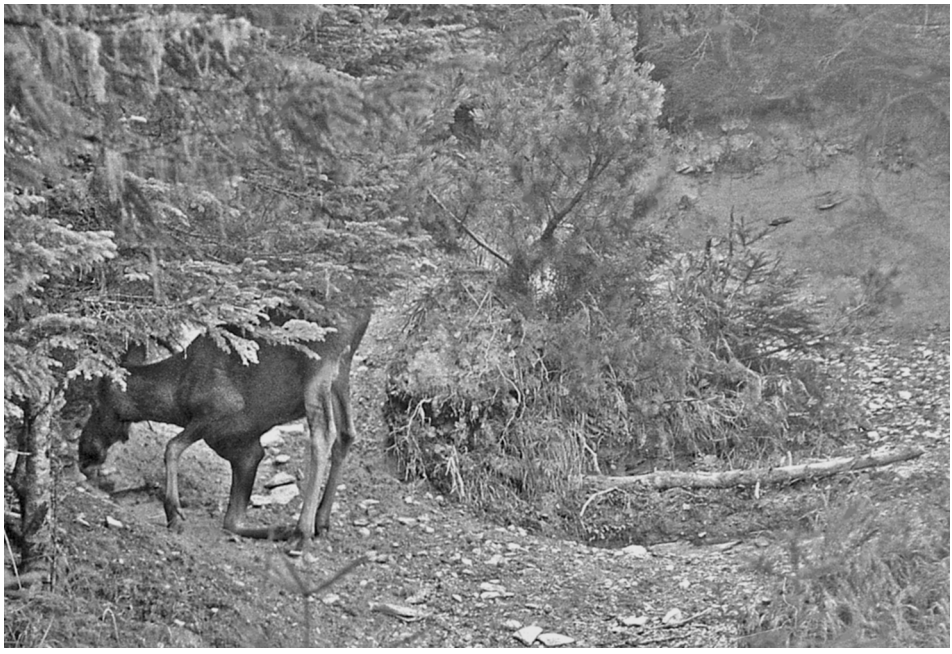


Рис. 30. Характерная поза молодого лося, поедающего глинисто-цеолитовую породу. Кудур по р. Пещерка. Июнь 1983 г.

углублений – лизунцовых ниш), так и прямым взвешиванием. Прямой замер на добытой охотниками в мае беременной самке изюбра в верховьях р. Дагды (приток р. Самарга) показал присутствие в пищеварительном тракте около 4 кг цеолит-смектитовой породы. Аналогичный замер веса кварц-хлорит-серицитовой породы, извлеченной из пищеварительного тракта пантача-марала, добытого в долине р. Большие Уры (приток Енисея), составил около 5 кг (личные сведения сотрудника Саяно-Шушенского биосферного заповедника Б.П. Завацкого).

Крупные млекопитающие на солонцах-кудурах обычно предпочитают поедать обводненные глинистые или землистые вещества, слизывая их языком. В тех случаях, когда породы не поддаются слизыванию, скребут и кусают их зубами, оставляя характерные борозды от передних резцов (рис. 20, 31–33 и рис. 5 на цв. вкл.). Иногда животные поедают рыхлый материал, скапливающийся в подножии коренных обнажений, при этом разжевывают его с хрустом, который слышен за десятки метров.

На кудурах в Сихотэ-Алине нами неоднократно отмечались следы пребывания хищников (медведь, волк, тигр). При этом литофагиальное поведение отмечено, в том числе и визуально, только у медведя. Оно проявлялось в обнюхивании обнажения, разгребании лапой минеральных отложений, лизании их и поедании. Один такой случай запечатлен (см. рис. 34). Отмечены также факты питья медведем на солонце минерализованной воды из источника. Экскременты медведя с глиной обнаруживались нами в районе солонцов-кудуров по р. Колумбе, а также по р. Бикин (Паничев, 1987б).

Рис. 31. Следы передних резцов зайца-беляка (мелкие короткие борозды) и марала (широкие борозды) на обнажении гидрослюдисто-хлоритовых суглинков в береговых обрывах оз. Телецкое, июнь 1986 г.

Рис. 32. Следы передних резцов изюбря (*Cervus elaphus*) на смектит-цеолитовой породе. Кудур в цокольной террасе по цеолитизированным туфам палеоцена, р. Ванчин-Угольный, Сихотэ-Алинь, сентябрь 2005 г.

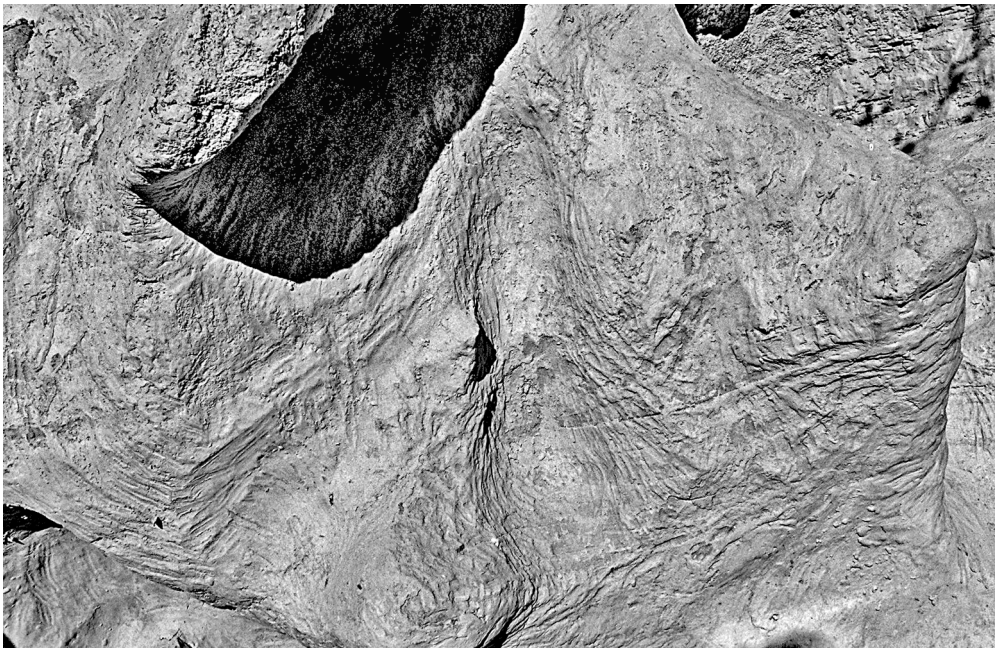


Рис. 33. Следы передних резцов алтайского марала (*Cervus maral*) на плотном гидрослюдисто-хлоритовом суглинке. Обнажение в плейстоценовой террасе оз. Телецкое, Горный Алтай. Фото *В.В. Лотова*, сентябрь 2010 г.

Использование в пищу землистых веществ медведями многократно наблюдали на Камчатке сотрудник Кроноцкого биосферного заповедника В.А. Николаенко (личные сведения), а также сотрудник Тихоокеанского института географии ДВО РАН биолог И.В. Серёдкин. Потребление минеральных грунтов медведями-гризли на солонце-кудуре в парке Йеллоустоун отмечал Д. Меттсон с коллегами (Mattson et al., 1999).

Согласно наблюдениям И.В. Серёдкина (личные сведения), потребность у медведей поедать глины (рис. 35, 36) явно связана с активным употреблением в пищу рыбы в период нереста. При этом замечено, что после поедания рыбы у медведей часто возникает расстройство пищеварения. Очень похоже, что потребление хищником минерального грунта после питания рыбой не дает развиться диарее или быстро прекращает ее, если она все же началась. Аналогичного мнения в отношении причины литофагии у медведей (остановка диареи) придерживаются и американские биологи (Mattson et al., 1999).

Здесь можно отметить, что выполненный нами рентгенографический анализ копролитов медведя (образец нам передал И.В. Серёдкин) показал, что съеденная порода состоит из аллофаноподобного (почти рентгеноаморфного) вулканического стекла с признаками зарождения в нем смешаннослойных силикатов и кристобалита.

Закономерности литофагии у птиц мы изучали в основном по наличию гастролитов в их желудках. Очень редко удавалось наблюдать за

Рис. 34. Молодой бурый медведь обнюхивает цеолит-глинистые породы на кудуре в верховьях р. Пещерка. Сихотэ-Алинь, июль 1985 г.

Рис. 35. Углубление около 50 см в глине, выеденное медведями в р-не оз. Двухюрточное недалеко от выходов горячих источников, бассейн р. Камчатка, октябрь 2004 г. Фото *И.В. Серёдкина*

Рис. 36. Замерзшие полужидкие экскременты медведя с большой долей глинистого вещества, обнаруженные там же (см. рис. 35). Фото *И.В. Серёдкина*

Рис. 37. Рябчик-дикуша выискивает камешки, р. Пещерка, Сихотэ-Алинь, июнь 1985 г.

литофагиальным поведением. Один из таких моментов наблюдения за рябчиком-дикушей показан на рис. 37.

Больше всего данных по наличию гастролитов в желудках собрано по рябчикам, глухарям и утиным. Осмотрено несколько сотен желудков птиц, добытых в различные сезоны года. При этом гастролиты обнаруживались практически всегда. Максимум гастролитов у всех просматриваемых нами видов растительноядных птиц повсеместно отмечался весной и осенью, что явно связано с сезонными сменами кормового рациона. Отсутствие гастролитов отмечено в редких случаях лишь в зимнее время (у рябчиков в Сихотэ-Алине).

В процессе зимних полевых работ нами замечено, что каменные глухари, обитающие на Зевинском плато (Сихотэ-Алинь), в период глубокоснежья предпочитают держаться мест, где имеются мощные выскори – вывернутые и вздыбленные в результате падения деревьев прикорневые пласты грунта. Именно в них птицы регулярно выискивают необходимые минералы, оставляя на снегу характерные следы в виде сходящихся дорожек и разбросанного птицами грунта.

По данным ряда авторов (Велижанин, 1968; Назаров, Шубникова, 1975), в некоторых районах Западной Сибири гравий встречается по берегам лишь некоторых рек, и перекочевки сюда глухарей носят массовый характер. Особенно известны в этом отношении реки Васюган, Тым, Кеть, Таз, Полуй, Надым, Пур. Такие же перемещения известны и для Восточной Сибири, например на р. Курейка. В бассейне р. Турухан в 1959 г. перекочевки глухарей на запад наблюдались в конце лета, причем птицы летели стаями на боль-

шой для них высоте (Назаров, Шубникова, 1975). Известный российский охотовед Д.К. Соловьёв в «Основах охотоведения» сообщает о своеобразном кольцевом перемещении глухарей в бассейнах рек Лебедь, Лыжа и Кожва в поисках песка и гальки в осеннее время. Протяженность этих перемещений составляет 700–1000 км. Во время таких перекочевок птицы летят по утрам одиночками и стайками по 10–30 птиц.

Судя по публикации А.М. Хохлова (1969) по Завидовскому охотничьему хозяйству в Подмосковье, аналогичные явления характерны и для ряда местностей в пределах Русской равнины.

Изучая литературу по гастролитам, мы обнаружили любопытные свидетельства того, что их встречаемость по сезонам года может существенно различаться у разных видов птиц, а также у представителей одного вида в зависимости от местообитания. Так, в пределах Кольского полуострова как равнинные, так и горные популяции белой куропатки из-за глубокого снега часто испытывают нехватку гастролитов в конце зимы, число которых в желудках птиц начинало возрастать к апрелю, неуклонно увеличиваясь к июлю (Семенов-Тян-Шанский, 1959). В Тиманской же тундре в марте–апреле желудки куропаток всегда содержали гастролиты, тогда как летом это наблюдалось лишь в 16–20% случаев (Михеев, 1948). В тундре и лесотундре Восточной Сибири в марте–апреле гастролиты обнаруживались у 90% этих птиц (Перфильев, 1975).

Вероятнее всего, имеющаяся информация свидетельствует о том, что количество гастролитов в желудках птиц зависит от многих средовых факторов и может меняться от сезона к сезону. Вместе с тем вполне очевидно, что максимальное содержание гастролитов коррелирует прежде всего с сезонными перестройками питания.

Согласно данным В.Г. Телепнёва (1975, 1988), в ряде мест заболоченной южносибирской тайги, где нет ни песка, ни гальки, гастролитов у глухарей иногда вообще не обнаруживается. При этом на представительной выборке «безгастролитных» птиц выявлены угнетенность популяции и явные физиологические отклонения в морфологии органов: уменьшение размеров сердца, клюва, увеличение размеров желудка и длины кишечника с хорошо развитой слепой кишкой.

Работ зарубежных авторов, посвященных литофагии у птиц, значительно больше нежели российских. В основном они посвящены попугаям Южной Америки, которые употребляют не гастролиты, а глинистые кудуриты. Птицы поедают глины преимущественно в речных террасах. Максимум проявления литофагии у попугаев в Южной Америке коррелирует с территориями, где выпадает максимум дождей и распространены молодые вулканические горные породы (Lee et al., 2010).

Факт потребления кудуритов попугаями позволяет предположить, что аналогичное поведение может быть характерным для многих видов птиц и рептилий. К сожалению, таких фактов пока нет. Вполне возможно, лишь по той причине, что никто не пытался их обнаружить.

Здесь можно отметить, что автору дважды доводилось увидеть на гидроморфных солонцах в таежной части Сихотэ-Алиня (один раз на р. Бикин, второй раз на р. Колумбе) необычайно редких птиц – черных журавлей. Несмотря на то что достоверных фактов литофагии у этих птиц пока не было

зафиксировано, возможность периодического употребления ими кудуритов не исключается.

Для обсуждения закономерностей литофагии среди современных рептилий (как и среди вымерших) пока собрано слишком мало фактов.

Ряд исследователей, изучавших биологию и экологию растительноядных птиц, при осмотре содержимого желудков обращали внимание на наличие в них косточек от ягод, которые при отсутствии гастролитов иногда объясняли как эрзац-гастролиты. Такая версия может иметь под собой основание только в том случае, если птицы специально выискивают и проглатывают старые косточки от ягод. В этом случае поведение птиц можно отождествить со сходным у животных, которые в отсутствии подходящих кудуритов могут проглатывать любые их заменители: уголь, мел, стекло, штукатурку и т.п. Такое поведение в англоязычной литературе обозначается термином «пика» (pica), что означает болезненное или искаженное пищевое влечение.

Оценивая всю собранную информацию о генезисе, составе и свойствах поедаемых литогенных веществ, а также об особенностях литофагиального поведения как животных, так и человека, высказанная нами мысль об универсальности биологических эффектов у самых различных минералов коры выветривания горных пород выглядит правдоподобной. Чтобы окончательно доказать ее, перейдем к другому пласту информации – уже накопленным достоверным данным о механизме биологического действия кудуритов и гастролитов.

Глава 3

О МЕХАНИЗМЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ КУДУРИТОВ И ГАСТРОЛИТОВ

Физико-химическое взаимодействие с электролитами в пищеварительном тракте животных

Общие закономерности ионообменных и сорбционных процессов на минералах, протекающих в условиях пищеварительного тракта животных, впервые были зарегистрированы при сопоставлении химического состава образцов кудуритов и копролитов диких оленей (изюбров), которые были собраны на одном из солонцов-кудуров в верховьях р. Бикин в Сихотэ-Алине (Паничев, 1987в). Здесь можно отметить, что помет диких животных, посещающих литоморфные кудуры, иногда может почти целиком состоять из литогенного вещества (рис. 38, 39). Такой помёт мы условно назвали «копролиты» (по аналогии с реально окаменевшим пометом, иногда обнаруживаемым палеонтологами при раскопках доисторических животных). Гораздо чаще вблизи кудуров встречается помет животных лишь с примесью минерального вещества.

В период 1987–1990 г. изучение характера ионообменных процессов проводилось на кудурит-копролитовых парах-аналогах, собранных не только в Сихотэ-Алине, но также в Горном Алтае и на Кавказе (в том числе с участием копролитов изюбров, маралов, сибирских горных козлов, кавказских серн и туров). Результаты этих исследований изложены в статьях и монографиях (Паничев, 1987а, 1987в, 1990). Изучение ионообменных процессов проводилось также в экспериментах с бычками при кормлении их цеолитовыми кудуритами в условиях стойлового содержания (Паничев и др., 1990, 1991).

Как показали исследования собранных в природе образцов кудурит-копролитовых аналогов и экскрементов интактных стойловых животных, только два химических макроэлемента обнаруживают явную и стабильную тенденцию к выходу из породы в среду пищеварительного тракта животных – это кремний и натрий. Иногда высвобождается кальций. Среди макроэлементов, имеющих стабильную тенденцию сорбироваться на кудуритах в пищеварительном тракте, в первую очередь, следует назвать калий и фосфор. Аналогичное перераспределение химических элементов отмечалось во всех копролит-кудуритовых аналогах, в минеральном составе которых преобладали цеолиты и смектиты. Разница была лишь количественной.

В экспериментах с кудуритами метаморфической группы, в составе которых преобладали тонкораспыленный кварц, хлориты, гидрослюды и карбонаты, характер их преобразований в пищеварительном тракте менялся. Наряду с кремнием и натрием в ЖКТ из породы иногда высвобождалось заметное количество оксидов алюминия. Однако основное физико-химическое

Рис. 38. Копролиты сибирского горного козла, почти целиком состоящие из кварц-хлорит-гидрослюдистой породы. Рядом обломки сланцев палеозоя. Верховья руч. Ярлу, Горный Алтай, июль 1985 г.

Рис. 39. Копролиты изюбра (*Cervus elaphus*) с преобладанием глинисто-цеолитового вещества. Район большого кудура у г. Солонцовая, Сихотэ-Алинь, сентябрь 2010 г.

действие породы на организм заключалось в выведении из ЖКТ калия, магния, фосфора, иногда кальция и железа.

Проведенный комплекс исследований ионообменных процессов на кудуритах в пищеварительном тракте животных однозначно доказал два момента. Во-первых, «натриевая» гипотеза, согласно которой копытные животные поедают минеральные вещества только ради содержащегося в них натрия, не состоятельна; во-вторых, характер химического взаимодействия кудуритов с биологическими электролитами довольно сложен даже на уровне макроэлементов. Для нас стало очевидным, что, наряду с привносом минеральных веществ, все кудуриты обладают в той или иной степени выраженным сорбционным действием, направленным на захват и вынос из пищеварительного тракта таких элементов, как калий и фосфор, иногда магний, кальций и железо.

Факт выноса фосфора из организма в четырех пробах копролитов (цеолитит, смектит, каолинит-гидрослюдистая и хлорит-серицитовая породы) был подтвержден методом ИК-спектроскопии (Паничев, 1990). При этом определено, что большая часть фосфора выносится в виде новообразованных солей, главным образом фосфатов.

Здесь следует заметить, что при избыточном поступлении в организм фосфора с кормом и питьевой водой, у жвачных животных могут развиваться нарушения фосфорно-кальциевого обмена, приводящие к сложным патологиям скелета, а также ряда органов и тканей (Ермаков, Тютиков, 2008).

Методом ЭПР-спектроскопии установлено, что прохождение пород по пищеварительному тракту сопровождается гидратацией минералов, а также формированием гелей на основе оксидов кремния, а также гидрооксидов алюминия, железа и марганца (Паничев, 1990).

Если говорить о количественной стороне химических преобразований электролитов пищеварительного тракта под действием кудуритов, то, во-первых, следует отметить, что такое преобразование коррелирует с емкостью катионного поглощения потребляемых минералов. На первое место в ряду по физико-химической активности следует поставить кудуриты цеолитовой минеральной линии. Эффективность чисто смектитовых кудуритов уступает им примерно на порядок. В случае же преобладания гидрослюдистых минералов физикохимическая активность кудуритов еще в 2–3 раза ниже.

Здесь следует обратить внимание на то, что речь пока идет только о преобразовании пищеварительного электролита непосредственно породообразующими минералами без учета эффекта выноса химических элементов, которые могут связываться различного рода гелями (кремне-оксидными и алюминий- и металло-гидрооксидными). Эффект связывания и выноса химических элементов в составе минеральных гелей в ряде случаев может быть не только количественно сопоставим, но и превосходить эффект сорбции элементов на твердых структурах и поверхностях. Данный факт был выявлен В.И. Бгатовым с соавт. (1987) на курах в эксперименте с гастролитами из кварца и цеолитового туфа. Ниже мы остановимся на этом эксперименте подробнее.

На ионорегулирующую способность кремнеоксидных гелей следует обратить особое внимание, поскольку данное свойство природных соединений кремния является одним из центральных в концепции ионорегуляторной функции минералов. В связи с этим следует отметить известную способность

кремниевых коллоидов в среде с pH от 5 до 8 к максимальной агрегации и флокуляции с образованием гелей (Айлер, 1959). Как это ни удивительно, но именно такой интервал значений pH соответствует пределам реакции среды в пищеварительном тракте животных и человека. При попадании твердого диоксида кремния в раствор поверхностные слои его в щелочной среде кишечника гидратируются с образованием геля. При pH выше 5 частицы геля приобретают отрицательный заряд и способны активно присоединять катионы. Кремнегелевый способ ионорегуляции, с нашей точки зрения, является основным в организме птиц, как и в организмах других клоачных животных. В организме млекопитающих, в том числе у человека, кремнегелевый способ ионорегуляции, несомненно, также реализуется. Об этом косвенно свидетельствует наблюдавшийся во всех экспериментах с кудурит-копролитовыми аналогами факт значительного высвобождения кремния в ЖКТ животных.

Теперь о факте выноса калия из организма. Известно, что избыточное поступление калия с кормом может быть причиной плохой усвояемости в организме натрия, кальция, магния и фосфора. На фоне общего дефицита каких-либо (или какого-либо) из этих элементов в кормах избыток калия резко снижает их всасывание (Кальницкий, 1985). Известно также, что именно молодая сочная трава содержит максимальное количество калия, которое в 1000 раз может превышать содержание элемента в огрубевшем корме (Blair-West et al., 1968). С резко избыточным поступлением калия в организм травоядных связывается широко распространенное заболевание коров – тетания, которое выражается в судорогах мускулатуры и нередко заканчивается смертью. Причина болезни связана с глубоким дефицитом в организме кальция, что может развиваться на фоне низких концентраций элемента в кормах при избытке калия или магния. Иногда причиной болезни становится длительная диарея (точнее, сопровождающий диарею неуправляемый вынос из организма биологических электролитов).

Максимальным сорбционным эффектом по отношению к калию, как было выявлено в процессе экспериментов, обладают цеолитовые и смектитовые кудуриты. Несложные расчеты показывают, что 1 кг цеолитов может поглотить от четверти до почти всей суточной дозы калия, поступающего с кормом, смектиты выводят в два-три раза меньше калия. Меньше всего поглощают калий хлориты и гидрослюды: на два порядка ниже, чем цеолиты. На первый взгляд, этого недостаточно, чтобы как-то влиять на баланс калия в организме. В то же время в районах, где распространены подобные кудуриты, горные породы и почвы содержат в избытке магний, иногда и кальций. В таких случаях, в соответствии с обнаруженным А.К. Виноградовым (1986) нарастанием токсичности элементов в ряду калий – магний – кальций – натрий, вместе с калием свою токсичность начинает проявлять и магний. При таких обстоятельствах у животных наиболее вероятны нарушения минерального обмена, связанные уже не столько с избытком калия, сколько с избытком магния. При этом может развиваться та же тетания, но уже усиленная или всецело обусловленная переизбытком магния (Зинченко, Погорелова, 1980). О случаях заболеваний животных и человека, вызванных переизбытком магния в кормах и воде, упоминают также В.В. Ермаков и С.Ф. Тютиков (2008). Таким образом, в районах, где горные породы, почвы и растения обо-

гащены магнием, животные периодически могут испытывать его токсичное действие. Следовательно, появление в рационе таких животных минеральных сорбентов, способных активно выводить из организма магний, является вполне объяснимым.

Существенным фактором, вызывающим нарушение минерального обмена, в том числе калий-натриевого баланса в организме млекопитающих животных в весенний период, помимо избытка калия или магния в сочных кормах, является избыток воды. Усиленное потребление воды с сочным кормом резко повышает выведение минеральных веществ с разжиженными экскрементами, прежде всего наиболее дефицитного натрия. Активное связывание воды в процессе гидратации минералов в пищеварительном тракте способствует нормализации времени эвакуации пищи, что сокращает потери организмом ценных минеральных и органических веществ.

Таким образом, изучение физико-химических процессов на кудуритах в пищеварительном тракте диких животных позволило выявить закономерную связь между геохимически обусловленными нарушениями ионного баланса, которые периодически возникают в организмах на конкретных территориях, и геологически предопределенными механизмами компенсации таких нарушений, реализуемых через литофагию. Уже одно только это позволяет говорить о существовании ранее неизвестного типа регуляторных механизмов у животных, реализуемых через включение в пищу минералов коры выветривания горных пород.

В последние десятилетия в связи с изучением биомедицинских свойств цеолитов во многих работах показано их положительное влияние на выделительную систему и минеральный обмен в организме человека (Айзман и др., 1993; Герасев, 2001б, 2005; Герасев и др., 2000, 2001, 2003; Рахимов, 2001; Гайдаш, 2003, 2005; Enemark et al., 2003; Луканина, 2004; Святаш, 2004).

Многие исследователи при оценке биологической роли горных пород в пищевом рационе как диких животных, так и человека высказывали предположение о том, что породы могут являться источником биофильных микроэлементов. При взаимодействии кудуритов с биологическими электролитами, несомненно, происходят обменные процессы не только на уровне макро-, но и микроэлементов. Об этом свидетельствуют результаты проведенных нами лабораторных экспериментов с вытяжками искусственным электролитом (близким по составу к среде сычуга диких оленей) из минералогически различных кудуритов (Паничев, 1990). При этом выход железа в раствор в течение суточного взбалтывания смеси колебался приблизительно от 10 до 200×10^{-4}%, марганца – от 5 до 150, цинка – от 0,2 до 20, меди – от 0,1 до 3, хрома – от 0,05 до 1,0, никеля – от 0,05 до $5{,}0 \times 10^{-4}$%. Если учесть, что валовое содержание большинства из определявшихся микроэлементов в растительности на порядок–два ниже (Ноздрюхина, 1977), то становится очевидным, что привнос микроэлементов в организм с кудуритами может быть весьма существенным.

Способность кудуритов быть поставщиками микроэлементов подтвердилась позднее в экспериментах с животными (Усенко и др., 1994; Рачиков, 1999; Андреева, Гадеев, 2006; Базарова, Оножеев, 2006).

Физико-химические процессы, протекающие на кудуритах в пищеварительном тракте, сопровождаются не только высвобождением микроэлементов,

Таблица 10

Результаты определения содержания элементов-примесей (в мкг/г) в цеолит-смектитовых кудуритах и копролитах

Элемент	Кудуриты		Среднее по кудуритам	Копролиты		Среднее по копролитам	Разность	Разность, %
	14	15		14 К	15 К			
Pb	6,2	8,8	7,5	14,1	6,0	10,05	+2,55	+34
Be	2,34	2,98	2,66	2,73	2,35	2,54	–0,12	–5
Sc	3,49	3,92	3,71	3,79	3,27	3,53	–0,18	–5
V	3,67	5,15	4,41	7,64	8,43	8,04	+3,63	+82
Co	0,14	1,03	0,59	1,29	0,69	0,99	+0,4	+68
Zn	34,41	30,28	32,35	41,92	45,24	43,58	+11,23	+35
Ga	17,74	15,21	16,48	13,71	12,35	13,03	–3,45	–21
Rb	128,63	132,13	130,38	147,08	134,18	140,63	+10,25	+8
Sr	58,11	89,56	73,84	178,01	147,81	162,91	89,07	+121
Y	11,22	16,24	13,73	44,54	23,09	33,82	+20,09	+146
Zr	97,36	119,1	108,23	129,9	142,8	136,35	+28,12	+26
Nb	9,38	8,08	8,73	8,22	6,32	7,27	–1,46	–17
Mo	<0,2	0,21	0,20	1,54	0,10	0,82	+0,62	+310
Sn	2,41	2,38	2,40	2,12	1,35	1,74	–0,66	–27
Cs	7,25	6,53	6,89	6,38	5,82	6,10	–0,79	–11
Ba	347,4	451,7	399,55	674,6	536,6	605,6	+206	+52
La	26,40	24,16	25,28	26,17	25,70	25,94	+0,66	+2
Ce	55,40	51,65	53,52	55,45	51,20	53,33	–0,21	0
Pr	5,49	5,19	5,34	5,64	5,02	5,33	0	0
Nd	21,70	21,03	21,37	24,34	20,50	22,42	+1,05	+5
Sm	4,45	4,57	4,51	5,14	3,92	4,54	+0,03	0
Eu	0,30	0,43	0,37	0,68	0,63	0,66	+0,29	+78
Gd	3,74	3,46	3,60	4,85	3,46	4,16	+0,56	+16
Tb	0,55	0,56	0,55	0,93	0,63	0,78	+0,23	+42
Dy	2,56	3,09	2,83	5,74	3,35	4,55	+1,72	+61
Ho	0,49	0,59	0,54	1,38	0,77	1,08	+0,54	+100
Er	1,33	1,84	1,59	4,84	2,45	3,65	+2,06	+130
Tm	0,21	0,27	0,24	0,74	0,35	0,55	+0,31	+130
Yb	1,55	2,11	1,83	5,07	2,53	3,80	+1,97	+108
Lu	0,22	0,30	0,26	0,70	0,35	0,53	+0,27	+104
Hf	3,15	3,48	3,32	3,76	4,26	4,01	+0,69	+21
Ta	1,06	0,97	2,03	1,14	0,73	0,94	–1,09	–54
W	0,29	0,53	0,41	0,43	0,58	0,51	+0,1	+24
Th	17,20	15,27	16,24	12,14	11,42	11,78	–4,46	–27
U	2,72	2,56	2,64	3,07	3,06	3,06	+0,42	+16

Примечание. Образцы собраны на кудуре Шандуйский (Сихотэ-Алинь) в сентябре 2010 г. Определение элементов выполнено в ДВГИ ДВО РАН методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (Agilent 7500), ответственный исполнитель Н.В. Зарубина; минус (–) вынос, плюс (+) накопление элемента в копролитах.

но также захватом некоторых из них по аналогии с макроэлементами. Захват и вывод некоторых микроэлементов из ЖКТ с кудуритами подтверждается данными определения микроэлементного состава кудурит-копролитовых аналогов (табл. 10). В числе микроэлементов, имеющих явную тенденцию накапливаться в цеолит-смектитовых кудуритах при прохождении через ЖКТ диких животных в условиях Сихотэ-Аиня, Mo, Y, Sr, Er, Tm, Yb, Lu, Ho,V, Co, Eu, Dy, Ba, Pb. Данный факт можно объяснить (как версия) избыточно высоким фоновым содержанием перечисленных элементов в растительных кормах района, где были отобраны кудуриты и копролиты для анализа.

О биологической значимости оксида кремния и сорбционно-каталитической функции кудуритов и гастролитов

В результате изучения преобразования химического состава кудуритов в пищеварительном тракте жвачных животных нами было установлено, что в биологическом электролите накапливается оксид кремния. Поступление кремнезема с кудуритом может колебаться от долей до единиц процентов (от массы съеденных пород). Большая его часть в кишечнике преобразуется в гель, который участвует в выведении избыточных элементов из организма. Несомненно, какая-то часть кремнезема усваивается, поскольку некоторые формы оксидов кремния являются единственным биотропным веществом, способным проникать через эпителий ЖКТ (Воронков, Кузнецов, 1984). Как доказано исследованиями этих авторов, особенно активно оксид кремния участвует в кальцификации молодых костей. Добавление оксида кремния к кормовому рациону цыплят ускоряет минерализацию костной ткани даже при низком содержании кальция в диете. Литофагия у животных, как было отмечено ранее, приурочена к периодам физиологических перестроек в организме (линька, рост рогов, вынашивание плода, лактация) связанных с усиленным кремнеобменом.

Теперь обратимся к экспериментам с курами В.И. Бгатова (Бгатов и др., 1987). Первое, что было установлено: минеральные добавки в виде калиброванного гравия размером 3–4 мм (опыт проводился отдельно с кварцем и цеолитом) после пребывания в желудочно-кишечном тракте кур разрушаются (истираются друг о друга), преобразуясь за сутки (на 50% для кварца и на 100% для цеолита) в крошки размером от 3 до 0,01 мм и менее. Характер механических преобразований гастролитов в организме кур за сутки на примере цеолитового туфа показан на рис. 40. Для сопоставления этих результатов с данными других авторов на рис. 41 приведена фотография из статьи, посвященной результатам эксперимента на страусиной ферме по истиранию гранитных кубиков со стороной в 1 см в мускульном желудке птиц (Wings, Sander, 2007). Через 50 сут кубики превращаются почти в шарики диаметром в полсантиметра.

