



4. Dabiev D.F., Sojan M.K., Lebedev V.I. Stoinostnaja ocenka mestorozhdenij kamennogo uglja Respubliki Tyva // Ugol'. – 2009. – № 10. – S. 50-52.
5. Dabiev D.F. Ocenka jeffektivnosti osvoeniya mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh Respubliki Tyva // JeKO. Vserossijskij jekonomicheskij zhurnal. – №4 – S. 114-122.
6. Strategija razvitija ugol'noj promyshlennosti Rossii v pervye desjatiletija XXI veka / Kontorovich A.Je., Kuleshov V.V. i dr. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, «Geo», 2000. – 55 s.
7. Jekonomicheskaja ocenka osvoeniya mineral'nyh resursov Karelii / pod red. Sh.Sh. Bajbusinova. – Petrozavodsk, 2001. – 284 s.
8. Informacionno-analiticheskij centr «Mineral». – Rezhim dostupa: <http://www.mineral.ru> – 29.03.2009.

**Лебедев Владимир Ильич** – доктор геолого-минералогических наук, научный руководитель Федерального государственного бюджетного учреждения науки Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения Российской академии наук (ТувИКОПР СО РАН), профессор кафедры географии и туризма, ФГБОУ ВО Тувинского государственного университета (ТувГУ), E-mail: [vil@tikopr.sbras.ru](mailto:vil@tikopr.sbras.ru).

**Lebedev Vladimir** – doctor of geological and mineralogical Sciences, scientific head of the Federal state budgetary institution of science of the Tuvan Institute for Exploration of Natural Resources of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (TuvIENR SB RAS), Professor of the Department of geography and tourism of FSBEI HPE Tuvan state University (TuvSU), E-mail: [vil@tikopr.sbras.ru](mailto:vil@tikopr.sbras.ru)

**Котельников Валерий Ильич** – кандидат технических наук, директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения Российской академии наук (ТувИКОПР СО РАН), E-mail: [tikopr@mail.ru](mailto:tikopr@mail.ru)

**Kotelnikov Valery** – candidate of technical Sciences, director of the Federal state budget institution of science of the Tuvan Institute for Exploration of Natural Resources of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (TuvIENR SB RAS), E-mail: [tikopr@mail.ru](mailto:tikopr@mail.ru)

## УДК 551.2 (52)

### АКТИВАЦИЯ СЕЙСМООПАСНЫХ ЗОН НА ТЕРРИТОРИИ ТУВЫ

*Лебедев В.И.<sup>1,2</sup>, Рычкова К.М.<sup>1</sup>, Сугорокова А.М.<sup>1</sup>, Чупикова С.А.<sup>1,2</sup>  
Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН<sup>1</sup>, Кызыл  
Тувинский государственный университет<sup>2</sup>, Кызыл*

### ACTIVATION OF THE SEISMIC ZONES ON THE TERRITORY OF TUVA

*Lebedev V.I.<sup>1,2</sup>, Rychkova K.M.<sup>1</sup>, Sugorakova A.M.<sup>1</sup>, Chupikova S.A.<sup>1,2</sup>  
Tuvan Institute for Exploration of Natural Resources of the Siberian Branch of the  
Russian Academy of Sciences<sup>1</sup>, Kyzyl  
Tuvan State University<sup>2</sup>, Kyzyl*

Рассмотрены закономерности размещения неотектонических структур в северо-западном секторе позднекайнозойской Южно-Байкальской вулканической области и Тувинском вулканическом ареале новейшего вулканизма, охватывающего бассейны Большого (Пий-Хем) и Малого (Каа-Хем) Енисея, а также южные и западные отроги горных цепей Восточного Саяна. В статье обобщены результаты исследований, выполненных с целью экспертной оценки уровня сейсмической опасности и сейсмического риска в Республике Тыва, которая среди регионов России отнесена к первой группе сейсмического риска с индексом 1,8. При этом уровень сейсмической изученности территории Тувы и сопредельных регионов остается

низким. Рассмотрены особенности размещения и миграции ареалов новейшего вулканизма и неотектонических структур в северо-западном секторе позднекайнозойской Южно-Байкальской вулканической области и Тувинском вулканическом ареале новейшего вулканизма, охватывающем бассейны Большого (Пий-Хем) и Малого (Каа-Хем) Енисея, а также южные и западные отроги горных цепей Восточного Саяна.

