

В.И. ЗАБЕЛИН*(ТувИКОПР СО РАН, Кызыл)*

О ПРОБЛЕМЕ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЖИЗНИ И БИОРАЗНООБРАЗИИ В ГОРНО- ВУЛКАНИЧЕСКИХ ОБЛАСТЯХ (НА ПРИМЕРЕ ПТИЦ)

Появление первых гор на Земле, по всей вероятности, необходимо связывать с архейской складчатостью, имевшей место ~4 млрд л. н. Характерными для неё и всех последующих складчатых систем являлись не только интенсивная дислоцированность слагающих её толщ, развитие разрывных нарушений и метаморфизма, но и масштабное проявление магматизма как интрузивного, так и эффузивного (вулканического). Эти процессы на заключительном этапе развития складчатости приводили к возникновению неровностей на поверхности Земли, образующих обычно линейно-вытянутые области горного рельефа. В геологической истории планеты многократные эпохи складчатости, вулканизма и горообразования чередовались с периодами относительного покоя, во время которых горы нивелировались денудационными процессами, а затем вновь поднимались в виде сводов и блоков более поздними тектоническими движениями. Современные горы — это результат последних поднятий, действия новейшей тектоники и новейшего вулканизма 3–5 млн л. н.

Горные области по сравнению с равнинными обладают гораздо большей сложностью геологического строения. Если равнинные территории — это чаще всего обширные по площади платформы двухъярусного строения, где нижний ярус представлен древними кристаллическими породами, а верхний — обнажающимися на дневной поверхности горизонтально залегающими и довольно однообразными по составу осадочными отложениями, то горные области отличаются сложной геологической структурой разновозрастных метаморфических и осадочных толщ, различного рода интрузивных и вулканогенных образований, насыщенностью разнонаправленными тектоническими нарушениями, газо- и гидротермальными источниками, рудными и нерудными полезными ископаемыми. Особое значение горные территории приобретают в связи с выводом на земную поверхность огромного объёма литосферного материала и проявлениями вулканизма — процесса, сформировавшего, по мнению ряда учёных, земную кору, гидросферу и атмосферу и создавшего предпосылки для возникновения жизни и формирования биосферы (Ронов, 1976; Мархинин, 1980; Attenborough, 1984; Подклетнов, 1985 и др.). По мнению А.Б. Ронова, жизнь на Земле складывалась под влиянием космической энергии Солнца и глубинной энергии планеты, проявленной в процессах метаморфизма, тектоники и вулканизма. При этом на долю вулканогенных образований, участвовавших в формировании осадочной оболочки континентов, приходится не менее 18 % её массы (Ронов, 1976). Главными аренами вулканической деятельности в океанах были рифтовые зоны срединноокеанических хребтов и океанические внутриплитные структуры, на континентах — рифтовые зоны, а на границах океанов и континентов — широко развитые и в настоящее время островодужные зоны областей субдукции.

Как современная, так и древняя наземная вулканическая деятельность подразделяется на 2 основных этапа. Первый этап — это обычно кратковременный этап эруптивного вулканизма, сопровождающийся излияниями лавы, извержениями шлаков и пепла, способные за короткое время полностью уничтожить всё живое. Вместе с тем, экспериментально было доказано, что в пеплово-газовых эруптивных столбах, содержащих смесь водяного пара, углекислого газа, метана, водорода, азота и аммиака, под воздействием высоких температур и электрических разрядов могут образовываться нелетучие органические вещества. Это тяжёлые углеводороды и гетероатомные, относительно высокомолекулярные системы, а также, в небольшом количестве, — более простые низкокипящие соединения, условно называемые предбиологическими: аминоксахара, аминокислоты, порфирины и др.

Такая многокомпонентная смесь абиогенных соединений, покидая реакционную среду, способна дать начало нефтеобразованию и возникновению жизни (Мархинин, 1980; Подклетнов, 1985). Современные данные дают всё больше свидетельств о постоянно идущем процессе выхода газов различного состава, воды и магматических расплавов по системам глубинных разломов, дренирующих земную кору в вулканических областях (Багдасарова, 2008).