Возвращаясь к эксперименту В.И. Бгатова, обращаем внимание на тот факт, что по валовому химическому составу кварцевый песок на «входе» и «выходе», в отличие от цеолитов, оставался практически неизменным. В то же время в растворимой части птичьего помета в опытах с кварцем

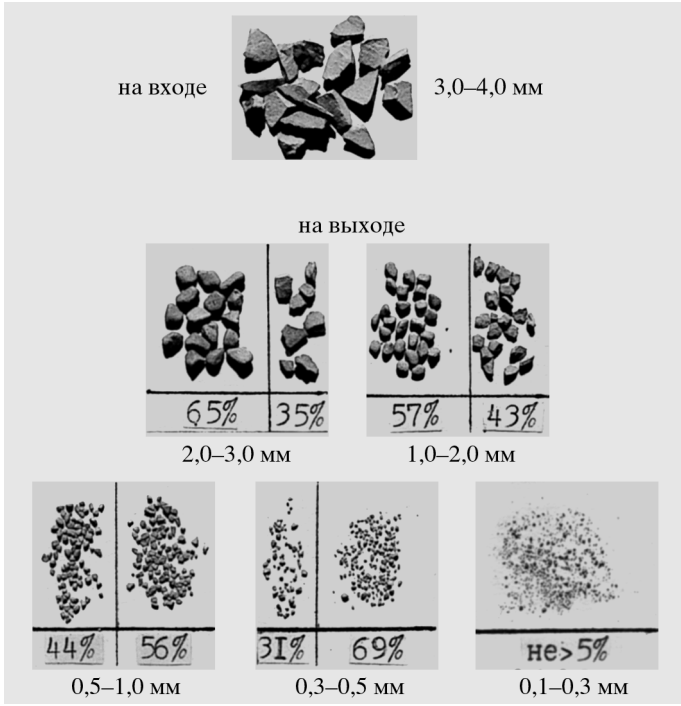


Рис. 40. Характер механического преобразования калиброванных (3–4 мм) цеолитовых гастролитов в желудочно-кишечном тракте курицы в течение суток

На выходе гастролиты разделены на 5 фракций;% – соотношение окатанных и неокатанных обломков (из архива В.И. Бгатова)

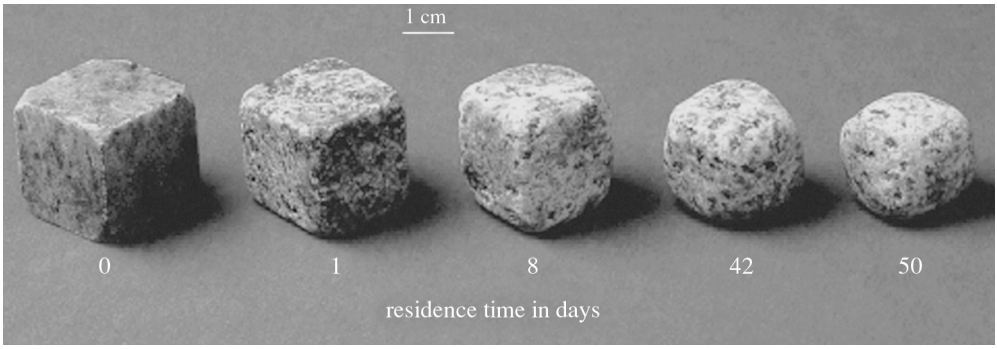


Рис. 41. Кубики из гранита со стороной 1 см после пребывания в желудке страусов

Цифры внизу – число суток пребывания в желудке (по: Wings, Sander, 2007)

обнаруживалось приблизительно вдвое больше водорастворимых солей, чем в опытах с цеолитами (7,24% и 3,42% соответственно). Основу этих солей в порядке убывания составляли фосфор, калий, натрий, кальций, магний, сера, кремний, марганец, алюминий и железо. В данном случае вынос элементов из организма птиц в опытах с кварцем явно связан с образованием ионоем-

ких кремниевых гелей в щелочной среде кишечника. Данный факт указывает на то, что важнейшей функцией кремнийсодержащих гастролитов является ионорегуляторная, причем суть такой регуляции не столько в привносе недостающих химических элементов в организм птиц, сколько в выносе из организма избыточных элементов, вероятнее всего, уже отработавших в составе организма, с измененными изотопными характеристиками. (Ранее мы предложили гипотезу о том, что многие элементы в организме, участвуя в биохимических реакциях меняют свои изотопные характеристики, после чего выводятся как неспособные далее выполнять необходимые функции (Паничев, Гульков, 2002).

Таким образом, не только глинистые минералы-сорбенты или природные иониты типа цеолитов, но также все высококремнистые минералы, включая чистый кварц, в организме растительноядных птиц могут оказывать существенное влияние на минеральный обмен веществ. Аналогичный механизм ионорегуляции характерен и для млекопитающих, поскольку в составе кудуритов всегда присутствуют или тонко распыленные фракции оксидов кремния (до илистой фракции и менее), что весьма характерно для многих разновидностей кудуритов метаморфической группы, или подвижные формы оксида кремния (опаловидный кремнезем), что характерно для кудуритов вулканической группы.

Не менее интересными в опыте с курами оказались и результаты расчета перевариваемости различных компонентов корма. Получается, что использование применявшихся минеральных добавок заметно усиливает перевариваемость белков (на 2–3%), жира (на 10–20%) и в особенности клетчатки (на 10–50%). При этом результаты по перевариваемости белков были несколько лучшими в опыте с кварцем, а по перевариваемости клетчатки – с цеолитами.

Выявленный В.И. Бгатовым с коллегами факт повышения перевариваемости основных компонентов корма в присутствии минералов свидетельствует об их участии в реакциях ферментного гидролиза. Следовательно, используемые в пищу минералы влияют не только на минеральный обмен в организме, но и на обмен веществ в целом. Этот вывод нашел подтверждение при анализе соответствующей литературы.

Еще в 1950-х гг. ученые заметили эффект усиления активности ряда ферментов в присутствии каолинита (Тривен, 1983). С тех пор методы активации ферментов путем их иммобилизации на различных минеральных и органических матрицах нашли широкое распространение в промышленных биотехнологиях.

Влияние иммобилизации трипсина и хемотрипсина на степень и характер протеолиза на цеолитах изучали грузинские ученые (Макаридзе, 1986). Было установлено, что добавление цеолитов к субстратному комплексу способствует более полному протеолизу казеина.

В.Т. Калюжнов с соавт. (1988) в опыте на фистульных петухах установил достоверное повышение ферментативной активности липазы и пепсина в желудке птиц в присутствии цеолитов. Эти факты согласуются с многочисленными литературными данными, свидетельствующими о повышении усвояемости основных компонентов корма, и особенно белка при подкормке животных как цеолитами, так и смектитами (Bartosh et al., 1982; Подъяблон-

ский, 1986б; Шадрин и др., 1986; Tashenov et al, 1991; Джен, 1992; Саввинова, 1992, 1995; Таланов и др., 1994; Забалуев, 1996). Все эти минералы уже около пятидесяти лет с успехом используются при откорме крупного рогатого скота, свиней, птицы, рыбы за рубежом, в том числе в США, Японии, Германии, Венгрии, Болгарии и др.

В конце 1990-х гг. при откорме птиц и скота стали экспериментировать с природными опалитами (Ланцева, Мотовилов, 1997), а также с палыгорскитами – водными магнезиальными силикатами из группы серпентина (Ташенов и др., 1997). Опыты показали высокую однотипную с цеолитами и смектитами биологическую активность никогда ранее не применявшихся минеральных добавок. Во всех случаях наблюдается влияние минеральных добавок на эффективность протекания ферментных процессов по перевариванию основных компонентов корма. Выявлено также влияние цеолитов на показатели витаминного обмена (Ведмицкий, Горохов, 1996).

Сходные процессы катализа органохимических реакций протекают в природных условиях при образовании углеводородов нефтяного ряда. Преобразование жирных кислот в кетоны в присутствии каолинита воспроизведено в лабораторных условиях (Клубова, 1971). Одновременно доказана аналогичная каталитическая активность у монтмориллонита, кварца, плагиоклазов, слюд и хлоритов.

Существует обширная литература по практике откорма птицы (кур, уток, гусей и др.). Даже поверхностный анализ ее показывает, что все попытки выращивать птиц при отсутствии в диете минеральнокристаллических веществ часто приводят к сложным нарушениям у них минерального и общего обмена, что выражается в выпадении перьев, патологическом разрастании тканей, снижении крепости яичной скорлупы.

Таким образом, все имеющиеся факты однозначно свидетельствуют об активном участии поедаемых минеральных комплексов (и кудуритов, и гастролитов) в регуляции и минерального, и общего обмена веществ в организме животных. Регуляция минерального состава в организме осуществляется не только за счет привноса недостающих элементов, но и за счет вывода из него избыточных. Вывод из организма избыточных элементов в значительной мере происходит при участии кремнеоксидных гелей, формируемых в щелочной среде кишечника животных. Влияние минералов на обмен основных компонентов корма осуществляется за счет их участия в реакциях гидролиза (возможно, и других), при этом минералы выступают как пролонгаторы действия пищеварительных ферментов.

О детоксикационной функции кудуритов

Способность природных минеральных сорбентов к детоксикации организма подмечена давно. Недаром основными потребителями глин среди животных являются беременные самки. У людей отмечена та же закономерность: основными потребителями природных глин становятся женщины при обострении токсикоза в период развития плода, а также представители любого пола и возраста с признаками острых нарушений в работе пищеварительной и выделительной систем.

Интоксикация в организме человека, как и у животных, может быть связана с самыми разными токсичными веществами. Эти вещества могут поступать извне (с водой, пищей или вдыхаемым воздухом), а также вырабатываться внутри организма в процессе метаболических биохимических реакций или в результате жизнедеятельности симбионтной или патогенной микрофлоры.

Все гипергенные минералы обладают способностью сорбировать внутри своего микропористого объема различные молекулы, в том числе токсичные газы: закись углерода, оксиды азота, серы и другие. На своей поверхности минералы могут прикреплять сульфиды, фосфоросодержащие радикалы и другие типичные токсичные продукты метаболизма, что выявлено в наших экспериментах, а также в опытах на животных по литературным данным (Бгатов, Паничев, 1985; Шадрин и др., 1985, 1986; Бгатов и др., 1985; Бгатов и др., 1987; Паничев, 1990; Mackenzie, 1991).

Элиминация токсичных органических соединений с помощью минералов может осуществляться не только путем их сорбции, но и путем их инактивации на донорно-акцепторных центрах с участием железа или других атомов. Этот механизм разрушения токсинов хорошо известен, на его основе разработан целый набор специальных препаратов, в том числе для борьбы с микотоксинами.

Микотоксикозы и микозы – отравления и заражения, вызываемые микроскопическими грибами, широко распространены среди диких и сельскохозяйственных животных (Кашкин, Лисин,1983). Некоторые районы земного шара являются эндемичными по заболеваемости микозами. В настоящее время для борьбы с микотоксинами в кормах используются синтетические и природные минеральные сорбенты, главным образом кремнеоксидные. Минеральные вещества, подмешиваемые в корм животным, адсорбируют микотоксины, что предупреждает их всасывание и отравление организма (Крюков, Полунина, 1995; Nikawa et al., 1997; Карпова и др., 2007; Папуниди, 2008 б).

Микотоксины – это лишь один класс среди огромного множества ядовитых веществ, вырабатываемых живыми организмами. Так, известно немало случаев отравления домашних и диких травоядных животных ядовитыми растениями (Sere, 1982; Burroudht, 1983; Evans et al., 1982). Для лечения подобных отравлений наиболее эффективны сорбенты в смеси с солями натрия, поскольку доказано, что многие ядовитые вещества растений (к примеру, гликозиды) нарушают деятельность «натриевого насоса» в клеточных мембранах (Joubert, Schuitz, 1982; Carson et al., 1983), создавая тем самым проблему относительного дефицита натрия в организме.

Детоксикационные свойства минеральных сорбентов наиболее глубоко стали изучаться в последние годы в связи с проникновением глин и цеолитов в медицинскую практику. В результате этих наработок уже выявлено, что цеолиты при приеме внутрь эффективно сорбируют и выводят из организма различные типы токсичных веществ, в том числе следующие:

– всевозможные токсичные продукты метаболизма (Бородин и др., 1993, 1995, 2003; Гаскина и др., 1993; Бородин, 1995; Кушеев, 1995, 2002; Присяжнюк, Горчаков, 1997; Бгатова, 1997; Казаков и др., 1997; Бгатова, Новоселов,

2000; Колотилова, 2000; Гайдаш, 2002, 2005; Богомолов, 2005; Колотилова, Иванов, 2005, 2006; Попп и др., 2005; Горьковенко и др., 2006);

– тяжелые металлы (Петров и др., 1997в; Скурихина, 1997; Гайдаш, Цуканов, 2002; Засекин, 2002; Гайдаш, 2002; Албегова, 2004; Гайдаш и др., 2005; Брин и др., 2006; Шуклин, 2006; Бузоева и др., 2006; Пат., 2007; Брин и др., 2007; Бузоева, 2008; Гаглоева, 2008; Папуниди, 2008а);

– радиоактивные элементы (Петров и др., 1997а; Ткаченко и др., 1993; Сень и др., 1993; Селятитская и др., 1994; Бгатова и др., 1995б, 2009; Суслин, 1997; Харьковский, Третьякова, 1998; Рачиков, 1999; Красноперова и др., 2001; Кривова и др., 2001).

Чтобы не перегружать текст примерами обратимся лишь к одной работе Д.А. Засекина [2002], в которой показано, что пероральное введение лабораторным животным солей тяжелых металлов (Cu, Zn, Pb, Cd, Sr) повышает их уровень в паренхиматозных органах крыс от 2 до 365 раз. При этом у крыс развивается субкомпенсированный метаболический ацидоз, угнетается активность ферментных систем, развивается гипергликемия, усиливается уреогенез, нарушается белоксинтезирующая функция печени, снижается концентрация и изменяется соотношение кето- и глюкогенных, заменимых и незаменимых аминокислот. Для элиминации тяжелых металлов из органов и тканей животных испытана эффективность таких природных сорбентов, как цеолит, сапонит и палыгорскит. Установлено, что все примененные сорбенты способствуют выведению избытка тяжелых металлов до параметров ПДК, не вызывая изменений клинических показателей, при этом нормализуют обмен белков, углеводов, липидов, минеральных веществ в организме.

Способность природных минералов-сорбентов, в частности цеолитов, к поглощению токсичных метаболитов уже широко используется при выращивании рыбы (Шахмурзов, 1994; Дацерхоев, 1999; Кузнецов, 2002; Кулаев, 2002; Поляков и др., 2009). В одной из таких работ (Шахмурзов, 1994) всесторонне изучены закономерности накопления нитратов и нитритов в воде и рыбной продукции, предложены пути снижения их токсичности посредством цеолитов.

О влиянии кудуритов на микроорганизмы

Интерес к микроорганизмам возникает в связи с тем, что многие из них являются нормальными симбионтами всех без исключения животных и человека. Особенно значительна их роль в организме фитофагов, поскольку благодаря микроорганизмам становится возможным переваривание растительной клетчатки.

Еще в начале XX в. (Douglas et al., 1917) было обнаружено, что добавление минералов, таких как стекло, асбест или мел, вызывает активный рост анаэробных бацилл в питательном бульоне. Влияние глинистых минералов непосредственно на жизнедеятельность ряда бактерий и грибов основательно изучали в 1960-х гг. прошлого века (Stotzky, 1966а, 1966б; Stotzky, Rem, 1966, 1967). Факт усиления в присутствии различных минеральных добавок (стекла, каолинита, смектита) анаэробного брожения (спиртового, ацетон-бутилового, масляно-кислого, пропионово-кислого, молочнокислого и

метанового) отмечает, со ссылкой на зарубежных авторов, Д.Г. Звягинцев (1973). Процессы анаэробного брожения, как известно, являются основными при переваривании клетчатки в рубце и слепой кишке растительноядных животных.

Ряд опытов по выращиванию кишечных и почвенных микроорганизмов на средах с добавлением различных кудуритов проводился при нашем участии в Биолого-почвенном институте ДВО АН СССР, во Владивостокском НИИ эпидемиологии и микробиологии, а также во Владивостокском государственном медицинском университете. В целом наши результаты (Паничев, 1987а, 1990) подтверждают данные зарубежных исследователей: цеолит- и смектитсодержащие кудуриты резко стимулируют рост микроорганизмов, обладающих бродильным типом метаболизма (например, виды рода *Clostridium*), в то же время резко ингибируют рост грибов, и особенно актиномицетов – основных антагонистов бактерий. Следовательно, при попадании в пищеварительный тракт минералы активно влияют на симбионтные популяции микроорганизмов, способствуя эффективному перевариванию растительной клетчатки, обеспечению микробиологического «паритета» в пищеварительном тракте, обеспечению организма некоторыми группами витаминов (в первую очередь, B_{12}, который нарабатывается кишечной микрофлорой), наконец, поддержанию иммунного статуса.

В последние годы появился целый ряд публикаций о влиянии цеолитов на бактерии и грибы (Kim et al., 1995; Дашибалова, 2000; Чубенко, 2000; Galeano et al., 2003; Modirsanei et al., 2004; Шурубикова, 2004; Vesna et al., 2004; Foglar et al., 2007; Карпова и др., 2007; Крыжановская, 2008).

В работе Г.И. Чубенко (2000), в частности, отмечается, что цеовит (сорбент, изготовленный из цеолитов Сахалина), обладает выраженной антимикробной адсорбционно-элиминирующей и антитоксической активностью *in vitro* и *in vivo* в отношении *Salmonella kottbus 5753*, *Staphylococcus aureus 6538-209 p* и *Escherichia coli O 86 E 990*.

В работе Л. Весна с коллегами (Vesna et al., 2004) исследовали пробиотические эффекты производных «Мегамина» на рост микроорганизмов (*Lactobacillus acidophilus u Bifidobacterium bifidum*). Данные четко показывают пребиотический эффект «Мегамина» на оба вида микроорганизмов.

Известно также о наличии у цеолитов свойств, позволяющим им влиять непосредственно на некоторые метаболические пути бактерий, в частности на синтез белка (Kim et al., 1995). Опубликованы даже успешные попытки применения цеолитов в качестве средств лечения дисбактериоза у детей (Герасев, 2001б).

Говоря о взаимодействии минералов с микроорганизмами, следует особо выделить одно давно отмеченное учеными явление, несомненно, сыгравшее фундаментальную роль в эволюции животных. Речь идет об избирательной способности ряда микроорганизмов довольно прочно прикрепляться (прилипать) к твердым поверхностям. Это свойство называют «адгезией». Способность микроорганизмов к адгезии изучал, в частности, Д.Г. Звягинцев (1973). При этом установлено, что явление прилипания к твердым поверхностям есть свойство самих микроорганизмов: у одних видов оно проявлено, у других нет. К примеру, такой типичный обитатель пищеварительного тракта, как кишечная палочка, не обладает адгезией, в то время как патогенные

микроскопические грибы рода *Candida* обладают этой способностью в ярко выраженной форме.

Повышенные сорбционные свойства цеолитов по отношению к некоторым группам микроорганизмов подтверждают также работы В.С. Шевырева, А.И. Блинова [1992] и З. Милан с соавт. (Milan et al., 2001). Согласно рекламному проспекту препарата «Смекта», смектит также обладает свойством фиксации ряда патогенных микроорганизмов.

Способность цеолитов сорбировать и активно подавлять жизнедеятельность некоторых групп микроорганизмов (в первую очередь, грибов и актиномицетов) уже нашла применение при создании новых антимикробных средств (Пат., 1994) и материалов с антимикробными и фунгицидными свойствами (Пат., 1996).

В работе Е.Б. Наймарк с соавт. (2009) приведен обзор публикаций, касающихся результатов экспериментов по взаимодействию микроорганизмов с глинистыми минералами. Показано, что бактерии участвуют во всех процессах, связанных с трансформациями глинистых минералов: в образовании глин из метаморфических и осадочных пород, образовании глин из растворов, обратимых переходах различных типов глинистых минералов, консолидации глинистых минералов в осадочные породы. Интеграция этих результатов позволяет заключить, что бактерии копировали все возможные абиотические реакции, связанные с глинистыми минералами. Разница лишь в том, что с участием бактерий эти реакции шли на порядок быстрее. Таким образом, бактерии выступают как живой катализатор геохимического круговорота глинистых минералов. Экологическая роль бактерий авторами статьи видится как повторение того или иного химического процесса в абиотическом мире, но с использованием органических каталитических инноваций.

Есть сведения об антивирусных свойствах клиноптилолита (Grce, Pavelic, 2005), а также сообщения о применении цеолитов при лечении вирусных гепатитов (Калинина, 2005; Чуйкова, Вожаков, 2005).

Антивирусные свойства трибомеханически активированного цеолита (ТМАЦ) проверялись на аденовирусе человека 5, вирусе простого герпеса тип 1 (HSV 1), а также на человеческих энтеровирусах коксаки B5 и эховирус 7. ТМАЦ ингибировал вирусную пролиферацию HSV 1 вируса коксаки B5 и эховируса 7 более выражено, чем аденовируса человека 5. Антивирусные эффекты ТМАЦ проявлялись неспецифически. Наиболее вероятно, что основаны они на инкорпорации вирусных частичек в поры агрегатов ТМАЦ. Эти предварительные результаты показывают возможность терапевтического применения трибомеханически активированного цеолита местно (кожа) против герпесвирусной инфекции или орально в случаях аденовирусной или энтеровирусной инфекции (Grce, Pavelic, 2005).

Таким образом, действие многих гипергенных минералов при их внутреннем использовании всегда направлено не только на сорбирование токсичных веществ, в том числе токсичных продуктов метаболизма микрофлоры в ЖКТ, но также на регуляцию популяционного состава этой микрофлоры. Данное свойство минералов Природа, несомненно, «использовала» в процессе эволюционной трансформации живых систем.

Действие кудуритов на иммунную систему

Учитывая тот очевидный факт, что человек (как и все наземные животные) на протяжении всей своей эволюции постоянно потребляет природные минерально-кристаллические вещества попутно с пищей и питьевой водой, вполне закономерно задать вопрос об участии минералов в формировании иммунитета организма. Справедливость постановки данного вопроса многократно усиливается, если учесть, что человек (как и все наземные животные) постоянно дышит воздухом, в котором практически всегда имеется минеральная пыль. По данным Н.П. Юшкина (2004), в атмосфере Земли во взвешенном состоянии постоянно находится около 20 млн т минеральной пыли.

В связи с этим правомерен вопрос: не являются ли минералы антигенами? С одной стороны, в организме человека имеются биоминералы (прежде всего, апатитсодержащие в составе скелета и зубов), на которые организм не реагирует как на иммунный раздражитель, поскольку воспринимает их как свои естественные компоненты. В то же время известно о специфической реакции мезенхимальных стволовых клеток на апатит, приводящей к направленной их дифференцировке в остеогенном направлении (Киселева и др., 2009). Поскольку при этом специфических рецепторов или механизмов взаимодействия минералов с клетками не обнаружено, говорить об иммунном ответе организма на кристаллическую решетку минералов пока нет оснований. Не обнаружено пока и четко выраженного иммунного ответа на минеральные тельца и агрегаты, или, как их называют, «камни», которые нередко обнаруживаются в различных органах и тканях человека в норме и патологии.

В связи с этой информацией возникает новый вопрос: а возможно ли вообще специфическое взаимодействие клеток с минеральными агрегатами соответствующего размера? Здесь стоит напомнить о существовании некоторых групп белков, которые участвуют в биоминерализации. Среди них силикатеины, силаффины, силиказы, магнитосомные белки, транспортеры кремния и ряд других. Все эти вещества белковой природы специфически взаимодействуют с минералами, они участвуют как в синтезе биоминералов, так и в их деградации. Более того, при использовании серверов вычислительной биологии (www.uniprot.org) и Blast (www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST) обнаружено, что силикатеины, например, имеют высокую степень гомологии с катепсинами – вне- и внутриклеточными протеазами. Большинство катепсинов проявляют активность внутри лизосом, разрушая захваченные клеткой молекулы, но некоторые катепсины выполняют свои функции вне клетки, являясь частью иммунной системы (Памирский, Голохваст, 2010).

Исходя из этого можно предположить, что живые организмы могут распознавать минералы, поступающие во внутреннюю среду, определяя степень их опасности или безопасности для организма. Существует мнение (Beck, Habicht, 1996; Eason, 2004), что система приобретенного иммунитета возникла около 500 млн л. н., а система врожденного иммунитета начала формироваться гораздо раньше – с момента появления на Земле первых живых систем. Если рубеж формирования приобретенного иммунитета наукой определен верно, то получается, что данная система возникла именно в тот момент, когда шло формирование на Земле первых скелетных организмов,

т.е. тогда, когда формировался механизм биоминерализации (Голубев, 1987).

Обе части иммунной системы, и врожденная, и приобретенная, нацелены, как известно, на приспособление организма к изменяющимся условиям среды. При этом на начальном этапе эволюции живых систем главным компонентом в составе внешней среды могли быть природные минералы как возможное вместилище первых форм жизни (Костецкий, Алексаков, 1981; Раменская, 1993; Костецкий, 2008; Bristow et al., 2009). Отсюда логично предположить, что если минералы и распознаются иммунной системой, то, скорее всего, врожденной ее компонентой. Приобретенная компонента иммунитета, вероятнее всего, начала формироваться в связи с тем, что главный составляющей внешней среды у многоклеточных организмов стал внутренний, «биологический» фактор.

В подтверждение этих предположений можно привести ряд работ по исследованию влияния минерально-кристаллических веществ на иммунную систему (Бильдуева, 2001; Агафонкина и др., 2002, 2006; Шайхулов, 2002; Ivkovic et al., 2004; Стручко и др., 2004; Агафонкина, 2006; Николаев, 2006; Вязовая и др., 2007; Горьковенко, 2007; Вязовая, 2008; Голохваст, Паничев, 2008; Голохваст и др., 2008, 2008б, 2009а, 2009б; Голохваст, 2010). Все они свидетельствуют о том, что разные силикатные минералы, как и оксиды, кремния при попадании в организм положительно влияют на его иммунный статус.

Так, целью работы С. Ивковича с соавт. (Ivkovic et al., 2004) было изучение действия биологически активных добавок с трибомеханически активированным цеолитом (ТМАЦ) на систему клеточного иммунитета у пациентов, получавших лечение по поводу иммунодефицитных состояний. В обеих группах 61 пациент принимал ТМАЦ в дозе 3,6 г в течение 6–8 недель на фоне неизмененного основного лечения. Исследовались показатели крови и состав лимфоцитов в начале (основной уровень) и в конце лечения. Применение ТМАЦ привело к значительному увеличению количества CD4+, CD19+и HLA-DR лимфоцитов и значительному уменьшению количества CD56+клеток. В процессе лечения не наблюдалось никаких побочных реакций. Был продемонстрирован иммуностимулирующий эффект природных цеолитов. В плазме подопытных крыс и мышей, которых кормили пищей с добавлением клиноптилолита, никаких следов кремния обнаружено не было. Частички цеолита, однако, были обнаружены в первом и втором слоях дуоденальных клеток. Высказано предположение, что взаимодействие орально принятых частичек цеолита со слизистой лимфоидной тканью тонкого кишечника может оказывать триггерные эффекты на иммунный ответ, подобные тем, которые наблюдались при интраперитонеальном введении микронизированных цеолитов.

Для оценки влияния на систему местного иммунитета дыхательных путей крыс нами предложен ингаляторный способ введения цеолитов лабораторным животным (Голохваст и др., 2008б; Голохваст, Паничев, 2008; Голохваст, 2010). Несмотря на необычность способа, были получены интересные результаты. Изученные цеолиты Вангинского месторождения Амурской области при ингаляционном введении в условиях общего охлаждения лабора-

торных животных проявляли выраженные антиоксидантные, иммуномодулирующие и цитопротекторные свойства.

Можно отметить также факт, что цеолиты используются как иммуносорбенты для выявления бактериальных антител в биологических жидкостях (Способ..., 1990).

Общие биологические и медико-биологические эффекты

Практически все «кудуритные» минералы при скармливании животным способны влиять на общий обмен веществ, в том числе повышать усвояемость компонентов корма. Такие эффекты обнаружены на различных сельскохозяйственных животных. За последние десятилетия появились десятки научных работ по данной теме, при этом кудуритами (различными глинами, в том числе смектитовыми и полыгорскитовыми, различными опаловыми породами и различными цеолититами, в том числе с клиноптилолитом, анальцимом, ломонтитом и шабазитом) кормили:

– крупный рогатый скот (Erwin et al., 1957; Rindsig, Schultz, 1970; Dunnetal., 1979; Fisher et al., 1983; Lemerle et al., 1984; Carruthers, 1985; Aitchison et al., 1986; Jacques et al., 1986; Старикова, 1989; Rajcevic, Salobir, 1990; Джен, 1992; Шадрин и др., 1992, 2003; Чамуха и др., 1994; Шадрина, 1995; Лычева, 1996; Забалуев, 1996; Кочан, Петрушенко, 1998; Малимін, 2000; Боголюбов, 2001; Боголюбова, 2001; Гамзаев, 2001; Кириченко, 2001; Цеолитсодержащие…, 2001; Ларина, 2002; Черноградская, 2003, 2004; Макаренко, 2003; Бибарсов, 2004; Вологина, 2004; Анненкова, 2004; Кириченко и др., 2006; Гамидов, 2002, 2006; Лумбунов и др., 2003, 2006б; Гамко и др., 2007; Павлов, 2007; Ташбулатов, 2007; Швиндт и р., 2007; Зотеев, 2008; Зотеев и др., 2006а, 2006б, 2008; Зотеев, Кириллов, 2006, 2008; Усков, 2008; Швиндт, 2008; Асташкина, 2008);

– свиней (Rotermel et al., 1964; Подъяблонский, 1986а; Зухрабов и др., 1997; Папуниди и др., 1997; Подольников, 1999; Магзаров, 2001; Цеолитсодержащие…, 2001; Александрова, 2002; Канбеков, 2003; Саткеева, 2004, 2006; Гаврилов, Диких, 2006; Диких, 2006, 2007; Саткеева, Борисенок, 2006; Шпадарев, 2006; Казакова и др., 2007; Смагина, 2005, 2007);

– овец (Jordan, 1953а, 1953б; Huntington et al., 1977; Fenn, Leng, 1989, 1990; Murray et al., 1990; Mackenzie, 1991);

– птиц (Kurnick, Reid, 1960; Ousterhout, 1967; Quisenberry,1968; Sellers et al., 1979; Таланов и др., 1994; Идиатуллин, 1996; Растопшина, 1998; Шамбаева, 2001; Цеолитсодержащие…,2001; Хаустов, 2002; Жилочкина, 2003; Шадринидр., 2003, 2006; Кручинкина, 2006; Шамбаева, Шамбаева, 2006; Лумбуновидр., 2006а; Курамшина и др.,2007; Кудряшов, Кучерук, 2008; Ланцева, 2009);

– северных оленей (Саввинова, 1992, 1995);

– пушных зверей (Різничук, 1997; Сафиуллина, 2004; Черкашина, 2007).

В одной из типичных работ по данной тематике (Малимін, 2000), в частности, изучено влияние цеолита в рационе коров на минеральный и белковый обмен, а также процесс отела. Установлено, что скармливание коровам

цеолита в зимний и летне-пастбищный периоды на протяжении 60 сут до отела и 45 сут после отела не влияет отрицательно на показатели физиологического статуса коров. При этом увеличивает удельную массу сырой кости, повышает содержание в ней кальция на 5–40% и фосфора на 2–11% с возрастанием кальциево-фосфорного соотношения в зимний период с 1,14/1 (в контроле) до 1,36/1 (с использованием цеолита). Содержание общего белка в крови возрастает на 5–13%.