**Ключевые слова:** Сейсмика, землетрясения, активизация, вулканизм, новейшая геодинамика, горные цепи, грабен, горст.

Patterns of neotectonic structures considered in the northwestern sector of the late Cenozoic of the South Baikal volcanic region and Tuva volcanic range of the latest volcanism, covering the basins of the Large (Piy-Khem) and Small (Kaa-Khem) Yenisei, and the southern and Western spurs of the mountain ranges of the Eastern Sayan. The article summarizes the results of research carried out with the purpose of expert assessment of seismic hazard and seismic risk in the Republic of Tuva, which is among the regions of Russia classified to the first group of seismic risk index of 1.8. The level of seismic exploration of the territory of Tuva and neighboring regions remains low. Features of placement and migration habitats of the newest volcanism and neotectonic structures considered in the northwestern sector of the late Cenozoic of the South Baikal volcanic region and Tuva volcanic range of the latest volcanism, covering the basins of the Large (Piy-Khem) and Small (Kaa-Khem) Yenisei, and the southern and Western spurs of the mountain ranges of the Eastern Sayan.

**Key words:** Seismicity, earthquakes, activation, volcanism, modern geodynamics, mountain chains, graben, horst.

В высокогорных областях Центрально-Азиатского складчатого пояса, характеризующихся высокой сейсмичностью, широко распространены поля кайнозойских вулканитов. Они отличаются размерами (от первых кв. км до 10000 кв. км) и формой (лавовые плато, лавовые реки, отдельные шлаковые вулканы). Большинство вулканических полей возникло в позднем кайнозое, а геотермальная активность в некоторых из них продолжается до настоящего времени (горячие источники и травертины Чойган-Холя, Уш-Бельдира и Тарыса). Наиболее молодые лавовые извержения произошли в 1719-1721 гг. в вулканическом поле Вудалянчи в западных предгорьях М.Хингана. В человеческой памяти (от 5000 до 1000 лет тому назад) зафиксирован еще ряд крупных извержений в разных участках Внутренней Азии (вулкан Хорго в Центральном Хангае; вулканы Кропоткина, Перетолчина и другие Жомболокского лавового поля в Восточном Саяне). Эти факты позволяют оценивать регион в целом как тектоно-магматически активный и, соответственно, сейсмически опасный. В таком совокупном качестве он практически не рассматривался, что в первую очередь было связано с отсутствием достоверной информации о хронологии вулканических событий новейшего времени. Несомненным представлялось лишь то, что вулканические извержения и сопровождавшие их орогенические преобразования имели импульсный, кратковременный характер и были разделены интервалами времени, превышающими продолжительность человеческой истории. До недавнего времени вопросы периодизации вулканических извержений в кайнозое (26-05 млн. лет) не удавалось решить геологическими методами из-за отсутствия палеонтологических реперов и сложности изотопно-геохимического датирования осадочных пород, характеризующихся относительно слабой литификацией. Установлено, что достоверно позднеголоценовыми являются извержения вулканов Кропоткина, Перетолчина и Хорго, а также долинная лавовая река Жом-Болок в Восточном Саяне (рис. 1).

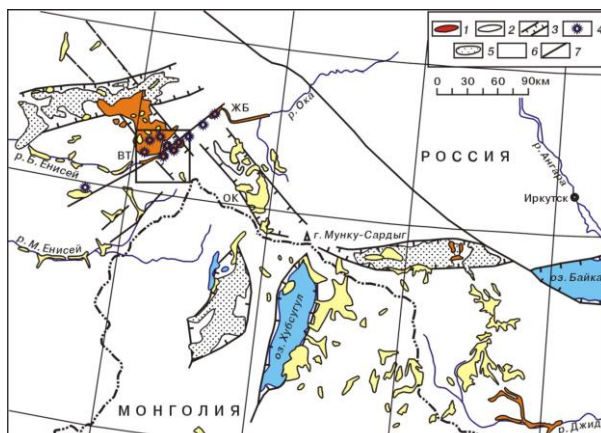


Рис. 1. Схема размещения позднекайнозойских вулканических образований в пределах Южно-Байкальской вулканической области

1-2 – базальтовые лавовые поля: 1- позднеплиоценовые – голоценовые, 2 – допозднеплиоценовые, 3 – грабены, 4 – вулканы Тувинского вулканического ареала, 5 – позднекайнозойские терригенные образования, 6 – амагматические территории, 7 – разломы

Вулканические поля (буквенные обозначения): VT – Восточно-Тувинское (Азасского грабена), ОК – Окинское грабена, ЖБ – Жом-Болокское.

