

**Паничев Александр Михайлович** – Тихоокеанский институт географии ДВО РАН; Дальневосточный федеральный университет, Владивосток  
**Alexander M. Panichev** – Pacific Institute of Geography FEB RAS; Far Eastern Federal University, Vladivostok

**Трепет Сергей Алексеевич** – Кавказский Государственный природный биосферный заповедник, Майкоп  
**Sergey A. Trepet** – Caucasian State Natural Biosphere Reserve, Maykop

**Чекрыжов Игорь Юрьевич** – Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток  
**Igor Yu. Chekryzhov** – Far Eastern Institute of Geology FEB RAS, Vladivostok

**Локтионова Ольга Андреевна** – Кавказский государственный природный биосферный заповедник, Майкоп  
**Olga A. Loktionova** – Caucasian State Natural Biosphere Reserve, Maykop

**Крупская Виктория Валерьевна** – Лаборатория кристаллохимии минералов им. академика Н.В. Белова (ИГЕМ РАН), Москва  
**Victoria V. Krupskaya** – Laboratory of Crystal Chemistry of Minerals named after Academician N.V. Belov (IGEM), Moscow

УДК 551/.4; 502; 504; 574; 577

#### О ПРИЧИНАХ ЛИТОФАГИИ СРЕДИ КОПЫТНЫХ ЖИВОТНЫХ В ГОРАХ КАВКАЗА

#### CAUSES OF LITOPHAGY UNGULATES IN THE CAUCASUS MOUNTAINS

---

Статья нацелена на раскрытие причин поедания дикими травоядными животными горных пород в Кавказских горах, на территории Кавказского государственного биосферного заповедника. Исследовались минералогические и геохимические особенности поедаемых горных пород, а также геологические условия их формирования. Проведен сравнительный анализ минерального и химического состава поедаемых пород и почти полностью состоящих из минерального вещества экскрементов животных. Установлено, что поедаемые породы состоят преимущественно из тонкораспыленного кварца, гидрослюд и хлоритов и являются производными метаморфических сланцев протерозоя, измененными в зоне тектонического контакта. Выявленные нами факты почти полного отсутствия в поедаемых породах натрия, а также факты селективного удаления минеральными сорбентами из организма тяжелых редкоземельных элементов позволяют предположить, что стремление к литофагии у животных на Кавказе может быть связано с особенностями обмена в организме элементов из группы лантаноидов.

*Ключевые слова:* Кавказ, кудуры, литофагия, минералы, лантаноиды.

The article is aimed at identifying the cause of eating by wild herbivores mountain of rocks in the Caucasus mountains, in the territory of the Caucasian State Biosphere Reserve. Mineralogical and geochemical features of eaten rocks and geological conditions of their formation are investigated. Comparative analysis of the mineral and chemical composition of rocks eaten by animals and feces consisting almost entirely of mineral matter is given. Found that eaten rocks consist mainly of quartz mist, hydrous and chlorite, and are derived from the Proterozoic schists in the altered in the zone of tectonic contact. We identified facts of the almost complete absence of sodium in the consumed rocks as well as selective removal of mineral sorbents from

the body of heavy rare earth elements. This facts suggested that animals desire for litophagy in the Caucasus can be associated with features of metabolism in the body elements of the lanthanide group.

*Keywords:* **Caucasus, Kudur, litophagy, minerals, lanthanides.**

---

В горах Кавказа, в том числе на территории Кавказского государственного биосферного заповедника, среди копытных животных распространена инстинктивная форма литофагии, сопровождаемая возникновением характерных природных комплексов – зверовых солонцов, или кудуров. Термин «кудур», заимствованный из лексики тюркских кочевников-скотоводов, аналогичен по смыслу русскоязычному термину «зверовой солонец». С некоторых пор мы используем его как более предпочтительный в научных текстах. Дело не только в краткости нового термина, но также в уходе от слова «солонец» (производное от «соль»), которое далеко не всегда соответствует содержанию обозначаемых им природных объектов. В то же время термин «солонец» абсолютно уместен, когда мы имеем дело с местами, искусственно засоленными человеком с целью привлечения копытных животных. Такого рода солонцы в Кавказском заповеднике также многочисленны. Согласно данным летописи заповедника, их общая численность в 1960-х гг. составляла порядка 80, при этом для их поддержания ежегодно развозилось около 15 т хлористого натрия. Такой вид биотехнической деятельности в заповеднике систематически осуществляется с 1932 г. по настоящее время. Первые солонцы на территории заповедника, в районах охотничьих лагерей «Челипси» и «Аспидный», были обустроены еще в 1890-х гг. [9].

В очерке В.А. Шильдера [9] приводятся сведения не только об искусственных солонцах, но и о существовании на территории Большого Кавказского хребта их природных аналогов (кудуров), удобных для охоты на копытных. Чуть позднее на кудуры в горах Кавказа как на природные объекты весьма значимые для поддержания численности диких копытных животных, в том числе зубров, обратили внимание Н.Я. Динник [2] и Д.П. Филатов [8].