В работе С.Г. Лумбунова с соавт. (2006а) показано, что цеолиты с размерами частиц 0,5–2,5 мм оказались хорошей минеральной подкормкой для взрослой птицы. Внесение в корм кур-несушек Сотниковской птицефабрики в количестве 3,6% его весовой части обеспечило экономию эквивалентного количества комбикормов, увеличило сохранность поголовья на 1,5–2,0%, повысило яйценоскость на 5–8%, улучшило качество яичной скорлупы. Кроме того, применение цеолита оказало заметное дезодорирующее действие. В целом близкие результаты по птицам содержаться также в работах В.Н. Хаустова [(002) и А.М. Шадрина с соавт. (2003, 2006).

Тот факт, что смектиты, каолинит и галлуазит останавливают диарею, известен людям с незапамятных времен. Все эти минералы широко использовались в народной медицине. Сравнительно недавно выявлено, что и цеолиты способны эффективно останавливать диарею. Данный факт отмечен на животных (Шадрин и др., 1985; Кузнецов, 1993; Гамидов и др.,1997; Шадрин, Донченко, 1997; Гамидов, Мощевикина, 2000; Гамидов, 2004) и людях (Благитко, Новоселов, 1997; Благитко и др., 1998).

Уже доказано, что присутствие минеральных веществ (цеолитовые туфы) в ЖКТ животных благоприятно влияет на моторику кишечника, а также на секрецию ферментов поджелудочной и другими железами (Нармандах и др., 1998а, 1998б; Шульга, 2001, 2002; Гамидов и др., 2003; Вертипрахов, 2004).

Скармливание цеолитов позитивно влияет на кровь животны***х*** (Карташев, Баскурин, 1995; Петров и др., 1997в; Зедгенизова, Просекина, 2004; Курамшина и др., 2006; Зотеев и др., 2008). Наблюдения за людьми, принимавшими цеолитсодержащие БАДы, подтверждают это (Архипов и др., 1997; Позднякова и др., 1997; Гагаро, 2007).

В работе Н.Г. Курамшиной с соавт. (2006), в частности, проводилась оценка влияния на кур цеолитов Сибайского и Баймакского месторождений. Цеолиты добавляли в концентрации 3% от массы комбикорма. В крови опытной группы птиц, по сравнению с контрольной, достоверно возросло число эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина. В желтках яиц кур опытной группы, по сравнению с контрольной, возросло количество каротина, витаминов А и B_2.

С.Н. Зедгенизова и О.В. Просекина (2004) также приводят положительные результаты экспериментов с добавлением цеолитов в корм для кур. В частности, при добавке цеолита в концентрации 5% от массы корма наблюдалось повышение общего количества эритроцитов и лейкоцитов и соответственно увеличение показателей гемоглобина. Следует отметить также, что цеолит в виде 5%-й гранулированной добавки в корм повышал живую массу птиц, не оказывая при этом отрицательного влияния на общее состояние кур-несушек.

Цеолиты оказывают положительное влияние на лимфатическую систему (Бородин, 1995; Бородин и др., 2004а, 2004б), а также на функциональное состояние печени, что отмечено на животных (Кушев, Тарнуев, 1994; Петров и др., 1997в) и человеке (Асташова и др., 1997; Бгатова, 1997; Пупышев др., 1997; Позднякова и др., 1997). Некоторые кудуриты, в том числе не только цеолит-смектитовые, но также с преобладанием опаловидного кремнезема, хорошо показали себя при лечении гепатитов (Калинина, 2005; Колотилова, 2005; Чуйкова, Вожаков, 2005).

Как указывают ряд авторов, цеолиты стимулируют эпителизацию и развитие грануляционной ткани с пролиферацией соединительнотканных элементов, причем как в случае поверхностных ран, так и при заживлении язвенных поражений желудка и кишечника у животных и человека (Благитко и др., 1997; Благитко, Новосёлов, 1997; Богомолов, 1997; Минина и др., 1997; Благитко, Полякевич, 1997; Шадрин, Донченко, 1997; Кирилин и др., 1997; Неустроев и др., 1997; Максарова и др., 1998; Максарова, 1998; Убашеев, 1998; Крутских, 1999; Кожевникова и др., 2001; Кушеев, 2002; Немирович, 2002; Доржиев, 2003; Бгатова и др., 2004; 2005; Маянская, 2004; Паничев и др., 2003, 2004а, 2004б; Тарнуев и др., 2003; Гамидов, 2004; Донченко, 2005; Колотилова, 2005; Павленко, 2007; Викторова, 2009).

В работах ряда авторов (Асташова и др., 1997; Ivkovic, Zabcic, 2002; Zarkovic et al., 2003; Голохваст и др., 2006, 2009а; Гагаро, 2007; Яровaн, 2008; Голохваст, Паничев, 2008) показана возможность использования природных цеолитов для предотвращения развития окислительного стресса и нарушений в антиоксидантной системе у больных или находящихся в неблагоприятных условиях среды животных.

Влияние перорального применения цеолитов на поведение животных

Цель экспериментальной работы, которую мы недавно завершили (результаты ее опубликованы в книге К.С. Голохваста [2010]), состояла в исследовании особенностей «поисковой активности» у лабораторных животных при оборонительной мотивации на фоне внутреннего приема цеолитита в условиях искусственной инструментальной обстановки. В эксперимент были взяты 46 белых нелинейных крыс самцов массой 200–270 г., которые были разделены на две группы – контрольную и подопытную. Обучение животных проводилось индивидуально. Крысы получали тонко размолотую смектит-цеолитовую породу Люльинского месторождения (Ханты-Мансийский АО) в корм из расчета 5% от массы сухого корма.

В исследованиях применен способ формирования поисковой активности при условии одновременной регистрации ее проявлений в форме предпринимаемых животными попыток избегания или избавления в условиях решения задачи возрастающей сложности. Для осуществления способа использовалась установка, включающая в себя устройство в виде проблемной камеры, средства нанесения электрокожного раздражения и аппарат для регистрации элементов инструментального поведения и избегания. В серии экспериментов поисковая активность, время поиска (ВП), интенсивность поиска (ИП),

когнитивный показатель (КП) у подопытных животных сравнивались с аналогичными параметрами у контрольной группы.

В результате было выявлено, что поисковая активность в структуре оборонительного поведения у животных, получавших цеолит, статистически достоверно изменялась по показателям ВП, ИП и КП по сравнению с контрольной группой. Согласно полученным данным, показатель ВП у контрольной группы животных был в 1,6 раза больше, чем у подопытной; показатель ИП был в 1,1 раза ниже, чем у животных, получавших цеолит; КП у контрольной группы был в 1,3 раза ниже, чем у подопытной группы за все дни тестирования.

Результаты эксперимента свидетельствуют о том, что цеолиты при поступлении во внутреннюю среду организма способны повышать поисковую активность животных, повышая тем самым их возможности к адаптации и выживанию. Вопрос о том, за счет чего происходит повышение поисковой активности животных, пока остается открытым.

О негативных биологических эффектах, связанных с потреблением природных минералов

Уже давно замечено, что многие минералы, попавшие на рану, ускоряют ее заживление. В то же время длительный контакт тканей организма с минералами (тальк, порошки кварца, алюмосиликаты) может приводить к разрастанию соединительных тканей и развитию различных злокачественных и доброкачественных их перерождений. Последнее наиболее изучено в связи с силикозом легких. Установлено, что наиболее опасными, особенно при злокачественном перерождении тканей, являются минералы, обладающие волокнистой и игольчатой структурой кристаллов. Наиболее известные из них – амазонит (из группы калиевых полевых шпатов), актинолит, крокидолит, тремолит, асбест (из амфиболов) и тальк (из особой группы листовых алюмосиликатов).

За последние два десятилетия появилась целая серия публикаций, показывающих наличие у некоторых цеолитовых пород негативных биомедицинских эффектов (цитотоксических, мутагенных, канцерогенных) по отношению к организму человека (Дурнев и др., 1990, 1993; Пылев, Валамина, 1992; Durnev et al., 1993; Середенин, Дурнев, 1998; Momcilovic, 1999; Дурнев, 2008; Ilgren et al., 2008). Доказаны, в частности, мутагенные эффекты, обусловленные стимуляцией перекисного окисления липидов в дозе 0,01 и 0,05 мг/мл, а в дозе 20 мг/мл отмечено подавление активности каталазы (Дурнев и др., 1990).

Как известно, природные цеолиты, или цеолititы, являются полиминеральными горными породами чаще вулканогенного генезиса. В связи с этим при оценке данной информации возникает естественный вопрос, на который авторы всех этих публикаций не дают ясного ответа: с какой именно минеральной фазой в составе цеолititов такие эффекты связаны? Что касается непосредственно цеолитов, пока подтверждена лишь установленная ранее канцерогенная активность у некоторых редких их разновидностей, образующих игольчатые формы агрегатов, в частности у эрионита (Ilgren et al., 2008).

По поводу цитотоксических, мутагенных и канцерогенных свойств цеолитов имеются и принципиально иные данные. К примеру, в 2003 г. в журнале «International Journal of Toxicology» вышел обзор под названием «Final report on the safety assessment of aluminum silicate, calcium silicate, magnesium aluminum silicate, magnesium silicate, magnesium trisilicate, sodium magnesium silicate, zirconium silicate, attapulgite, bentonite, Fuller's earth, hectorite, kaolin, lithium magnesium silicate, lithium magnesium sodium silicate, montmorillonite, pyrophyllite, and zeolite». Если судить по итогам этих солидных изысканий, у цеолитов не выявлено высокой степени токсичности при аппликациях, аэрозольном и пероральном введении. Не выявлено также и признаков эмбриотоксичности. В то же время показано, что токсичность цеолитсодержащих минеральных комплексов зависит от состава минеральных примесей, а также от формы и размера минеральных частиц.

Среди отечественных исследователей также имеются те, кто обнаружил далеко не у всех цеолитовых пород выраженные канцерогенные и цитотоксические свойства (Пылев и др., 1999, 2003; Курамшина и др., 2007; Бгатова, 2000) или вообще не обнаружил их при соблюдении допустимых дозировок и степеней их измельчения (Голохваст и др., 2008а, 2009в).

Как показали наши специальные эксперименты с мышами (Голохваст и др., 2010), степень измельчения цеолитов является необычайно значимым фактором. Получается, что при достижении какого-то порога в степени измельчения (похоже, что этот размерный предел находится около 100 нм), частички цеолитов приобретают способность проникать через эпителиальные барьеры организма, в том числе через ворсиночный слой в желудочно-кишечном тракте. Проникающие через кровоток внутрь организма наночастицы цеолита поступают в печень и другие органы, в итоге становятся причиной серьезных патологий.

Анализ данной проблемы, над которой пришлось много размышлять, позволяет нам высказать свою экспертную точку зрения. Мы убеждены, что опасными для организмов могут быть только те породообразующие минералы, которые имеют особые формы и размеры кристаллов. В первую очередь это все каркасные силикаты с размерностью частиц от 100 нм и менее, а также все игольчатые микрокристаллы, сопоставимые по размерам с живыми клетками тела. Все слоистые силикаты (глинистые минералы), устойчивые в коре выветривания, безвредны для организмов даже при длительном контакте с ними. Как показывают эксперименты с мышами, безвредны в относительно больших дозах и низкотемпературные цеолиты группы клиноптилолита-гейландита в смеси с глинами. Глинистые частицы в соотношении с цеолитами 25% и выше агрегируют наночастицы цеолитов, не давая им возможности проникать через эпителий в ЖКТ. Здесь следует отметить особо, что вопрос о соотношении глины и цеолитов должен решаться специально в каждом отдельном случае.

В связи с обнаруженными цитотоксическими и канцерогенными свойствами у некоторых минералов возникает серьезная проблема, связанная с использованием цеолитовых пород в медицине. В этой связи очевидна необходимость тщательной проверки минерального сырья на допустимость его использования в медицинских технологиях. Сегодня уверенно можно говорить лишь о том, что цеолитсодержащие породы из зоны выветривания с

долей глинистых минералов от 25% и выше предпочтительнее для медицинских технологий, нежели разности с высоким содержанием цеолита (свыше 75%). Наименее пригодны для медицины цеолитовые породы гидротермального генезиса, добываемые из горизонтов за пределами зоны выветривания.

Об аппликационном действии кудуритов

В заключение раздела, который посвящен биомедицинским свойствам кудуритов, хотелось бы отметить, что землистые минералы способны оказывать действие на организм и через кожу. Это подтверждает практика аппликационной пелоидо- и глинотерапии. Проблема лечебных «грязей», или пелоидов, близка к проблеме литофагии, поскольку механизм биологического действия минералов единый. И все же действие некоторых грязей через кожу (особенно соляно-озерных и лиманных), в отличие от обычных кудуритов, приобретает специфическую особенность. Такие грязи нельзя использовать для внутреннего применения, что обусловлено присутствием в них слишком больших концентраций растворимых сульфатных и хлоридных солей, сульфидов, двухвалентных форм железа, а также значительных примесей специфических органических веществ и микроорганизмов.

Что же касается типичных кудуритов, то они оказывают целительное действие на организм через кожу и почти не имеют противопоказаний (Авхименов, 1997; Нестеров и др., 1997; Вязовая, 2008). В настоящее время смектиты и каолинит, а также глинисто-цеолитовые смеси в чистом виде или в смеси с различными добавками широко используются как вещества по уходу за кожей. При контакте кудуритов с кожей реализуются многие из биологических эффектов, которые отмечены при внутреннем их употреблении. Благодаря этим качествам у кудуритов большое будущее не только в лечении внутренних заболеваний, но также в медицинской и бытовой косметологии.

Свойство кудуритов благотворно влиять на кожные покровы широко используется и в животном мире, особенно в жарких странах, где редко какое животное не любит принять грязевую или пылевую ванну. В условиях не столь жаркого климата желающих купаться в грязи меньше, но и там есть особо страстные любители. В первую очередь это дикие свиньи: иногда они готовы лежать в грязи даже на морозе. В прогретой солнцем пыли часто купаются птицы, причем делают это с удовольствием в любых климатических зонах. Купание птиц в пыли – это также возможность избавиться от паразитов, в том числе от клещей, клопов, пухо- и пероедов.

В табл. 11 сведены все уже известные компоненты биологического действия литогенных минералов и механизмы их реализации. Наименее изученной составляющей пока остается энергоинформационная сфера. Механизмы реализации энергоинформационных эффектов даются в таблице как гипотетические.

В завершение этой главы попытаемся дать прогнозную оценку возможных вкладов различных составляющих биологического действия цеолит-смектитовых кудуритов (в процентном отношении), которые могут реализоваться в организме травоядных животных в условиях горно-таежного Сихотэ-Алиня.

Таблица 11

Составляющие и механизмы биологического действия природных минерально-кристаллических веществ в организме животных и человека
(по: Паничев, 1998, с добавлениями)

Биологические эффекты	Механизмы реализации
Механические эффекты в ЖКТ	Механическая обработка пищи (в мускульных желудках зерноядных птиц), усиление перистальтики, очистка пищеварительного тракта
Поставка в организм биоактивных соединений кремния	За счет соединений кремния, содержащихся в минеральных и органоминеральных веществах
Регуляция ионного равновесия в биологических электролитах	За счет сорбции ионов и молекул, а также ионного обмена на ионитах и гелях
Детоксикационная функция	За счет сорбции и инактивации токсичных веществ
Поставка в организм химических элементов и их ассоциаций, необходимых для строительства биологических тканей	За счет сорбированных элементов и их ассоциаций в глинах и цеолитах, а также примесей минералов, способных к диссоциации в среде желудочно-кишечного тракта
Участие в ферментных реакциях, прежде всего гидролитических	Пролонгация действия ферментов, прямое участие в биохимических реакциях (катализ)
Связывание излишков воды в кишечнике	За счет гидратации ионов, молекул, а также сорбции воды на кремнегелях, глинах и цеолитах
Влияние на симбионтную микрофлору	Активизация сбраживающих форм; ингибирование грибов и актиномицетов; связывание и вывод нетипичных для ЖКТ микроорганизмов
Усиление антиоксидантной защиты организма	За счет антиоксидантных свойств минералов
Тренировка иммунной системы	За счет постоянного притока в организм антигенного материала в составе минеральных адъювантов
Энергоинформационные эффекты	Возможно, за счет появления в организме устойчивых голограмм кристаллических веществ, а также поступления из природных минералов особых, пока не известных науке энергий (тех же, с которыми работают специалисты-практики по рефлексотерапии)

Примечание. Негативные эффекты биологического действия минералов определяются дозировкой, степенью их дисперсности и наличием токсичных и вредных примесей.

Долевой вклад кудуритов как поставщиков микроэлементов в организме животных, по-видимому, может составлять от 30 до 40% (в зависимости от потребностей). Долевой вклад кудуритов как поставщиков макроэлементов, вероятно, может меняться в более широких пределах, от 20 до 100%. Последний показатель может быть связан с повышенной потребностью организма в натрии, что, возможно, чаще всего бывает связано с неконтролируемой потерей дефицитного элемента при диареях или с блокированием токсинами в организме нормальной работы мембранного натриевого насоса. Вклад минерального комплекса как детоксиканта может составлять от единиц до 30% в зависимости от потребности такой функции. Сорбирование кудуритами из кишечного электролита токсинов, вырабатываемых патогенной и условно-

патогенной микрофлорой, а также излишков воды в кишечнике может эффективно останавливать диарею. Поставка в организм дефицитного натрия при этом усиливает лечение.

Свойства глинистых минералов и цеолитов благотворно влиять на состав микрофлоры в ЖКТ, оказывать механическое воздействие на эпителий, воздействие на механизмы иммунизации, по-видимому, используются всегда.

Вероятно, всегда во взаимодействии кудуритов с организмом присутствует энергоинформационная компонента. На взгляд автора, она просматривается в некоторых клинических эффектах, не объяснимых с позиций уже имеющихся научных знаний (например, воздействие на психическую сферу организации биосистемы). Просматривается эта компонента и при анализе культурных аспектов литофагии у разных племен и народов, в частности в широком использовании глин в ритуальной магии. Этот же аспект, по всей вероятности, срабатывает у диких животных при поиске подходящих кудуритов в среде обитания.

Глава 4

ПРИРОДНЫЕ МИНЕРАЛЬНО-КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА КАК РЕГУЛЯТОРЫ БИОСИСТЕМ

Биогенные аналоги кудуритов

Обобщая всю имеющуюся информацию о литофагии, можно констатировать, что среди животных – потребителей природных минералов – преобладают растительноядные виды. Среди людей отмечается та же закономерность: обычаи поедать литогенные вещества сохранились в тропической и субтропической зонах Земли, а также в горных местностях преимущественно среди аборигенов-вегетарианцев, ведущих архаичный образ жизни. Для хищников литофагия не характерна, тем не менее достоверно отмечена у медведей, что упоминалось выше.

Для всеядных животных и хищников больше характерна остеофагия (от греч. *osteon* – кость). Пример характерного свидетельства поедания костей дикими животными в природных ландшафтах приведен на рис. 42. Разница между литофагией и остеофагией состоит лишь в том, что минеральный и химический состав скелетов животных-жертв относительно постоянен для данного вида в данных условиях обитания и имеет явно биогенную природу в отличие от кудуритов – минеральных производных коры выветривания горных пород. Если принять во внимание то, что практически все экзогенные минералы сформировались при участии живых организмов, а также то, что среди кудуритов встречаются разновидности, близкие по химическому и минеральному составу к минеральной основе скелетов животных (кремниевых – опалиты; арагонитовых – карбонаты кальция; апатитовых – фосфаты), становится очевидным, что между остеофагией и литофагией с точки зрения потребляемого минерального вещества принципиальной разницы нет. Хотя следует тут же добавить, что она все же существует на уровне появления у биоминералов нового качества. Особенности химизма и структурный мотив биоминералов определяются исключительно генетическими механизмами. Данное качество, несомненно, влияет на биологические свойства минералов. Биоминералы, кстати сказать, также как и литогенные минералы, используются в традиционной медицинской практике так же давно, как и литогенные минералы (Халмурат Упур, Начатой, 1992).

Проведенные нами натурные наблюдения и опыты с животными показали, что кости млекопитающих при попадании в желудок хищников под действием пищеварительных кислот частично растворяются, частично распадаются за счет переваривания органической составляющей костных тканей (Паничев, 1990). В щелочной среде кишечника из большей части растворен-

ных ранее кальций- и фосфоросодержащих молекул синтезируются вторичные соли, которые в совокупности с нерастворенными обломками костей взаимодействуют с содержимым кишечника, подобно минеральным кудуритам. Многократно наблюдалось, что у таких хищников, как тигр, медведь, росомаха, волк, а также у собак экскременты в период активной остеофагии полностью состоят из костной кашицы.

Если представления о литофагии расширить до употребления биоминералов, а также до водных растворов, которые в естественном виде почти всегда содержат примесь кристаллической или минерально-коллоидной фазы, то выяснится, что потребление твердокристаллических и коллоидных минеральных веществ в качестве пищевых компонентов характерно для всех животных и человека. Для всех растительных организмов (за исключением растений-паразитов) природные минералы являются естественными субстратами.

Таким образом, все факты указывают на то, что биологическое действие практически всех природных минералов, устойчивых в зоне выветривания, а также минеральных веществ биогенного происхождения принципиально однотипно. Обусловлено оно механическим, физическим, химическим, а также энергоинформационным взаимодействием между контактирующими твердо- и жидкокристаллическими фазами минерально-кристаллических веществ, поступающих из внешней среды, с аналогичными системами, являющимися составными частями живых организмов. При внимательной оценке этого совокупного биоминерального взаимодействия становится очевидным, что

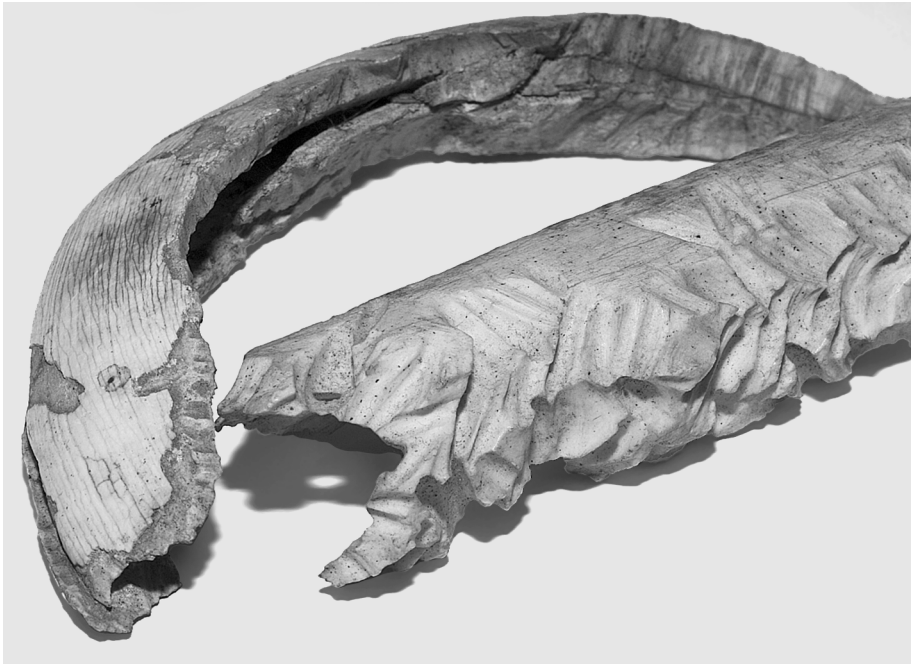


Рис. 42. Типичные следы активного использования биоминералов животными:
слева – кабаний клык, справа – трубчатая кость со следами зубов грызунов, обнаруженные в горно-таежной части верховий р. Бикин, Сихотэ-Алинь

оно автоматически направлено на регуляцию в организмах многих систем жизнеобеспечения.

Жизнь на Земле практически с момента своего зарождения развивалась в условиях тесного контакта с миром минералов, прежде всего, с водными взвесями, коллоидами и кристаллическим частицами горных пород. Литогенные кристаллические вещества были не только источником необходимых химических элементов – зоной минерального питания биоты, но также средой, обеспечивающей связывание (нейтрализацию) токсичных продуктов метаболизма, причем обладающей мощной буферной емкостью, что обеспечивало ионную и кислотно-щелочную стабильность условий обитания древней жизни.

Регулирующе-стабилизирующая функция литогенных минералов – производных коры выветривания горных пород – усматривается не только в отношении древних живых систем, развивавшихся на минеральных субстратах суши, но и в отношении водных экосистем, причем как пресноводных, так и морских. Согласно правилу фаз Гиббса, химическое равновесие в естественных водных бассейнах контролируется буферной емкостью многокомпонентной системы, важнейшее место в которой отводится твердоминеральной фазе из мутьевых и коллоидных взвесей и иловых отложений, состоящих, как известно, большей частью из экзогенных силикатов и алюмосиликатов. На этом принципе, собственно, построены современные технологии выращивания рыбы в ограниченных объемах воды с добавкой цеолитовых или иных сорбентов.

Столь универсальное действие минералов коры выветривания горных пород на организмы с общей направленностью на нормализацию работы их систем жизнеобеспечения, несомненно, свидетельствует об эволюционной обусловленности биологических эффектов, выработанных в процессе длительного контакта живых систем с минералами. Все эти мысли уже высказывались нами неоднократно (Паничев, 1989, 1990, 1998).

Таким образом, сумма выявленных фактов позволяет с уверенностью утверждать, что в мире животных существует естественный универсальный эволюционно обусловленный регуляционный механизм, реализуемый через пищевое использование биогенных, а также литогенных природных минералов. Литофагиальные механизмы авторегуляции у различных систематических групп животных имеют специфические особенности, определяющие их поведенческие стереотипы, способность к селективному выбору необходимых минералов, а также особенности внутреннего их использования.

Стресс как причина литофагии

В 1977 г. С.Р. Барчфилд с коллегами (Burchfield et al., 1977), проводя эксперименты с мышами, пришел к выводу о том, что стремление животных к литофагии может произойти в ответ на различные гомеостатические изменения в организме, инициирующие его напряженное состояние или стресс.

Таким образом, когда мы сталкиваемся с проявлениями литофагии, по сути мы имеем дело с периодически возникающими проблемами адаптации у организмов с развитием стресса под воздействием неблагоприятных гео-

логических, геофизических и космофизических факторов и эволюционно сложившимся инстинктивным универсальным способом коррекции таких нарушений с использованием природных минералов. Стресс у животных, вызванный средовыми факторами, может усугубляться некоторыми естественными внутренними напряженными состояниями организма такими, как беременность, линька, или патологическими состояниями, будь то ранения, различные болезни или просто состояние голода, сопровождаемое нарушенями в организме, как общего, так и минерального обмена.

Если же говорить о причинах литофагии не в обобщенном виде, а применительно к конкретным случаям, то они, как очевидно, могут быть весьма различными. Различия эти можно подразделять, исходя либо из первичных причинных стресс-факторов (таких, например, как особенности геохимии и биогеохимии конкретного района, особенности климата, доля токсичных растений в составе кормов и т.д.), либо из вторичного причинного комплекса соответствующих нарушений в организме.

Сама возможность коррекции функционирования организма через литофагию обусловлена однотипными свойствами, которыми обладают многие гипергенные минералы, формируемые в зоне выветривания горных пород, как регуляторы физиологических, информационных и энергетических процессов в живых организмах.

К минералам, обладающим выраженными регулирующе-стабилизирующими свойствами по отношению к живым системам, уже смело можно отнести смектиты, минералы группы каолинита, хлориты, гидрослюды, вермикулиты, некоторые разновидности цеолитов, а также некоторые формы оксидов кремния. Здесь можно заметить, что биологической активностью обладают все без исключения природные минералы, однако далеко не у всех эта активность нацелена на стабилизацию структуры и функций систем организма млекопитающих (не путать полезность или вредность, обусловленную дозой).

Помимо уже установленных (см. табл. 11), несомненно, существуют и другие, пока не установленные позитивные биологически активные свойства природных минералов. Некоторые из них еще только предстоит выявить, другие уже в принципе известны, но еще не изучены. Одним из малоизвестных биорегуляционных свойств минералов может, к примеру, оказаться способность нивелировать отрицательные эффекты, связанные с нарушениями терморегуляции. Так, недавно появились данные о том, что цеолиты способны нивелировать большую часть отрицательных эффектов как охлаждения (Голохваст и др., 2006), так и перегрева организма (Воробьёва, 2007). Известно, что и общее охлаждение, и перегрев угнетают в организме практически все системы жизнеобеспечения. С точки зрения клеточной патологии отрицательное влияние низких и высоких температур обусловлено снижением в клетках активности окислительно-восстановительных и повышением активности гидролитических ферментов, развитием тканевой гипоксии, снижением энергетических ресурсов, нарушением регуляторных внутриклеточных механизмов. Отсюда вполне логично допустить, что употребление некоторых минералов может иметь существенное значение для расширения адаптивных возможностей организма и выживания в условиях как слишком низких, так и слишком высоких температур.

Наличие биологически активных свойств у гипергенных минералов возникло, разумеется, не случайно. Таких случайностей в природе не бывает. Свойства эти могли появиться только закономерно еще со времен зарождения жизни на Земле и совершенствовались на протяжении длительной коэволюции минерально-кристаллического и биологического миров.

Таким образом, причины литофагии, если их охарактеризовать в обобщенном виде, – это всегда состояние стресса на фоне дезадаптации организма, которое животные снимают инстинктивно через употребление широко распространенных минералов зоны выветривания самых разнообразных горных пород. В данном случае понятие «стресс» следует понимать в соответствии с классическим его толкованием по Г. Селье, – как неспецифический комплекс функциональных и морфологических изменений в организме, возникающих под действием любых внешнесредовых воздействий или стрессоров (Селье, 1979).

Понятия «адаптации» и «дезадаптация» следует уточнить особо, поскольку у авторов имеется свой акцент в его толковании. Под состоянием адаптации конкретного организма понимается гармоничное взаимодействие организма (его внутренней среды с присущей ему собственной временной структурой) с веществом и другими организмами пространства его постоянного обитания, а также с потоком времени, присущему этому пространству. Состояние дезадаптации возникает при нарушении этой гармонии.

Наш акцент, как очевидно, состоит в особом отношении к временным аспектам структуры организмов. Все высокоорганизованные животные представляют собой сложные системы, состоящие из элементов – разноуровневых функциональных блоков. Система нормально работает лишь тогда, когда каждый функциональный блок включается в работу в строго отведенное для него время. В рамках активно развивающегося нового медицинского направления – хрономедицины – большинство болезней и у человека, и у животных реализуется в веществе по сути из-за разбалансировки синхронизации внутренних ритмов в соответствующих биосистемах. В связи с этим новым взглядом на причинную связь заболеваний с нарушениями биоритмов появился термин «десинхронозы», объединяющий все разновидности соотвествующих заболеваний. Поскольку поедаемые минералы участвуют в корректировке временной организации работы биосистем (по меньшей мере, косвенно, а, возможно, и напрямую) это их качество мы отмечаем особо как необычайно важное.

О связи литофагии с поиском натрия

У некоторых растительноядных млекопитающих животных, особенно жвачных, в силу их особого физиологически обусловленного пристрастия к натрию (известно, что значительный объем натрия у этой группы животных вовлекается в пищеварительный цикл), стимулов к литофагии может быть два (Паничев, 1989). Наряду с инстинктивным стремлением к поеданию минералов, обладающих широким адаптогенным действием, может проявляться узконаправленное рефлекторное стремление к любым насыщенным нат-

рием веществам, в первую очередь к пресноводным и морским растениям, а также к различным твердым и жидким минеральным и органноминеральным веществам (источниковые и морские воды, кудуриты, почвы). При поиске натрия, как было выявлено австралийскими учеными (Blair-West et al., 1987), задействуются вполне конкретные во многом уже изученные рефлекторные механизмы. У человека при этом (вероятно, и у животных) возникают ощущения, сходные с чувством жажды.

Натрий – важнейший биофильный элемент, определяющий эффективность протекания мембранных процессов в клетках. Известно также, что непрерывное обеспечение натрием организма существенно расширяет его адаптивные возможности. Однако даже жесткий дефицит натрия в среде обитания, как показали австралийские исследователи (Blair-West et al., 1968), не является абсолютным лимитирующим фактором для заселения натрийдефицитных ландшафтов. В таких ландшафтах у животных вырабатываются особые физиологические механизмы и поведенческие стратегии выживания. Соли натрия не являются обязательными и в меню человека, обитающего в среде с низким содержанием этого элемента. Об этом, в частности, может свидетельствовать длительный опыт жизни без соли семьи отшельников старообрядцев Лыковых в горах Алтая. Дело в том, что местность, где Лыковы прожили более 40 лет без соли, имеет абсолютные отметки около 1 000 м и характеризуется крайне низкими содержаниями натрия в окружающих почвах, горных породах и растительности.