Квадратным контуром выделена территория, отвечающая рис. 2

Многоэтапность доголоценовой вулканической деятельности фиксируется вулканическими толщами разных уровней размещения в современном рельефе: вершинными (связанными с водораздельными "столовыми" горами), высокими и низкими террас, долинными. Наиболее древними можно считать тефриты Уюкского вулканического поля, расположенного в 150 км севернее г. Кызыл, для которых установлен позднеолигоценый (28 млн. лет) K-Ag возраст [1].

Достаточно подробные сведения о составе и последовательности вулканических излияний опубликованы по Восточно-Тувинскому лавовому нагорью [2,3,4], расположенному в междуречье верхнего течения рек Пий-Хем и Хамсара. Структурно оно связано с Азасским грабеном и поэтому называется Азасским лавовым полем. Площадь лавового чехла этого поля составляет около 2000 кв. км, а мощность лавового пакета достигает 1000 м. Общий объем вулканических продуктов оценивается не менее чем в 600 куб. км. В морфологии лавового нагорья отчетливо различаются лавовое плато и венчающие его вулканические горные массивы, отвечающие сильно эродированным вулканам центрального типа. Кроме того, в долинах, прорезающих лавовое плато, прослеживаются лавовые реки, возникшие в ходе долинных излияний. В строении вулканических образований нагорья еще со времен С.В. Обручева и М.Л. Лурье [2] традиционно выделялись три толщи – нижняя лавовая (плиоценовая), средняя туфовая (позднеплиоценовая-раннеплейстоценовая) и верхняя лавовая (среднеплейстоценовая). Мелкие шлаковые купола, венчающие лавовые горы, рассматривались как голоценовые [3]. Подобное расчленение вулканогенного комплекса Восточно-Тувинского лавового нагорья не претерпело изменений и в ходе последующих геологических исследований [5, 4]. Первые оценки возрастного положения толщ опирались преимущественно на геоморфологические данные. В целом, этим представлениям не противоречила и единственная K-Ag датировка пород лавового основания нагорья, определившая возраст пород нижней лавовой толщи в 2,3 млн. лет (4). В цитированной работе приведены также данные о ранне-среднемиоценовом (~16 млн. лет) возрасте "вершинных" базальтов западного горстового обрамления Азасского грабена, которые таким образом являются более древними, чем лавы грабена.

В последние годы авторами статьи были выполнены систематические петролого-вулканологические исследования в Восточно-Тувинском лавовом нагорье. Получены данные, в значительной степени изменившие представления о строении вулканических толщ, составе слагающих их вулканитов, а также о последовательности неотектонических и вулканических событий, их роли в формировании рельефа и перестройке гидросети, влиянии на процессы покровного и горно-долинных оледенений. Геологические выводы были подкреплены большим объемом геохронологических датировок, которые были получены на специализированном масс-спектрометрическом комплексе в ИГЕМ РАН, позволяющем измерять особо малые количества радиогенного аргона и соответственно опустить порог К-Аг датирования пород до первых десятков тысяч лет. В итоге, в строении Восточно-Тувинского лавового нагорья выделен [1,6] ряд вулканических толщ и палеовулканических сооружений, возникновение которых было связано с разными стадиями (фазами) тектономагматической активизации дейтероогенного этапа развития Тувинско-Монгольского сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса (ТМС ЦАСП). Разновременность этих стадий установлена геологическими методами, а их возрастное положение в истории формирования лавового нагорья определено на основе К-Аг датирования соответствующих им вулканитов.

**Последовательность и масштабы новейших тектономагматических событий.** Результаты геохронологических исследований свидетельствуют о насыщенности тектономагматическими событиями новейшей истории Восточно-Тувинского вулканического ареала. Только в пределах вулканического поля Азасского грабена за последние 2,5 млн. лет произошло, по меньшей мере, десять «вспышек» вулканической активности. Они проявились почти исключительно в форме лавовых излияний. Взрывная деятельность отмечена лишь в участках разгрузки вулканических каналов щитовых вулканов, где ей соответствуют относительно небольшие шлаковые конуса. Мощные вулканокластические толщи формировались вследствие специфических внутриледниковых условий излияний.