Специальные исследования кудуров в этом регионе были начаты А.А. Насимовичем в середине 1930-х гг. Он описал несколько десятков кудуров на территории заповедника, выделил основные их морфологические типы, определил цикличность их посещения различными видами животных, выполнил первые физико-химические исследования водных источников и грунтов, потребляемых животными. Главная гипотеза, которой руководствовался А.А. Насимович, состояла в том, что кудуры возникают в местах выходов на поверхность каких-то природных солей, в которых животные нуждаются в связи с дефицитом таковых в основном корме [4]. Обратив внимание на то, что с появлением искусственных солонцов животные продолжают посещать кудуры, А.А. Насимович сразу усомнился в том, что причина литофагии среди диких копытных обусловлена только дефицитом в их диете хлора или натрия.

Первый цикл работ, нацеленный на изучение геолого-геохимических характеристик некоторых кудуров в Кавказском заповеднике и на определение причин употребления животными минеральных грунтов, проводился в середине 1980-х гг. сотрудниками Тихоокеанского института географии ДВО РАН – А.М. Паничевым и Б.В. Ежовым. Результаты этих и других многолетних авторских исследований проблемы литофагии во многих регионах СССР обобщены и опубликованы в монографии [5]. Далее кратко напомним об основных результатах работы, проделанной нами ранее на Кавказе.

Все 10 изученных нами кудуров в бассейнах рек Алоус, Ачипста, Умпыр, Луган и Закан, в том числе крупнейший кудур Глинище в верховьях р. Закан, оказа-

лись приуроченными к одной структурно-формационной зоне – Архыз-Гузерицкой приразломной депрессии, заполненной осадочными породами флишоидного типа нижне-среднеюрского возраста. Большинство изученных кудуров гидроморфные, формируются на основе слабодобитных, преимущественно гидрокарбонатно-кальциево-натриевых слабоминерализованных водных источников, выходы которых на поверхность контролируются разломными структурами в пределах Пшекшин-Терныаузской и Заканской разломных зон. Глинище – крупнейший литоморфный кудур в верховьях р. Закан – приурочен к блоку милонитизированных и глинистых в зоне разлома алевролитов и аргиллитов, обнажающихся в крутом левом борту самого верхнего левого притока руч. Закан, в 4 км к востоку от пер. Луганский (рис. 1). Общая площадь пород со следами поедания грунта на кудуре составляет около десятка гектаров. В сентябре 1985 г. на этом кудуре мы в течение часа наблюдали за поведением двух групп животных: одна находилась на расстоянии около 70 м и состояла из 12 серн (*Rupicapra rupicapra caucasica*), вторая – на расстоянии не менее 150 м и состояла из 7 кубанских туров (*Capra caucasica*). Большую часть времени и серны, и туры, рассредоточившись по обнажению, поедали глинистые породы. После того как животные удалились, мы осмотрели обнажение и обнаружили множество лизунцовых ниш и пещер. Их размеры самые разные: от нескольких сантиметров до метра и более на глубину и в поперечнике. На многочисленных зверовых тропах, которые сетью опутывали обнажение, попадались множество копролитов – экскрементов животных, почти полностью состоящих из минерального вещества.

Минералого-геохимические исследования собранных на большом кудуре образцов поедаемых пород (из 5 точек) и копролитов (9 проб) показали, что минеральное вещество в основной своей массе представлено типичными широко распространенными гидрослюдисто-хлоритовыми глинами, иногда со следами смектитов. По составу породообразующих оксидов (все результаты анализов приведены в монографии) они вполне соответствуют среднему составу аргиллитов и алевролитов юрского возраста, на основе которых формировались глины. В составе микроэлементов, которые определялись с помощью полуколичественного рентгеноспектрального анализа, ничего примечательного выявить не удалось. Количественное сопоставление породообразующих оксидов в кудуриках и копролитах показало типичную картину изменений, возникающих в гидрослюдисто-хлоритовых глинистых породах после их прохождения через пищеварительный тракт растительноядных млекопитающих. Эти изменения выражались в накоплении в минеральных сорбентах оксидов фосфора, калия, магния и кальция и одновременно в выходе из них оксидов кремния и натрия, иногда железа. Определение в тех же пробах подвижных катионов K, Na, Ca и Mg (водорастворимые плюс поглощенные формы, способные вытесняться раствором азотно-кислого аммония) показало, что при прохождении каждых 100 г глинистой породы через пищеварительный тракт из нее высвобождается в среднем около 50 мг натрия и одновременно ею поглощается 250 мг калия, 35 мг магния и 20 мг кальция. Примечательным оказался результат по натрию: он показал, что животные не могут потреблять данные породы только с целью восполнения дефицита натрия, поскольку этого элемента там слишком мало (чтобы добыть 1 г натрия, необходимо поглотить до 2 кг горной породы, что совершенно невероятно). В итоге был сделан вывод о том, что поглощение глинистых кудуриков – это не столько способ восполнения дефицитного натрия, сколько способ сохранения запасов этого элемента в организме за счет способности глин останавливать диарею, которая бывает широко распространена у животных особенно в весенне-летний период. Тот факт, что при диарее организм быстро теряет мно-

гие важные макроэлементы, особенно натрия, является широко известным. Известно также, что среди крупного рогатого скота в условиях пастбищного содержания диареи обычно возникают при избытке в зеленом корме калия или магния. Выявленная нами способность глинистых пород сорбировать в пищеварительном тракте животных излишки калия и магния вполне укладывалась в концепцию предлагавшегося объяснения причин литофагии [5].