Как следует из проведенных нами исследований (Паничев, 1990), натрий почти всегда в том или ином количестве присутствует в составе кудуритов в виде поглощенных ионов в поровом пространстве минеральных сорбентов-ионообменников. При попадании в пищеварительный тракт способный к обмену натрий из минералов легко вытесняется избыточными в рубцовом и кишечном электролите ионами калия и аммония, после чего дефицитный элемент ассимилируется организмом. Максимальное количество обменного натрия содержится в цеолитовых кудуритах, распространенных преимущественно в молодых горах вулканического происхождения, минимальные содержания (нередко ничтожные) характерны для кварц-хлорит-гидрослюдистых разновидностей, которые распространены значительно шире цеолитовых и являются типичными для древних горно-складчатых систем всех континентов.

Давно известный факт пристрастия жвачных животных к нередко дефицитному в среде обитания натрию, как и инструментально установленный факт обогащенности этим элементом некоторых кудуритов, долгое время вводил исследователей в заблуждение относительно истинных причин литофагии. Окончательно отделить широко распространенные случаи целенаправленного рефлекторного поиска животными дефицитного элемента (наиболее характерно для группы жвачных) от инстинктивного поиска «минералов-адаптогенов» (что характерно для большинства фитофагов, для некоторых представителей всеядных и даже для некоторых хищников, например медведей) удалось лишь после накопления критической суммы соответствующих фактов. Впервые эти соображения были опубликованы нами в 1989 г. в докладах АН СССР.

Справедливость этих заключений наиболее ярко подтверждают наблюдения за лосями на кудурах в районе Кемпендяйских месторождений цеолитов в Якутии (Паничев, 1990). Лоси активно поедают глинисто-цеолитовые породы на территории, где имеется множество выходов каменной соли – галита, с сопутствующими источниками соленых вод, к которым животные не проявляют никакого интереса. В среде обитания, где натрий в избытке, но при этом весьма жестки биогеохимические и климатические стрессоры, лоси выбирают глинистые породы. Сходная ситуация наблюдается и в кальдере Нгоронгоро. Многочисленные ее копытные обитатели, имеющие доступ к воде оз. Магади, которая обогащена ионами натрия, периодически потребляют глинистые грунты, причем делают это только в некоторых местах кальдеры.

Аналогичные ситуации с предпочтением глин характерны также для обитающих на некоторых территориях одомашненных животных (овцы, козы, лошади, крупный рогатый скот и даже свиньи), «меню» которых может быть обеспечено натрием с избытком. Случаи страстного желания поедать глины или другие землистые вещества широко распространены и среди людей, в основном у детей и беременных женщин, которые также не испытывают недостатка в натрии.

Таким образом, поиск натрия – это лишь одна из многих возможных причин литофагии, наиболее характерная для натрийдефицитных ландшафтов, где у животных развиваются соответствующие адаптационные проблемы.

Для современного человека, как известно, хлорид натрия превратился в важнейшую минеральную пищевую добавку, что объясняется стойкой привычкой организма, возникшей на фоне различных стресс-факторов, с которыми человек постоянно сталкивается. Главными стрессорами для современного человека являются уже не средовые, а преимущественно внутрипопуляционные (социальные) и, прежде всего, напряженные нервно-психические взаимодействия между людьми, а также между человеком и различными эгрегорами.

Солонцы-кудуры как индикаторы адаптационных проблем у животных

Наличие кудуров в ландшафте – это прямой признак, с одной стороны, сильных стрессоров, периодически или постоянно действующих на животных в конкретных местообитаниях, с другой неравномерного распределения по территории кудуритов – минеральных адаптогенов, помогающих животным достичь состояния адаптированности к негативно действующим на них факторам среды.

Как показывает наш опыт исследований, заметное влияние средовых стресс-факторов среды на копытных животных в горно-лесных местообитаниях на территории Сихотэ-Алиня начинает активно проявляться на высотах с абсолютными отметками от 500 м и выше. Степень их выраженности зависит от геолого-геоморфологических условий, типа почв, состава растительности, микроклиматических и других экологических факторов. В подобных ситуациях огромное влияние на концентрацию животных, а также на характер их сезонных перемещений оказывают пригодные для посещения

животными проявления биологически активных минералов, на основе которых формируются кудуры. В районах с повышенной стрессовой нагрузкой при отсутствии подходящих кудуритов животные стремятся посещать все доступные им источники натрия (плантации обогащенных натрием водорослей в речных заливах, морские побережья, классические почвенные солонцы, формируемые на испарительных и сорбционных геохимических барьерах, а также солонцы искусственного происхождения). Наложение двух ярко выраженных устремлений животных, связанных с компенсацией дезадаптационного стресса с различными целевыми объектами, создавало и создает порой трудно разрешимую головоломку для исследователей.

На вопрос, почему действие экологических стрессоров в условиях среднегорий и высокогорий, особенно на участках, где распространены породы вулканического происхождения, выражено сильнее, чем в низкогорьях и на равнинах, где эти породы перекрыты мощными чехлами рыхлых отложений или в районах распространения терригенно-осадочных пород, ответ для нас очевиден. Почвы (соответственно и растительность) на вулканических породах всегда имеют более контрастный химический состав (в них больше разброс содержаний макро- и микроэлементов), чем на рыхлых отложениях или терригенно-осадочных породах. Объясняется это просто. Изверженные магмы – продукты длительной внутриочаговой дифференциации атомов земной коры или мантии, в то время как рыхлые отложения – это результат смешивания разных пород в процессе их денудации и транзита к местам отложения. Терригенно-осадочные породы это, собственно, сам результат такого усреднения химического состава. Кроме того, почвы, воды и растительность нижележащих сопряженных ландшафтов всегда более насыщены подвижными формами элементов и соединений и, как правило, благоприятнее сбалансированы по отношению к живому веществу. В качестве примечания можно отметить, что весьма контрастными в химическом отношении породами, с которыми часто связаны адаптационные проблемы у животных, являются не только кислые и ультраосновные изверженные породы, но и хемогенно-осадочные их разновидности (особенно карбонаты кальция и магния). Животные, обитающие в районах, где такие породы преобладают, часто посещают кудуры. Одну из подобных ситуаций мы разбирали ранее при обсуждении работы (Watts, Schemnitz, 1985), посвященной горным баранам, обитающим в пределах изолированного горного массива известняков Биг Хетчет среди равнины в юго-западной части штата Нью-Мексико в США .

У животных, обитающих в горных ландшафтах низких гипсометрических уровней, при прочих равных условиях всегда меньше выражены и проблемы, связанные с климатическими факторами, поскольку там реже, чем в высокогорьях, бывает глубокоснежье, короче период низких температур, более ранние сроки начала вегетации растительности. Поэтому у животных, населяющих равнинные территории, адаптационные проблемы и сопутствующие литофагиальные пристрастия менее выражены. Тем не менее, как было отмечено выше, литофагия среди животных на равнинах местами тоже встречается. В основном это характерно для северных территорий с жестким холодным климатом, для засушливых районов, а также для районов с преобладанием однообразных карбонатных или чрезмерно засоленных пород.

Чтобы понять, почему пристрастие к минералам как к поставщикам химических элементов у растительноядных животных выше, чем, к примеру, у плотоядных, вспомним, что хищники поедают уже сбалансированный по химическим элементам корм (мясо). Вариации химического состава мяса сравнительно незначительные, размах колебаний в содержании большинства химических элементов в мясе не превышает одного порядка, в то время как изменчивость химического состава растений даже по некоторым макроэлементам может определяться четырьмя порядками (Blair-West et al., 1963). Поэтому физиологическое состояние растительноядных животных в период смены кормового рациона (особенно весной) или у животных, обитающих в районах геохимических аномалий, может сильно зависеть от колебаний химического состава пищи. О существенном колебании химического состава растительного корма могут свидетельствовать различия по степени концентрирования некоторых микроэлементов мясом диких травоядных животных, по сравнению с мясом хищников. В мясе травоядных животных размах колебания концентрации, к примеру, по Pb и Cu может составлять три порядка и более, у хищников же состав мяса по данным элементам относительно постоянен (Криволуцкий, Покаржевский, 1996). На способности концентрирования в тканях и органах диких растительноядных животных ряда микроэлементов построены даже некоторые методики оценки экологического благополучия среды (Ермаков, Тютиков, 2008).

Слабый интерес у копытных животных к кудуритам в ландшафтах Сихотэ-Алиня низких гипсометрических уровней объясняется отсутствием в соответствующих ситуациях сильных стрессоров, действующих на животных. Особенно хорошо это иллюстрируют ситуации в ряде районов там, где имеются выходы глинисто-цеолитовых пород, приуроченных к цеолитоносным кайнозойским грабеноподобным структурам. Такие ситуации наблюдаются, к примеру, на территории Краскинской впадины в прибрежно-морской зоне Юго-Западного Приморья, а также в районе Чугуевского месторождения цеолититов в центральной низкогорной части Приморского края. Признаков литофагии с формированием кудуров в этих местообитаниях нами не отмечено. Меньшим прессом негативных факторов на животных можно объяснить и слабую следовую выраженность кудуров в юго-восточной части Приморья (в том числе на р. Ванчин). В горно-таежных ландшафтах северо-востока Приморского края (севернее широты Тернея) следовая выраженность кудуров значительнее, несмотря на то, что в обоих сравниваемых районах они имеют одинаковый состав кудуритов и формируются в сходных ландшафтах – в зоне главного хребта Сихотэ-Алиня. Отличие состоит лишь в более высоком среднем уровне абсолютных отметок и более суровых климатических условиях местообитаний животных. Отчасти большая следовая выраженность кудуров в северных районах Приморья объяснима присутствием там лосей – животных более тяжеловесных и склонных к формированию троп.

Многие травоядные животные, обитающие на горном плато в районе Йеллоустоунской кальдеры (о ней мы писали выше), периодически также посещают солонцы-кудуры и поедают на них минеральные литогенные вещества (Mattson et al., 1999). Это может указывать на какие-то неблагоприятные для жизни травоядных животных экологические (возможно, биогеохимические) условия на данной территории. Косвенным свидетельством этому

может служить тот факт, что большая часть четырехтысячного стада бизонов в этом районе заражена бруцеллезом (данные из Интернета: wikipedia.org/wiki/). Дело в том, что аналогичные массовые заболевания весьма характерны для домашних животных в районах некоторых биогеохимических аномалий, в частности, сопровождаемых уровской болезнью, беломышечной болезнью и зобом (Гамидов, 2009).

Более детальный анализ ситуации по районам биогехимических эндемий уровской болезни, энзоотической атаксии, беломышечной болезни, анемии, остеодистрофии и зоба указывает на то, что биогеохимические проблемы могут иметь прямое отношение к литофагии. К примеру, в Забайкалье (в некоторых районах Читинской и Амурской областей), где давно выявлены биогеохимически обусловленные заболевания и у людей, и у животных (Дехтерев, 1916; Акулов, 1955), установлено, что такие заболевания связаны с нарушениями обменных процессов в организме довольно обширного набора химических элементов, в их числе: Ca, P, Cu, I, B, Co, Zn, Mg, Fe, Sr, Ba, Se, Co, Mn, Cr, Li и др. (Ермаков, Тютиков, 2008). По данным М.Г. Гамидова (2009), попытки разведения в некоторых молочных хозяйствах Амурской области высокопородных коров из стран Европы, как и из европейской части России, всегда заканчиваются одним и тем же: на местных кормах животные быстро утрачивают высокопородные качества, снижается их продуктивность, повышается восприимчивость к различным заболеваниям.

Как известно, проблема биогеохимических эндемий активно изучается в рамках геохимической экологии и экологической медицины. Одна из последних российских публикаций на эту тему, имеющая отношение к животным, книга «Геохимическая экология животных» В.В. Ермакова и С.Ф. Тютикова (2008). К сожалению, география подобных детальных работ не так широка, как хотелось бы, кроме того, геохимики рассматривают пока слишком узкий круг микроэлементов. Дело в том, что к настоящему времени науке удалось установить роль лишь приблизительно 40–50 химических элементов в организме (Скальный, 1999; Авцин и др., 1991), в то время как в организме животных и человека еще с 1950-х гг., со времен работ советского геохимика академика А.П. Виноградова, их обнаружено около 80. В Большой советской энциклопедии в статье о биогеохимичеких эндемиях упоминается о существовании приблизительно 30 химических элементов (C, N, Li, F, B, Na, Ca, Mg, Al, Si, P, S, Cl, V, Mn, Cu, Zn, As, Se, Br, Mo, Co, I, Ba, Pb, Fe, U и др.), имеющих связь с развитием биогеохимических эндемий и появлением организмов-концентраторов.

Как установлено в последние два десятилетия, малоизвестной группой микроэлементов с точки зрения биомедицинских свойств являются редкие земли. Например, с избытком одного из элементов этой группы – церия – на фоне недостатка в диете магния в настоящее время связывается распространенность фибропластического париентального эндокардита Леффлера (эндомиокардиальный фиброз) – заболевания сердца, на долю которого, согласно данным медицинского справочника, в некоторых странах приходится до 15% летальных исходов. При этом заболевание распространено преимущественно в тропической зоне Африки (Уганда, Нигерия), Азии (юг Индии, Шри-Ланка), а также Южной Америки (Бразилия и Колумбия).

Индийские ученые-медики (Valiathan et al., 1989; Kumar et al., 1996) обнаружили прямую связь распространенности эндомиокардиального фиброза с содержанием в почве тропических регионов монацитов (группа фосфатов, содержащих целый набор редкоземельных элементов, в том числе церий) и повышенным содержанием тория и церия в эндо- и миокарде больных по сравнению со здоровыми людьми. Установлено также, что эти микроэлементы попадают в организм с пищей в первую очередь, с клубнями различных овощей, в которых они накапливаются.

Немаловажным доводом в пользу геохимической гипотезы возникновения эндомиокардиального фиброза могут служить данные экспериментальных исследований, показавшие способность церия стимулировать синтез коллагена фибробластами сердца (Shivakumar et al., 1992). Обнаружена также связь повышенной встречаемости эндомиокардиального фиброза в отдельных районах провинции Керала (Южная Индия), где распространены отложения монацитов в почве (Kutty et al., 1996; Smith et al., 1998).

Обнаруженная связь заболеваний сердца с избытком церия и тория при недостатке магния указывает, прежде всего, на высокую биологическую активность данных редкоземельных элементов. При этом проблемы со здоровьем могут быть как при их избытке, так и при дефиците. Выявленные нами в некоторых кудуритах Сихотэ-Алиня повышенные концентрации элементов редкоземельной группы наводят на размышления о возможной связи литофагии с биогеохимическими аномалиями избытка или недостатка таких элементов (опять же в некоторых случаях).

Ранее мы упоминали, что горные гориллы, обитающие в горах Вирунга в Африке, периодически посещают солонцы-кудуры. На рис. 4 показан один из таких кудуров. Даже поверхностный анализ геологической ситуации в районе вулканических гор, где обитают гориллы, свидетельствует о необычной геохимии горных пород (соответственно и почв) в этом районе. Данный район относится к Восточно-Африканской рифтовой зоне, где распространены самые молодые в Африке вулканические образования. Такие породы, согласно исследованиям Н.С. Маравьевой и А.В. Иванова (2006), часто обнаруживают максимальную степень обогащения щелочами и редкими некогерентными элементами (Nb, Hf, Ta, Zr, TR, Sr, Ba, Rb, U, Th).

Биогеохимическая ситуция в кальдере Нгоронгоро аналогична, но еще более выражена в связи с ограниченностью жизненного пространства оазиса (рис. 43). Значительная его абсолютная высота (напомним, что превышение днища кальдеры над уровнем моря составляет около 2 400 м) это мощнейший стрессирующий фактор.

Д.С. Хаустон и коллеги (Houston et al., 2001), изучавшие слоновьи солонцы-кудуры в районе кальдеры, пришли к заключению, что глинистые грунты, которые поедают слоны, не содержат каких-либо минеральных веществ, в которых животные могут нуждаться. Главный их вывод состоит в том, что слоны поедают глину с целью уменьшить негативное влияние на организм токсичных веществ, поступающих в организм с кормом. При этом авторы убеждены, что токсины, о которых идет речь, – это органические вещества, характерные для некоторых распространенных в данном районе видов растительности.

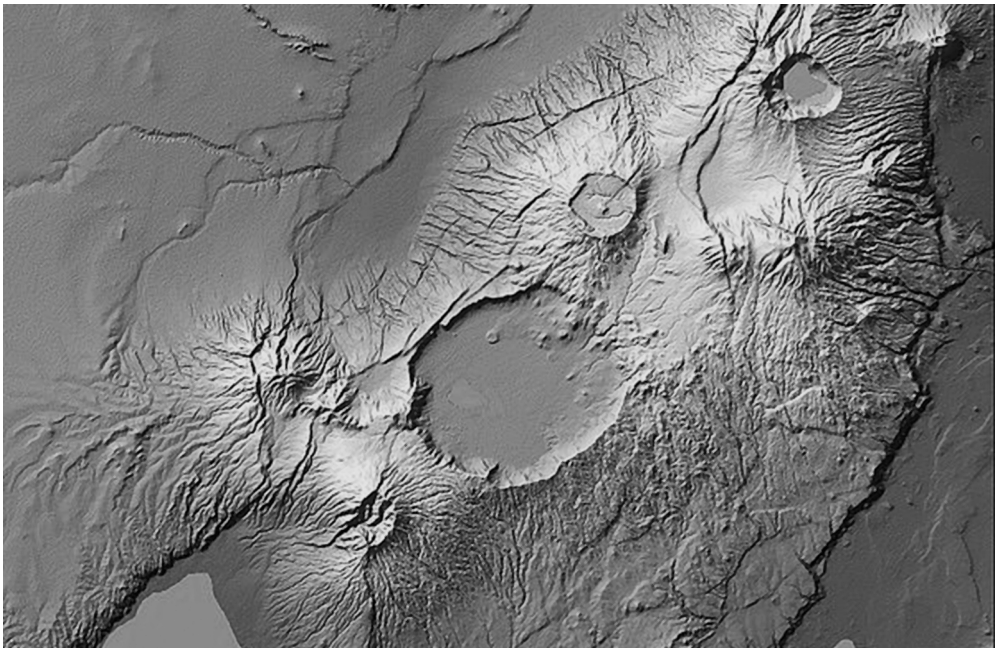


Рис. 43. Космоснимок района кальдеры Нгоронгоро (в центре), ее диаметр около 20 км (заимствовано с сайта File: Ngorongorotopo.jpg)

Нам представляется, что причины литофагии среди животных в кальдере Нгоронгоро, как и в других подобных ситуациях (когда биогеохимические проблемы сочетаются по тем или иным причинам с ограниченностью пространства для животных) могут быть другими. Токсичность растительности может определяться избыточной ее насыщенностью какими-то ассоциациями элементов, характерными для вулканических пород, распространенных в регионе на фоне дефицита каких-то биофильных макро- и микроэлементов. Проблема может возникать также из-за постоянного потребления воды, содержащей макро- и микроэлементы в несбалансированных для организма соотношениях. В такой ситуации место необходимых, но дефицитных элементов в биологичских структурах организма могут занимать элементы не свойственные для таких структур. В организме при этом могут возникать нарушения в работе каких-то систем жизнеобеспечения. Такие нарушения наиболее быстро и жестко проявляются в условиях сочетания различных негативных экологических факторов. Как следствие у животных возникает состояние стресса. Стресс «включает» в организме инстинктивный механизм самоспасения через поиск и потребление минерально-кристаллических литогенных веществ-адаптогенов.

Завершая разбор «микроэлементной» гипотезы о причинах литофагии, стоит специально подчеркнуть, что мы не считаем ее исчерпывающей в объяснении феномена литофагии. Как уже отмечалось ранее, по нашему прогнозу вклад микроэлементов может составлять в лучшем случае лишь треть от всех случаев литофагии. По всей видимости, это только те случаи, когда животные в течение длительного времени не имеют возможности по тем или

иным причинам покинуть район биогеохимической аномалии. Случаи литофагии по совмещенным биогеохимическим проблемам (микроэлементы совместно с макроэлементами) встречаются значительно чаще. Возможно, такой вариант может охватывать до 100% случаев. Однако даже при 100%-й связи литофагии с разбалансировкой химического состава организма из-за химически некачественной пищи и питьевой воды при потреблении кудуритов всегда задействуются многие их биологически активные свойства. Кудуриты всегда усиливают в организме процессы утилизации корма, благотворно влияют на симбионтную микрофлору, укрепляют иммунитет, очищают от токсичных шлаков, могут работать и другие свойства минеральных веществ, описанные в табл. 11.

Таким образом, мы убеждены, что единой причины кудуритной литофагии, подходящей для всех без исключения случаев, не существует. Она всегда связана с разбалансировкой в организме минерального и общего обмена веществ в организме и сопутствующими в связи с этим нарушениями, но при этом она всегда конкретна. Окончательно решить, в чем причина литофагии у животных в каждом конкретном случае можно только после проведения специальных исследований.

Гастролитная литофагия у птиц имеет особый акцент. Она всегда упреждающе направлена на поддержание минерального статуса организма, на поддержание эффективной работы системы утилизации корма, а также на поддержание иммунного статуса организма.

Теперь чуть подробнее остановимся на вопросе привязанности животных к кудуритам и к местам их формирования.

Ранее мы уже отмечали, что поскольку районы постоянного формирования кудуров обусловлены геологически, геоморфологически и биогеографически, то они являются постоянными местами концентрации копытных животных и связанных с ними хищников, причем иногда на протяжении целых геологических эпох.

У древних растительноядных животных, если судить по результатам исследования их костных остатков, а также остатков туш сохранившихся в вечной мерзлоте, связь с геологической составляющей ландшафта была такой же, если не более выраженной, чем у современных их представителей. Результаты изучения содержимого желудков мамонтов из Якутии, в частности шандринского и киргилляхского, а также чурапчинского шерстистого носорога и экскрементов мамонта из пещеры Бечан (Глен-Каньон, шт. Юта, США), свидетельствуют о значительной «литозависимости» этих древних видов млекопитающих. Во всех случаях отмечено существенное (в экскрементах до 50%) содержание тонкопелитовой минеральной фракции (Шило и др., 1983; Бгатов и др., 1989). На вероятность активной литофагии среди мамонтов указывает также Е.Н. Мащенко (1999) на основе проведенных им раскопок плейстоценовой фауны в районе Шестаковского яра. Что касается находок гастролитов среди скелетных остатков некоторых динозавров, то таких примеров уже многие десятки (если не сотни). Находки гастролитов при раскопках динозавров отмечают и российские палеонтологи, в том числе Ю.А. Орлов (1989), а также В.Г. Очев с соавт. (2004).

В развитие этих идей несколько слов о подмеченных некоторыми исследователями признаках близости к местам погребения палеофауны типичных

кудуритных грунтов и природных источников натриевых солей (Мащенко, 1999). Дело в том, что сегодня считается уже общепризнанным, что массовые захоронения животных в прошлом чаще всего были обусловлены экологическими катастрофами, в том числе вызванными активизацией вулканов. Состояние стресса, возникавшее у животных в связи с массовым выбросом в среду обитания химически активного вулканического пепла, несомненно, вынуждало их инстинктивно концентрироваться в местах выходов спасительных кудуритов. При этом животные какое-то время могли жить, сбившись в гурты, пока не гибли от резкого и тотального повышения в кормах и воде ядовитых химических веществ.

В связи с обсуждаемой темой вполне логичен вопрос о технологиях кардинального улучшения среды обитания копытных животных в ландшафтах, неблагоприятных с точки зрения тех или иных стресс-факторов. Его решение, с одной стороны, лежит в плоскости повышения эффективности управления территорией. Необходимо очень серьезно отнестись к уже существующим природным кудурам, особенно к наиболее крупным и значимым для животных. За рубежом, судя по некоторым публикациям, например (Rea et al., 2004), вопросы охраны естественных солонцов-кудуров хотя бы обсуждаются. В России единичные работы охотоведов, в которых поднималась эта тема, встречались лишь в 1980-х гг. (Дицевич, 1982, 1988).

Второй путь решения проблемы улучшения среды обитания диких животных – биотехнологический. Как показывает опыт Кавказского государственного заповедника, создание искусственных солонцов (закладка натриевых солей в глинистые грунты) в зоне верхней границы лесов позволяет очень эффективно наращивать плотность животных в горных местообитаниях. Максимальный эффект от такого рода мероприятий может быть достигнут в случае закладки натриевых солей в местах естественного или искусственного вскрытия пород, соответствующих по минеральному составу кудуритам типичным для конкретного региона.

Новый взгляд на эволюцию животных

Идея причастности твердокристаллических минералов к происхождению первых биологических систем, которая высказывалась еще в 1940-х гг. известным кристаллографом Д. Берналлом (1969), в последние годы становится все более доказательной. Существенным прорывом к пониманию роли литогенных кристаллов в абиогенном зарождении биологического вещества было открытие Э.Я. Костецкого и С.А. Алексакова (1981), показавших возможности синтеза олигонуклеотидов на кристаллической матрице апатита. Впервые был предложен реальный механизм возникновения оптической активности биомолекул и происхождения ДНК. Теоретическая модель, предложенная учеными из Владивостока в отношении апатита, позднее была ими же усовершенствована (Костецкий, 2008). Под влиянием этих идей спектр природных кристаллов, способных участвовать в биопоэзе, уже в середине 1980-х гг. был расширен сначала на кальцит, решетка которого состыковалась с некоторыми аминокислотами (Раменская, 1985, 1993), а затем и на цеолиты. В 1986 г. американец Нисбет (Nisbet) обосновал принципиальную

возможность синтеза первых молекул РНК и ДНК на цеолитовых минералах в местах разгрузки гидротерм, обогащенных углеводородами.

Не исключено, что существование первых представителей живых клеток было как-то связано с физико-химическими процессами карбонат-бикарбонатного равновесия в растворах. Питательной средой и поставщиком энергии для них, возможно, служили хемогенные карбонаты (к примеру, насыщенные фосфором карбонатиты). На возможность существования обогащенных фосфором карбонатитовых магм в архее указывает, в частности, М.Е. Раменская (1996).

Позднее прокариоты переключаются с карбонатов на железосодержащие субстраты, что в итоге привело к формированию крупнейших залежей железных руд типа железистых кварцитов. Согласно существующим в науке представлениям, формирование железистых кварцитов приурочено к интервалу 3,0–1,8 млрд лет (Оспанова, 1996).

Еще в протерозое, возможно, в результате экологической глобальной катастрофы, связанной с чрезмерно размножившимися прокариотами, происходит появление одноклеточных эукариотов – организмов принципиально иного типа с хорошо выраженным клеточным ядром. В формировании эукариотов непосредственное участие минерально-кристаллических веществ вероятно было уже не актуальным. Скорее всего, новый этап эволюции проходил путем мутаций и объединения разных типов прокариотических клеток в один организм. Можно отметить, что идея происхождения эукариотов путем эндосимбиотического объединения прокариотных организмов в настоящее время является наиболее перспективной (Margulis, 1970; Кулаев, 1998; Малахов, 2003).

Среди эукариотов, наряду с автотрофными организмами, широкое распространение получают гетеротрофные формы. Последние очень скоро образуют многоклеточные корпорации. Идет активный процесс объединения их в унитарные биосистемы. Прорывом к созданию унитарных многоклеточных организмов, вероятно, было появление общих твердоминеральных структур – прообразов будущих скелетов, служивших для разных видов одноклеточных объединяющим началом.

Первые многоклеточные живые системы с биогенными минеральными компонентами в виде внешних и внутренних скелетов, согласно данным палеонтологической летописи, появились на рубеже протерозойской и палеозойской эр. Скелеты кишечнополостных, моллюсков, брахиопод и других беспозвоночных появляются с позиции геохронологии практически одновременно. При этом почти одновременно возникают скелеты из кальцита, апатита и оксида кремния. Известно также, что органические матрицы минеральных тканей, состоящие из белков коллагеновой группы, мукополисахаридов и фосфолипидов, одинаковы для всех видов организмов от водорослей до человека (Голубев, 1981). Анализируя тот факт, что единообразие механизмов биоминерализации не связано с прямым унаследованием признака от предков, С.Н. Голубев (1987) дает ему единственно правдоподобное объяснение. «Вспомнив», что когда-то предбиологические структуры возникали на матрицах минералов, организмы осуществили управляемый синтез тех же самых минералов уже на органических матрицах. Появление у многоклеточных животных твердокристаллических образований «собственного производства» в конце протерозоя, несомненно, открыло путь эволюции к

совершенствованию механизмов их автономизации. Собственные минеральные депо, выполняющие одновременно и роль мусорных корзин для сброса трудновыводимых шлаков, существенно расширили возможности многоклеточных организмов к адаптации в различных местах обитания. Вполне вероятно, что первые растительноядные животные суши, получавшие все необходимые минеральные вещества из наземной растительности, химический состав которой крайне не постоянен, столкнулись с жесткой проблемой регулирования ионного равновесия своих внутренних электролитных сред, а также с проблемой стабилизации симбионтной микрофлоры в пищеварительном тракте. Вероятно, эти проблемы долго не могли полностью решаться только за счет внутриорганизменных ресурсов. До какого-то этапа совершенствования системы гомеостазирования регуляция ионного равновесия в организмах могла происходить путем включения в пищевой рацион природных минеральных ионообменников. Это просматривается, по крайней мере, на всех однопроходных животных. С развитием надежности биосистем в ионорегуляции постоянная потребность в минеральном звене постепенно сменилась на периодическую. Эта потребность, вероятно, могла то угасать совсем, то вспыхивать вновь в связи с климатическими или геохимическими перестройками среды обитания, что нетрудно заметить на современных представителях растительноядных млекопитающих зоны умеренных широт, у которых литофагия носит сезонный характер, подчиняясь ритмам изменения химического состава растительности.

Наша версия об этапах развития литофагиальных механизмов адаптации у животных представлена в табл. 12.

Как уже не раз отмечалось, в доказательство того, что древние рептилии были литозависимы, свидетельствуют находки «желудочных камней» у многих их представителей, в том числе у всех растительноядных форм, а также «камней» в желудках многих современных рептилий.

Вполне возможно, что заглатывание камней некоторыми крокодилами (Moodie, 1912; Kennedy, Brokman, 1965) – типичными хищниками, пожирающих своих жертв целиком вместе с костями, часто не имеет под собой какой-либо реальной потребности. Это может быть просто «отголоском» древнего инстинкта. Тем не менее, пока нельзя сбрасывать со счетов версию об участии гастролитов в регуляции плавучести животных, ведущих водный образ жизни (Henderson, 2003). Эта версия, кстати, была предложена еще в начале XX в. при объяснении находок гастролитов у плезиозавров (Williston, 1903, 1904). В то же время трудно представить, что крокодилы, водные млекопитающие (к примеру, тюлени) и водные птицы (к примеру, пингвины) глотают камни только по необходимости облегчения энергетических затрат при нырянии. Более вероятной нам кажется мысль о том, что функций «желудочных камней» в организме водных животных может быть несколько, как и у растительноядных птиц.

Браун Барнум после обнаружения в Южной Дакоте (США) многочисленных костных останков плезиозавров с гастролитами сразу отверг версию «о регуляции плавучести» на том основании, что масса гастролитов в сравнении с многотонными тушами этих водных рептилий слишком мала, склонившись к версии «каменной мельницы» (Barnum, 1904). На рис. 44 приведен пример одной из находок Барнума.

Таблица 12

Основные этапы развития биоминеральных взаимодействий в фанерозое

(по: Паничев, Гульков, 2001, с изменениями)

Возрастные рубежи (млрд лет)	Этапы развития биосистем и биоминеральных взаимодействий
Около 0,6	Многоклеточные организмы осуществляют синтез биоминералов на белково-полисахаридных матрицах. В результате они получают основу для построения опорных скелетов (одновременно минеральные депо и места сброса трудновыводимых шлаков), что резко повышает возможности животных для освоения суши
0,6 ~ 0,2	Вспышка развития экосистем, стержневым элементом которых становятся водные многоклеточные автотрофы, прикрепленные к минеральным субстратам. Активное развитие растительноядных земноводных животных с постоянным присутствием в пищеварительном тракте минералов коры выветривания горных пород (гастролитов), включенных в систему гомеостазирования организма
0,2 ~ 0,07	Активное развитие земноводных рептилий, появление первых млекопитающих (однопроходные), в том числе наземных растительноядных форм с «гастролитными звеньями» в системе гомеостазирования
Около 0,07	Появление растительноядных млекопитающих с более развитой системой ионорегуляции (сумчатые, плацентарные). «Гастролитные звенья» у них трансформируются в механизмы периодической «кудуритной автоподстройки»
0,07– по настоящее время	Активное развитие экосистем современного типа. Механизмы периодической «кудуритной автоподстройки» сохраняются у растительноядных млекопитающих и человека лишь в отдельных ландшафтах с особым биогеохимическим режимом

В последние годы версия о «мельнице», по крайней мере в отношении некоторых видов динозавров, нашла дополнительное подтверждение. В журнале «Природа» за 1991 г. (№ 12, с. 112) в краткой заметке сообщается, что специалисты-оптики из США и Великобритании разработали метод идентификации гастролитов динозавров по кривым рассеяния света. Проведенные новым методом исследования позволили высказать более обоснованное предположение о том, что у динозавров (во всяком случае у некоторых видов) были мускульные желудки, подобные птичьим.