Образование вулканического нагорья началось примерно 2,1 млн. лет назад с крупнообъемных (~400 км<sup>3</sup>) излияний трещинного типа, сформировавших лавовое плато. Повидимому, трещинный тип излияний сохранился и при формировании лавового выполнения долины Палеоенисея объемом в несколько десятков км<sup>3</sup> (~1,7 млн. лет) и долеритов в верхней части разреза лавового плато (~1,2 млн. лет), объем которых невозможно оценить из-за их сильной ледниковой экзарации. Более поздние эпохи развития лавового нагорья были связаны с последовательным формированием многочисленных щитовых вулканов. Причем наиболее крупные по масштабу излияния вулканы сформировались в эпохи мощных покровных оледенений ~700 тыс. лет назад (вулкан Дерби-Тайга, >25 км<sup>3</sup>) и в интервале 100-200 тыс. лет (не менее 8 вулканов, >100 км<sup>3</sup>). Остальные вулканы - Кадырсугский (565 тыс. лет), Юрдавинский и Саганский (290-350 тыс. лет), Улуг-Аргинский (50 тыс. лет) характеризуются небольшим числом (до 10) лавовых покровов и соответственно небольшими объемами излияний (первые км<sup>3</sup>). Наиболее поздние излияния (<50 тыс. лет), сформировавшие долинные потоки по р. Пий-Хем (Б.Енисей), происходили из трещинного канала в участке его дренирования речной долиной. Трещинные излияния тефритов сформировали лавовую «реку» Жом-Болок, которая, судя по легендам местных жителей, образовалась на северо-восточном обрамлении Восточно-Тувинского лавового нагорья около 1000 лет тому назад. Этот лавовый поток имеет протяженность около 80 км, а общий объем слагающих его лавовых продуктов превышает 10 км<sup>3</sup>.

Таким образом, фиксируемая хронология вулканических событий однозначно свидетельствует, что изученная авторами часть территории Тувинского вулканического ареала остается до настоящего времени тектонически активной и сейсмически опасной. Необходимо подчеркнуть, что временные вариации объемов излившихся на поверхность вулканических продуктов также не укладываются в регрессивные тенденции. Следовательно, территорию Восточной Тувы и сопредельных регионов следует рассматривать также как вулканически опасную,

для которой сохраняется большая вероятность активизации магматических процессов и возобновления вулканических извержений.

**Геодинамическая позиция лавового нагорья и проблемы вулканической активности региона.** Выше уже отмечалось, что Восточно-Тувинский вулканический ареал является составной частью Южно-Байкальской вулканической области (рис.1), которая пространственно обособлена от других областей позднекайнозойского магматизма Азии и характеризуется выраженной сегментированной структурой, определяемой в первую очередь трехлучевой системой грабенов: Хубсугульского, Тункинского и Окинского, с центром в районе наиболее высокой вершины Восточного Саяна горы Мунку Сардык (3491м). Эти особенности строения области наряду с внутриплитным характером ее магматизма послужили основанием для определения ее связи с деятельностью мантийного плюма [7].

Вулканическое поле Азасского грабена связано с развитием Окинского ареала, в пределах которого неотектонические и вулканические события проявляются с позднего олигоцена, начиная с самых ранних стадий его формирования. В раннем-среднем миоцене произошло образование Окинского грабена и выполнявшего его лавового чехла, мощностью до 200-300 м [8]. За пределами грабена, ограниченного в северо-западной части торцовым разломом долины р. Синца, разновозрастные извержения происходили на обширных пространствах Восточной Тувы. К этому времени (15-16 млн. лет), в частности, относится образование лавовых толщ на территории будущего Азасского грабена и его обрамления. Окинский грабен играл роль ведущей магмолокализирующей геотектонической структуры вплоть до плиоцена, хотя прогибания в его пределах прекратились уже в конце среднего миоцена. Позднее грабен был расчленен долинами боковых притоков р. Оки, которые и служили вместилищем лав позднемиоценовой и плиоценовой фаз извержений. Синхронные излияния эффузивов вероятно происходили и в пределах Восточной Тувы, где они, скорее всего, образуют лавовые покровы на разновысотных террасах. Однако соответствующего геохронологического подтверждения этому предположению пока не получено.

С конца плиоцена проявления активного вулканизма смещаются за пределы Окинского грабена в район Восточно-Тувинского лавового нагорья. Начало этой фазы тектономагматической активизации связывается с образованием Азасского грабена и выполняющих его вулканитов. Азасский грабен имеет ту же ориентировку, что и Окинский грабен, однако сдвинут относительно простирания границ последнего к юго-западу вдоль разломной зоны северо-восточного простирания (см. рис.1), которая является главной магмоконтролирующей дизъюнктивной структурой в новейшей вулканической истории региона. Она контролирует размещение практически всех вулканических центров в Азасском грабене и за его пределами, в том числе и вулканов, породивших лавовую «реку» Жом-Болок.