Почти четверть века спустя мы решили продолжить исследование кудуров на Кавказе. Интерес к ним теперь возник в связи появлением в последние годы новых аналитических возможностей, особенно в области анализа микроэлементов.

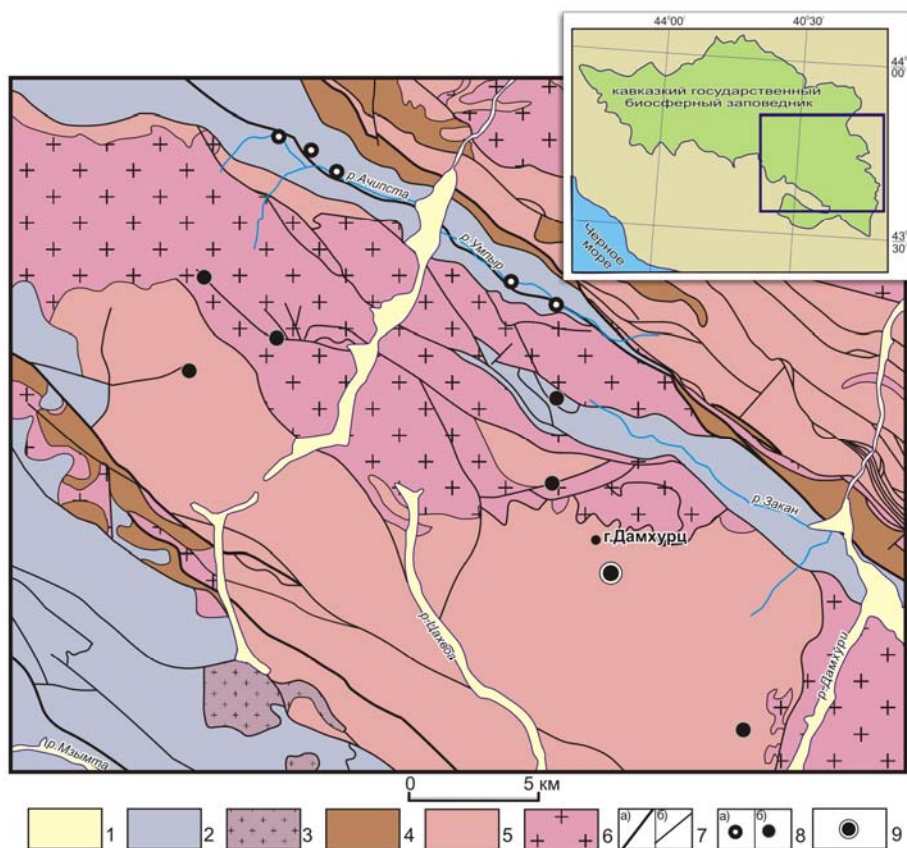
### Материал и методы

В сентябре 2012 г. нами был обследован и опробован кудур Ароматный, расположенный в седловине на хр. Юха, в 2 км южнее г. Дамхурц. Его местоположение отмечено на рис. 1. Общий вид кудура представлен на рис. 2. К кудуру со всех сторон подходят многочисленные торные тропы животных, которые тянутся как с вершин массива Дамхурц, так и снизу, из речных долин Юхи и Имеретинки. Свое название этот кудур получил из-за сильного долго сохраняющегося специфического запаха от выделений его четвероногих посетителей, в числе которых преобладают кубанские туры. Они обычно появляются здесь большими группами (иногда до нескольких десятков особей). Олени (*Cervus elaphus maral*) тоже посещают кудур, но значительно реже, приходят поодиночке или небольшими группами. Пик посещения кудура – весеннее время. Одна и та же группа туров в весенний период обычно появляется через каждые 2–3 дня, животные подходят с окрестных горных лугов, задерживаясь здесь по несколько часов кряду. Летом и осенью частота и длительность пребывания животных на кудуре сокращаются, однако его посещение продолжается вплоть до наступления зимы.

Кудур относится к литоморфному типу, возник на седловине с отметкой около 2900 м. В пониженной части седловины среди осветленных, местами охристых, оглиненных дресвяников на вытянутой поперек хребта площади размером около 100 м<sup>2</sup> имеется несколько характерных углублений до метра в диаметре и до полуметра глубиной. Это места активного вылизывания животными слегка обводненных глинистых пород (см. рис. 2). Среди каменных обломков на площадке преобладают метаморфические сланцы серых оттенков с признаками милонитизации, попадаются розоватые обломки мигматитов. В бортах седловины обнажаются сильно-трещиноватые с признаками тектонического смятия и милонитизации коренные метаморфические породы и обломки коренного свала. Судя по общим внешним признакам, седловина сформирована в результате избирательного выветривания вдоль небольшой тектонической зоны дробления пород, частично оглиненных под воздействием слабоагрессивных трещинных вод.

В трех местах наиболее активного выедания глинистых пород с поверхности и на глубину до 10 см были взяты 3 пробы кудуринов. В борту седловины отобрано несколько образцов скальной породы. На площадке кудура собрано 2 кучки копролитов, одна принадлежит туру, другая – оленю.