Вулканический пепел, сложенный мелкими стекловатыми частицами, во время извержений может выпадать вблизи вулканов или, находясь во взвешенном состоянии в атмосфере, переноситься на большие расстояния. В местах выпадения, особенно в условиях тропиков, он даёт начало плодородным почвам. На примере Индонезии было показано, что наибольшая плотность сельскохозяйственного населения приходится там на площади, где недавно выпадали пепловые осадки (Макдональд, 1975). Высокое плодородие почв с вулканическими составляющими объясняется сорбцией поверхностью свежих пеплов большого количества фосфатов, калия, магния, кальция, натрия и других легкорастворимых в воде веществ, которые, попадая в почвы, выполняют роль удобрений (Мархинин, 1980). Явление крупнотравья (гигантизма травянистых мезофитов) в сейсмических районах Сахалина, Камчатки, Курильских островов и Японии, помимо прочих причин (Белая, 1998), объясняется изначально вулканическими пеплопадами. Многочисленные убедительные доказательства влияния вулканокластического материала на интенсивность накопления угольных пластов и увеличения их мощности в палеозое и кайнозое за счёт интенсификации развития растительных организмов приведены А.В. Ваном (2001).

Второй, относительно спокойный, этап поствулканических процессов проявляется в течение гораздо более длительного времени. Он характеризуется диффузией летучих компонентов от магматического очага к поверхности в виде гидротермальной и фумарольной деятельности, сопровождающейся повышенным тепловым потоком. Этот этап свойственен вулканам андезитового, дацитового и липаритового составов и широко проявляется в областях опусканий — депрессиях разного масштаба. В понижениях образуется множество озёр и соединяющих их рек и, как было показано М. Шварцбахом (1973) для территории Анд, эти водотоки обрамляются необычайно буйной лесной растительностью. В вулканических зонах в этот этап широкое площадное распространение получают относительно низкотемпературные (от 200 до 100°С и менее) гидротермальные системы с составом растворов от углекислого и хлоридно-натриевого до сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридно-натриевого и натриево-кальциевого (Иванов, 1961; Набоко, 1974). В пузырях газов термальных источников и фумарол часто обнаруживается целый ряд углеводородных соединений. Так, в источниках на склонах вулкана Эль Чичон в Мексике недавними исследованиями выявлено 16 различных типов углеводородных компонентов, включая ароматические, алканы и алкены (Saraccioni et al., 2006). Воздействие гидротерм на окружающие вулканогенные породы приводит к образованию зон пропилитизации, легко разрушающихся в условиях гипергенеза. Под влиянием на пропилиты органических кислот происходит растворение и гидролиз минералов с переходом элементов в воды, почвы и растения. При этом глинистые разновидности пропилитов могут использоваться животными и людьми в качестве объектов землеедения (геофагии) — явления, известного по всему миру (зверовые солонцы в Сибири; съедобная земля как предмет торговли в Ахмедабаде, Индия и др.), но особенно широко распространённого на Индонезийском архипелаге. Большинство учёных оценивает употребление в пищу литогенных веществ как дополнительный источник необходимого организму натрия (Паничев, 1990).

Огромное значение в изучении проблем происхождения и эволюции жизни имеют открытые в последние десятилетия на дне Мирового океана на глубинах в несколько тысяч метров гидротермальные системы, связанные с зонами активного рифтогенеза, спрединга и подводными вулканическими постройками. Органическое вещество в них продуцируется за счёт хемосинтеза при окислении термофильными бактериями эндогенных восстановительных соединений, главным образом, сероводорода и метана (Компаниченко, 1998), хотя определённая доля продукции фотосинтеза также имеет место (Биология..., 2002). Различают «горячие» гидротермальные источники (с температурой от +20°С до более +400°С) и «холодные» метановые высачивания (от первых градусов до +45°С). Горячие гидротермальные флюиды содержат по сравнению