На это же косвенно указывают и некоторые специальные исследования. На диаграмме (рис. 45), заимствованной из работы О. Уингса и П. Сандера (Wings, Sander, 2007), показано соотношение массы тела животных к массе гастролитов на примере 27 видов (из нескольких семейств) современных диких и домашних птиц, включая страусов и четырех видов ископаемых динозавров. Один вид динозавров относится к тераподам (*Caudipteryx*) и три к завроподам (*Seismosaurus, Cedarosaurus* и *Dinheriosaurus*). На диаграмме хорошо видно, что значения отношения массы тела к массе гастролитов для птиц и родственных им динозавров (*Caudipteryx*) подчиняются единой закономерности (с увеличеснием веса животных почти пропорционально растет вес гастролитов в желудках). В то же время значения показателя весового отношения для завропод лежат значительно ниже линии регрессии для птиц и динозавров каудиптериксов. Полученная закономерность может указывать на то, что

Рис. 44. Гастролиты, найденные при раскопках плезиозавра на территоии США, шт. Южная Дакота. Вес отдельных камней более килограмма (по: Barnum, 1904)

принцип работы гастролитов у каудиптериксов близок к таковому у птиц, что косвенно указывает также на принципиальное сходство как их физиологии, так и пищевого рациона. Поскольку показатели весового отношения у завропод существенно отличаются, это может быть косвенным доказательством того, что функции гастролитов в их желудках были существенно иными.

Относительно находок гастролитов в желудках некоторых вымерших рептилий можно высказать еще одно предположение. Дело в том, что такие находки могут и не характеризовать в полной мере пристрастия животных к литофагии. Некоторые динозавры вполне могли потреблять и землистые кудуриты, которые быстро выводились из ЖКТ. В желудках же длительное время оставались лишь наиболее крупные камни, которые палеонтологи идентифицируют как гастролиты. Другими словами, среди динозавров могли быть формы с преобладанием кудуритной литофагиальной регуляции организма. Возможно, именно этим объясняются отклонения показателя отношения веса тела к весу гастролитов у растительноядных завроподов, отмеченные в работе (Wings, Sander, 2007).

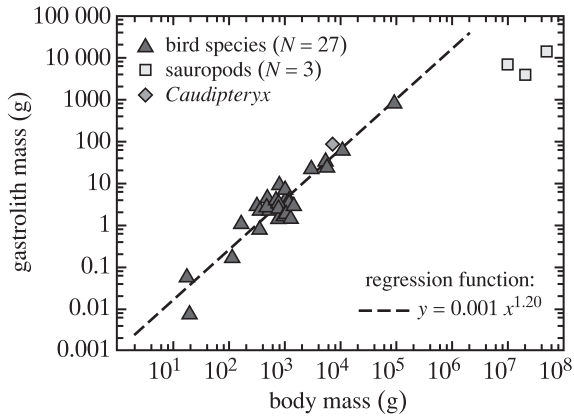


Рис. 45. Отношение массы тела к массе гастролитов у птиц и динозавров (по: Wings, Sander, 2007)

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Как достоверно выявленные, так и только обозначившиеся аспекты биоминеральных взаимодействий явно указывают на то, что роль минеральной среды в эволюционном пути жизни на Земле явно значительнее, чем представлялась и до сих пор представляется многим биологам и экологам. Об этом, в частности, свидетельствует феномен литофагии – инстинктивное стремление, сохранившееся у многих групп животных и даже у человека, к поеданию минерально-кристаллических веществ. Выполненное нами целенаправленное исследование данного феномена позволяет обобщить новые полученные знания в виде нижеследующих тезисов.

1. Литофагия – пищевое использование животными литогенных веществ, производных коры выветривания разнообразных горных пород, в самом общем виде есть проявление эволюционно обусловленного универсального способа многоканального регулирования вещественного состава внутренних сред, а также биологических и физиологических процессов в организме.

2. Биологическое действие кудуритных веществ многофакторно и определяется по меньшей мере сорбционными, ионообменными, каталитическими их свойствами, а также способностью позитивно для организма взаимодействовать с его микробным населением.

3. Существует по меньшей мере две разновидности инстинктивной литофагии, определяющие два типа авторегуляции организмов с помощью природных минералов.

Для всех однопроходных (клоачных) животных-фитофагов наиболее характерна гастролитная литофагия – более или менее постоянное использование в пищу кремнийсодержащих минералов относительно крупной размерности, при этом гастролиты постоянно включены в систему гомеостазирования организма.

Для наземных плацентраных млекопитающих характерно использование в пищу землистых веществ – кудуритов; при этом минералы лишь помогают при необходимости восстанавливать утраченное под воздействием внутренних или внешних факторов равновесное состояние в организме.

4. Выбор животными тех или иных минералов предопределяется геологическими и физико-географическими особенностями конкретного региона.

В горных регионах, где преобладают молодые вулканические породы (вулканические пояса и зоны ареального вулканизма), в составе кудуритов доминируют цеолиты, смектиты, а также опаловые породы типа опок и тре-

пелов. Формировались они в пределах вулканических кальдер и вулканотектонических впадин большей частью в озерных условиях. Среди обменных катионов в них преобладают натрий и кальций.

В районах, где распространены слабометаморфизованные терригенные породы флишоидного типа, в составе кудуритов преобладают тонко распыленные формы кварца, минералы групп гидрослюд, хлоритов, иногда карбонаты – типичные продукты гипергенной дезинтеграции сланцевых пород. Иногда присуствует примесь каолинита или смектита, чаще как результат наложенного гидротермального процесса. Катионная специфика всех ионообменников на основе сланцевых пород кальций-магниевая.

В пределах равнин в минеральном составе кудуритов наиболее распространены опал и минералы групп каолинита и смектита.

В составе гастролитов в желудках птиц практически всегда доминируют оксиды кремния и кремнийнасыщенные минералы (кварц, полевые шпаты и др.) – наиболее распространенные продукты выветривания разнообразных горных пород.

5. Все используемые растительноядными животными в качестве пищевых компонентов литогенные вещества обладают способностью к регуляции химического состава организма (через электролиты ЖКТ). При этом роль минералов как регуляторов во многом состоит в привносе в организм недостающих элементов и выводе избыточных путем их избирательной сорбции или ионного обмена на дефицитные.

6. Насыщенность кудуритов ионами или солями натрия является лишь дополнительным стимулом для их внутреннего использования наземными растительноядными млекопитающими.

7. Формирование биологически активных качеств кудуритов происходит на фоне физико-химических и биологических процессов, протекавших в горных породах в прошлом или на современном этапе, в том числе при их выветривании.

Привлекательность кудуритов для млекопитающих может резко усиливаться в результате переработки их термитами и другими растительноядными насекомыми – концентраторами биофильных макро- и микроэлементов, а также специфических органических веществ и микроорганизмов, в том числе целлюлозоразрушающих.

8. Инстинктивная литофагия у животных может приобретать традиционные формы с длительным посещением одних и тех же мест на протяжении столетий и тысячелетий, в результате чего формируются солонцы-кудуры. Районы формирования солонцов-кудуров могут оставаться неизменными в течение миллионов лет.

9. Все солонцы-кудуры во многом определяют (и всегда определяли) пространственно-временную организацию жизни диких животных, обитающих на окрестных территориях, также одомашненных животных при полувольном их содержании.

10. Плотоядные птицы и млекопитающие в качестве аналогов литогенных веществ используют биогенные опаловые, арагонитовые и апатитовые вещества скелетов животных, обладающих сходным биологически активным действием. Минералы биогенного происхождения нередко используют так-

же растительноядные и всеядные животные. Особенно это характерно для грызунов и других мелких млекопитающих.

11. Многие крупные, выходящие на поверхность месторождения кудуритов (цеолититов, смектитов, каолинитов и других минералов, обладающих выраженными биологически активными свойствами) во многом влияли на жизнь древнего человека.

12. Причины инстинктивной литофагии у человека в целом те же, что и у животных. Инстинктивное стремление у людей к литофагии после длительного голода (что отмечено в ряде публикаций) обусловлено состоянием стресса в результате развившихся в организме гомеостатических нарушений.

Если попытаться обозначить наиболее актуальные направления для дальнейших научных исследований по теме литофагии, я бы выделил следующие: биомедицинское, биотехнологическое и экологическое.

Актуальность биомедицинского направления обусловлена в значительной мере тем, что в последние десятилетия в обществе наблюдался повышенный интерес к различным древним лечебным практикам, в том числе с использованием природных минералов. Особенно много наработок в исследовании биомедицинских свойств минерально-кристаллических веществ по всему миру к настоящему времени сделано в отношении глинистых минералов и цеолитов. При этом наиболее внушительный перечень положительных клинических эффектов выявлен у цеолитов. В их числе следующие:

– общий и местный антитоксический эффект;
– гепатопротекторный;
– выведение из организма тяжелых и радиоактивных металлов;
– иммунномодулирующий;
– антианемический;
– антисклеротический;
– антигипоксический;
– эффект нормализации липидного, белкового и углеводного обменных процессов;
– эффект улучшения репродуктивной функции;
– десенсибилизирующее действие;
– оптимизация функций эндокринной системы;
– стимуляция регенераторных процессов, в том числе костных тканей;
– усиление активности биохимических реакций в кишечнике;
– антиоксидантный эффект;
– способность восполнять недостаток многих макро- и микроэлементов в организме;
– способность влиять на психические функции;
– повышение стрессоустойчивости организма, в том числе при охлаждении и перегреве.

Некоторые из установленных клинических эффектов нельзя объяснить с применением только имеющихся научных знаний. Часть эффектов, несо-

мненно, обусловлена пока неизвестными науке механизмами биоминеральных взаимодействий, в том числе, очевидно, теми, которые принимали активное участие в создании первых клеточных форм жизни на Земле.

С этих позиций биомедицинские аспекты исследований проблемы литофагии тесно стыкуются с фундаментальной проблемой происхождения и эволюции живого. Многие ответы на вопросы о происхождении и эволюции жизни на Земле содержатся в расшифровке механизмов биоминерализации, а также в установлении филогенетической связи участвующих в этом процессе белков.

Уже известно около десятка ферментных систем, принимающих участие в биоминерализации. На сегодняшний день открыто более 100 различных белков, способных транспортировать ионы и соединения кремния. В магниточувствительных бактериях, способных накапливать минеральные соединения железа, обнаружен ряд белков, осуществляющих внутриклеточный синтез нано- и микрокристаллических частиц (кубические, удлиненные призматические, стрелкообразные и др.) различных форм оксидов железа (FeO, Fe_2O_3, Fe_3O_4, Fe_3S_4).

На основании только этих фактов можно строить обоснованные предположения о том, что многие современные организмы в процессе эволюции просто утратили возможность утилизировать кремнезем, соединения железа, возможно, и другие литогенные минерально-кристаллические вещества, как это делали их далекие одноклеточные пращуры, а гены, кодировавшие необходимые для этого белки, «молчат» либо претерпели изменения. Чтобы разобраться во всем этом окончательно, следует расширять экспериментальные и теоретические исследования в области биоминеральных взаимодействий.

Регуляция минерального состава организма, одного из важнейших свойств кудуритных минералов, основана на пока недостаточно изученных законах взаимозамещения химических элементов в биоструктурах. Изучение этих законов, с моей точки зрения, чрезвычайно актуально.

Практика использования природных минералов в медицине и ветеринарии, несомненно, также имеет право на продолжение. Для успешного развития данного направления в России мне представляется необходимым сделать следующее.

1. Необходимо создать постоянно действующую комиссию из числа наиболее авторитетных специалистов в области биоминеральных взаимодействий. Основной задачей ее должна быть оценка пригодности природных минералов и их месторождений для медицинских технологий. Как показывает практика, передача этих функций узким специалистам санитарного профиля или, что еще хуже, неспециалистам-чиновникам приводит к серьезным ошибкам в оценке месторождений и развитию коррупционных схем их лицензирования.

2. Необходимо разработать и принять эффективную систему экспрессной проверки минерального сырья и входящих в него компонентов, а также готовых продуктов и технологий на цитотоксические, тератогенные и канцерогенные свойства при пероральном, аппликационном, ингаляционном и хирургическом их применении.

3. Необходимо пересмотреть действующие санитарные нормы и правила (СанПин 2.3.2.1078-01, 2002) в части ограничения применения цеолитов и

глин по содержанию свинца. Установленный показатель по свинцу 2 мкг/г не обоснован, он может быть увеличен как минимум в 10 раз.

С моей, экспертной, точки зрения, совершенно очевидно, что избыточно завышенные требования по свинцу (речь идет о валовом количестве) не оставляют шансов применения цеолитового сырья, максимально пригодного для медицинских технологий, поскольку месторождений со столь низким содержанием свинца почти не существует в природе. В результате такого ограничения наработка новых знаний в области биоминеральных взимодействий через практическую медицину осуществляется неэффективно, охватывает очень ограниченный спектр месторождений, причем часть из них, как показывает анализ существующих данных, содержит сырье с серьезными недостатками биомедицинского характера, кроме того, избыточно дорогого в добыче и переработке. Само понятие промышленного месторождения применительно к медицинскому сырью, такому как цеолиты или глины, тоже должно быть пересмотрено. Для успешного применения цеолитовых и глинистых пород в медицине необходимо уходить от гигантских масштабов разведанного сырья к ограниченным локальным запасам, которые должны оцениваться по специальным методикам.

И последнее. Дальнейшее развитие экологической науки без углубления знаний о биоминеральных взаимодействиях, о связи животных с геологическими компонентами природной среды мне представляется ущербным, не соответствующим реалиям нового времени.

БЛАГОДАРНОСТИ

В проделанной работе значителен личный вклад автора, что дает мне право публиковать книгу как монографию. Тем не менее эта книга не состоялась бы, если бы не помощь и не участие в ней многих людей.

Главным вдохновителем и помощником моим, участником многих экспедиций была моя жена Ольга Глебовна Лихачёва.

Человеком, который в наибольшей мере оказал влияние на мое становление как специалиста в области стыка геологии и биологии, был Василий Иванович Бгатов, заслуженный геолог РСФСР (1983), крупный специалист по лито- и рудогенезу осадочных бассейнов, в области эволюции геологических поцессов и их влияния на жизнь и развитие биосферы.

В числе крупных ученых, тех, кто оказал мне неоценимую своевременную поддержку, член-корреспондент РАН Г.И. Худяков, член-корреспондент РАН А.И. Перельман, а также академик РАН А.В. Жирмунский.

В сборе и обработке материалов мне помогали специалисты своего дела: геохимики П.В. Елпатьевский, А.П. Попов, А.П. Бабий, биологи Г.Г. Собанский, О.Ю. Заумыслова, В.А. Солкин,И.В. Серёдкин, И.А. Филус, геологи В.Ф. Игнатова, В.К. Попов, С.М. Максимов, И.Ю. Чекрыжов, А.В. Ван, Б.В. Ежов, К.Е. Колодезников, С.М. Тащи, Г.Г. Сысолова, В.М. Токаев, медик К.С. Голохваст, археолог В.И. Дьяков, специалист в области технических наук А.Н. Гульков.

Необычайно значим научно-практический вклад в сей труд биологов-охотоведов Д.Г. Пикунова, П.В. Фоменко, Ю.А. Дармана, В.В. Арамилева.

Среди тех, кто много помогал мне практически в трудных таежных путешествиях, Е.В. Смирнов, В.П. Шаров, Ю.А. Макаров, А.В. Лотов.

Особую признательность выражаю ответственному редактору книги доктору биологических наук Надежде Константиновне Христофоровой.

ЛИТЕРАТУРА

Авхименов В.Ф. Результаты применения «Литовита» у детей с дерматозами // Природные минералы на службе человека (Минеральная среда и жизнь): Тез. междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск, 1997. С. 28.

Авцин А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека. М.: Медицина, 1991. 496 с.

Агафонкина Т.В. Морфофункциональные изменения тимуса и иммунобиохимические показатели крови при воздействии цеолитсодержащим трепелом: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2006. 21 с.

Агафонкина Т.В., Меркулова Л.М., Стручко Г.Ю., Мухаммад З. Изучение иммунобиохимических и гематологических параметров крови после применения цеолитсодержащего трепела // Мат. IV междунар. конф. по функциональной нейроморфологии «Колосовские чтения – 2002». СПб., 2002. С. 39–40.

Агафонкина Т.В., Меркулова Л.М., Стручко Г.Ю. Исследование структур тимуса и показателей крови крыс при кормлении цеолитсодержащим трепелом // Вестн. Чуваш. ун-та. 2006. № 2. С. 46–56.

Айзман Р.И., Герасев А.Д., Петункин Н.И. Влияние цеолитов на водно-солевой обмен и функцию почек // Мат. конф. «Использование цеолитов в защите природной среды и человека». Новосибирск, 1993. С. 23–30.

Айлер Р.К. Коллоидная химия кремнезема и силикатов. М.: Госстройиздат, 1959. 288 с.

Акулов Н.М. Минеральный состав кормов уровских очагов Приамурья. Уровская болезнь. Благовещенск: ДальЗНИВИ, 1955. 46 с.

Албегова Н.Р. Физиологический анализ влияния цеолита ирлит-1 на почечные эффекты хлорида кобальта, его распределение и выведение из организма: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владикавказ, 2004. 223 с.

Александрова О.М. Влияние цеолитсодержащих добавок на продуктивность и обмен энергии молодняка свиней: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Брянск, 2002.

Андреева А.Е., Гадеев Р.Р. Уральские цеолиты – источник макро- и микроэлементов в рационах кур-несушек // Вестн. Оренбургского гос. ун-та, 2006. № 12. Приложение «Биоэлементология». С. 20–22.

Анерт Э.Э. Богатства недр Дальнего Востока. Хабаровск, Владивосток: Книжное дело, 1928. 932 с.

Анненкова Л.С. Влияние различных доз алюмосиликатов на использование питательных веществ рационов и мясную продуктивность бычков казахской белоголовой породы: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Оренбург, 2004. 119 с.

Арсеньев В.К. По Уссурийскому краю. Хабаровск, 1960.

Архипов С.Ф., Позднякова С.В., Шантурова Т.В. и др. Изменение функционального состояния лейкоцитов при потреблении пищевой добавки «Литовит» // Природные минералы на службе человека (Минеральная среда и жизнь): Тез. междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск, 1997. С. 40–42.

Асташова Т.А., Асташов В.В., Морозов С.В. и др. Анализ процессов перекисного окисления липидов в печени, лимфатических узлах, тонкой кишке и периферической крови при

моделировании эндотоксикоза в условиях коррекции препаратом «Литовит» // Природные минералы на службе человека (Минеральная среда и жизнь): Тез. междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск, 1997. С. 43–45.

Асташкина Е.Г. Эффективность применения термообработанного ломонтита в качестве подкормки при выращивании бычков: Автореф. дис. … канд. с.-х. наук. Великий Новгород, 2008. 21 с.

Базарова Д.Ц., Оножеев А.А. Влияние кайода и цеолита на обмен микроэлементов в организме у крупного рогатого скота // Матер. науч.-практ. конф. преподавателей, сотрудников и аспирантов, посвящ. 75-летию БГСХА им. В.Р. Филиппова. Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2006. С. 56–58.

Бгатов В.И., Паничев А.М. Новый метод поисков природных ионообменников и сорбентов // Разведка и охрана недр. 1985. № 11. С. 32–35.

Бгатов В.И., Ван А.В., Паничев А.М., Худяков Г.И. Поиск цеолитов методом «Олень»: Метод. пособие. Новосибирск: СНИИГГИМС, 1985. 36 с.

Бгатов В.И., Лазарев П.А., Спешилова М.А. Литофагия и мамонтовая фауна. Якутск: Якутский научный центр, 1989. 32 с.

Бгатов В.И., Мотовилов К.Я., Спешилова М.А. Функции природных минералов в обменных процессах сельскохозяйственной птицы // С.-х. биология. 1987. № 7. С. 98–102.

Бгатов В.И., Паничев А.М., Собанский Г.Г., Ван А.В., Будников И.В. Зверовые солонцы в горах Сибири // Бюлл. МОИП. 1988. Т. 93. Вып. 2. С. 42–53.

Бгатова Н.П. Влияние длительного использования пищевой добавки «Литовит» на структурную организацию печени в норме и при отравлении животных трихлорметаном // Природные минералы на службе человека (Минеральная среда и жизнь): Тез. междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск, 1997. С. 48–49.

Бгатова Н.П. Эффект длительного внутреннего применения сорбентов на структуру микроворсинок слизистой тонкого кишечника // Морфология. 2000. Т. 118, № 6. Р. 69–72.

Бгатова Н.П., Новоселов Я.Б. Использование биологически активных добавок на основе природных минералов для детоксикации организма. Новосибирск, 2000. 237 с.

Бгатова Н.П., Селятитская В.Г., Пальчикова Н.А. и др. Накопление и выведение цезия 137 из лимфоидных органов крыс при добавлении в рацион различных сорбентов // Бюл. СО РАМН. 1995. № 2. С. 21–24.

Бгатова Н.П., Викторова Ю.М., Кирина Ж.А. и др. Морфологические критерии эффективности использования природного сорбента в первой фазе раневого процесса при термическом ожоге кожи // Морфология. 2004. Т. 126, № 4. С. 18.

Бгатова Н.П., Голохваст К.С., Бгатов А.В. и др. Модулирующее действие природного цеолита на структуру пейеровых бляшек в условиях накопления цезия // Тихоокеанский мед. журн., 2009. № 3. С. 74–77.

Бгатова Н.П., Паничев А.М., Кокшарова В.П. и др. Структура эндотелиоцитов лимфатических капилляров кожи в условиях коррекции раневого процесса при термическом ожоге // Бюл. СО РАМН. 2005. Т. 115, № 1. С. 37–42.

Бернал Дж. Возникновение жизни. М.: Мир, 1969. 391 с.

Бильдуева Д.Г. Разработка кормовой добавки на основе цеолитов и оценка ее иммуномодулирующей активности: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2001. 22 с.

Благитко Е.М., Новоселов Я.Б. Применение «Литовита» при лечении больных с наружными тонкокишечными свищами // Природные минералы на службе человека (Минеральная среда и жизнь): Тез. междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск, 1997. С. 91–93.

Благитко Е.М., Полякевич А.С. Применение биологически активной добавки «Литовит» в качестве компонента комплексного лечения ожоговых больных // Природные минералы на службе человека (Минеральная среда и жизнь): Тез. междунар. науч.-практич. конф. Новосибирск, 1997. С. 94–96.

Благитко Е.М., Бромбин А.И., Беспалов А.А. и др. Применение цеолитов при лечении гнойно-воспалительных заболеваний кожи и подкожной клетчатки // Природные минералы на службе человека (Минеральная среда и жизнь): Тез. междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск, 1997. С. 90.

Благитко Е.М., Новоселов Я.Б., Суходоева Н.Е. и др. Биологически активная добавка «Литовит» в лечебной практике // Новые методы диагностики, лечения заболеваний и управления в медицине: Мат. науч.-практ. конф. ГОКБ. Новосибирск, 1998. С. 164–165.

Бибарсов В.Ю. Эффективность использования цеолита в рационах бычков при выращивании на мясо: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Оренбург, 2004. 22 с.

Боголюбов А.В. Эффективность использования минерала трепел Зикеевского месторождения Калужской области в составе комбикорма для лактирующих коров: Автореф. дис. … канд. с.-х. наук: Дубровицы, 2001. 26 с.

Боголюбова Н.В. Влияние трепела (цеолитового туфа Зикеевского месторождения Калужской области) на процессы желудочно-кишечного пищеварения у откармливаемых бычков: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Дубровицы, 2001. 26 с.

Богомолов Н.И. Сорбенты при лечении распространенного перитонита // Акт. вопр. клин. мед. Иркутск, 1997. С. 427–423.

Бородин Ю.И., Любарский М.С., Бгатова Н.П. К вопросу о механизмах детоксикации внутренней среды организма с использованием искусственных и природных сорбентов (в том числе цеолитов) // Лечебно-оздоровительные факторы Алтая (клинические и экспериментальные аспекты). Новосибирск, 1993. С. 13–14.

Бородин Ю.И. О функциональном взаимодействии сорбирующих веществ с лимфатическими структурами // Проблемы сорбционной детоксикации внутренней среды организма: Международный симпозиум. Новосибирск, 1995. С. 3–7.

Бородин Ю.И., Бгатова Н.П., Паничев А.М. и др. Влияние природных цеолитов на лимфатический дренаж кожи и структуру печени в условиях термического ожога // Бюл. НЦССХ им. А.Н. Бакулева. 2003. Т. 4, № 5. С. 76.

Бородин Ю.И., Бгатова Н.П. Экологическая лимфология и субклеточные аспекты воздействия на организм минеральных комплексов // Вестн. лимфологии. 2005. № 1. С. 19–25.

Бородин Ю.И., Бгатова Н.П., Викторова Ю.М. и др. Исследование роли лимфатического дренажа в формировании процессов воспаления и регенерации при ожоге кожи // Морфологические ведомости (приложение). 2004а. № 1–2. С. 15.

Бородин Ю.И., Бгатова Н.П., Паничев А.М. и др. Состояние органов ротовой полости и регионарного лимфатического узла экспериментальных животных в условиях термического ожога кожи // Хирургия. Морфология. Лимфология. 2004б. Т. 1. № 1. С. 24–27.

Брин В.Б., Бузоева М.Р., Гаглоева Э.М. Профилактика накопления и стимуляция экскреции тяжелых металлов с помощью применения цеолитоподобных глин «Ирлитов» в эксперименте // Вестн. нов. мед. техн. 2006. Т. XIII. № 3. С. 44–45.

Брин В.Б., Бузоева М.Р., Гаглоева Э.М. Профилактика проявлений токсической нефропатии, вызванной тяжелыми металлами (хлоридом кобальта, хлоридом ртути), с помощью применения цеолитоподобных глин Ирлитов // Вестн. нов. мед. технол. 2007. Т. XIV, № 1. С. 196–198.

Бромлей Г.Ф., Кучеренко С.П. Копытные юга Дальнего Востока СССР. М.: Наука, 1983. 304 с.

Бузоева М.Р., Брин В.Б., Гаглоева Э.М. Профилактика накопления и стимуляция экскреции тяжелых металлов с помощью применения цеолитоподобных глин (Ирлитов) в эксперименте // Вестн. нов. мед. техн. 2006. № 3. С. 44–45.

Бузоева М.Р. Экспериментальный анализ профилактического влияния цеолитоподобных глин ирлитов на почечные эффекты хлорида кобальта, его распределение и выведение из организма: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Владикавказ, 2008. 22 с.

Буров А.И., Аблямитов П.О., Грайзер М.И. Колодезников К.Е. Палеозойские клиноптилолитизированные туфы юга Сибисркой платформы, Саяно-алтайской и Казахстанской складчатых областей // Тр. конф. по вопросам геол. физик.-химич. свойств и применения природных цеолитов. Тбилиси. 1985. С. 53–56.

Буров А.И., Якимов А.В. Осадочные цеолитсодержащие породы как перспективная основа для производства лечебно-профилактических препаратов // Природные минералы на службе человека. Новосибирск, 1997. С. 50–52.

Ведмицкий В.А., Горохов В.К. Влияние цеолитов лютогского месторождения на показатели витаминного обмена цыплят-бройлеров // Матер. XXXI науч.-метод. конф. преподавателей. Южно-Сахалинск, 1996. С. 150–151.

Велижанин А.Г. Об отлове глухарей на песках в Томской области // Ресурсы тетеревиных птиц в СССР. (Геогр. распространение, экол. особенности населения, использ. и восстановление запасов): Материалы совещ. 2–4 апр. 1968 г. М., 1968. С. 6.

Вертипрахов В.Г. Особенности секреторной функции поджелудочной железы цыплят-бройлеров и возможности коррекции пищеварения животных ферментными препаратами на цеолитовой основе: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Новосибирск, 2004. 25 с.

Викторова Ю.М. Структурная организация десны в условиях нормы, термического ожога кожи и коррекции лимфатического дренажа: Автореф. дис. … канд. мед. наук. Новосибирск, 2009. 22 с.

Виноградов А.К. Токсичность высокоминерализованных стоков для морских гидробионтов. Киев: Наук. думка, 1986. 157 с.

Водопьянов Б.Г. Некоторые особенности зимнего солонцевания и питания изюбра в юго-западном Прибайкалье // Экология охотничьих зверей и птиц. Технология производства в охотничьем хозяйстве. Иркутск: ВНИИОЗ, 1976. С. 19–22.

Вологина Ж.Ю. Физиологические особенности пищеварения бычков при скармливании природного цеолита Тузбекского месторождения и биотрина: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Троицк, 2004.

Воробьева Н.Ф. Реакция крови и подкожной рыхлой соединительной ткани белых крыс при общем перегревании организма и при перегревании на фоне введения природных цеолитов // Бюл. СО РАМН. 2007. № 1 (123). С. 76–79.

Воронков М.Г., Кузнецов И.Г. Кремний в живой природе. Новосибирск: Наука, 1984. 155 с.

Вязовая Е.А., Орловская И.А., Козлов В.А. Влияние накожных аппликаций мелкодисперсной минеральной композиции на морфофункциональные показатели иммунной системы // Иммунология. 2007. Т. 28. № 6. С. 338–342.

Вязовая Е.А. Эффекты взаимодействия микрочастиц цеолита с кожей: морфофункциональные показатели иммунной системы: Автореф. дис. … канд. биол. наук. Новосибирск, 2008. 20 с.

Гаврилов Ю.А., Диких Н.Ю. Применение цеолитов Вангинского месторождения в свиноводстве // Свиноводство. 2006. № 3. С. 15–17.

Гагаро М.А. Коррекция природными цеолитами гомеостатических сдвигов при активации свертывания крови: Автореф. дис. … канд. биол. наук. Ханты-Мансийск, 2007. 25 с.

Гаглоева Э.М. Влияние энтерального введения природного минерала РСО-Алания Ирлит-1 на почечные эффекты хлорида ртути, распределение и динамику выведения ртути из организма в эксперименте: Автореф. дис. … канд. мед. наук. Владикавказ, 2008. 22 с.

Гайдаш А.А., Цуканов В.В. Протекторное влияние цеолитового энтеросорбента в условиях фтористой интоксикации // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2002. № 2. С. 92–95.

Гайдаш А.А. Влияние клиноптилолита на ультраструктуру и химический состав почек / Тез. II междунар. конф. «Наука–бизнес–образование. Биотехнология–Биомедицина–Окружающая среда», 2003. С. 63.

Гайдаш А.А. Структура миокарда, легких, печени, почек и физико-химические свойства соединительной ткани под влиянием фтора и природного цеолита (экспериментальное исследование): Автореф. дис. … докт. биол. наук. Новосибирск, 2005. 30 с.

Гайдаш А.А., Николаев В.Г., Габуда С.П. Структура миокарда, печени, почек и физико-химические свойства соединительной ткани при воздействии фтора и природных цеолитов / Атлас электронно-микроскопических фотографий, спектров ЯМР и комбинационного рассеяния / Ред. Л.Д. Зыкова, С.Г. Козлова. Красноярск, 2005. 110 с.

Гамзаев Р.А. Эффективность использования балансирующих добавок с цеолитом и карбамидом при откорме молодняка крупного рогатого скота: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Дубровицы, 2001. 26 с.

Гамидов М.Г. Цеолиты Приамурья: биологическая ценность и использование в животноводстве. Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2006. 231 с.

Гамидов М.Г. Цеолиты – эффективная кормовая добавка при выращивании телят // Молочное и мясное скотоводство. 2002. № 6. С. 18–19.