Смещение проявлений новейшего вулканизма к периферии вулканической области является специфической особенностью ее современного развития [9] и зафиксировано в разных ее секторах (см. рис.1). В этом отношении центробежная (по отношению к г. Мунку-Сардыг – центру тройной системы грабенов) миграция участков тектономагматической активности и новейшего вулканизма в Окинском секторе является достаточно показательной, так как была дополнительно сопряжена с аналогичным смещением зон грабенообразования на периферию вулканической области. Причина подобной миграции площадей проявления вулканических и структурообразующих событий не вполне понятна, но, как представляется, была связана с процессами, происходившими на уровне существования источников магматических расплавов.

В соответствии с геохимическими и изотопными характеристиками пород развитие вулканической области было связано с умеренно деплетированными (типа PREMA) и в меньшей степени – обогащенными (типы EM-I и EM-II) мантийными источниками. Такие источники отличаются по составу от деплетированной верхней и литосферной мантии и представляют более глубокие уровни, соответствующие низам верхней мантии и нижней мантии. Появление такой

мантии в источниках плавления связывается с деятельностью мантийного плюма, а ее участие в образовании вулканических продуктов по всей площади вулканической области свидетельствует об образовании в основании литосферы региона соответствующей по размерам астеносферной «подушки» из привнесенного плюмом мантийного материала. О наличии его под Восточно-Тувинским нагорьем свидетельствует состав магматических источников пород, отвечающий умеренно деплетированной мантии типа PREMA. Этому выводу не противоречат данные глубинного сейсмического зондирования, показавшие наличие разуплотненной ("горячей") мантии под Южно-Байкальской вулканической областью [10].

Результаты анализа совокупности петролого-вулканологических, сейсмогеологических и изотопно-геохимических исследований позволяют описать структуру мантийный плюма в виде гигантского гриба, шляпа которого (астеносферная линза) подстилает вулканическую область, а связь этой линзы с более глубокими горизонтами мантии осуществляется через относительно узкий канал или собственно мантийный плюм. В истории формирования вулканической области новейший этап ее тектономагматической активности начался не позднее 2,5 млн. лет назад. Именно на этом этапе лавовые излияния сместились на периферию вулканической области. Указанный рубеж оказался также важным в отношении проявления иных природных процессов в обрамлении оз. Байкал и прежде всего неотектонических горообразовательных и климатических. В это время, наряду с ростом гор и интенсивным разломообразованием, на эту границу (2,82-2,48 млн. лет) приходится резкое похолодание климата, зафиксированное в соответствующих вариациях состава осадков оз. Байкал [11,12] а также изменениями состава региональной флоры. По мнению Е.Б. Карабанова [12] похолодание сопровождалось самым ранним кайнозойским оледенением Азии. По-видимому, именно оно могло вызвать формирование ледникового покрова в наиболее высокой и ныне центральной части вулканической области. Мощность ледникового чехла могла достигать 1000 м. Такая дополнительная гравитационная нагрузка должна была изменить расклад сил во взаимодействии верхних земных оболочек в регионе. В частности, должно было возрасти давление литосферы на астеносферную "подушку" мантийного плюма (примерно на 0,1 кбар при указанной мощности ледника) прежде всего в центральных участках вулканической области, что соответственно должно было привести к ослаблению здесь процессов растяжения. Это же воздействие продолжает провоцировать в астеносферной линзе процесс отжимания материала на ее фланги и соответственно стимулирует новейшую тектономагматическую активность в краевых участках вулканической области (рис. 2).

Таким образом, новейшие тектономагматические события на территории Тувинского вулканического ареала характеризуются многоэтапным развитием. Только в пределах вулканического нагорья и его ближайшего обрамления зафиксировано по меньшей мере 10 фаз активности за последние 2 млн. лет. Эти фазы разделены во времени интервалами вулканического затишья, длительность которых существенно варьировала, но, по крайней мере, со среднего неоплейстоцена не превышала нескольких десятков тыс. лет. За последние 50 тыс. лет произошли излияния вулканов Улуг-Арга и Долинного, а в голоцене – формирование лавового поля Жом-Болок. Объем вулканических продуктов каждого из них превышал несколько км<sup>3</sup>.