с морской водой более высокие концентрации H_2S , H_2 , CH_4 , Mn, Fe, Be, Zn, Cu, Ag, Pb, Co, Si, Al, Ba, Cs, Li (в порядке уменьшения). Биотой населена та часть выходов подводных гидротермальных источников, где от соприкосновения с холодной морской водой температура потоков гидротерм опускается до $+10 \div +25^\circ C$. Здесь концентрируется наибольшая биомасса животных, насчитывающая до 20 типов и до 500 видов организмов, из которых ~82 % облигатны. В холодных высачиваниях фауна менее богата, пока известно ~200 видов. Наиболее многочисленны в этих так называемых сульфидных системах («тиобиосе») простейшие, турбеллярии, нематоды, моллюски, вестиментиферы и другие многоклеточные. Из позвоночных выявлены рыбы, в т. ч. 10 облигатно-гидротермальных видов.

Большой интерес представляет открытие в последние годы значительных концентраций органических соединений в гидротермах. Так, на срединно-океаническом хребте Горда близ западного побережья США выявлено переслаивание сульфидов с осадочными породами, содержащими термогенные асфальто-нефти с содержанием углерода до 5,6 % (Зайков, 2006). В океанической впадине Гуаймас (Калифорнийский залив) образцы сульфидных минералов, отобранных с одноименного гидротермального поля, оказались пропитанными нефтью с высокой концентрацией парафиновых углеводородов (0,4–1,21 % $C_{орг.}$). Генетически эти алкано-нафты связаны с окислительно-восстановительными процессами, протекающими как в гидротермальных каналах, так и в толще донных отложений. По мере прохождения флюидного потока через осадочную толщу состав гидротермальной нефти изменяется, и в итоге она становится не отличимой от обычной «природной» нефти (Пересыпкин, 2007).

В.В. Зайковым выявлены и описаны палеогидротермальные поля в древних океанических структурах, в частности, в глубоководных впадинах и на бортах рифта Саяно-Тувинского окраинного моря и в Магнитогорско-Мугоджарской островодужной системе. Им изучена минералогия и пригидротермальная фауна кембрийских «чёрных курильчиков» — выходов гидротерм, включающих трубчатых червей, моллюсков, альвинеллид, брахиопод, вестиментифер и др., и получены свидетельства того, что обнаруженные организмы находились в пространственной и, по-видимому, трофической зависимости от гидротермального источника. По его мнению, древние сульфидные постройки по способу формирования, строению, источникам гидротерм, наличию пригидротермальной фауны вполне сопоставимы с современными. Это исследование во многом способствует решению дискуссионных вопросов генезиса колчеданных руд и важной проблемы зарождения жизни на Земле (Зайков, 2006).

Выходы на поверхность гидротермальных поствулканических источников сопровождаются насыщением грунтовых вод, почв и приземной части атмосферы потоками компонентов, таких как H_2O , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Na^+ , Ca^{++} , K^+ , Mg^{++} , H_2S , NO_2 , P, As, Li, Sb, Zn, Pb, Cu, Mo, Cd, W, Ag, иногда U, Ra и др. (от 25 до 56 и более компонентов) (Иванов, 1961; Набоко, 1974). Их усвоение живыми организмами в виде ионов и молекул зависит от степени биологического поглощения, способности элементов к миграции в воздушной и водной средах, а также от климатических условий. Наиболее благоприятной при этом оказываются тропическая область и юг зоны умеренного климата.