Собранные пробы были доставлены во Владивосток и подвергнуты разно-сторонним исследованиям в аналитическом центре Дальневосточного геологического института ДВО РАН.



*Рис. 1.* Геологическое строение восточной части территории Кавказского государственного биосферного заповедника: 1 – четвертичные отложения; 2 – осадочные породы юрско-триасового возраста, нерасчлененные, с преобладанием юрских флишеидных образований (переслаивание песчаников, алевролитов и аргиллитов); 3 – гранитоиды мезозойского возраста; 4 – осадочные породы палеозойского возраста нерасчлененные (преимущественно конгломераты, песчаники, алевролиты, филлиты); 5 – метаморфические породы протерозойского возраста (гнейсы, мигматиты, кварц-сланцы); 6 – гранитоиды палеозойского возраста; 7 – тектонические разломы: трансрегиональные (а) и локальные (б); 8 – кудуры: гидроморфные (а) и литоморфные (б); 9 – местоположение кудура Ароматный. На врезке местоположение района исследований на территории Кавказского государственного биосферного заповедника

Минералогический анализ проводили на дифрактометре MiniFlex, Rigaku в монохроматизированном Си-излучении. Съёмка проводилась последовательно: в воздушно-сухом ориентированном состоянии, насыщенном этиленгликолем и прокаленном при 550 °С. Ответственный исполнитель – А.А. Карабцов. Часть образцов с целью уточнения результатов была передана в Лабораторию кристаллохимии минералов им. Н.В. Белова (ИГЕМ РАН, г. Москва), где была исследована на дифрактометре Ultima-IV фирмы Rigaku (Япония). Рабочий режим – 40 кВ при 40 мА, медное излучение, никелевый фильтр, диапазон измерений – 3–55° и 3–65° 2θ, шаг по углу сканирования – 0.02° 2θ, фиксированная система фокусирующей щели. Для ускорения съёмки и повышения качества экспериментальных данных использовался полупроводниковый детектор DTex/Ultra: скорость сканирования – 10°2θ/минуту. Анализы и расчеты выполнила В.В. Крупская.

Химический состав изучался методом атомно-эмиссионной спектроскопии на приборе iCAP 6500Duo (США), состав микроэлементов – методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) на приборе Agilent 7500 (США). Пробы сплавляли с метаборатом лития. Определение содержания лития выполнено отдельно после кислотного разложения проб ( $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4 + \text{HF}$ ). Ответственный исполнитель – Н.В. Зарубина.



Рис. 2. Общий вид кудура Ароматный на хр. Юха, на седловине, в 2 км южнее г. Дамхурц. На седловине видны пятна оглиненных пород светлых и охристых оттенков с характерными углублениями, выеденными дикими животными. Сентябрь 2012 г. Фото С.А. Трепет

### **Результаты анализа материалов государственной геологической съемки и лабораторных исследований собранного материала**

Анализ геологической информации [1] показывает, что кудур Ароматный находится на значительном отдалении от крупных разломных зон и приурочен к складчато-глыбовому поднятию Главного Кавказского хребта, где распространены преимущественно гнейсовые породы дуппукского метаморфического комплекса позднепротерозойского возраста и обширные тела гранитных массивов белореченского и уллукамского комплексов средне- и верхнепалеозойского возраста соответственно. Разрез метаморфического комплекса представлен гнейсами с прослоями кварц-сланцев с горизонтами амфиболитов и прослоями мраморов и кварцитов. Общая мощность его достигает 2000 м. Степень метаморфизма соответствует эпидот-амфиболитовой фации. В гранитах имеются многочисленные ксенолиты амфиболов, гнейсов и сланцев. На контакте белореченских гранитов с вмещающими породами зоны грейзенизации, скарнирования и окварцевания мощностью до 3–5 м. С уллукамскими гранитами связаны гидротермальные оруденения вольфрама, молибдена и бериллия. Породы метаморфического комплекса и граниты местами пронизаны разноориентированными дайковыми телами диабазов, габбродиабазов и диабазовых порфиритов лаурского комплекса ранне-среднеюрского возраста. Мощность даек колеблется от

единиц до 50 м. Одна из мощных даек этого комплекса (длина около 1 км) закартирована в километре к северу от седловины, где находится кудур.

Наличие глинистой коры выветривания вдоль тектонической зоны, проходящей через седловину, а также наличие в контактной части ее с вмещающими породами сильноокрашенных охристых образований (что, вероятнее всего, является результатом окисления гидротермальных микровключений сульфидов железа) дают основание предполагать, что формирование данной тектонической зоны связано с системой разрывных нарушений юрского этапа тектономагматической активизации.

Результаты описания шлифов и рентгенографических минералогических исследований собранного каменного материала, приведенные в табл. 1, показывают, что хлорит-гидрослюдистый состав глинистых минералов аналогичен ранее изученным кудуритам в верховьях р. Закан. Похоже, что такой же состав характерен для всех кудуритов Кавказа. В 2000-х гг. сотрудниками заповедника С.А. Трепетом и О.А. Локтионовой предпринималась попытка минералогического изучения 40 проб «съедобных горных пород», отобранных на 30 кудурах в Кавказском заповеднике. Пробы анализировались в Москве, в Аналитическом центре Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ) методом рентгенографии. Все 40 образцов показали гидрослюдисто-хлоритовый состав основной массы, в 6 случаях обнаружены также следы сульфатов и карбонатов железа, в одном случае – присутствие пирита.