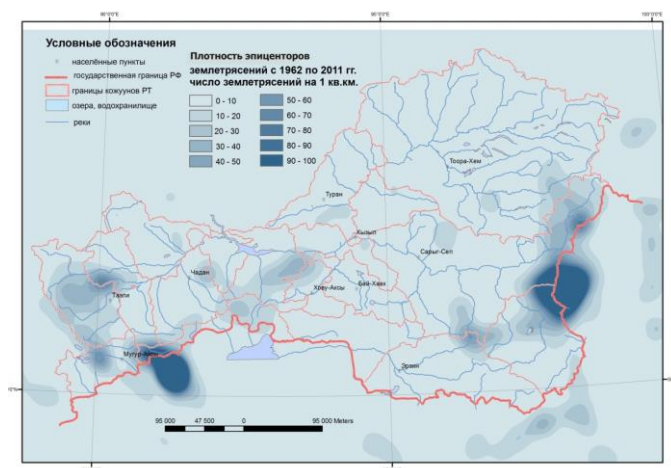


Рис.2. Ареалы эпицентров катастрофических землетрясений и афтершоков на территории Тувы

Выявленная динамика развития новейших тектонических событий в регионе позволяет говорить о нем как о тектонически активном и, более того, вулканически опасном. Для него характерно неослабевающее проявление геотермальных и интенсивных новейших геодинамических процессов, в том числе, катастрофических землетрясений, которые в совокупности свидетельствуют о высокой вероятности возобновления тектономагматической активности, сопровождаемой вулканическими извержениями и глобальными изменениями климата.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 98-05-65242, 99-05-65645, 00-05-64623) и ФЦНТП "Глобальные изменения природной среды" проект 2.1.

#### Библиографический список

1. Ярмолюк В.В., Лебедев В.И., Аракелянц М.М. Новейший вулканизм Восточной Тувы: хронология вулканических событий на основе К-Аг – датирования // Доклады РАН. – Т.368. – №2. – 1999. – С. 244-249.
2. Лурье М.Л., Обручев С.В. Геологические исследования в северо-восточной Туве в 1945-1946 гг. // Изв. АН СССР. – №4. – 1948.
3. Гросвальд М.Г. Развитие рельефа Саяно-Тувинского нагорья. – М.: Наука, 1965. – 165 с.
4. Рассказов С.В., Масловская М.Н., Батымурзаев А.С. Состав, стронциевая изотопия и калий-аргоновое датирование новейших базальтов Тувы // Геология и геофизика. – № 2. – 1989. – С. 77-84.
5. Курганьков П.П., Мацера А.В. Структурно-геоморфологический анализ внутриконтинентального многофазного вулканизма // Геология и геофизика. – №8. – 1987. – С. 43-50.
6. Сугорокова А.М., Ярмолюк В.В., Лебедев В.И. Кайнозойский вулканизм Тувы. – Кызыл, ТувИКОПР СО РАН, 2003. – 90 с.
7. Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Кузьмин М.И. Азиатский суперплюм в фанерозое: магматизм и глубинная геодинамика // Геотектоника. – №5. – 2000.
8. Логачев Н.А., Рассказов С.В., Иванов А.В. Стратиграфия верхнекайнозойской вулканогенно-осадочной толщи Прибайкальской части Восточного Саяна // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – Т.6. – №4. – 1998. – С. 81-91.
9. Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Богатиков О.А. Южно-Байкальская горячая точка мантии и ее роль в формировании Байкальской рифтовой области // Докл. АН СССР. – Т.312. – №1. – 1990. – С. 187-191.
10. Кулаков И.Ю. Трехмерные сейсмические неоднородности под Байкальским регионом по данным локальной и телесеismicческой томографии // Геология и геофизика. – Т.40. – №3. – 1999. – С. 317-331.
11. Кузьмин М.И. и коллектив участников проекта "Байкал-бурение". Непрерывная запись климатических изменений в отложениях озера Байкал за последние 5 млн. лет // Геология и геофизика. – Т.39. – №2. – 1998. – С. 139-156.
12. Карабанов Е.Б. Геологическое строение осадочной толщи озера Байкал и реконструкции изменений климата Центральной Азии в позднем кайнозое: диссертация в форме доклада на соискание ученой степени доктора геол.-мин. наук. – М., ИЛС РАН, 1999. – 72 с.