В последнее время выясняется важное эволюционное значение и так называемых геопатогенных зон — участков биологического дискомфорта, приуроченных, главным образом, к зонам геологически активных разрывных нарушений различных порядков. С ними связано возникновение различных естественных аномалий геофизических и геохимических полей, эманаций природных газов, таких как Rn, He, Ar, N, CO_2 , CH_4 и паров металлов. У живых организмов нахождение в пределах геопатогенных зон вызывает возникновение функциональных расстройств, а у отдельных особей стимулирует внутривидовой естественный отбор и мутационные изменения. Отмечена пространственная связь центров видообразования, очагов зарождения новых родов, рядов и даже классов организмов и повышение скорости эволюционирования на территориях развития геопатогенных зон. Не случайно возникновение древнего человека в пределах структуры Восточно-Африканского рифта, появление и развитие земледелия в так называемом плодородном полумесяце от Израиля через Ливан, Сирию, Южную Турцию к Ираку и Ирану и т. д. (Романовская, 2006).

Но и в условиях Средней Сибири и севера Европейской равнины доказано влияние на живые организмы (главным образом — на наземные растения) геохимически

специализированных комплексов подстилающих горных пород или почвогрунтов и геоактивных зон (активных разломов, зон повышенной проницаемости и радиоактивности, аномальных геофизических полей и т. д.) (Рудник и др., 2000). Это влияние выступает в качестве фактора естественного отбора, приводящего к возрастанию полиморфизма, видового и фенотипического разнообразия, развитию пышности одних растений и чахлости других. В определённых геохимических условиях формируются галофитная, кальциевая, литиевая и другие флоры (Кужельный и др., 2000). Установлена значимость в зоне минерального питания растений газовой составляющей — к участкам аномально высоким концентраций углекислого газа приурочены массивы с высокой энергией роста. Так, при равных климатических и ландшафтных условиях урожайность зерновых культур в Новосибирской области оказалась в 1,2–1,5 раза выше в районах со сложным геологическим и тектоническим строением и с более интенсивным притоком глубинных газов. Причина этого явления заключается в том, что в подобных условиях углекислый газ, являясь дефицитным компонентом для развития растений, поступает из недр и через корневую систему подаётся в листовую аппарат, где осуществляется дополнительный фотосинтез (Шаламов и др., 2003). Феномен высококачественных продуктов номадного животноводства и большое разнообразие флоры и фауны в горных экосистемах Южной Сибири и Северной Монголии объясняется некоторыми особенностями геохимии ландшафтов, расположенных в пределах рифтовых зон, рудоносных и вулканогенных пород, участков развития минерализованных вод, фосфатоносных и карбонатных отложений, тепловых и сейсмических полей и других факторов, создающих источники активно усваиваемых биологически необходимых элементов и благоприятнейшие условия для развития жизни (Тайсаев, 2002; Тайсаев и др., 2008).

У птиц в связи с использованием полёта как основной формы локомоции, в отличие от других позвоночных, ассимиляция пищи, обмен веществ и кровообращение происходит весьма интенсивно, что обусловлено большими энергозатратами на перемещение в воздушной среде и поддержание постоянно высокой температуры тела. По сравнению с другими животными птицы неизмеримо больше и с большей скоростью передвигаются в пространстве как на гнездовых и кормовых участках, так и особенно во время сезонных миграций. Поэтому поступление комплекса биогенных элементов с обильной животной и растительной пищей, а также посредством дыхания является необходимым условием поддержания относительного динамического постоянства внутренней среды организма, построения мощных мышечных тканей, очень крепких и твёрдых костей, активизации действия ферментов, витаминов и гормонов. Неотъемлемым компонентом птиц, как и всех живых организмов, являются химические элементы, свойственные многим органическим соединениям. По материалам Н.В. Лебедевой, выполнившей обширные исследования по экотоксикологии и биохимии птиц, главными биогенными составляющими живых организмов являются следующие макроэлементы: O, C, H, N, Ca и P. Они входят в состав белков, углеводов, липидов, нуклеиновых кислот, обеспечивают процессы дыхания, роста тканей и т. п. Общая массовая доля этих элементов в организме птиц достигает 98–99 % и ~ 1 % приходится на такие важные олигобиогенные элементы как K, S, Na, Cl, Mg и Fe. К микроэлементам с содержанием от 10^{-2} до 10^{-5} % относятся Al, Zn, Si, Cr, Mn, Sr, Rb и др. Ультрамикроэлементами (10^{-6} – 10^{-12} %) являются Ag, Au, Ga, Ce, Re, Bi, U, Th и др. Микроэлементы (а их в птицах свыше 50) участвуют в важнейших биохимических процессах: кроветворении, обмене веществ, фотосинтезе и синтезе белков, дыхании и др. И если концентрации макроэлементов и некоторых микроэлементов в птицах относительно стабильны, то разница в содержании большинства ультраэлементов достигает 10–1000 раз. Значительные различия наблюдаются как среди разных видов и географических популяций одного вида, так и среди особей вида. Преобладающую роль при этом играет биогеохимический фон местности (Лебедева, 1999 а, б).