Таблица 1

**Минеральный состав проб горных пород, кудуритов и копролитов с кудура Ароматный по данным рентгенофазового анализа**

Проба	Характеристика пробы	Минеральный состав
А-1301	Мигматит	Кварц, анортоклаз, микроклин, слюда (биотит, мусковит), хлориты
А-1302	Метаморфический сланец	Кварц, гидрослюды (серицит, мусковит), хлориты (клинохлор), альбит, гранат, циркон
А-1303	Глина из лизунца	Кварц, гидрослюды (мусковит), хлориты (клинохлор), ярозит, каолинит, гетит, магнетит, альбит
А-1304	Глина из лизунца	Кварц, гидрослюды (мусковит, лепидолит), ярозит, каолинит, хлориты (клинохлор), гетит, магнетит, альбит
А-1305	Глина из лизунца	Кварц, гидрослюды (мусковит), хлориты (клинохлор), ярозит, каолинит, гетит, магнетит, плагиоклазы
АК-1306	Глинистый копролит тура	Кварц, гидрослюды (мусковит), хлориты (клинохлор), ярозит, гетит, магнетит, альбит
АК-1307	Глинистый копролит оленя	Кварц, гидрослюды (мусковит), ярозит, гетит, магнетит, хлориты (клинохлор), альбит

В составе породообразующих оксидов кудуриты, формируемые по метаморфическим сланцам протерозоя (табл. 2), показали существенные отличия от аналогов по алевролитам юрского возраста (они приведены в [5]). При близких валовых содержаниях железа в юрских глинах преобладают закисные формы, в протерозойских – окисные, кроме того, в юрских глинах существенно больше магния, но особенно кальция и натрия. По необычно низким содержаниям кальция и натрия хлорит-гидрослюдистые породы, поедаемые животными на кудуре Ароматный, пока не имеют аналогов среди всех когда-либо опробованных нами разновидностей кудуритов (всего таковых уже несколько сотен).

**Состав породообразующих оксидов (%) и микроэлементов (мкг/г) в пробах  
горных пород, кудуритов и копролитов с кудура Ароматный**

Проба	A-1301	A-1302	A-1303	A-1304	A-1305	AK-1306	AK-1307
Тип	Мигматит	Сланец	Глина	Глина	Глина	Копролит	Копролит
SiO <sub>2</sub>	66,55	63,67	56,49	62,22	54,99	49,29	51,39
TiO <sub>2</sub>	0,49	0,88	1,22	1,09	1,05	1,33	1,19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,97	16,34	18,01	13,84	19,26	17,63	17,82
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,00	4,30	5,38	8,40	7,52	5,18	4,49
FeO	1,78	2,16	1,60	0,65	0,98	1,80	1,99
MnO	0,08	0,05	0,12	0,02	0,02	0,04	0,07
MgO	1,09	1,93	1,61	1,05	1,67	1,32	2,01
CaO	0,66	0,10	0,10	0,06	0,02	0,38	0,49
Na <sub>2</sub> O	3,43	0,17	0,24	0,10	0,08	0,14	0,55
K <sub>2</sub> O	4,78	4,92	5,76	3,98	5,59	6,19	5,34
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,43	0,21	0,22	0,21	0,18	0,38	0,33
H <sub>2</sub> O- ППП	0,41	0,76	1,62	2,11	2,14	1,73	1,72
Σ	99,94	99,98	99,99	100,02	100,03	99,98	100,01
Элемент							
Li	26,5	24,5	20,9	15,1	12	9,9	20,3
Be	3,69	3,77	5,20	2,88	4,48	3,52	4,24
Sc	8,9	15,9	20,5	23,6	20,9	29,8	23,8
V	44,26	111,1	162,9	170,2	159,8	205,7	173,1
Cr	26,78	87,98	129,7	105,7	97,79	143,9	116,1
Co	6,35	8,14	22,66	2,80	3,77	4,26	13,52
Ni	21,5	32,3	48,7	11,7	9,4	16,5	34,3
Cu	135,70	13,14	83,80	39,07	28,51	24,11	34,18
Zn	61,3	42,6	86,5	25	43,7	40,7	96,4
Ga	24,16	24,47	27,84	20,39	25,13	23,77	24,45
Rb	144,7	183,8	219,5	188,3	244,1	256,9	222,0
Sr	130,05	48,90	53,70	17,00	21,33	37,86	57,47
Y	23,62	28,24	36,01	28,87	34,59	44,49	37,05
Zr	224,9	315,3	316,7	225,0	235,5	233,5	267,9
Nb	20,36	16,77	18,64	12,43	17,30	13,60	16,00
Mo	1,26	0,60	0,95	1,33	2,19	1,56	1,35
Cd	0,19	0,35	0,27	0,31	0,24	0,41	0,53
Sn	2,09	0,24	1,61	1,56	2,01	1,82	1,74
Cs	1,58	2,43	2,89	2,99	4,95	2,94	3,22
Ba	754,6	567,6	539,6	314,8	476,2	832,3	670,3
La	46,53	47,48	61,91	32,88	50,17	41,40	50,42
Ce	94,32	98,27	127,17	66,16	103,01	86,86	101,71
Pr	10,03	11,00	14,23	7,71	12,18	10,21	11,45
Nd	37,68	42,26	53,63	30,80	46,01	40,01	42,57
Sm	7,54	8,18	10,40	6,12	9,06	8,28	7,66
Eu	0,91	1,18	2,14	1,06	1,57	1,53	1,69
Gd	6,50	6,91	8,25	4,85	6,72	7,89	7,97
Tb	0,88	0,94	1,13	0,82	1,01	1,22	1,12
Dy	4,96	5,42	7,02	4,99	5,60	7,37	6,12
Ho	0,78	1,06	1,22	1,06	1,25	1,64	1,39
Er	2,07	3,02	3,93	3,00	3,79	4,49	3,88
Tm	0,20	0,35	0,48	0,42	0,53	0,67	0,57
Yb	1,82	2,80	3,41	2,67	3,39	4,37	3,48
Lu	0,25	0,39	0,53	0,42	0,54	0,72	0,56
Hf	6,12	8,22	8,56	6,13	6,65	6,56	7,31
Ta	1,93	1,27	1,43	0,88	1,20	0,94	1,22
W	2,70	4,74	4,42	3,70	2,45	5,47	3,97
Pb	29,63	10,86	29,85	20,06	31,38	31,61	35,64
Th	22,11	16,26	17,18	12,43	20,01	13,84	17,55
U	3,95	4,99	4,38	2,69	3,92	2,82	3,89