Гамидов М.Г. Эффективность использования цеолитов Приамурья при желудочно-кишечных болезнях животных и птицы: Автореф. дис. … докт. ветер. наук. Улан-Удэ, 2004.

Гамидов М.Г., Бердников П.П., Шульга И.С. Влияние цеолитов на секрецию амилазы и протеаз панкреатического сока // Матер. междунар. науч. конф. по проблемам возрастной физиологии и патологии с.-х. животных, Улан-Удэ. Улан-Удэ: БГСХА, 2003. С. 16–17.

Гамидов М.Г., Быстрова Е.Г. Перспективы применения местных минеральных ресурсов в животноводстве Дальнего Востока // Успехи наук о жизни. 2009. № 1. С. 153–161.

Гамидов М.Г., Мощевикина Т.В. Лечебно-профилактическая эффективность цеолитов при диспепсии телят // Сб. науч. тр. Проблемы зоотехнии, ветеринарии и биологии животных на Дальнем Востоке. Благовещенск, ДальГАУ, 2000. С. 142–145.

Гамидов М.Г., Трухина Т.И., Мощевкина Т.В. и др. Эффективное средство при лечении диареи новорожденных телят // Акт. вопр. ветеринарии. Новосибирск, 1997. С. 36–37.

Гамко Л.Н., Подольников В.Е., Сазонкин Д.А. Скармливание коровам кормосмесей с добавлением цеолита // Аграрная наука. 2007. № 12. С. 21–22.

Гарковик А.В. и др. От шаманского бубна до луча лазера (Очерки по истории медицины Приморья). Владивосток, 1997. Ч. 1. 158 с.

Горьковенко Н.Е., Макаров Ю.А., Квартников А.В., Серебрякова В.А. Применение цеолитов для детоксикации бройлеров // Птицеводство. 2006. № 5. С. 18–19.

Гаскина Т.К., Горчаков В.Н., Пристяжнюк И.Е. и др. Природные цеолиты как энтеросорбенты при токсическом гепатите в эксперименте // Лечебно-оздоровительные факторы Алтая. Новосибирск, 1993. С. 21–22.

Гебель А.Д. О землистых веществах, употребляемых в пищу в Персии // Зап. Имп. акад. наук. СПб., 1862. Т. 2. С. 126–135.

Гептнер В.Г., Насимович А.А., Банников А.Г. Парнокопытные и непарнокопытные // Млекопитающие Советского Союза. М.: Высш. шк., 1961. Т. 1. 776 с.

Герасев А.Д. Использование природных цеолитов при лечении детей с дисбактериозом кишечника // Детская гастроэнтерология Сибири: Сб. науч. работ. Новосибирск, 2001а. С. 98–102.

Герасев А.Д. Морфологическое и функциональное состояние почек при использовании природных цеолитов в качестве пищевой добавки // Тез. XVIII съезда физиологического общества имени И.П. Павлова. Казань, 2001б. С. 325.

Герасев А.Д. Анализ механизма действия цеолита Шивыртуйского месторождения на водно-солевой обмен и функцию почек: Автореф. дис. ... доктора биол. наук. Новосибирск, 2005.

Герасев А.Д., Луканина С.Н., Святаш Г.А. и др. Влияние природных цеолитов на функции почек крыс в условиях острой почечной недостаточности // Нефрология и диализ. 2000. № 4. С. 123–125.

Герасев А.Д., Луканина С.Н., Святаш Г.А., Айзман Р.И. Влияние природных цеолитов на транспорт электролитов в тонком и толстом кишечнике крыс и их экскрецию почками при гипергидрации // Нефрология. 2001. № 3. С. 97.

Герасев А.Д., Луканина С.Н., Айзман Р.И. Особенности транспорта ионов K^+ в кишечнике крыс при использовании природных цеолитов в качестве пищевой добавки // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2003. Т. 89, № 8. С. 972–981.

Герасев А.Д., Луканина С.Н., Святаш Г.А. и др. Влияние цеолитов на минеральный обмен организма // Бюл. СО РАМН. 2004. Т. 114, № 4. С. 91–95.

Голохваст К.С. Оценка физиологического состояния некоторых элементов системы местного иммунитета нижних дыхательных путей (экспериментальное исследование): Автореф. дис. … канд. биол. наук. Благовещенск, 2006. 24 с.

Голохваст К.С. О возможных клеточных рецепторах к неорганическим кристаллическим лигандам // Журн. науч. публ. аспирантов и докторантов. 2007. № 12. С. 122–123.

Голохваст К.С. Взаимодействие организмов с минералами. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2010. 115 с.

Голохваст К.С., Паничев А.М. О протекторном действии цеолитов на систему местного иммунитета дыхательных путей // Вестн. нов. мед. технологий. 2008. Т. XV, № 2. С. 217–218.

Голохваст К.С., Целуйко С.С., Штарберг М.А. Антиоксидантные свойства цеолитов Вангинского месторождения при ингаляторном введении в условиях общего охлаждения // Бюл. физиол. и патол. Дыхания. 2006. № 22 (приложение). С. 86.

Голохваст К.С., Паничев А.М., Гульков А.Н. Использование цеолитов в медицине и ветеринарии // Вест. ДВО РАН. 2008. № 3. С. 71–75.

Голохваст К.С., Ермакова С.П., Паничев А.М., Кусайкин М.И. Изучение цитотоксичности и противоопухолевой активности цеолитов Куликовского и Люльинского месторождения на культуре клеток НТ-29 и JB6 C141 // Цитология. 2008а. Т. 50. № 9. С. 800.

Голохваст К.С., Паничев А.М., Борисов С.Ю. Возможная роль минералов в стимуляции иммунитета дыхательных путей // Рос. иммунол. журн. 2008б. Т. 2 (11), № 2–3. С. 191.

Голохваст К.С., Паничев А.М., Гульков А.Н. и др. Антиоксидантные и иммуномодулирующие свойства природных цеолитов // Тихоокеанский медицинский журнал. 2009а. № 3. С. 68–70.

Голохваст К.С., Паничев А.М., Гульков А.Н. и др. Иммунные свойства природных нанокомпозитных алюмосиликатов: Мат. X междунар. конгресса «Современные проблемы в аллергологии, иммунологии и иммунофармакологии». 20–23 мая 2009 г., Казань // Рос.аллергол. журн. 2009б. № 3. Вып. 1. С. 233–234.

Голохваст К.С., Паничев А.М., Гульков А.Н. и др. Эспериментальная модель для экологической оценки влияния цеолитовой пыли и низкоэнергетического лазерного воздействия на живые бъекты // Информационно-аналитический бюл. 2009в. Вып. 18. С. 28–33.

Голохваст К.С., Кисилев Н.Н., Паничев А.М., Никифоров П.А., Ведягин А.А., Мишаков И.В., Памирский И.Э., Гульков А.Н. Влияние нано- и микрочастиц цеолитов на морфологические параметры почек мыши домашней Mus musculus // Изв. Самарского научного центра РАН (в печати).

Голубев С.Н. Реальные кристаллы в скелетах кокколитофорид. М.: Наука, 1981. 225 с.

Голубев С.Н. Минеральные кристаллы внутри организмов и их роль в происхождении жизни // Журн. общей биол. 1987. Т. 48. № 6. С.784–805.

Горьковенко Н.Е. Иммунобиологический статус животных в различных экологических условиях Приамурья и пути его коррекции: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 2007. 45 с.

Дацерхоев В.М. Использование природных цеолитов для снижения уровня солей тяжелых металлов в воде и выращивания экологически чистой рыбной продукции: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ставрополь, 1999.

Дашибалова Л.Т. Интенсификация биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод с использованем биосорбционного фильтрования на природных цеолитах: Автореф. дис. … канд. техн. наук. Иркутск, 2000. 25 с.

Дехтерев Н.А. Зобные голые животные в Амурской области // Амурский земледелец. 1916. № 11. С. 12.

Джен С.Д. О применении природного цеолита лютогского месторождения (о. Сахалин) в рационах коров голштинской породы // Природные цеолиты России. Новосибирск, 1992. С. 62–64.

Диких Н.Ю. Цеолиты в рационах молодняка свиней // Ветер. жизнь. 2006. № 20. С. 15.

Диких Н.Ю. Влияние скармливания цеолитов Вангинского месторождения на морфологическую структуру органов пищеварения и обмен веществ у свиней: Автореф. дис. ... канд. вет. наук. Благовещенск, 2007. 21 с.

Дицевич Б.Н. Оценка качества природных зверовых солонцов и их значение для копытных Прибайкалья // Обогащение фауны и разведение охотничьих животных: Мат. науч.-произв. конф. Киров: ВНИИОЗ, 1982. С. 22.

Дицевич Б.Н. Актуальность охраны природных зверовых солонцов в охотничьих хозяйствах Прибайкалья // Мат. науч. конф. М.: Наука, 1988. С. 212–215.

Донченко Н.В. Разработка состава и технологии гранул цеолита с плантаглюцидом для лечения язвенной болезни желудка: Автореф. дис. ... канд. фармац. наук. Харьков, 2005.

Доржиев Г.Д. Шивыртуйские цеолиты, обогащенные микроэлементами, при экспериментальном катаре желудка и кишечника у свиней: Автореф. дис. ... канд. вет. наук. Улан-Удэ, 2003.

Драверт П.Л. О литофагии // Сибирская природа. 1922. № 1. С. 3–6.

Дурнев А.Д., Суслова Т.Б., Черемисина З.П. и др. Исследование мутагенного действия пыли природных цеолитов и хризотил-асбеста // Экспериментальная онкология. 1990. Т. 12, № 2. С. 21–24.

Дурнев А.Д., Даугель-Дауге Н.О., Коркина Л.Г. и др. Отдаленные последствия мутагенного действия хризотил-асбеста и цеолита *in vivo* // Бюл. экспериментальной биологии и медицины, 1993. № 115 (5). Р. 484–486.

Дурнев А.Д. Токсикология наночастиц // Бюл. эксперимеетальной биологии и медицины. 2008. Т. 145, № 1. С. 78–80.

Елпатьевский П.В., Паничев А.М. Геохимические особенности зверовых солонцов Сихотэ-Алиня // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1980. Т. 85. Вып. 6. С. 12–23.

Ермаков В.В., *Тютиков С.Ф.* Геохимическая экология животных. М.: Наука, 2008. 315 с.

Ефимова Е.А. Применение «Литовита» в акушерстве // Мат. междунар. науч.-практ. конф.: Природные минералы на службе человека (Минеральная среда и жизнь). Новосибирск, 1997. С.100.

Жилочкина Т.И. Эффективность выращивания и последующего продуктивного использования кур яичного кросса на рационах с включением местного цеолитсодержащего сырья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ульяновск, 2003.

Забалуев Г.И. Клиническое состояние и обмен веществ у быков на откорме // Новое в диагностике, лечении и профилактике болезней животных. М., 1996. С. 36–40.

Засекин Д.А. Мониторинг тяжелых металлов во внешней среде и способы их снижения в организме животных: Автореф. дис. … докт. вет. наук. Киев, 2002. 40 с. – Укр. яз.

Звягинцев Д.Г. Взаимодействие микроорганизмов с твердыми поверхностями. М.: Изд-во МГУ, 1973. 176 с.

Зедгенизова С.Н., Просекина О.В. Некоторые показатели крови при изучении цеолита на организм кур несушек якутской птицефабрики // Мат. сиб. междунар. науч.-практич. конф. «Актуальные вопросы ветеринарии». 2004. С. 431.

Зинченко Л.И., Погорелова И.Е. Минерально-витаминное питание коров. Л.: Колос, 1980. 80 с.

Зотеев В.С., Виноградов В.Н., Кирилов М.П., Кумарин С.В. Обмен веществ и продуктивность коров при скармливании комбикормов с цеолитовым туфом // Зоотехния. 2006а. № 4. С. 8–11.

Зотеев В.С., Кирилов М.П., Виноградов В.Н. Цеолитовый туф в рационах коров на Камчатке // Молочное и мясное скотоводство. 2006б. № 6. С. 19–21.

Зотеев В.С. Научные и практические аспекты использования природных сорбентов (цеолитовых туфов) в комбикормах для молочного скота: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 2008.

Зотеев В.С., Кирилов М.П. Обмен веществ и мясная продуктивность бычков при скармливании белково-витаминно-минеральных концентратов с цеолитовым туфом // Изв. СГСХА. 2008а. Вып. 1. С. 53–56.

Зотеев В.С., Кириченко А.В., Ищеряков А.С. Биохимический статус крови телят при скармливании стартерных комбикормов с цеолитовыми туфами // Изв. СГСХА. 2008б. Вып. 1. С. 73–76.

Зухрабов М.Г., Папуниди К.Х., Идрисов Г.З. Влияние цеолитов на обмен веществ и продуктивность свиней // Ветеринария. 1997. № 2. С. 55–58.

Идиатуллин Ф.И. Влияние цеолитосодержащего кремнисто-карбонатного сырья Татарско-Шатрашанского месторождения на обмен веществ и продуктивность цыплят-бройлеров: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань, 1996.

Казаков О.В., Асташов В.В., Новоселова Т.И., Чепик В.И. Биофизическая характеристика печени и периферической крови при моделировании эндотоксикоза в условиях коррекции препаратом «Литовит» // Мат. Междунар. науч.-практич. конф. «Природные минералы на службе человека (Минеральная среда и жизнь)». Новосибирск, 1997. С. 57–60.

Казакова Н.В., Саткеева А.Б., Пак В. Цеолит в рационах молодняка свиней на откорме // Аграрный вестн. Урала. 2007. Т. 42, № 6. С. 65–67.

Калинина Э.Н. Патогенетическое обоснование использования цеолитсодержащих препаратов в терапии вирусного гепатита А: Автореф. дис. ... канд. мед.наук. Чита, 2005. 23 с.

Кальницкий Б.Д. Минеральные вещества в кормлении животных. Л.: Агропромиздат, 1985. 206 с.

Калюжнов В.Т., Злобина И.Е., Никулина П.Г. Физиологическое обоснование включения цеолитов в рацион птиц // Использование цеолитов Сибири и Дальнего Востока в сельском хозяйстве. Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1988. С. 15–20.

Канбеков Р.Г. Влияние цеолитов, биотрина, пробиотика «Лактобифид» на микробиноз, естественную резистентность, минеральный обмен и продуктивные свойства поросят: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2003.

Капланов Л.Г. Тигр. Изюбр. Лось // Бюл. МОИП. Отд. зоол. 1949. Вып. 14. С. 18–126.

Карпова Г.В., Маннапова Р.Т., Шайхулов Р.Р., Кутлин Ю.Н. Пробиотико- и цеолитотерапия для коррекции микробно-микологической экологии кишечника гусей// Современные проблемы интенсификации производства в реализации национального проекта «Развитие АПК». Москва, 2007. С. 129–134.

Карташев А.Г., Баскурин А.К. Изменения в системе крови у белых мышей при длительном применении цеолита // Физиол. журн. 1995. № 41. С. 14–19.

Кашкин П.Н., Лисин В.В. Практическое руководство по медицинской микологии. Л.: Медицина, 1983. 190 с.

Кирилин Л.Н., Лунев В.М., Юданов А.В. Первый опыт применения «Литовита» в комплексе лечения больных неспецифическим язвенным колитом // «Природные минералы на службе человека (Минеральная среда и жизнь)»: Тез. междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск, 1997. С. 102–103.

Кириченко А.В. Эффективность использования минерала трепел в стартерных комбикормах для телят: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Дубровицы, 2001. 26 с.

Кириченко А.В., Зотеев В.С., Попов Р.М. Стартерные комбикорма для телят с природными сорбентами – кремнеземистым мергелем, трепелом и клиноптилолитом // Изв. СГСХА. 2006. Вып. 2. С. 18–22.

Киселева Е.В., Черняева С.Е., Васильев А.В., Воложин А.И. Перспективы использования стволовых клеток в реконструкции черепно-лицевого скелета // Стоматология. 2009. № 4. С. 77–81.

Клубова Т.Т. Механизм взаимодействия глинистых минералов и органического вещества в осадочных породах // Органическое вещество современных и ископаемых осадков. М.: Наука, 1971. С. 207–217.

Кожевникова Н.М., Убашеев И.О., Митыпов Б.Б. и др. Получение модифицированных лантаном природных цеолитов – потенциальных стимуляторов регенерации живых тканей // Химия в интересах устойчивого развития. 2001. № 9. С. 207–211.

Колотилова М.Л. Механизмы энтеросорбционной детоксикации цеолитсодержащих трепелом морских свинок при отравлении четыреххлористым углеродом: Автореф. дис. ... канд. мед.наук. Чебоксары, 2000. 26 с.

Колотилова М.Л. Экспериментальная терапия токсического острого гастрита цеолитсодержащим трепелом // Каз. мед.журн. 2005. № 5. С. 383–386.

Колотилова М.Л., Иванов Л.Н. Цеолитсодержащий трепел в экспериментальной гепатологии // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. 2005. № 3. С. 12–13.

Колотилова М.Л., Иванов Л.Н. Экспериментальная терапия острого токсического гепатита у кроликов цеолитсодержащим трепелом // Рос.журн. гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 2006. № 5. С.79.

Короткий А.М. О явлении перестройки плана гидрографической сети в Сихотэ-Алине // Вопр. геологии и океанологии советского сектора Тихоокеанского подвижного пояса. Владивосток, 1968. С. 315–322.

Костецкий Э.Я., Алексаков С.А. О возможности синтеза нуклеопротеидов на матрице апатита // Докл. АН СССР. 1981. Т. 260, № 4. С. 1013–1018.

Костецкий Э.Я. Как возникла жизнь. Теория возникновения протоклеток и их структурных компонентов при участии апатитовой матрицы и сокристализующихся с ней минералов // Тр. профессорского клуба. Вып. 11. Владивосток, 2008. С. 53–77.

Кочан Т.И., Шадрина В.Д. Использование в кормлении молочных коров анальцимсодержащей породы в качестве лечебно-профилактической добавки // Акт.пробл. ветеринарии. Барнаул, 1995. С. 190–191.

Красноперова А.П., Лонин А.Ю., Юхно Г.Д. и др. Сорбционно-селективные свойства природного цеолита – клиноптилолита в отношении радионуклидов 90Sr и 137Cs // Вест. Харьковского нац. Ун-та. 2001. № 532. Сер. Химия. № 7 (30). С. 143–148.

Кривова Н.А., Лаптева Т.А., Селиванова Т.И. и др. Влияние длительного потребления с пищей цеолитов на выживаемость и компенсаторные реакции кишечника у мышей разного возраста после облучения // Радиационная биология. Радиоэкология. 2001. № 41 (2). С. 157–164.

Криволуцкий Д.А., Покаржевский А.Д. Роль наземных животных в биогенной миграции элементов // Докл. на XIV ежегодном чтении памяти академика В.Н. Сукачева «Животные в биогеоценозах». М.: 1996. С. 34–101.

Крутских Т.В. Разработка состава и технологии противоязвенного препарата в виде гранул на основе природного цеолита: Автореф. дис. ... канд. фармац. наук. Харьков, 1999. 18 с.

Кручинкина Т.В. Влияние скармливания цеолитов Вангинского месторождения на морфологическую структуру органов пищеварения и состояние обмена веществ у птицы: Автореф. дис. ... канд. ветер.наук. Благовещенск, 2006. 19 с.

Крыжановская Е.В. Биологически активные вещества в ветеринарии: Автореф. дис. ... доктора. биол. наук. Щелково, 2008. 50 с.

Крюков В.С., Полунина С.В. Профилактика микотоксикозов // Зоотехния. 1995. № 8. С. 13–15.

Кудряшов Л.С., Кучерук С.И. Влияние природных цеолитов на продуктивность и качество мяса цыплят-бройлеров // Мясная индустрия. 2008. № 9. С. 16–19.

Кузнецов С.Г. Природные цеолиты в животноводстве и ветеринарии // С.-х. биология. Сер. Биология животных. 1993. № 6. С. 28–45.

Кузнецов А.А. Рыбоводно-биологическая эффективность применения природного цеолита-клиноптилолита в составе комбикормов для радужной форели и сибирского осетра: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2002. 22с.

Кулаев И.С. Происхождение эукариотических клеток // Соросовский образоват. журн. Биология. 1998. № 5. С.17–20.

Кулаев С.Н. Эффективность использования природных цеолитов в комбикормах для карпа: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Краснодар, 2002.

Курамшина Н.Г., Маннапова Р.Т., Топурия Г.М., Маннапов А.Г. Южноуральские цеолиты – экобезопасность и влияние на организм птицы, сельскохозяйственных животных // Уфа–Оренбург–М.: Изд-во БашГАУ, 2007. 248 с.

Кушев Ч.Б., Тарнуев Ю.А. Репаративная регенерация печени животных при применении природных цеолитов // Тибетская медицина: состояние и перспективы исследований. Улан-Удэ,1994. С. 124–131.

Кушеев Ч.Б. Цеолиты Холинского месторождения при токсическом повреждении печени животных. Эксперим. исслед.: Автореф. дис. ... канд. вет. наук. Улан-Удэ, 1995. 16 с.

Кушеев Ч.Б. Влияние природного цеолита на течение патологических процессов в органах пищеварительной системы и коже: экспериментальные исследования: Автореф. дис. ... д-ра вет. наук. Улан-Удэ, 2002.

Ланцева Н.Н. Мотовилов К.Я. Камышовские диатомиты в птицеводстве // Мат. междунар. науч-практ. конф: «Природные минералы на службе человека (Минеральная среда и жизнь)». Новосибирск, 1997. С. 151.

Ланцева Н.Н. Экспериментальное обоснование системы использования природных минералов-кудюритов в кормлении сельскохозяйственной птицы: Автореф. дис. ... доктора с.-х. наук. Барнаул, 2009. 36 с.

Ларина Н.А. Эффективность использования цеолита Пегасского месторождения при выращивании высокопродуктивных коров: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Кемерово, 2002.

Ливеровский Ю.А. Зверовые солонцы Сихотэ-Алиня // Учен.зап. МГУ. Биогеография. 1959. Вып. 189. С. 66–77.

Луканина С.Н. Особенности транспорта калия в тонком и дистальном отделе толстого кишечника крыс в условиях цеолитной диеты: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2004. 137 с.

Лумбунов С.Г., Лузбаев К.В., Александрова Е.А. Природные минералы в животноводстве Бурятии // Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты: Сб. науч. тр. Вып. 6. М.: Изд-во РАЕН, 2003. С. 322–324.

Лумбунов С.Г., Лузбаев К.В., Александрова Е.А. Применение биологически активных веществ в животноводстве и птицеводстве Бурятии. Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2006а. 104 с.

Лумбунов С.Г., Лузбаев К.В., Александрова Е.А. Природные минералы в животноводстве Бурятии // Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. 2006б. №1 М. С. 322–323.

Лычева Т.В. Эффективность использования цеолита Пегасского месторождения в рационах высокопродуктивных коров и ремонтных телок: дис... канд. с.-х. наук. Кемерово, 1996.

Мазгаров И.Р. Сравнительная эффективность использования цеолита Сибайского и глауконита Каринского месторождений в рационах молодняка свиней на откорме: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Троицк, 2001.

Макаренко Л.Я. Эффективность использования цеолита Пегасского месторождения в кормлении крупного рогатого скота: Автореф. дис. .... доктора с.-х. наук: Кемерово, 2003. 289 с.
Макаридзе Н. Г. Адсорбционная способность цеолитов к некоторым протеолитическим ферментам // Сообщ. АН ГССР. 1986. Т. 122. № 3. С. 621–623.
Мак-Киннон Дж. По следам рыжей обезьяны. М.:Мысль, 1985. 192 с.
Малимін Р.Е. Біокремнійорганічні пористые сорбенты в профилактике акушерской патологии у коров: Автореф. дис. ... канд. вет. наук. Львов, 2000. 20 с. – Укр. яз.
Максарова Д.Д. Оценка антиульцерогенного и ранозаживляющего действия цеолита Холинского месторождения: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 1998. 26 с.
Максарова Д.Д., Убашеев И.О., Полынцева Л.В. Влияние цеолита Холинского месторождения на течение «Рефлюкс-гастрита» у кроликов // Сб. науч. тр. под ред. С.Д. Жамсаранова. Улан-Удэ: РИО ВСГТУ, 1998. С. 107–112.
*Малахов В.В.*Основные этапы эволюции эукариотных организмов // Палеонтологический журн. 2003. № 6. С. 25–32.
Матюшкин Е. Н. Деятельность копытных как фактор преобразования природных комплексов зверовых солонцов // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1971. Т. 77. Вып. 6. С. 38–44.
Мащенко Е.Н. Новые данные об особенностях биологии мамонта // Природа. 1999. № 10. С. 41–53.
Маянская Н.Н., Благитко Е.М., Полякевич А.С. и др. Применение цеолитсодержащей биологически активной добавки к пище у пациентов с ожоговой травмой // Вопросы питания. 2004. № 1. С. 24–27.
Минина Л.А., Прудеева Е.Б., Цыренжапов О.Ц. Лечебно-профилактические препараты на основе цеолитов Шивыртуйского месторождения // Ветеринарные проблемы Забайкалья. Новосибирск, 1997. С. 24–29.
Михеев А.В. Белая куропатка. М.: Изд-во. Гл. Упр. по заповедникам при Сов. Мин. РСФСР, 1948.
Муравьева Н.С., Иванов А.В. Геохимия и петрология ультракалиевых вулканитов Торо-Анколе и Вирунга (Восточно-Африканская рифтовая зона) / Тез. всероссийского семинара: Геохимия магматических пород. 2006 – /http://web.ru/conf/alkaline/2006/index74.html
Мурзаев Э.М. Словарь народных географических терминов. М.: Мысль, 1984. 653 с.
Наймарк Е.Б., Ерощев-Шак В.А., Чижикова Н.П., Компанцева Е.И. Взаимодействие глинистых минералов с микроорганизмами: обзор экспериментальных данных // Журн. общ. биол. 2009. Т. 70, № 2. С. 155–167.
Назаров А.А., Шубникова О.Н., Кириков С.В. Северная тайга // Тетеревиные птицы. М.: Наука, 1975. С. 31–40.
Нармандах Д., Тарнуев Ю.А., Санданов Ч.М. и др. Влияние цеолита на моторику и секрецию сычуга монгольских ягнят // Ветеринария. 1998а. № 9. С. 40–41.
Нармандах Д., Тарнуев Ю.А., Убашеев И.О. Влияние природного цеолита на моторно-восстановительную функцию 12-перстной кишки при экспериментальном энтероколите // Стабилизация с.-х. произвдства Монголии. Новосибирск, 1998б. С.68–69.
Насимович А.А. К познанию минерального питания диких животных Кавказского заповедника // Тр. Кавк. Зап. 1938. Вып. 1. С. 103–150.
Немирович О.В. Влияние сорбентов с ионообменными свойствами на регенерацию экспериментальных ран десны крыс разного возраста: Автореф. дис. ... канд. мед.наук. Новосибирск, 2002. 24 с.
Неустроев М.П., Иванов Р.В., Баишев А.А. Использование биологически активных препаратов на основе хонгурина для профилактики болезней лошадей // Природные минералы на службе человека (Минеральная среда и жизнь): Тез. междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск, 1997. С. 155–156.
Николаев А.В. Иммунобиологические изменения в организме серебристо-черных лисиц под влиянием цеолитов, лактобактерина и препарата «Бионорм – ПЗ»: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2006. 146 с.
Ноздрюхина Л.Р. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. М.: Наука, 1977. 183 с.
Обручев В.А. История геологического исследования Сибири. Период I (XVII- XVIII вв.). Л.: Изд-во АН СССР, 1931. 175 с.

Обручев В.А. История геологического исследования Сибири. Период II (1801–1850). Л.: Изд-во АН СССР, 1933. 257 с.
Обручев В.А. История геологического исследования Сибири. Период III (1851–1888). Л.: Изд-во АН СССР, 1934. 354 с.
Обручев В.А. История геологического исследования Сибири. Период IV (1889–1917). Л.: Изд-во АН СССР, 1937. 213 с.
Орлов Ю.А. В мире древних животных. Очерки по палеонтологии позвоночных. М.: Наука, 1989. 163 с.
Оспанова Н.К. Нескелетное и скелетное биоминералообразование в истории Земли // Минералогия и жизнь: биоминеральные взаимодействия. Сыктывкар: Госпринт, 1996. С. 58.
Очев В.Г., Иванов А.В., Архангельский М.С. Гастролиты ископаемых // Природа. 2004. № 10. С. 46–49.
Павленко О.Ю. Структурная организация кожи в условиях нормы, аппликационном и пероральном использовании цеолитов на модели ожоговой травмы (экспериментальное исследование): Автореф. дис. ... канд. мед.наук. Новосибирск, 2007. 16 с.
Павлов С.В. Применение цеолитов в сочетании с карбамидом для повышения продуктивности и качества молока коров: Автореф. дис. ... канд. вет. наук. Чебоксары, 2007. 140 с.
Памирский И.Э.,Голохваст К.С. О родстве фрустулинов диатомей и белков других форм жизни // Успехи наук о жизни. 2010. № 2. С. 91–99.
Паничев А.М. Зверовые солонцы Сихотэ-Алиня. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987а. 206 с.
Паничев А.М. Значение литофагии в жизни диких травоядных животных // Докл. АН СССР. 1989. Т. 306. № 4. С. 1018–1021.
Паничев А.М. Литофагия в мире животных и человека. М.: Наука, 1990. 224 с.
Паничев А.М. Литофагия и геология // Природа. 1985. № 9. С. 34–39.
Паничев А.М. Литофагия у животных и человека (Литофагиальная авторегуляция организмов в природных экосистемах): Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Владивосток, 1998. 59 с.
Паничев А.М. Литофагия у медведей // Экология медведей. Новосибирск: Наука, 1987б. С. 112–115.
Паничев А.М. Природные минеральные ионообменники – регуляторы ионного равновесия в организме животных-литофагов // Докл. АН СССР. 1987в. Т. 292. № 4. С. 1016–1019.
Паничев А.М., Амелин С.Н., Бутенко Т.Ю. Закономерности ионного обмена на цеолитах в пищеварительном тракте домашних и диких животных // Мат.конф. «Физико-химические и медико-биологические свойства природных цеолитов». Новосибирск, 1990. С. 52–58
Паничев А.М., Богомолов Н.И., Бгатова Н.П. и др. Цеолиты в хирургии. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2004. 120 с.
Паничев А.М., Бутенко Т.Ю., Заречнева Г.В., Бабий А.П., Кайдалова Т.А. Цеолитовые и другие съедобные минеральные разновидности кудюритов и их преобразование в организме жвачных животных // С.-х. биология. № 4. 1991. С. 32–39.
Паничев А.М., Гульков А.Н. Природные минералы и причинная медицина будущего. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2001. 210 с.
Паничев А.М., Кулаков Ю.В., Гульков А.Н. Применение цеолитов в медицине // Тихоокеанский мед.журн. 2003. № 4. С. 21–24.
Паничев А.М., Попов В.К, Чекрыжов И.Ю. Геологическая природа кудюров в вулканических горах на примере Сихотэ-Алиня // Успехи наук о жизни. 2009. № 1. С.52–70.
Папуниди Э.К. Ветеринарно-санитарная оценка мяса животных при сочетанной интоксикации тяжелыми металлами и применения цеолитов // Ветеринарный врач. 2008а. № 3. С. 8–9.
Папуниди Э.К. Экспериментальное обоснование разработки средств профилактики при сочетанном воздействии на животных токсичных элементов, микотоксинов и пиретроидов: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Казань, 2008б. 38 с.
Папуниди Э.К., Зухрабов М.Г., Папуниди К.Х. и др. Влияние цеолитов на обмен веществ у свиней // Ветеринария. 1997. № 2. С. 55–58.
Пат. 94050419 Бразилия. МКИ А 01 №59/00. Copper- and silver-based microbicides.*Hiroshi N.* № 94/5041 (1994).
Пат.09206680 Япония, МКИ В 05 D7/24. Antibacterial and antimildew zeolites and coating method thereof/ nisahin steel. *Kenji S., Etsuko K., Setsuko K.* № 96/40558 (1996).

Пат. 2311182 Российская Федерация, МКИ8А61К33/00. Способ профилактики токсического действия ртути у экспериментальных животных при хроническом отравлении. *Гаглоева Э.М., Брин В.Б.* заявл. 18.04.2006; опубл. 27.11.2007 // Бюл. 2007. № 33. С. 3.

Перфильев В.И. Якутия / Тетеревиные птицы. М.: Наука, 1975. С. 113–135.