Сравнение химического состава амфибий, рептилий, птиц и млекопитающих показало, что по наибольшему сходству и разнообразию элементарного состава ближе всех два последних класса позвоночных (Лебедева, 1999 б). Птицы при этом по наиболее полному комплексу элементов и преобладающим их концентрациям геохимически наиболее близки к составу вулканических гидротерм. По нашим подсчётам, если в организме амфибий таких элементов насчитывается 3, рептилий — 9, то в организме млекопитающих их уже 14, а птиц — 24, т. е. в процессе эволюции живых

организмов при резком преобладании во всех классах лёгких химических элементов над тяжёлыми наблюдается обогащение организмов позвоночных животных (от более древних классов к молодым) увеличивающимся числом используемых химических элементов. Так, в микроореолах, сопровождающих следы ползания одних из самых древних организмов на Земле (в песчаниках Стреллей Пул в Западной Австралии возрастом 3,2 млрд л.), обнаружен минимальный комплекс макро- и микроэлементов, характерных для жизнедеятельности живых организмов, — С, N, H, S, Co, Fe, Ni, Zn и при обеднении, т. е. вероятном усвоении ими Si, O, Ca и Mg (Wacey et al., 2008).

Птицы отличаются от других позвоночных более высокими концентрациями следующих макро- и микроэлементов: Li, B, S, Cl, V, Cr, Ni, Cu, Ga, Ge, Br, Rb, Y, Mo, Ag, Sn, Sb, La, Ce, W, Re, Bi, Th и U. Для этой парагенетической ассоциации элементов характерен глеевый нейтральный или слабощелочной класс геохимического барьера и восстановительная бессероводородная или слабосульфидная геохимическая обстановка с участием углеводов и растворённых органических соединений.

Таким образом, вулканы стали источниками ряда важнейших химических компонентов, обеспечивающих возникновение, существование, развитие, а под влиянием различных экологических факторов — и разнообразие живых организмов. Вулканическая деятельность прежних геологических эпох, особенно интенсивно проявившаяся в палеозое, в триасе и мелу, имеет некоторые петрологические, морфологические и структурные особенности, но по характеру гидротермально-метасоматических проявлений и по химическому составу продуктов вулканизма принципиально не отличается от современной. В мезозое–кайнозое она, несомненно, сыграла важную роль в становлении биоразнообразия и центров эндемизма, которые и сейчас тяготеют к орогенным областям — «геохимически раскрытым» структурам Земли. Центры биоразнообразия, как правило, являются общими для многих групп животных и растений, но особенно чётко фиксируются по птицам. И даже в тех геологических регионах, где вулканическая деятельность проявилась ещё в нижнем протерозое (2,5–1,5 млрд л. н.), современное биоразнообразие тяготеет к областям вулканогенных пород. Так, Ю.И. Сыстрой установлена приуроченность к лавам и пирокластам минералов, содержащих в своём составе В, Р, S, As, F, Cl, Mo, Se и др. элементы, которые усваиваются всеми биологическими формами жизни из верхней части земной коры. Благоприятно и переслаивание вулканитов с карбонатными породами: из карбонатов почвы, растения и животные получают достаточное количество Ca и Mg, из вулканитов — необходимые микроэлементы (Сыстра, 2001). Не должен остаться вне нашего внимания и тот факт, что в карбонатных породах выявлены горизонты шунгитов — метаморфизованных пород с содержанием углерода ~40 %; полагают, что они сформировались за счёт скопления остатков сильно преобразованных бактерий и что концентрации микроорганизмов способствовали весьма благоприятные условия, вероятно, аналогичные описанным выше для гидротерм кембрия.