Сопоставление количества породообразующих оксидов в кудуритах и копролитах (табл. 3) после пропорционального разброса потерь при прокаливании (включая воду) показало картину химических преобразований кудуритов в пищева-



рительном тракте животных, очень близкую той, которая наблюдалась ранее после аналогичного комплекса анализов проб с кудура Глинище [5]. Существенная разница выявлена лишь по количеству натрия. Этого элемента в съедобных породах на кудуре Ароматный оказалось настолько мало, что показатель его на выходе из организма (в копролитах) оказался выше, чем в породах на «входе» (в кудуритах). Следует отметить, что отрицательный результат по натрию – довольно редкий случай, в чем нетрудно убедиться на материалах, приведенных в упоминавшейся выше монографии [5].

Результаты по микроэлементам (табл. 2), на первый взгляд, получились ничем не примечательными. Однако при количественном сопоставлении содержания редких земель на входе и выходе, выполненном в программе PetroGraph, получилась картина, сходная с той, какую мы впервые обнаружили совсем недавно при сопоставлении результатов атомно-эмиссионной спектроскопии в цеолит-смектитовых кудуритах и их копролитовых аналогах, отобранных на одном из кудуров в Сихотэ-Алине [7]. В обоих случаях в составе глинистых сорбентов при прохождении пищеварительного тракта животных наблюдается явное накопление тяжелых редких земель при сравнительно нейтральном поведении легких атомов (рис. 3).

Таблица 3

**Сопоставление количества породообразующих оксидов в кудуритах и копролитах (% с разбросом потерь при прокаливании)**

№	Проба	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Кудуриты												
1	А-1303 глина	62,32	1,33	19,97	5,90	1,75	0,13	1,74	0,10	0,26	6,29	0,24
2	А-1304 глина	67,02	1,18	16,11	9,11	0,70	0,02	1,14	0,07	0,11	4,31	0,23
3	А-1305 глина	60,33	1,14	21,14	8,18	1,06	0,03	1,81	0,03	0,09	6,08	0,20
	Σ (среднее)	63,22	1,22	19,07	7,73	1,17	0,06	1,56	0,07	0,15	5,56	0,23
Копролиты												
4	АК-1306	58,72	1,58	21,27	6,18	2,14	0,05	1,57	0,45	0,16	7,43	0,45
	Σ – 4	-4,50	+0,36	+2,20	-1,55	+0,97	-0,01	+0,01	+0,38	+0,01	+0,88	+0,22
5	АК-1307	59,57	1,36	21,11	5,21	2,25	0,08	2,30	0,56	0,63	6,55	0,38
	Σ – 5	-3,65	+0,14	+2,04	-2,52	+1,08	+0,02	+0,74	+0,49	+0,48	+0,99	+0,15

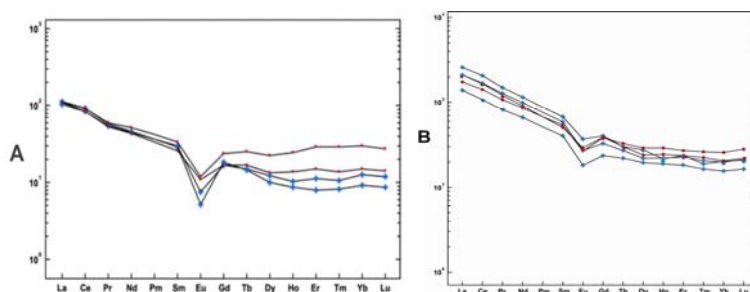


Рис. 3. Концентрации редкоземельных элементов, нормированные к составу хондрита [по: 17] в цеолит-смектитовых кудуритах и копролитах с Солонцовского палеовулкана в Сихотэ-Алине (А) и кварц-хлорит-гидрослюдистых кудуритах и копролитах с кудура Ароматный на Кавказе (В). Данные по кудуритам обозначены синими крестиками, по копролитам – красными точками