Пестерев П.Н., Оксенов Б.С., Лабзовская Н.П. и др. Опыт применения «Литовита» в дерматологической практике // Природные минералы на службе человека (Минеральная среда и жизнь): Тез. междунар. науч.-практич. конф. Новосибирск, 1997. С. 122–123.

Петров В.А., Беспрозванный В.П., Посохова А.В. и др. Эксперментальное обоснование радиопротекторного действия цеоллама // Рос.нац. конгресс «Человек и лекарство». М., 1997б. С. 602.

Петров В.А., Семанив М.И., Береснева Н.В., Невзоров А.В., Беспрозванный В.П. Обоснование эффективности композиции кудюрит-отруби пшеничные как гепатопротектора в экспериментальных и клинических наблюдениях при токсических и вирусных гепатитах // Рос. нац. конгресс «Человек и лекарство». М., 1997в. С. 405–406.

Петров В.А., Семанив М.И., Саенко А.Г., Посохова А.В. Экспериментальное обоснование антианемического действия нового нутрицевтика композиции кудюрит и отруби пшеничные // Рос.нац. конгресс «Человек и лекарство». М., 1997а. С. 607.

Петрушенко Е.Н. Состояние обмена веществ у крупного рогатого скота при скармливании комбикормов с цеолитсодержащими добавками и препаратом «Авотан»: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Дубровицы, 1998. 20 с.

Подольников В.Е. Влияние цеолито-сывороточной добавки на продуктивность и обмен энергии у молодняка свиней: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Брянск, 1999.

Подъяблонский С.М. Использование пегасина для подкормки молодняка свиней // Применение цеолитовых туфов в сельском хозяйстве. Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1986а. С. 20–29.

Подъяблонский С.М. Перевариваемость, усвояемость и использование питательных веществ и энергии курами-несушками при скармливании цеолитовых туфов // Применение цеолитовых туфов в сельском хозяйстве. Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1986б. С. 39–41.

Позднякова С.В., Шантурова Т.В., Шорина Г.Н., Ефремов А.В. Эффект пищевой добавки «Литовит» на состояние кроветворения и клеточного состава крови // Природные минералы на службе человека (Минеральная среда и жизнь): Тез. междунар. науч.-практич. конф. Новосибирск, 1997. С. 65–66.

Поляков А.Д., Бузмаков Г.Т., Рассолов С. Н. Использование цеолитового туфа в качестве добавки в рацион сеголетков карпов // Совр. наукоем. Технологии. 2009. № 2. С. 35–37.

Попп Е.А., Правоторов Г.В., Новиков В.Д., Склянов Ю.И. Морфологическое исследование плаценты и печени беременных крыс и их плодов при экспериментальном эндотоксикозе и протекции цеолитами // Морфология. 2005. № 4. С. 47–50.

Попов В.К. Петрология палеоген-неогеновых комплексов Восточного Сихотэ-Алиня. Владивосток: ДВНЦ ДВО АН СССР, 1986. 156 с.

Правоторов Г.В., Новиков В.Д. К оценке функционального потенциала клеток-эффекторов гомеостаза внутренней среды // Тр. Ин-та клин.и эксперим. лимфологии СО РАМН. 1994. Т. 2. С. 112.

Пристяжнюк И.Е., Горчаков В.Н. Изменения лимфатических узлов у крыс под влиянием природных сорбентов при повреждающем воздействии карбофоса // Морфология. 1997. № 4. С. 54–56.

Пупышев А.Б., Власенко Л.П., Шорина Г.Н. Биохимическая характеристика лизосомального аппарата клеток печени при применении «Литовита» // Природные минералы на службе человека (Минеральная среда и жизнь): Тез. междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск,1997. С. 67–69.

Пылев Л.Н., Валамина И.Е. О канцерогенной активности цеолитсодержащих туфов Шивертуйского и Чугуевского месторождений // Природные цеолиты России. Новосибирск, 1992. С. 47–49.

Пылев Л.Н., Васильева Л.А., Валамина И.Е. Анализ биологической агрессивности цеолитов различных месторождений РФ // Природные минералы на службе человека: Мат. науч.-практ. конф. Новосибирск, 1999. С. 68–70.

Пылев Л.Н., Васильева Л.А., Хрусталев С.А., Краснова Т.А. Канцерогенная безопасность цеолита Холинского месторождения // Гигиена и санитария. 2003. № 2. С. 53–56.

Раменская М.Е. О структурно-механических примесях в кристаллах исландского шпата // ДАН СССР. 1985. Т. 280, № 4. С. 991–994.

Раменская М.Е. Структурно-геометрический анализ минералов как предбиологических матриц // Минералогия и жизнь. Сыктывкар, 1993. С. 16.

Раменская М.Е. Место предбиологических углеродистых веществ в процессах минералогенеза // Минералогия и жизнь: биоминеральные взаимодействия. Сыктывкар: Госпринт, 1996. С. 81.

Растопшина Л.В. Влияние различных форм витамина К и цеолита на продуктивные показатели и естественную резистентность утят: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Барнаул, 1998.

Рахимов А.Р. Применение природных цеолитов Майнского месторождения для профилактики нарушения минерального обмена у коров: Автореф. дис. ... канд. вет. наук. Казань, 2001.

Рачиков С.В. Изменение содержания микроэлементов и выведение радионуклидов из органов и тканей помесного молодняка крупного рогатого скота при скармливании добавок цеолита: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Брянск, 1999.

Різничук И.Ф. Эффективность использования естественных цеолитов в кормления норок: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Одесса, 1997. 166 с. – Укр. яз.

Саввинова М.С. Применение якутского цеолитового туфа (хонгурина) в оленеводстве // Природные цеолиты России. Новосибирск, 1992. С. 65–66.

Саввинова М.С. Применение природных цеолитов в оленеводстве // Зоотехния. 1995. № 11. С. 20–21.

Савченко И.А., Савченко А.П., Кизилова Н.А. Значение гастролитов в жизни тетеревиных птиц Центральной Сибири // Вестн. КрасГАУ. 2009. № 11. С. 112–117.

Саткеева А.Б. Выращивание молодняка свиней до убойной кондиции на кормосмесях, обогащенных БВМД и цеолитом: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Новосибирск, 2004. 19 с.

Саткеева А.Б., Борисенок А. Цеолит в рационах свиней // Животноводство России. 2006. № 5. С. 37–38.

Сафиуллина Э.И. Применение цеолитсодержащей добавки в рационах убойного молодняка норок: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Казань, 2004.

Святаш Г.А. Морфофункциональные особенности почек крыс в норме и при острой почечной недостаточности в условиях цеолитовой диеты: дис... канд. биол. наук. Новосибирск, 2004. 156 с.

Селье Г. Стресс без дистресса. М.: Прогресс, 1979. 250 с.

Селятитская В.Г., Пальчикова Н.А., Одинцов С.В., Бгатова Н.П. Влияние различных сорбентов на динамику выведения цезия из органов лимфатической системы // Тр. Ин-та клинической и экспериментальной лимфологии СО РАМН. Новосибирск, 1994. Т. 2. С. 129

Семёнов-Тян-Шанский О.И. Данные по биологии и охоте на боровую дичь на севере Европейской части СССР // Орнитология. 1959. Вып. 2.

Сень Т.М., Кудрявченко А.И., Борисевич В.Б. Влияние цеолита на костную ткань коров при хроническом облучении // Радиобиологический съезд: Тез. докл. Киев, 1993. Ч. 3. С. 908.

Середенин С.Б., Дурнев А.Д. Мутагены (Скрининг и фармакологическая профилактика воздействий). М.: Медицина, 1998. 328 с.

Середин В.В., Шпирт М.Я. Редкоземельные элементы в гуминовом веществе металлоносных углей // Литология и полез.ископаемые. 1999. № 3. С. 281–286.

Скальный А.В. Микроэлементозы человека. М.: 1999. 96 с.

Скурихина О.Д. Распределение тяжелых металлов в организме свиней в онтогенезе и их биологическая доступность из природных цеолитов: дис... канд. биол. наук. Боровск, 1997.

Смагина Т.В. Физиологическое обоснование применения хотынецких природных цеолитов в чистом виде и в сочетании с препаратом прополиса при выращивании ремонтных свиноматок и откорме молодняка свиней: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Орел, 2005. 184 с.

Смагина Т.В. Использование природных цеолитов в сочетании с прополисом при выращивании молодняка свиней // Зоотехния. 2007. № 12. С. 16–17.

Способ поисков месторождений минералов цеолитовой, монтмориллонитовой и опаловой групп: а. с./ *В.И. Бгатов, А.М. Паничев, Г.И.Худяков* – № 1179249 от 15 августа 1985.

Способ получения иммуносорбента для выявления бактериальных антител в биологических жидкостях: а. с./ *З.В. Пручкина, Г.П. Сомов, А.М. Паничев и др.* – № 1562 995 от 8 января 1990.

Старикова Н.П. Природные цеолиты в рационах молодняка крупного рогатого скота// Сиб. вестн. С. -х. науки. 1989. № 3. С. 64–66.

Стручко Г.Ю., Агафонкина Т.В., Меркулова Л.М. Исследование структур тимуса и иммунобиохимических показателей крови после применения полиоксидония и цеолитсодержащего трепела // Вестн. Чуваш.ун-та. 2004. № 2. С. 66–76.

Суслин В.П. Применение природных минералов в радиационной медицине // Природные минералы на службе человека (Минеральная среда и жизнь): Тез. междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск, 1997. С. 70.

Таланов Г.А., Чупахина О.К., Бричко Н.В. и др. Влияние цеолитов и препаратов на их основе на естественную резистентность и продуктивность откормочных цыплят и крупного рогатого скота / Проблемы ветеринарной санитарии и экологии: Сб. науч. тр. ВНИИ вет. санитарии, гигиены и экологии, 1994. С. 15–20.

Тарнуев Ю.А., Санданов Ч.М., Лубсанова Л.Б., Бугатов А.Б. Оценка природного цеолита (ПЦ) при желудочно-кишечных болезнях ягнят аборигенной бурятской овцы // Матер.междунар. науч. конф. «Возрастная физиология и патология сельскохозяйственных животных», посвящ. 90–летию профессора В.Р. Филиппова. Улан-Удэ. Изд-во БГСХА, 2003. С. 76–78.

Ташбулатов А.А. Применение цеолитов в сочетании с синтетическими азотосодержащими веществами при откорме бычков: автореф. дис. … канд. вет. наук. Чебоксары, 2007. 20 с.

Ташенов К., Иргалиева Л.А., Базаралдина Ж.К. Влияние палыгорскита на пищеварительные процессы у овец // Матер. междунар. науч.-практ. конф. «Природные минералы на службе человека (Минеральная среда и жизнь)». Новосибирск. 1997. С. 146.

Телеппнев В.Г. Значение гастролитов в перемещениях южносибирского глухаря // Матер. Всесоюз. конф. по миграции птиц. Тез.докл. М., 1975. Ч. 1. С. 251–254.

Телеппнев В.Г. Экологические особенности глухаря в равнинной тайге Западной Сибири: Автореф. дис. … канд. биол. наук. Новосибирск, 1988. 23 с.

Ткаченко А.Г., Сень Г.М., Костюк А.М. Влияние цеолитов на белковые фракции сыворотки крови коров при химическом радиационном воздействии // Радиобиологический съезд. Тез.докл. Киев, 1993. Ч. 3. С. 998.

Томсон И.Н., Полякова О.П., Сидоров А.А., Алексеев В.Ю. Золото-серебряное месторождение Союзное в Приморье и его перспективы (Россия) // Геология рудных месторождений. 2002. Т. 44, № 4. С. 304–313.

Тривен М. Иммобилизованные ферменты. М.: Мир, 1983. 211 с.

Убашеев И.О. Природные лекарственные средства при повреждениях органов и тканей. Улан-Удэ, 1998. 224 с.

Усенко В.В., Таланов Г.А., Чупахина О.К. и др. Влияние цеолита на содержание в тканях животных и птицы химических элементов // Ветеринария. 1994. № 11. С. 42–44.

Усков Г.Е. Повышение полноценности кормления и эффективности использования кормов в скотоводстве: Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. Троицк, 2008. 295 с.

Фомичев Ю.П., Веротченко М.А., Хвостов Ю.В., Хвостова А.В. Использование хитозана и цеолита в качестве регулятора обмена микроэлементов в организме молочных коров // Вестн. Оренбургского гос. ун-та. 2006. № 12. С. 286–288.

Халмурат Упур, Начатой В.Г. Секреты китайской медицины. Лечение травами и минералами. СПб: Изд-во Суворина, 1992. 295 с.

Ханчук А.И., Голозубов В.В, Мартынов Ю.А., Симаненко В.П. Раннемеловая и палеогеновая трансформные окраины (калифорнийский тип) Дальнего Востока России// Тектоника Азии: Тез. XXX тектонического совещания. М., 1997. С. 240–243.

Харьковский А.В., Третьякова Т.А. Влияние природных цеолитов на выведение цезия-137 и стронция-90 из организма мышей // Бюл. СО РАМН. 1998. № 3. С. 122–124.

Хаустов В.Н. Витамин К4 и цеолиты в рационах для утят на откорме // Зоотехния. 2002. № 10. С. 18–19.

Хохлов А.М. Устройство искусственных галечников для боровой дичи // Тр. Завидовского заповедно-охотничьего хозяйства. 1969. Вып. 1. С. 291–297.

Цеолитсодержащие породы Татарстана и их применение. Казань: Изд-во «Фэн» АН РТ, 2001. 176 с.

Чамуха М.Д., Билтуев С.И., Мегель С.С., Физиологическое и продуктивное действие цеолитов при скармливании их овцам совместно с синтетическими азотсодержащими вещест-

вами // Резервы увеличения производства продуктов животноводства в Сибири. Новосибирск. 1994. С. 108–116.

Чекрыжов И.Ю., Попов В.К. Цеолититы Приморья: генезис и минералого-геохимические характеристики // Успехи наук о жизни. 2009. № 1. С. 82–97.

Чекрыжов И.Ю., Попов В.К., Паничев А.М. и др. Новые данные по стратиграфии, вулканизму и цеолитовой минерализации кайнозойской Ванчинской впадины, Приморский край // Тихоокеанская геология. 2010. Т 29. № 4. С. 45–63.

Чекрыжов И.Ю., Паничев А.М., Сафронов П П. и др. Геологические и биологические аспекты находки микрочастиц природного сплава (Au–Cu–Ag) в кайнозойских цеолитизированных туфах Ванчинской впадины (Приморский край) // Докл. АН. Т. 436, № 1. 2011. С. 1–3

Черкашина А.Г. Выращивание молодняка пушных зверей с использованием биологически активных веществ в условиях Республики Саха (Якутия): Автореф. дис. … докт. с.-х. наук. Москва, 2007. 47 с.

Черноградская Н.М. Цеолит в рационах молочных коров Якутии // Молочное и мясное скотоводство. 2003. № 5. С. 33–34.

Черноградская Н.М. Использование нетрадиционных кормовых добавок для повышения продуктивности животных в Якутии // Зоотехния. 2004. № 11. С. 17.

Чубенко Г.И. Микробиологические, иммунологические и аллергологические аспекты кишечных инфекций у детей и пути их коррекции: Автореф. дис. … докт. мед.наук. Владивосток, 2000. 392 с.

Чуйкова К.И., Вожаков С.В. Оценка клинико-лабораторной эффективности препарата «Литовит» как нового средства патогенетической терапии при острых вирусных гепатитах // Терапевтический архив. 2005. Т. 77, № 11. С. 29–31.

Шадрин А.М., Белицкий И.А., Болтухин В.П. Опыт применения цеолитового туфа в профилактике диареи поросят // Тр. IV болг.- сов. симпоз. Ин-та орган. химии с Центром фитохимии БАН. София, 1985. С. 505–508.

Шадрин А.М., Мотовилов К.Я., Михайлова Е.Г. Влияние пегасина на перевариваемость и усвояемость веществ у яичных кур // Применение цеолитовых туфов в сельском хозяйстве. Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1986. С. 36–39.

Шадрин А.М., Колодезников К.Е., Панин Л.Е. и др. Эффективность использования хонгурина (цеолитового туфа) в свиноводстве и качество получаемой продукции // Природные цеолиты России. Новосибирск, 1992. С. 60–62.

Шадрин А.М., Паули А.А., Рыбаченко М.Д. Природные цеолиты при профилактике незаразных болезней кур // Ветеринария. 1996. № 6. С. 38–39.

Шадрин А.М., Донченко О.А. Применение цеолитов в Сибири для профилактики и лечения желудочно-кишечных болезней телят и поросят // Актуал. вопр. ветеринарии. Новосибирск, 1997. С. 34–36.

Шадрин А.М., Панин Л.Е. и др. Сахаптин – природный цеолит – уникальная кормовая и профилактическая добавка в корм животным и птице. Новосибирск: Изд-во СО РАСХН. НЗПЯОС им. И.В. Мичурина, 2003. 116 с.

Шадрин А.М., Синицын В.А., Белоусов Н.М. Роль природных и модифицированных цеолитов в профилактике кормовых и экологических стрессов у животных и птиц // Сиб. Вестн. с.-х. науки. 2006. № 6. С. 43–49

Шайхулов Р.Р. Коррекция иммунного статуса цыплят-бройлеров прополисом, пробиотиком, цеолитами и их композиционными формами: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2002.

Шамбаева С.Д. Использование цеолитов Бадинского месторождения в рационах цыплят-бройлеров // Мат. науч.-практ. конф., посвящ. 70–летию Бурятской ГСХА. Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2001. С. 214–216.

Шамбаева С.Д., Шамбаева М.Ц. Эффективность применения цеолитов Мухор-Талинского месторождения в кормлении ремонтного молодняка кур // Современные методы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных: Мат. науч.-практ. конф. технологического факультета БГСХА. Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2006. С. 119–122.

Шапошников Ф.Д. О «солонцевании» диких копытных животных в горно-таежном Алтае // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1953.Т. 58. Вып. 1. С. 3–10.

Шахмурзов М.М. Охрана рыбохозяйственных водоемов при загрязнении азотсодержащими соединениями и пути снижения их токсичности для рыб: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 1994.

Швиндт В.И., Попов В.В., Мавкова Т.Ф. Влияние скармливания цеолита на весовой рост молодняка крупного рогатого скота // Вест. мясного скотоводства: Мат. междунар. науч.-практ. конф. Т. 2. Вып. 60. 2007. С. 178–179.

Швиндт В.И. Научно-практическое обоснование использования нетрадиционных кормов, кормовых добавок и биологически активных веществ при производстве говядины: Автореф. дис. … докт. с.-х. наук. Волгоград, 2008. 53 с.

Шевырев В.С., Блинов А.И. Исследование адсорбционных свойств цеолита холинского месторождения по отношению к микроорганизмам // Природные цеолиты России. Новосибирск, 1992. С. 44–45.

Шило Н.А., Ложкин А.В., Титов Э.Э., Шумилов Ю.В. Киргилляхский мамонт. М.: Наука, 1983. 209 с.

Шпадарев А.М. Использование цеолитов разных месторождений и комплексных добавок с сухой молочной сывороткой в рационах поросят-отъемышей: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Брянск, 2006. 119 с.

Шуклин С.И. Использование хотынецких цеолитов для коррекции морфофункционального состояния яичников у свиней при хронической интоксикации соединениями свинца. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Курск, 2006. 151 с.

Шульга И.С. Влияние добавок цеолита на секреторную деятельность желез желудка и поджелудочной железы: Науч. тр. Исследования по морфологии и физиологии животных. Благовещенск, ДальГАУ, 2001. Вып. 13. С. 71–76.

Шульга И.С. Влияние добавок к рациону цеолита Куликовского месторождения на условия пищеварительного процесса в желудке и тонком кишечнике собак: Автореф. дис. … канд. биол. наук. Благовещенск, 2002. 20 с.

Шурубикова А.А. Влияние природных цеолитов на Saccharomyces cerevisiae: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2004. 23 с.

Юшкин Н.П. Минеральный мир и здоровье человека // Вестн. отделения наук о Земле РАН. 2004. № 1 (22). 10 с. – http: //www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1–2004/scpub–1.pdf

Якушкин Г.Д., Орлов М.В. Естественные солонцы овцебыков в долине реки Бикады Восточного Таймыра // Науч.-техн. бюл. СО ВАСХНИЛ. 1986. № 33. С. 48–52.

Яровaн Н.И. Влияние цеолитов на процессы адаптации у коров // Докл. РАСХН. 2008. № 2. С. 43–45.

Abrahams P.W., Parsons J.A. Geophagy in the Tropics: a literature eview // Geogr. J. 1996. Vol. 162. P. 63–72.

Abrahams P.W. Geophagy (soil consumption) and iron supplementation in Uganda // Trop. Med. Int. Health. Vol. 2. № 7. 1997. P. 23–617.

Abrahams P.W. The chemistry and mineralogy of three Savanna lick soils // J. Chem. Ecol. 1999. № 25. P. 28–2215.

Aitchison E.M., Rowe J.B. et al. Effect of bentonite on rumen fermentation and diet digestibility // Proc. of the Nutrition Society of Australia. 1986. № 11. P. 111–114.

Anell B., Lagercrantz S. Gefagical customs // Stud. ethnogr. upsal. 1958. Vol. 17. 98 p.

Aufreiter S., Hancock R.G.V., Mahaney W.C. et al. Geochemistry and mineralogy of soils eaten by humans // Int. J. Food Sci. Nutri. 1997. Vol. 48. P. 293–305.

Aufreiter S., Mahaney W.C., Milner M.W. et al. Mineralogical and Chemical Interactions of Soils Eaten by Chimpanzeers of the Mahale Mountains and Gombe Stream National Parks, Tanzania // J. Chem. Ecol. 2001. Vol. 27. № 2. P. 285–311.

Barnum B. Stomach stones and the food of plesiosaurs // Science. 1904. 20 (501). P. 184–185.

Bartosh S.M., Marounek J., Petrzik J. et al. Effect of bentonite on rumen fermentation and nitrogen metabolism in ruminants // Biol. Chem. Vet. 1982. № 18. P. 333–345.

Beath O.A. Biological significance of mineral Licks // Honess R.F., Frost N.M. A Wyoming bighorn sheep study. Wyoming: Game and Fish Dep. Bull. 1942. Vol. 1. P. 88–94.

Beck G., Habicht G.S. Immunity and the Invertebrates // Scientific American. 1996. Vol. 275. № 5. P. 60–66.

Belovsky G.E., Jordan P.A. Sodium dinamics and adaptations of a moose population // J. Mammal. 1981. Vol. 62. № 3. P. 613–621.

Belt D. Forest Elephants // National Geographic. 1999. Vol. 195. № 2.P. 100–113.
*Best D.A., Lynch G.M., Rongstad O.J.*Annuel spring movements of Moos to mineral licks in Swan Hills. Alberta / Proc. of the N. Amer. Moose Conf. and Workshoop, 1977. Vol. 13. P. 215–228.
Bialas T., Hell P., Slamecka J. Gastrolity v zaludkoch bazantov a jarabic // Folia venator. 1995. Vol. 25. P. 209–213.
Blake J.G., Guerra J., Mosquera D. et al. Use of Mineral Licks by White-Bellied Spider Monkeys (Ateles belzebuth) and Red Howler Monkeys (Alouatta seniculus) in Eastern Ecuador // Int. J. Primatology, ISSN (Online) 0164-0291 Tue, 04 May, 2010.
Blair-West I.R., Bott E., Coghlan I.P. et al. The regulation of electrolyte metabolism of ruminant animals in arid zones // Environ. I. physiol. and physiol. in arid conditions. P.: UNESCO, 1963. P. 289–299.
Blair-West I.R., Coghlan 1 P., Denton D. A. et al. Physiological, morphological and behavioural abaptation to a sodium-deficient environment by wild native Australian and introduced species of animals // Nature. 1968. Vol. 217. № 9. P. 922–928.
Bolton K.A., Campbell V.M., Burton F.D. Chemical analysis of soils of Kowloon (Hong Kong) eaten by hybrid macaques // J. Chem. Ecol. 1998. Vol. 24. P. 195–205.
Brightsmith D.J. Effects of weather on avian geophagy in Tambopata, Peru // Wilson Bull. 2004. Vol. 116. P. 134–145.
Brightsmith D.J., Aramburè R. Avian geophagy and soil characteristics in southeastern Peru // Biotropica. 2004. № 36. P. 534–543.
*Bristow T.*F. Mineralogical constrains on the paleoenvironments of the Ediacaran Doushantuo Formation // PNAS. 2009. Vol. 106. № 32. P. 13190–13195.
Burchfield S.R., Elich M.S., Woods S.C. Geophagia in response to stress and arthritis // Physiology & Behavior. 1977. Vol. 19. Is.22. P. 265–267.
Burger J., Gochfield M. Parrot behavior at a Rio Manu (Peru) clay lick: temporal patterns, associations, and antipredator responses // Acta Ethol. № 6. 2003. P. 23–34.
Burroughts G.W., Neser J.A., Kellerman T.S., van Niekerk F.A. Suspected hylirid vetch (Vica villosa crossed with Vica dasycarpa) poisoning of cattle in the Republic of South Africa // J. South. Afr. Vet. Assoc. 1983. Vol. 54. № 2. P. 75–79.
Calef G.W., Lortie G.M. A mineral lick of the Barren-Ground Caribou // J. Mammal. 1974. Vol. 56. № 1. P. 240–242.
Cannon G.L. Sauropodan Gastroliths // Science. 1906. № 24 (604). P. 116.
Carruthers V.R. Effect of bentonite on incidence of bloat, milk production, and mineral status in dairy cows // New Zealand J. Agricultural Research. 1985. Vol. 28. P. 221–223.
Carson M.S., Smith T.K. et al. Role of bentonite in prevention of T–2 toxicosis in rats // J. Animal Sci. Vol. 57. № 6. 1983. P. 1498–1506.
Chandrajith R., Kudavidanage E., Tobschall H.J., Dissanayake C.B. Geochemical and mineralogical characteristics of elephant geophagic soils in Udawalawe National Park, Sri Lanka // Environ. Geochem. Health. 2009. Vol. 31. P. 391–400.
Cheek D.B., Smith R.M., Spargo R.M., Francis N. Zinc, copper and environmental factors in the Aboriginal peoples of the north-west // Aust. N. J. Med. 1981. Vol. 2. P. 508–512.
Cowan I.McT., Brink V.C. Natural game licks in the Rocky Mountain National Parks of Canada // J. Mammal. 1949. Vol. 30. № 4. P. 379–387.
Cragin F.W. Observations on Cachexia Africana or dirt-eating //Am. J. Med. Sci.1836. Vol. 17. P. 356–364.
Curtlius M.F., Millican F.K., Layman E.M. et. al. Treatment of Rica with a vitamin and mineral supplement // Amer. J. Clin. Nutr. 1963. Vol. 12. P. 388–393.
Dalke P.D., Beeman R.D., Kindel F.J. et al. Use of salt licks by elk in Idaho // J. Wildlife Manag. 1965. Vol. 29. № 2. P. 319–332.
Davies A.G., Baillie I.C. Soil-eating by red leaf monkeys (Presbytis rubicunda) in Sabah, northern Borneo // Biotropica. 1988. Vol. 20. P. 252–258.
Denton D.A., Coding J. R., Sabine R., Wright R.D. Adaptation of ruminant animals to variation of salt in take // Teheran Symp. on Salinity Probi. in the Arid Zones. Teheran, 1961. P. 3–8.
Diamond J., Bishop K.D., Gilardi J.D. Geophagy in New Guinea birds // Ibis. 1999. № 141. P. 181–193.
Dormaar J. F., Walker B.D. Elemental content of animal licks along the eastern slopes of the Rocky Mountains in southern Alberta, Canada // Can. J. Soil Sci. 1996. № 76. P. 509–512.

Douglas S.R., Fleming A., Colebrook M.B. On the growth of anaerobic bacilli in fluid media under apparently aerobic conditions // Lancet. 1917. № 2. P. 530–532.
Dunn B.H., Emerick R.J., Embree L. et al. Sodium bentonite and sodium bicarbonate in high concentrate diets for lambs and calves // J. Animal Sci. 1979. Vol. 48. № 4. P. 764 –769.
Durnev A.D., Daugel-Dauge N.O., Korkina L. G., Seredenin S.B. Peculiarities of the clastogenic properties of chrysotile-asbestos fibers and zeolite particles // Mutation research. 1993. Vol. 319. № 4. P. 303–308.
Eason D.D. Mechanisms of antigen receptor evolution // Semin Immunol. 2004. Vol. 16. № 4. P. 215–226.
Eksteen J.J., Bornman J.J. Analysis of natural licks at Loskop Dam and Suikerbosrand Nature Reserves // South African J. of Wildlife Res. 1990. № 20. P. 94–99.
Enemark J.M., Kirketerp-Möller C.N., Jörgensen R.J. Effect of prepartum zeolite A supplementation on renal calcium excretion in dairy cows around calving and evaluation of a field test kit for monitoring it // Acta Vet. Scand. Suppl. 2003. Vol. 97. P. 119–136.
Erwin E.S., Elam C.J., Dyer I.A. et al. The influence of sodium bentonite in vitro and in the diet of bulls // J. Anim. Sci. 1957. № 16. P. 858–862.
Evans W.C., Patel M.C., Koohy Y. Acute bracken poisoning in homogastric andruminant animals // Proc. Roy. Soc. Edinburgh. 1982. Vol. 81. № 1/2. P. 29–64.
Fenn P.D., Leng R.A. Wool growth and sulphur amino acid entry rate in sheep fed roughage based diets supplemented with bentonite and sulphur amino acids // Australian J. Agr. Res. 1989. Vol. 40. P. 889–896.
Fenn P., Leng R.A. The effect of bentonite supplementation on ruminal protozoa density and wool growth in sheep either fed roughage based diets or grazing // Australian J. Agr. Res. 1990. Vol. 41. P. 167–174.
Feidman M.D. Pica: current perspectives // Psychosomat. 1986. № 27. P. 519–523.
Ferrell R.E., Vermeer D.E., LeBlanc W.S. Chemical and mineralogical composition of geophagical materials // Trace substances in environ. health XIX. Univ. Missouri, 1985. P. 47–55.
Filus I.A. Moose behavior at salt licks // Alces Supplement. 2002. № 2. P. 49–51.
Fisher L.J., MacKay V.G. et al. Investigation of sodium bicarbonate or bentonite as supplements to silage fed to lactating cows // Can. J. Animal Sci. 1983. № 63. P. 39–947.
Foglar L., Sipos L., Bolf N. Nitrate removal with bacterial cells attached to quartz sand and zeolite from salty wastewaters // W. J. Microbiol. Biotechnol. 2007. № 23. P. 1595–1603.
Freser D. Mammals, birds and butterflies as sodium sources in Norrhen Ontario forests // Can. J. Zool. 1984. Vol. 62. P. 80–87.
Freser D., Reardon E., Dieken F., Loescher B. Sampling problems and inter-pretation of chemical analysis of mineral springs used by wildlife // J. Wildlife Manag. 1980. Vol. 44. № 3. P. 623–631.
Freser D., Hristienko H. Activity of moose and wite-tailed deer at mineral springs // Ibid. 1981. Vol. 59. № 10. P. 1991–2000.
Jacques K.A., Axe D.E., Harris T.R. et al. Effect of sodium bicarbonate and sodium bentonite on digestion, solid and liquid flow, and ruminal fermentation characteristics of forage sorghum silage-based diets fed to steers // J. Animal Sci. 1986. Vol. 63. P. 923–932.
Jeremy B.A., Parker K.L., Arocena J.M., Gillingham M.P. Chemical composition of lick soils: functions of soil ingestion by four ungulate species // J. Mammal. 2006. № 5. Vol. 87. P. 878–888.
Jeremy B.A., Katherine L.P., Michael P.G. Use of Natural Licks by Four Species of Ungulates in Northern British Columbia // J. Mammal. 2008. № 89. Is. 4. P. 1041–1050.
Johns T. Detoxification function of geophagy and domestication of the potato // J. Chem. Ecol. 1986. 12. P. 635–646.
Jones R.L., Hanson H.C. Mineral licks, geophagy, and biogeochemistry of North American ungulates // Iowa, Iowa State University Press, Ames, 1985. 301 p.
Johns T., Duquette M. Detoxifiration and mineral supplementation as functions of geophagy // Am. J. Clin. Nutr. 1991. Vol. 53. P. 448–456.
Jordan R.M. Tests indicate bentonite in lamb rations beneficial // Feedstuffs. 1953a. Vol. 25. P. 53.
Jordan R.M. Effect of surfactants and bentonite on fattening lambs // J. Animal Science. 19536. Vol. 12. P. 922.