**Bibliograficheskiy spisok**

1. Jarmoljuk V.V., Lebedev V.I., Arakel'janc M.M. Novejšij vulkanizm Vostočnoj Tuvy: hronologija vulkanicheskikh sobytij na osnove K-Ar – datirovaniya // Doklady RAN. – T.368. – №2. – 1999. – S. 244-249.
2. Lu'r'e M.L., Obruchev S.V. Geologicheskie issledovanija v severo-vostočnoj Tuvе v 1945-1946 gg. // Izv. AN SSSR. – №4. – 1948.
3. Grosval'd M.G. Razvitie rel'efa Sajano-Tuvinskogo nagor'ja. – M.: Nauka, 1965. – 165 s.
4. Rasskazov S.V., Maslovskaja M.N., Batymurzaev A.S. Sostav, stroncievaja izotopija i kalij-argonovoe datirovanie novejših bazal'tov Tuvy // Geologija i geofizika. – № 2. – 1989. – S. 77-84.
5. Kurgan'kov P.P., Macera A.V. Strukturno-geomorfologicheskij analiz vnutrikontinental'nogo mnogofaznogo vulkanizma // Geologija i geofizika. – №8. – 1987. – S. 43-50.
6. Sugorakova A.M., Jarmoljuk V.V., Lebedev V.I. Kajnozojskij vulkanizm Tuvy. – Kyzyl, TuvIKOPR SO RAN, 2003. – 90 s.
7. Jarmoljuk V.V., Kovalenko V.I., Kuz'min M.I. Aziatskij superpljum v fanerozo: magmatizm i glubinnaja geodinamika // Geotektonika. – №5. – 2000.
8. Logachev N.A., Rasskazov S.V., Ivanov A.V. Stratigrafija verhnekajnozojskoj vulkanogenno-osadočnoj tolshhi Pribajkal'skoj chasti Vostochnogo Sajana // Stratigrafija. Geologicheskaja korrelyacija. – T.6. – №4. – 1998. – S. 81-91.
9. Jarmoljuk V.V., Kovalenko V.I., Bogatikov O.A. Juzhno-Bajkal'skaja gorjachaja tochka mantii i ee rol' v formirovanii Bajkal'skoj riftovoj oblasti // Dokl. AN SSSR. – T.312. – №1. – 1990. - S. 187-191.
10. Kulakov I.Ju. Trehmerye sejsmicheskie neodnorodnosti pod Bajkal'skim regionom po dannym lokal'noj i telesejsmicheskoj tomografii // Geologija i geofizika. – T.40. – №3. – 1999. – S. 317-331.
11. Kuz'min M.I. i kollektiv uchastnikov proekta "Bajkal-burenje". Nепreryvnaja zapis' klimaticheskikh izmenenij v otlozhenijah ozera Bajkal za poslednie 5 mln. let // Geologija i geofizika. – T.39. – №2. – 1998. – S. 139-156.
12. Karabanov E.B. Geologicheskoe stroenie osadočnoj tolshhi ozera Bajkal i rekonstrukcii izmenenij klimata Central'noj Azii v pozdnem kajnozo: dissertacija v forme doklada na soiskanie uchenoj stepeni doktora geol.-min. nauk. – M., ILS RAN, 1999. – 72 s.

**Лебедев Владимир Ильич** – доктор геолого-минералогических наук, научный руководитель Федерального государственного бюджетного учреждения науки Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения Российской академии наук (ТувИКОПР СО РАН), профессор кафедры географии и туризма, ФГБОУ ВО Тувинского государственного университета (ТувГУ), E-mail: vil@tikopr.sbras.ru.

**Lebedev Vladimir** - doctor of geological and mineralogical Sciences, scientific head of the Federal state budgetary institution of science of the Tuvan Institute for Exploration of Natural Resources of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (TuvIENR SB RAS), Professor of the Department of geography and tourism of FSBEI HPE Tuvan state University (TuvSU), E-mail: : vil@tikopr.sbras.ru

**Рычкова Клара Монгушевна** – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения Российской академии наук (ТувИКОПР СО РАН), E-mail: klara6@inbox.ru.

**Rychkova Klara** - candidate of geological and mineralogical sciences, senior researcher of the Federal state budgetary institution of science of the Tuvan Institute for Exploration of Natural Resources SB RAS (TuvIENR SB RAS), E-mail: klara6@inbox.ru.

**Сугорокова Амина Мидхатовна** – кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения Российской академии наук (ТувИКОПР СО РАН), E-mail: samina51@inbox.ru.