### **Обсуждение причин инстинктивной литофагии среди копытных животных на Кавказе**

Первой экспериментальной работой, на многие годы предопределившей единство исследователей в объяснении причин литофагии среди растительноядных млекопитающих животных, была статья Д.С. Стокстада с соавт. [18]. Суть эксперимента состояла в том, что диким копытным животным предлагались на специально обустроенном солонце 22 разновидности различных солей, из которых они выбрали исключительно натрийсодержащие. Натриевую гипотезу существенно укрепили австралийские исследователи из Мельбурнского университета (Австралия) Д.А. Дентон и Л.Р. Блэир-Вест [11, 12, 14]. 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.

Именно поэтому с середины 1950-х гг. и по настоящее время за рубежом проблема литофагии среди копытных животных рассматривалась с позиций единственной версии о причине землеедения как способе регуляции в организме натрия. Лишь в некоторых случаях, когда «натриевая» версия явно не подтверждалась из-за чрезмерно низкого содержания натрия в поедаемых грунтах, высказывались другие гипотезы, в том числе о сорбировании токсинов, которые поступают с кормом или образуются как вторичные метаболиты [15]; о регуляции pH в пищеварительном тракте; об избавлении от паразитов и противодействии токсикозам, связанным с эндопаразитами; и об обеспечении организма микроэлементами [16].

В 1990 г. мы развили натриевую концепцию литофагии [5], включив в нее антидиарейное действие глин, направленное, прежде всего, на сохранение собственных запасов дефицитного элемента в организме. Здесь необходимо отметить: впервые идею о том, что животные могут поедать глины, чтобы останавливать диарею, предложил Ф.Д. Шапошников [10], причем еще в 1953 г.

Два десятилетия спустя в очередной монографии [6] на основе анализа большого объема геолого-геохимических и биомедицинских исследований (включая собственные данные и данные из литературных источников) мы сформулировали в обобщенном виде новую концепцию, раскрывающую причины феномена литофагии. На ее формирование большое влияние оказала статья С.Р. Барчфилда с соавт. [13], который проводил эксперименты с мышами и пришел к выводу о том, что стремление животных к литофагии может проявляться в ответ на различные гомеостатические изменения в организме, инициирующие его напряженное состояние или стресс. Стресс у животных, вызванный средовыми факторами, как очевидно, может усугубляться некоторыми естественными внутренними напряженными состояниями организма, такими как беременность, линька, или патологическими состояниями, например ранениями, различными болезнями или просто состоянием голода, сопровождаемым нарушениями как общего, так и минерального обмена в организме. Согласно новой концепции, феномен литофагии во всем многообразии проявлений можно объяснить существованием у животных древнейшего инстинкта, нацеленного на корректировку вещественного состава и функций различных систем организма в случае их рассогласования под воздействием неблагоприятных средовых стресс-факторов с помощью широко распространенных природных минералов. Ярким проявлением такого инстинкта является широко

известный феномен *pica* (выражается в безудержном стремлении к поеданию мела, штукатурки, угля, песка и т. п.), распространенный среди животных и встречающийся среди людей, чаще среди беременных женщин.

Сама возможность корректировки организма посредством литофагии обусловлена однотипными свойствами регуляции физиологических, информационных и энергетических процессов в живых организмах, которыми обладают многие гипергенные минералы, формируемые в зоне выветривания горных пород. К обладающим выраженными регулирующие-стабилизирующими свойствами по отношению к живым системам минералам уже смело можно отнести смектиты, минералы группы каолинита, хлориты, гидрослюды, вермикулиты, некоторые разновидности цеолитов, а также некоторые формы оксидов кремния. Их активность, благоприятная по отношению к организму млекопитающих, уже имеет многочисленные экспериментальные подтверждения, обзор которых приводится в монографии [6]. К настоящему времени количество опубликованных работ, посвященных исследованию медико-биологических аспектов действия на различные организмы, например, цеолитов, смектитов и каолинита измеряется уже тысячами. 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).

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

Для того чтобы детализировать причину литофагии, необходимо разделить ее на две очевидные составляющие. Одна из них обусловлена природным пристрастием некоторых групп животных и человека к натриевым солям, что объясняет притягательность для животных любых землистых веществ, содержащих соли натрия (в том числе искусственно привнесённые), а для человека солевой диеты. Жадность, с которой животные стремятся к натрию, можно объяснить повышенной рецепторной чувствительностью к данному элементу, что вызывает реакцию, сходную с наркотической зависимостью.