Наши исследования приуроченности выделенных на земном шаре 218 регионов эндемизма птиц, показали пространственную связь многих из них с вулканическими областями. С площадями развития современного вулканизма установлено совпадение 110 районов (50 %), из которых 33 % приходится на Тихоокеанское вулканическое кольцо с 62 % всех действующих вулканов и 17 % — на острова Тихого, Индийского и Атлантического океанов, побережье Средиземного моря и северную часть Малой Азии, где сосредоточено 25 % активных вулканов. К ареалам позднекайнозойского вулканизма (северная часть Чили, Альпийско-Гималайский пояс и др.) приурочено 32 % эндемичных районов, ко внутренним частям континентов, в т. ч. и к рифтовым грабенам Африки, — 16 %. В каждом из районов установлено обитание от 2 до 78 эндемичных видов птиц, а все районы, занимающие всего 5 % поверхности суши, населены четвертью всех видов птиц Земли и ~70 % видов, находящихся по тем или иным причинам под угрозой исчезновения (Stattersfield et al., 1998). Максимальное количество районов-центров эндемизма (34) находится в известном своими вулканами и землетрясениями Тихоокеанском секторе — в Индонезии, на Филиппинах и островах Океании, происхождение и история орнитофауны которых с позиций изоляции и дисперсии видов, возраста островов и геологических условий изучались Э. Майром (Maug, 1941). Другие территории с десятью и более центрами эндемизма сосредоточены на американском континенте — в Мексике, Колумбии, Эквадоре, Перу и Бразилии

в районах современного и позднекайнозойского вулканизма. В Южной Америке в пределах континента сосредоточено 44 центра эндемизма, из которых на равнинные территории приходится 20 районов с 240 видами (в среднем 12 видов на район) и на горно-вулканические — 24 района с 456 видами (в среднем 19, т. е. на 60 % больше).

Центром максимально известного эндемизма птиц с 78 видами является архипелаг геосинклинальных горно-вулканических Соломоновых островов; вторым по значимости, но уже на южноамериканском континенте, на территории Колумбии и Эквадора, считается горный район Чокó с 62 видами-эндемиками, локализованный вдоль береговой зоны вулканического хр. Западные Анды с 9-ю действующими и 18-ю потухшими вулканами, что, очевидно, также не случайно.

С вулканическими областями устанавливается также пространственная связь центров формообразования культурных растений, исследованных в начале прошлого века Н.И. Вавиловым. Он особо подчёркивал роль горных территорий как очагов первоначальной земледельческой культуры и центров сортового разнообразия, считал Азию родиной большинства культурных растений мира, а Индию и Китай — исключительно богатыми эндемичными родами и видами (Вавилов, 1987). Китайский, Индо-Малайский, Южно-Американский и Центрально-Американский очаги видообразования культурных растений расположены в пределах ареала современного вулканизма; Индийский, Средне-Азиатский, Передне-Азиатский и Европейский очаги приурочены, в основном, к кайнозойскому Альпийско-Гималайскому поясу.

С.Г. Неручев (1992) причину длительного видообразовательного процесса и естественного отбора растений объясняет проявлением мутагенеза, индуцированного в вулканических областях зонами повышенной естественной радиоактивности за счёт формирования гамма-активных горных пород и ураново-рудных участков.