Joubert J.P., Schultz R.A. The treatment of Urginea sanguinea Schinz poisoning in sheep with activated charcoal and potassium chloride // J. S. Afr. Vet. Assoc. 1982. Vol. 53. № 1. P. 25–28.
Healy W.B. Jugestion of soil by sheep // Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod. 1967. Vol. 27. P. 109–120.
Hebert D., Cowan J.M. Natural salt licks as a part of the ecology of the mountain goat // Gan. J. Zool. 1970. Vol. 49. P. 605–610.
Heimer W.E. The importance of mineral licks to Dall sheep in interior Alaska and its significance to sheep management // Proc. Biennial Symp. North.Wild Sheep Council. Montana: Dep. Fish and Game. 1974. P. 49–63.
Henderson D.M. Effects of stomach stones on the buoyancy and equilibrium of a floating crocodilian: a computational analysis // Can. J. Zoology. 2003. Vol. 81. № 8. P. 1346–1357.
Henshaw J., Ayeni J. Some aspects of big game utilization of mineral licks in Yankary Game Reserve, Nigeria // East Afr. Wildlife J. 1971. Vol. 9. P. 73–82.
Hinz E. Formen der Geophagie und ihre Bedeutung für die Parasitologie // Tropenmed. Parasitol. 1999. Vol. 21. P. 1–14.
Hold R.M., Dudley J.P., Mcdowell L.R. Geophagy in the African elephant in relation to availability of dietary sodium // J. Mammalogy. 2002. Vol. 83. № 3. P. 652–664.
Hooper D., Mann H.H. Earth eating and the earth eating habit in India // Mem. Asiat. Soc. Bengal. Calcutta. 1906. Vol. 1. P. 249–270.
Houston D.C., Gilardi J.D., Hall A.J. Soil consumption by elephants might help to minimize the toxic effects of plant secondary compounds in forest browse // Mammal. Review. 2001. Vol. 31. Is. 3–4. P. 249–254.
Hunter J.M., De Kleine R. Geophagy in Central America // Geogr. Rev. 1984. Vol. 74. P. 157–169.
Hunter J.M. Geophagy in Africa and the United States // Geographical Review. 1973. № 63. P. 170–195.
Hunter J.M., Macroterme Geophagy and Pregnancy Clays in Southern Africa // J. Cultural Geography. 1993. Vol. 1. № 14. P. 69–92.
Huntington G.B., Emerick R.J., Embry L.B. Sodium bentonite or sodium bicarbonate as aids on feeding high-concentrate diets to lambs // J. Animal Science. 1977. Vol. 45. № 4. P. 804–811.
Ilgren E.B., Ortega Brena M., Castro Larragoitia J. et al. A reconnaissance study of a potential emerging mexican mesothelioma epidemic due to fibrous zeolite exposure // Indoor and Built Environ. 2008. Vol. 17. № 6. P. 496–515.
Ivkovic S., Zabcic D. The effect of tribomechanically activated zeolite (TMAZ) on total antioxidant status of healthy individuals and patients with malignant disease //Free Radical Biol. and Med. 2002. № 33 (Suppl. 1). P. 100–102.
Ivkovic S., Deutsch U., Silberbach A. et al. Dietary supplementation with the tribomechanically activated zeolite clinoptilolite in immunodeficiency: effects on the immune system // Adv. Ther. 2004. Vol. 21. № 2. P. 135–147.
Galeano B., Korff E., Nicholson W.L. Inactivation of vegetative cells, but not spores, of Bacillus anthracis, B-cereus, and B-subtilis on stainless steel surfaces coated with an antimicrobial silver- and zinc-containing zeolite formulation // Applied and Environ. Microbiol. 2003. № 69. P. 4329–4331.
Gastroliths associated with plesiosaur remains in the Sharon Springs Member (Late Cretaceous) of the Pierre Shale, Western Kansas. 2009. – www.oceansofkansas.com/Gastro.html.
Geissler P.W., Mwaniki D., Thiong F., Friis H. Geophagy as a risk factor for geohelminth infections: a longitudinal study of Kenyan primary schoolchildren // Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg. 1998. Vol. 92. P. 7–11.
Gilardi J.D., Duffey S.S., Munn C.A., Tell L. Biochemical functions of geophagy in parrots: detoxification of dietary toxins and cytoprotective effects // J. Chem Ecol. 1999. № 25. P. 897–922.
Gionfriddo J.P., Best L.B. Grit-use patterns in North American birds: The influence of diet, body size, and gender // Wilson Bull. 1996. Vol. 108. № 4. P. 685–696.
Grce M., Pavelic K. Antiviral properties of clinoptilolite // Microporous and Mesoporous Materials. 2005. Vol. 79. Is. 1–3. P. 165–169.
Kennedy J.P., Brockman H.L. Stomach stone in the American Alligator, Alligator mississippiensis Daudin // British J. Herpetology. 1965. Vol. 3. № 8. P. 201–203.

Ketch L.A., Malloch D., Mahaney W.C., Huffman M.A. Comparative microbial analysis and clay mineralogy of soils eaten by chimpanzees (Pan troglodytes schweinfurhii) in Tanzania // Soil Biology and Biochemistry. 2001б. Vol. 33. № 2. P. 199–203.
Ketch L.A., Malloch D., Mahaney W.C., Huffman M.A. Comparative microbial analysis and clay mineralogy of soils eaten by chimpanzees (Pan troglodytes schweinfurthii) in Tanzania // Soil Biology and Biochemistry. 2001б. Vol. 33. № 2. P. 199–203.
Kim D.M., Kim Y.E., Choi C.Y. Effect of zeolites on protein-synthesis in a cell-free system from Escherichia Coli // Biotechnology Letters. 1995. № 17. P. 1043–1046.
Klaus G., Schmidt B. Geophagy at natural licks and mammal ecology: a review // Mammalia. № 62. 1998. P. 481–497.
Klaus G., Klaus-Hügi C., Schmid B. Geophagy by large mammals at natural licks in the rain forest of the Dzanga National Park, Central African Republic //J. Tropical Ecology. 1998. № 14. P. 829–839.
Klein N., Frohlich F., Krief S. Geophagy: soil consumption enhances the bioactivities of plants eaten by chimpanzees // Naturwissenschaften. 2008. № 95. P. 325–331.
Knezevich M. Geophagy as a therapeutic mediator of endoparasitism in a free-ranging group of rhesus macaques (Macaca mulatta) // Am. J. Primatol. 1998. Vol. 44. № 1. P. 71–82.
Knight R.R., Mudge M.R. Characteristics of some natural licks in the Sun river area, Montana // J. Wildl. Manag. 1967. Vol. 31. № 2. P. 293–298.
Kreulen D.A. Lick use by large herbivores: a review of benefits and banes of soil consumption // Mamm. Rev. 1985. Vol. 15. P. 107–123.
Krishnamani R., Mahaney W.C. Geophagy among primates: adaptive significance and ecological consequences // Animal Behavior. 2002. № 59. P. 899–915.
Kumar B.P., Shivakumar K., Kartha C.C. et al. Magnesium deficiency and cerium promote fibrogenesis in rat heart // Bull. Environ. Contam.Toxicol. 1996. Vol. 57. № 4. P. 517–524.
Kurnick A.A., Reid B.K. Poultry nutrition studies with bentonite // Feedstuffs. 1960. Vol. 32. P. 34.
Kutty V.R., Abraham S., Kartha C.C. Geographical distribution of endomyocardial fibrosis in South Kerala // Int. J. Epi. 1996. Vol. 25. № 6. P. 1202–1207.
Laufer B. Geophagy // Field Mus. Natur. Hist. Publ. Anthropol. Ser. 1930. Vol. 18, № 280. P. 99–198.
Lee A.T.K., Kumar S., Brightsmith D.J., Marsden S.J. Parrot claylick distribution in South America: do patterns of «where» help answer the question «why»? // Ecography. 2010. Vol. 33. P. 503–513 (www.oikos.ekol.lu.se/appendix/)
Lemerle C., Stockdale C.R., Trigg T.E. Effect of sodium bentonite on the productivity of lactating dairy cows fed good quality pasture supplemented with a high energy concentrate // Proceedings of the Australian Society of Animal Production. 1984. Vol. 15. P. 424–427.
Mackenzie R.A. Bentonite as therapy for lantana camara poisoning of cattle // Australian Veter. J. 1991. Vol. 68. № 4. P. 146–148.
Mahaney W.C. Scanning Electron-Microscopy of Earth Mined and Eaten by Mountain Garillas in the Virunga Mountains, Rwanda // Primates. 1993. Vol. 34. Is. 3. P. 311–319.
Mahaney W.C., Hancock R.G.V., Inoue M. Geockemistry and Clay Mineralogy of Soils Eaten by Japanese Macaques // Primates. 1993. Vol. 34. Is. 1. P. 85–91.
Mahaney W.C., Aufreiter S., Hancock R.G.V. Mountain Gorilla Geophagy – a Possible Seasonal Behavior for Dealing mith the Effects of Dietary – Changes // Int. J. Primatology. 1995a. Vol. 16. Is. 3. P. 475–488.
Mahaney W.C., Stambolic A., Knezevich M. et al. Geophagy Amongst Rhesus Macaques on Cayo-Santiago, Puerto-Rico // Primates. 1995б, Vol. 36. Is. 3. P. 323–333.
Mahaney W.C., Hancock R.G.V., Aufreiter S., Huffman M.A. Geockemistry and Clay Mineralogy of Termite Mound Soil and the Role of Geophagy in Chimpanzeer of the Mahale-Mounting, Tanzania // Primates. 1996a. Vol. 37. Is. 2. P. 121–134.
Mahaney W.C., Bezada M., Hancock R.G.V., Aufreiter S., Perez F.L. Geophagy of Holstein hybrid cattle in the northern Andes, Venezuela // Mountain Res. Develop. Vol. 16. № 2. 1996б. P. 177–180.
Mahaney W.C., Milner M.W., Sunmugadas K. et al. Analysis of Geophagy Soils in Kibale-Forest, Uganda // Primates. 1997. Vol. 38. Is. 2. P. 159–176.
Marcel H.C., Leon G. Geophagie et nutrition minerale cher leg primates sanvages // C. r. Acad. sci. D. 1974. Vol. 279. № 16. P. 1393–1396.

Margulis L. Origin of eukaryotic cells. New Haven: Yale Univ. Press, 1970. 350 p.
Mason D. On atrophia a ventriculo (mal d'Estomac) or dirt-eating // Rdlnb. Med. S. J. 1833. Vol. 39. P. 95–289.
Mattson D.J., Green G.I., Swalley R. Geopfagy by Yellowstone grizzly bears // Ursus. 1999. Vol. 11. P. 109–116.
McNeill K. A history of medicine and surgery in Jamaica // J. Med. Assoc. Jamaica. 1987. Vol. 1. P. 712.
Mee A., Denny R., Fairclough K., Pullan D.M., Boyd-Wallis W. Observations of parrots at a geophagy site in Bolivia // Biota Netrop. 2005. №. 2. Vol. 5 (n2) – http://www. biotaneotropica. org.br/v5n2/pt/abstract.short-communication+bn02805022005
Mengel G.E., Garter W.A., Horton E.S. Geophagia with iron deficiency and hypokalemia // Arch. lntern. Med. 1964. Vol. 114. P. 470–474.
Modirsanei M., Khosravi A.R., Kiaei S.M.M. et al. Efficacy of dietary natural zeolite and Saccharomyces cerevisiae in counteracting aflatoxicosis in broiler chicks // J. Appl. Anim. Res. 2004. Vol. 26, № 1. P. 39–44.
Moe S.R. Mineral content and wildlife use of soil licks in southwestern Nepa // Can. J. Zoology. 1993. № 71. P. 933–936.
Momcilovic B. Megamin, faith, hope and placebos – a critical review // Arh. Hig., Rada. Toksikol. 1999. Vol. 50 (1). P. 67–78.
Moodie R.L. The «stomach stones» of reptiles // Science N. S. 1912. Vol. 35 (897). P. 377–378.
Milan Z., de Las Pozas C., Cruz M. et al.The removal of bacteria by modified natural zeolites // J. Environ. Sci. Health. 2001. Vol. 36. № 6. P. 1073–1087.
Miller B.K., Litvaitis J.A. Use of roadside salt licks by moose, *Alces alces*, in northern New Hampshire // Can. Field-Naturalist. 1992. № 106. P. 112–117.
Mills A., Morkel P., Runyoro V. et al. Management of Black Rhino in the Ngorongoro Crater: A report on the workshop held at Serena Lodge, Ngorongoro, 3–4 September 2003. 21 p.
Mills A., Milewski A. Geophagy and nutrient supplementation in the Ngorongoro Conservation Area, Tanzania, with particular reference to selenium, cobalt and molybdenum // J. Zoology. 2007. № 271. Is. 1. P. 110–118
Milton S.J. , Dean W.R.J. Gizzard stones and food selection by free-range ostrich: implications for management. East Coast Producers Association, January-February. 1995. P. 4–7.
Mincher B.J., Ball R.D., Houghton T.P. et al. Some aspects of geophagia in Wyoming bighorn sheep (Ovis canadensis) // European J. Wild. Research. 2008. № 2. Vol. 54. P. 193–198.
Muller K.H., Hartmann G. Geophagy in Masked Tili Mankeys in Brazil // Primates. 1997. Vol. 38. Is. 1. P. 69–77.
Murray P.J., Rowe J.B., Aitchison E.M. The effect of bentonite on wool growth, liveweight change and rumen fermentation in sheep // Australian J. Experimental Agriculture. 1990. Vol. 30. P. 39–42.
Mure A.I. The moose of isle Royale // Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Mich. 1934. № 25. P. 1–44.
Nikawa H., Yamamoto T., Hamada T. et al. Antifungal effect of zeolite-incorporated tissue conditioner against Candida albicans growth and/or acid production // J. Oral. Rehabil. 1997. Vol. 24. № 5. P. 350–357.
Nisbet E.G. RNA livili-othermal systems, zeolites and the origin of life // Episodes. 1986. Vol. 9. № 2. P. 83–90.
Ousterhout L.E. The effect of kaolin on the feed efficiency of chickens // Poultry Science. 1967. Vol. 46. P. 1303.
Panichev A.M. A Conseption of Lythophagy and Phenomenon of Mineral Lick // Mater. conf. Syktyvkar, USSR, Third Int. Moose Symposium, 1990. P. 42.
Quisenberry J.H. The use of clay in poultry feed // Clay and Clay Minerals. 1968. Vol. 16. P. 267–270.
Rajcevic M., Salobir K. The effect of addition of Ca-bentonite in young cattle fattening // World Review of Animal Production. 1990. Vol. 25. № 3. P. 35–38.
Rea R.V., Hodder D.P., Child K.N. Mineral licks and land management considerations for natural mineral licks used by moose in land use planning and development // Alces. 2004. Vol. 40. P. 212–218.
Reid R.M. Cultural and medical perspectives on geophagia // Med. Anthropol. 1992. Vol. 13. № 4. P. 337–351.

Ricardo M.H., Joseph P.D., Lee R.M. Geophagy in the african elephant in relation to availability of dietary sodium // J. Mammalogy. 2002. Vol. 83. № 3. P. 652–664.
Rindsig R.B., Schultz L.H. Effect of bentonite on nitrogen and mineral balances and ration digestibility of high-grain rations fed to lactationg dairy cows // J. Dairy Sci. 1970. Vol. 53. P. 888–892.
Risenhoover K.L., Peterson R.O. Mineral licks as a sodium source for Isle Royale moose // Oecologia. 1986. № 71. P. 121–126.
Robinson B.A., Tolan P.W., Golding-Beecher O. Childhood pica: some aspects of the clinical profile in Manchester, Jamaica // W. lnd. Med. J. 1990. Vol. 39. P. 20–26.
Ross T. (translator) Personal narrative of travels to the equinoctial regiom of America during the years 1799–1804 by Alexander von Humholdt and Aime Bonpland. London: Routledge, 1895. Vol. 2.
Rotermel Z.A., Kirsanov N.V., Zaleznjak P.N. Bentonite clays increase weight gains of pigs // Svinovodstvo. 1964. Vol. 12. P. 28–29.
Ruggiero R.G., Fay M.J. Utilisation of Termitarium Soils by Elephants and its Ecological *Implications* // Afr. J. Ecol. 1994. № 32. P. 222–232.
Sellers R.S., Harris G.C., Waldroup P.W. The effects of dietary clays and fillers on the performance of broilers and laying hens // Poultry Science. 1979. Vol. 59. P. 1901–1906.
Sere A., Kamgue R. T. Lex iiitoxications du betail par les plantes toxiqueg // Med. Afr.Noire. 1982. Vol. 29. № 12. P. 817–828.
*Severance H.W., Holt T., Patrone N.A., Chapman L.*Profound muscle weakness and hypokalemia due to clay ingestion. South // Med. J.1988. Vol. 81. P. 272–284.
Shivkumar K., Renuka Nair R.,Valiathan M.S. Paradoxical effect of cerium on collagen synthesis in cardiac fibroblasts // J. Mol. Cell. Cardiol. 1992. Vol. 24. P. 775–780.
Simon S.L. Soil ingestion by humans: a review of history, data, and etiology with application to risk assessment of radioactively contaminated soil // Health Phys. 1998. № 74. P. 72–647.
Smith B., Chenery S.R.N., Cook J.M. et al. Geochemical and environmental factors controlling exposure to cerium and magnesium in Uganda // J. Geochem. Explor. 1998. Vol. 65. Is. 1. P. 1–15.
Staneck E.J., Calabrese E.J. Daily estimates of soil ingestion in children // Environ. Health Perspect. 1995. № 103. P. 85–277.
Stark M.A. Analysis of five natural soil licks, Benoue National Park, Cameroon // African J. Ecology. 1986. № 24. P. 181–187.
Stokes W.M.L. Dinosaur gastroliths revisited // J. Paleontology. 1987. Vol. 61. № 6. P. 1242–1246.
Stockstad D.S., Morris M.S., Lory E.C. Chemical characteristics of natural licks used by big game animals in western Montana // Trans. N. Amer. Wildlife Conf. 1953. Vol. 18. P. 247–257.
Stotzky G. Influence of clay minerals on microorganisms // Ibid. 1966a. Vol. 12. P. 831–848.
Stotzky G. Influence of clay minerals on microorganisms // Ibid. 1966б. Vol. 12. P. 1235–1246.
Stotzky G., Rem L.T. Influence of clay minerals on microorganisms // Can. J. Microbiol. 1966. Vol. 12. P. 547–563.
Stotzky G., Rem L.T. Influence of clay minerals on microorganism // Ibid. 1967. Vol. 13. № 1. P. 1535–1550.
Tankersley N.G., Gasaway W.C. Mineral lick use by moose Alaska // Can. J. Zool. 1983. Vol. 61. №. 10. P. 2242–2249.
Thornton J. Soil-plant-animal interactions in relation to the incidence of trace element disorders in grazing levestock // Brit. Soc. Anim. Prod. Occas. Publ. 1983. P. 39–49.
Tracy B.F., Mcnaughton S.J. Elemental Analysis of Mineral Lick Soils from the Serengeti-National-Park, The Konza-Prairie and Yellowstone-National-Park // Ecography. 1995. Vol. 18. Is. 1. P. 91–94.
Tashenov K.T., Kozhakhmetov A.E., Tashenov K. Microbiological processes in the rumen and fodder nitrogen utilization when bentonite is included in calf ration // Soviet Agricultural Science. 1991. Vol. 7. P. 32–35.
Young S.L., Wilson M. J., Miller D., Hillier S. Toward a Comprehensive Approach to the Collection and Analysis of Pica Substances, with Emphasis on Geophagic Materials // PLoS One. 2008. Sep. 5. 3(9) – e3147/ www.ncbi.nlm.nih.gov/pnbmed/18773081
Young S.L., Wilson M.J., Hillier S. et al. Differences and Commonalities in Physical, Chemical and Mineralogical Properties of Zanzibari Geophagic Soils // J. Chem. Ecol. 2010. Vol. 36. № 1. P. 129–140.

Valiathan M.S., Kartha C.C., Eapen J.T. et al. A geochemical basis for endomyocardial fibrosis // Cardiovasc Res. 1989. Vol. 23. № 7. P. 647–648.
Vermeer D.E. Geophagy among the Tiv in Nigeria // A. Assoc. Amer. Geogr. 1966. Vol. 56. P. 197–204.
Vermeer D.E. Geophagy among the ewe of Ghana // Ethnology. 1971. Vol. 10. № 1. P. 56–72.
Vermeer D.E. Geophagy in a Mississippi county // A. Assoc. Amer. Geogr. 1979. № 65. P. 414–424.
Vermeer D.E. Geophagical clays from the Benin area of Nigeria: a major source for the markets of West Africa // Nat. Geogr. Soc. Res. Rep.1984. № 16. P. 705–711.
Vermeer D.E. Geophagy in the American South // Bull. Shreveport-Med. Soc.1986. Vol. 37. P. 38.
Vermeer D.E. Geophagy in Africa // Bull. Shrreport Med. Soc. 1987. № 38. P. 13–14.
Vermeer D.E., Frate D.A. Geophagy in Rural Mississippi: Environmental and Cultural Contexts and Nutritional Implications // Amer. J. Clin. Nutr. 1979. Vol. 32. P. 2129–2135.
Vermeer D.E., Ray E., Ferrell J. Nigerian Geophagical Clay: A Traditional Antidiarrheal Pharmaceutical // Science. 1985. Vol. 227. P. 634–636.
Vesna L., Ivkovic S., Vesna T. Prebiotic activity of zeolite based products // 5-th Int. Conf. and Exhib. on Nutraceuticals and Functional Foods, San Francisco, SAD, 2004. P. 483.
Voigt C.C., Capps K.A., Dechmann D.K.N. et al. Mineral Lick Attract Neotropical Seed-Dispersing Bats // Res. Letter in Ecol. 2007. Vol. 5. 4 p.
Voigt C.C., Capps K.A., Dechmann D.K.N. et al. Nutrition or Detoxification: Why Bats Visit Mineral Licks of the Amazonian Rainforest – www.ncbi.nlm.nih.gov › Journal List› PLoS ONE›v.3(4); 2008
Voros J., Mahaney W.C., Milner M. et al. Geophagy by the Bonnet Macaques (Macaca radiata) of Southern India: A Preliminary Analysis // Primates. 2001. Vol. 42. № 4. 327–344.
Wakibara J.V., Huffman M.A., Wink M. et al. The Adaptive Significance of Geophagy for Japanese Macaques (Macaca fuscata) at Arashiyama, Japan // Int. J. Primatology. 2001. Vol. 22. №. 3. P. 495–519.
Watts T.J., Schemnitz S.D. Mineral lick use and movement in a reminant desert bighorn sheep population // J. Wildlife Manag. 1985. Vol. 49. № 4. P. 994–996.
Weeks H.P. Characteristics of mineral licks and behavior of visiting white-tailed deer in Southern Indiana // J. Midi. Natur. 1978. Vol. 100. № 2. P. 384–395.
Weeks H.P., Kirkpatrick C.M. Adaptations of white-tailed deer to naturally occurring sodium deficiences // J. Wildlife Manag. 1976. Vol. 40. № 4. P. 610–623.
Weir I.S. Chemical properties and occurrence on Kalahari sand of salt licks created by elephants // J. Zool. 1969. Vol. 158. P. 293–310.
Weir J.S. Spatial distribution of elephans in an African National Park in relation to environmental sodium // J. Oikos. 1972. Vol. 23. № 1. P. 1–13.
Weiss S.T. Eat dirt – the hygiene hypothesis and allergic disease // N. Engl. J. Med. 2002. № 347. P. 1–930.
Wieland G.R. Dinosaurian gastroliths // Science. 1906. N. S. № 23 (595). P. 819–821.
Wiles G.J., Weeks H. P. Movements and use patterns of white-tailed deer visiting natural licks // J. Wildlife Manag. 1986. Vol. 50. № 3. P. 487–496.
Wiley .S, Solomon H.K. Geophagy in pregnancy: a test of a hypothesis // Current Anthropology. 1998. № 39. P. 45–532.
Williston S.W. North American Plesiosaurs // Field Columbian Museum. 1903. Pub. 73, Geological Series. № 2 (1). P. 1–79.
Williston S.W. The stomach stones of the plesiosaurs // Science (new series). 1904. № 22. P. 565.
Wings O. Identification, distribution, and function of gasstroliths in dinosaurs and extent birds with emphasis on ostriches (struthio camelus). 2004. – http://hss.ulb.uni-bonn.de:90/2004/0462/0462-1.pdf
Wings O., Sander P.M. No gastric mill in sauropod dinosaurs: new evidence from analysis of gastrolith mass and function in ostriches // Proc Biol Sci. 2007. № 274. Is.1610. P. 635–640.
Zaumislova O.J., Panichev A.M. Licks as a Component of Environment of the Ussuryi Elk // Syktyvkar, USSR, III Int. Moose Symp. 1990. P. 55.
Zarkovic N., Zarkovic K., Kralj M. et al. Anticancer and antioxidative effects of micronized zeolite clinoptilolite // Anticancer Res. 2003. № 23 (2B). P. 1589–1595.

ОГЛАВЛЕНИЕ

От ответственного редактора 5

От автора 6

О разновидностях литофагии и терминах 7

Глава 1

Состояние изученности проблемы литофагии 10

Литофагия у человека 10

Литофагия у животных 17

Общий итог современной изученности проблемы литофагии по данным анализа зарубежных источников 25

Глава 2

Состояние изученности проблемы литофагии с учетом исследований автора 27

Кудуры и кудуриты: разновидности и закономерности формирования 27

Геологические закономерности возникновения солонцов-кудуров в вулканических горах на примере Ванчинской угленосной впадины в Сихотэ-Алине 48

Минералогические и физико-химические характеристики кудуритов и гастролитов 55

Общие закономерности литофагии у диких животных 60

Глава 3

О механизме биологического действия кудуритов и гастролитов 74

Физико-химическое взаимодействие с электролитами в пищеварительном тракте животных 74

О биологической значимости оксида кремния и сорбционно-каталитической функции кудуритов и гастролитов 80

О детоксикационной функции кудуритов 83

О влиянии кудуритов на микроорганизмы 85

Действие кудуритов на иммунную систему 88

Общие биологические и медико-биологические эффекты 90

Влияние перорального применения цеолитов на поведение животных 92

О негативных биологических эффектах, связанных с употреблением природных минералов 93
Об аппликационном действии кудуритов 95

Глава 4

Природные минерально-кристаллические вещества как регуляторы биосистем 98

Биогенные аналоги кудуритов 98
Стресс как причина литофагии 100
О связи литофагии с поиском натрия 102
Солонцы-кудуры как индикаторы адаптационных проблем у животных 104
Новый взгляд на эволюцию животных 111

Основные выводы 116

Послесловие 119

Благодарности 122

Литература 123

CONTENTS

Fromthe managing editor 5

From the author 6

On varieties of lithophagy and terms 7

Chapter 1

Scrutiny of the problem lithophagy 10

Lithophagy of man 10

Lithophagy of animals 17

Total current scrutiny of the problem according to lithophagy analysis of foreign sources 25

Chapter 2

Scrutiny of the lithophagy problem with author's series of reseach 27

Kudur and kudurits: variety and pattern formation 27

Geological patterns of solonets-kudurs in volcanic mountains on the example of carboniferous depression in Vanchinskaya Sikhote-Aline ……..... 48

Mineralogical and physico-chemical characteristics of kudurits and gastrolithes 55

General lithophagy patterns wild animals 60

Chapter 3

On the mechanism of biological action of kudurits and gastrolithes 74

Physical and chemical interaction with electrolytes in the digestive system of animals 74

On the biological significance of silicon oxide and sorption-catalytic function of kudurits and gastrolithes 80

On detoxification function of kudurits 83

Effect of kudurits on the microorganisms 85

Kudurit action on the immune system 88

Common biological and biomedical effects 90

Effect of oral application of zeolites on animal behavior 92

On negative biological effects associated with use of natural minerals 93

On applicative action of kudyurits 95

Chapter 4
Natural mineral crystal substances as regulators of biological systems 98
Biogenic analogues of kudurits 98
Stress as a cause of lithophagy 100
On the connection of lithophagy with the search of sodium 102
Solonets-kudurs as indicators of adaptation problems of animals 104
A new look at the evolution of animals 111
Conclusions 116
Afterword 119
Acknowledgement 122
References 123

Научное издание

Паничев Александр Михайлович

ЛИТОФАГИЯ:
геологические, экологические
и биомедицинские аспекты

Утверждено к печати
Ученым советом
Тихоокеанского института географии
ДВО РАН

Зав. редакцией *М.В. Грачева*
Редактор *Е.Ю. Федорова*
Художник *Ю.И. Духовская*
Художественный редактор *В.Ю. Яковлев*
Технический редактор *Т.А. Резникова*
Корректор *Р.В. Молоканова*

Подписано к печати 04.05.2011
Формат 70 × 100 $^{1}/_{16}$. Гарнитура Таймс
Печать офсетная
Усл.печ.л. 14.7. Усл.кр.-отт. 22.2. Уч.-изд.л. 15.0
Тираж 300 экз. Тип. зак.

Издательство «Наука»
117997, Москва, Профсоюзная ул., 90

E-mail: secret@naukaran.ru
www.naukaran.ru

ППП «Типография «Наука»
121099, Москва, Шубинский пер., 6

АДРЕСА КНИГОТОРГОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ТОРГОВОЙ ФИРМЫ “АКАДЕМКНИГА” РАН

Магазины “Книга-почтой”

121099 Москва, Шубинский пер., 6; (код 495) 241-02-52 Сайт: www.LitRAS.ru
E-mail: info@LitRAS.ru
197345 Санкт-Петербург, ул. Петрозаводская, 7 “Б”; (код 812) 235-40-64
ak@akbook.ru

Магазины “Академкнига” с указанием букинистических отделов и “Книга-почтой”

690002 Владивосток, Океанский проспект, 140 (“Книга-почтой”);
(код 4232) 45-27-91 antoli@mail.ru
620151 Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, 137 (“Книга-почтой”);
(код 343) 350-10-03 kniga@sky.ru
664033 Иркутск, ул. Лермонтова, 289 (“Книга-почтой”); (код 3952) 42-96-20 aknir@irlan.ru
660049 Красноярск, ул. Сурикова, 45; (код 3912) 27-03-90 akademkniga@bk.ru
220012 Минск, просп. Независимости, 72; (код 10375-17) 292-00-52, 292-46-52, 292-50-43
www.akademkniga.by
117312 Москва, ул. Вавилова, 55/7; (код 495) 124-55-00
(Бук. отдел (код 495) 125-30-38)
117192 Москва, Мичуринский проспект, 12; (код 495) 932-74-79
127051 Москва, Цветной бульвар, 21, строение 2; (код 495) 621-55-96
(Бук. отдел)
117997 Москва, ул. Профсоюзная, 90; (код 495) 334-72-98
105062 Москва, Б. Спасоглинищевский пер., 8 строение 4; (код 495) 624-72-19
(Бук. отдел)
630091 Новосибирск, Красный проспект, 51; (код 383) 221-15-60
akademkniga@mail.ru
630090 Новосибирск, Морской проспект, 22 (“Книга-почтой”);
(код 383) 330-09-22 akdmn2@mail.nsk.ru
142290 Пущино Московской обл., МКР “В”, 1 (“Книга-почтой”);
(код 49677) 3-38-80
191104 Санкт-Петербург, Литейный проспект, 57; (код 812) 272-36-65
199034 Санкт-Петербург, Менделеевская линия, 1; (код 812) 328-38-12
199034 Санкт-Петербург, Васильевский остров, 9-я линия, 16;
(код 812) 323-34-62
634050 Томск, Набережная р. Ушайки, 18;
(код 3822) 51-60-36 akademkniga@mail.tomsknet.ru
450059 Уфа, ул. Р. Зорге, 10 (“Книга-почтой”); (код 3472) 23-47-62,
23-47-74 UfaAkademkniga@mail.ru
450025 Уфа, ул. Коммунистическая, 49; (код 3472) 72-91-85 (Бук. отдел)

Коммерческий отдел, Академкнига. г. Москва
Телефон для оптовых покупателей: (код 495) 241-03-09
Сайт: www.LitRAS.ru
E-mail: info@LitRAS.ru
Склад, телефон (код 499) 795-12-87
Факс (код 495) 241-02-77