Другая составляющая – стремление поесть землистые вещества, практически не содержащие натрия. Она пока изучена явно не достаточно. Наша идея об эффекте остановки диареи в качестве способа сохранения внутренних запасов натрия не может быть принята как исчерпывающая. Можно найти множество районов, в том числе с низким содержанием натрия в ландшафтах, в которых летом у копытных животных широко распространены диарейные явления, но при этом там нет никаких признаков инстинктивной литофагии. Не объясняет также антидиарейная концепция активной литофагии у животных в осенний период, когда диарейные явления у них не наблюдаются.

Из ряда версий, объясняющих причину «безнатриевой» литофагии, пока нет оснований полностью исключать предположение о регуляции в организме содержания каких-то макроэлементов за счет их привноса или выноса в составе минеральных сорбентов. Это вполне может быть причиной возникновения у животных состояния стресса.

Другая версия, которая имеет право на существование, состоит в том, что «безнатриевая» литофагия среди растительноядных млекопитающих возникает

на эндемически неблагополучных территориях с избытком или недостатком в породах, почвах и водах одного или нескольких жизненно важных микроэлементов. Выявление и определение таких микроэлементов – это сложные и трудоемкие задачи, к самой возможности решения которых наука приблизилась лишь в последние годы благодаря появлению качественно новых аналитических возможностей.

Оценивая уже реализованный нами опыт в этом направлении, пока свое внимание мы остановили на элементах, связанных с системой адаптации в организме, прежде всего, на группе лантаноидов, большинство из которых входит в состав глиальных тканей головного мозга. Кроме того, уже установлено, что лантаноиды влияют на различные стадии процесса свертывания крови, они ингибируют синтез протромбина, действуют как антиметаболиты  $Ca^{2+}$ , вытесняя его из систем с одним или более белковыми факторами коагуляции, через тучные клетки повышают уровень свободного гепарина в крови. Описан противовоспалительный эффект ионов лантана, которые обладая большим сродством к фосфолипидам, стабилизируют мембраны клеток [3].

Зарегистрированный нами факт необычного поведения лантаноидов на входе и выходе из организма, несомненно, требует дальнейшего изучения с расширением объектов и методов исследования.

*Авторы благодарят администрацию Кавказского государственного биосферного заповедника за предоставленную возможность проведения научных исследований.*

### Список литературы

1. Геологическая карта РФ М 1:200 000 Серия кавказская (К-37-V) с запиской. Издание второе. С-Пб.: Изд-во Санкт-Петербургской картографической фабрики ВСЕГЕИ, 2002.
2. Динник Н.Я. Звери Кавказа. Ч. 1. Китообразные и копытные // Записки Кавк. отд. Русск. геогр. общ. Кн. 27. М.: 1910. С. 1-246.
3. Доржиев Ж.П. Влияние лантана ацетата на систему гомеостаза и его фармакотерапевтическая эффективность при ДВС-синдроме: автореф...канд. мед. наук. Улан-Удэ: БГУ, 2008. 19 с.
4. Насимович А.А. К познанию минерального питания диких животных Кавказского заповедника // Труды Кавказского заповедника. Вып. 1. М., 1938. С. 103-150.
5. Паничев А.М. Литофагия в мире животных и человека. М.: Наука, 1990. 220 с.
6. Паничев А.М. Литофагия (геологические, экологические и биомедицинские аспекты). М.: Наука, 2011. 189 с.
7. Паничев А.М., Попов В.К., Чекрыжов И.Ю., Голохваст К.С., Середкин И.В. Кудуры солонцовского палеовулкана в бассейне реки Таёжная, восточный Сихотэ-Алинь // Успехи наук о жизни. 2012. № 5. С. 7-29.
8. Филатов Д.П. О Кавказском зубре // Записки Императорской Академии наук по физ.-мат. отделению. 1912. Т. 30, № 8. 40 с.
9. Шильдер В.А. Кубанская охота Его Императорского Высочества Великого Князя Сергея Михайловича в 1894 г. // Природа и охота. 1895. Май. С. 1-18.
10. Шапошников Ф.Д. О «солонцевании» диких копытных животных в горно-таежном Алтае // Бюл. МОИП. Отд. Биол. 1953. Вып. 1. С. 3-10.
11. Blair-West R., Bott E., Coghlan P. et al. The regulation of electrolyte metabolism of ruminant animals in arid zones // Environ. J. Physiol. and Physiol. in Arid Conditions. P.: UNESCO, 1963. P. 289-299.
12. Blair-West R., Coghlan P., Denton D.A. et al. Physiological, morphological and behavioural adaptation to a sodium-deficient environment by wild native Australian and introduced species of animals // Nature. 1968. Vol. 217, № 9. P. 922-928.
13. Burchfield S.R., Elich M.S., Woods S.C. Geophagia in response to stress and arthritis // Physiology & Behavior. 1977. Vol. 19, Is. 2. P. 265-267.

14. *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.
15. *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.
16. *Krishnamani R., Mahaney W.C.* Geophagy among primates: adaptive significance and ecological consequences // *Animal Behavior.* 2002. № 59. P. 899-915.
17. *Sun S.S., Mcdonough W.F.* Chemical and isotopic systematics of ocean basalts implications for mantle composition and processes // *Magmatism in Ocean Basins.* Geol. Soc. London. Spec. Pub. B. 42. 1989. P. 313-345.
18. *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.