Таким образом, геологические, геохимические и другие факторы способствовали развитию жизни из органических соединений, созданных абиогенным способом в вулканически активных областях. Этот процесс был длительным и распался на этапы ранней и организованной жизни. Для птиц, как высокоорганизованных существ, он начался ~250 млн л. н. В статье обозначена пространственная корреляция районов современного эндемизма птиц с зонами активного и новейшего вулканизма и рифтообразования, а также с горными областями, представляющими собой «геохимически раскрытые» структуры Земли с характерными для них многообразными зонами минерального питания. Поэтому, в отличие от платформенных равнинных областей, в горах гораздо выше биологическое разнообразие, усложнённое, кроме того, факторами широтной зональности и вертикальной поясности. Это позволяет предположить, что оптимальные условия для видообразования птиц складывались в горах, и что горная авифауна может считаться первичной, тогда как равнинная, расселившаяся с гор, — вторичной. В геологическом времени в качестве механизма, управляющего эволюцией фауны птиц, как и биоты в целом, выступает активизация горообразования, вулканизма, экзогенеза и других явлений, а среди факторов современной эволюции помимо климатических изменений определяющую роль приобретает интенсивность антропогенных нагрузок.

ЛИТЕРАТУРА

- Багдасарова М.В.* Гидротермальные системы земной коры и мантии — результат дегазации Земли // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы: Материалы Всерос. конф. (22–25.04.2008, Москва). — М.: ГЕОС, 2008. — С. 46–49.
- Белая А.Б.* Дальневосточное крупнотравье в районах современного вулканизма // Вулканизм и биосфера: Тез. докл. I Междунар. науч. конф. — Туапсе, 1998. — С. 77–78.
- Биология гидротермальных систем / Отв. ред. А.В. Гебрук.* — М.: КМК Press, 2002. — 543 с.
- Вавилов Н.И.* Происхождение и география культурных растений. — Л.: Наука, 1987. — 440 с.
- Ван А.В.* Влияние вулканизма на накопление органического вещества в осадочных толщах // Региональная геология. Геология месторождений полезных ископаемых: Материалы Междунар. науч.-техн. конф. — Томск: ТПУ, 2001. — С. 28–29.
- Зайков В.В.* Вулканизм и сульфидные холмы палеоокеанических окраин на примере колчеданоносных зон Урала и Сибири. — М.: Наука, 2006. — 427 с.

ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF NATURE

- Иванов В.В.* Основные геологические условия и геохимические процессы формирования термальных вод областей современного вулканизма // Гидротермальные процессы и минералообразование в областях активного вулканизма: Тр. Лаб. вулканологии. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – Вып. 19. – С. 53–68.
- Компаниченко В.Н.* Гидротермальные системы как среда возникновения жизни // Вулканизм и биосфера: Тез. докл. I Междунар. науч. конф. – Туапсе, 1998. – С. 8–9.
- Кужельный Н.М., Лизалек Н.А., Бгатов В.И.* Экологические факторы геологической среды и их влияние на наземную растительность // Экологическая геология и рациональное недропользование: Материалы Междунар. конф. – СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2000. – С. 28–29.
- Лебедева Н.В.* Геохимические маркеры популяций птиц // Докл. АН. – 1999 а. – Т. 365. – № 3. – С. 420–424.
- Лебедева Н.В.* Экотоксикология и биогеохимия географических популяций птиц. – М.: Наука, 1999 б. – С. 199.
- Макдональд Г.* Вулканы. – М.: Мир, 1975. – 431 с.
- Мархинин Е.К.* Вулканы и жизнь (проблемы биовулканологии). – М.: Мысль, 1980. – 196 с.
- Набоко С.Н.* Эволюция гидротермальных систем и их металлогенность // Эволюция вулканизма в истории Земли: Тр. I Всесоюз. палеовулканол. симп. – М.: Изд-во АН СССР, 1974. – С. 391–400.
- Неручев С.Г.* Центры происхождения культурных растений и радиоактивность среды // Природа. – 1992. – № 11. – С. 15–21.
- Панчев А.М.* Литофагия в мире животных и человека. – М.: Наука, 1990. – 224 с.
- Пересыпкин В.И.* Парафиновые углеводороды в гидротермальных отложениях впадины Гуаймас (Калифорнийский залив) // Геология морей и океанов: Материалы XVII Междунар. науч. конф. (Школы) по морской геологии (12–16.11.2007, Москва). – М.: Геос, 2007. – Т. 2. – С. 62–64.
- Подклетнов Н.И.* Вулканогенное органическое вещество. – М.: Наука, 1985. – 128 с.
- Романовская М.А.* Геопатогенез и активные разломы земной коры // Экология и наука о Земле: Сб. ст. – Дубна: Междунар. ун-т природы, общ. и чел., 2006. – Вып. 2. – С. 78–91.
- Ронов А.Б.* Вулканизм, карбонатакопление, жизнь (закономерности глобальной геохимии углерода) // Геохимия. – 1976. – № 8. – С. 1252–1277.
- Рудник В.А., Мельников Е.К., Альтман Э.Л., Белишева Н.Л., Деметьева Г.И., Ковалева Н.В., Лохов К.И., Никитина В.Н., Скакун А.П.* Методологическая основа экологической геологии // Экологическая геология и рациональное недропользование: Материалы Междунар. конф. – СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2000. – С. 37–40.
- Сыстра Ю.Й.* Роль вулканитов в формировании биологического разнообразия Республики Карелия // Палеовулканология, вулканогенно-осадочный литогенез, гидротермальный метаморфизм и рудообразование докембрия: Материалы I Всерос. палеовулканол. симп. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2001. – С. 138–139.
- Тайсаев Т.Т.* Ландшафтно-геохимический фактор биоразнообразия и особенности традиционного природопользования горных экосистем // Сибирский экол. журн. – 2002. – № 5. – С. 617–624.
- Тайсаев Т.Т., Намзалов Б.Б., Ошорова Б.В.* Геохимия ландшафтов и видообразование в экосистемах горных областей севера Центральной Азии // Экосистемы Центральной Азии: исследование, проблемы охраны и природопользования: Материалы IX Убсу-Нурского Междунар. симп. (16–20.09.2008 г., Кызыл) / Отв. ред. докт. геогр. наук С.С. Курбатская, канд. геогр. наук С.К. Кужугет. – Кызыл: ГУП «Тываполиграф», 2008. – С. 94–97.
- Шаламов И.В., Бгатов В.И., Кужельный Н.М., Лизалек Н.А., Золотарев А.Л.* Газовое поле зоны минерального питания растений и урожайность зерновых культур (на примере Новосибирской обл.) // Проблемы геологии и географии Сибири: Материалы науч. конф. – Томск: Изд-во ТГУ, 2003. – № 3 (II). – С. 234–236.
- Шварцбах М.* Великие памятники природы (известные места геологических исследований). – М.: Мир, 1973. – 336 с.
- Attenborough D.* The Living Planet. – London: David Attenborough Productions Ltd., 1984. – 331 p.
- Capaccioni B., Taran Y., Tassi F., Vaselli O., Mangani G., Macias I.* Source Conditions and Degradation Processes of Light Hydrocarbons in Volcanic Gases: an Example from el Chichon Volcano (Chiapas State, Mexico) // Chem. Geol. – 2006. – № 1, 2. – P. 81–96.
- Mayr E.* The Origin and History of the Bird Fauna of Polynesia // Proc. Sixth. Pacific Sci. Congr. (1939). – 1941. – P. 197–216.
- Stattersfield A.J., Crosby M.J., Long A.J., and Wege D.C.* Endemic Bird Areas of the World. – Cambridge, UK: Bird-life Intern., 1998. – 846 p.
- Wacey D., Kilburn M., Mcloughlin N., Parmell J., Stoakes C., Grovenor Ch., Brasier M.* Use of NanoSIMS in the Search for Early on Earth: Ambient Inclusion Trails in a c. 3200 Ma Sandstone // J. Geol. Soc. 165. – 2008. – № 1. – P. 43–53.