**Surogakova Amina** - candidate of geological-mineralogical Sciences, leading researcher of the Federal state budgetary institution of science of the Tuvan Institute for Exploration of Natural Resources SB RAS (TuvIENR SB RAS), E-mail: samina51@inbox.ru.

**Чупикова Светлана Алексеевна** – кандидат географических наук, заведующий лабораторией математического моделирования Федерального государственного бюджетного учреждения науки Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения Российской академии наук (ТувИКОПР СО РАН), старший преподаватель кафедры географии и туризма, ФГБОУ ВО Тувинского государственного университета (ТувГУ), E-mail: s\_fom@inbox.ru.





**Chupikova Svetlana** - candidate of geographical Sciences, head of laboratory of mathematical modeling of the Federal state budgetary institution of science of the Tuva Institute for Exploration of Natural Resources SB RAS (TuvIENR SB RAS), senior lecturer of the Department of geography and tourism of FSBEI HPE Tuva State University (TuvSU), E-mail: s\_fom@inbox.ru

УДК 550.341.5

## СЕЙСМОГЕОЛОГИЯ И ГЕОТЕРМИКА ТЕРРИТОРИИ ТУВЫ

*Лебедев В.И.<sup>1,2</sup>, Дучков А.Д.<sup>3</sup>, Каменский И.А.<sup>4</sup>, Чупикова С.А.<sup>1,2</sup>, Рычкова К.М.<sup>1</sup>  
Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН<sup>1</sup>, Кызыл  
Тувинский государственный университет<sup>2</sup>, Кызыл*

## SEISMOGEOLOGY AND GEOTERMICA OF THE TERRITORY OF TUVA

*Lebedev V.I.<sup>1,2</sup>, Duchkova A.D.<sup>3</sup>, Kamenskiy I.A.<sup>4</sup>, Chupikova S.A.<sup>1,2</sup>, Rychkova K.M.<sup>1</sup>  
Tuva Institute for Exploration of Natural Resources of the Siberian Branch of the Russian  
Academy of Sciences<sup>1</sup>, Kyzyl  
Tuva State University<sup>2</sup>, Kyzyl*

В статье обобщены результаты исследований, выполненных с целью экспертной оценки уровня сейсмической опасности и сейсмического риска в Республике Тыва, которая среди регионов России отнесена к первой группе сейсмического риска с индексом 1.8. Приведена информация о целесообразности создания геодинамического полигона на территории Республики Тыва, а также о результатах определения изотопно-гелиевых отношений во флюидах геотермальных и холодноводных источников Тувы. Установлено, что значения отношений изотопов гелия в геотермальных источниках превышают фоновые континентальные и свидетельствуют мантийном происхождении гелия в газах геотермальных флюидов, что подтверждает тектономагматическую природу современной активности литосферного блока Тувинско-Монгольского сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса. Дана пространственная оценка распределения изотопов гелия ( $R=^3\text{He}/^4\text{He}$ ) в подземных водах Восточной Тувы, а с использованием отношений изотопов гелия рассчитан тепловой поток, оценены температура и глубина формирования геотермальных вод. Дана прогнозная оценка значений температур на фиксированных интервалах глубинах и на коромантийной границе.

**Ключевые слова:** Восточная Тува, Билин-Бусийгольский грабен, землетрясения, сейсмические события, изотопы гелия, тепловой поток, температура, литосфера, геотермальные источники, значения  $R=^3\text{He}/^4\text{He}$ .

The article summarizes the results of research carried out with the purpose of expert assessment of seismic hazard and seismic risk in the Republic of Tuva, which is among the regions of Russia classified to the first group of seismic risk index of 1.8. Information is given about the feasibility of establishing geodynamic polygon at the territory of the Republic of Tuva, as well as the results of isotopic-helium relationships in geothermal fluids and cold-water springs in Tuva. It is established that the values of the relations of helium isotopes in geothermal sources exceed the background continental and indicate the origin of mantle helium in gases of geothermal fluids, which confirms the nature of modern tectono-magmatic activity of the lithospheric block of the Tuva-Mongolian segment of the Central Asian fold belt. Spatial estimation of the distribution of helium isotopes ( $R=^3\text{He}/^4\text{He}$ ) is given in the groundwater of Eastern Tuva, and using relations of the isotopes of helium calculated heat flux, estimated temperature and depth of geothermal formation waters. The prognostic evaluation of the temperature values given at fixed intervals of depths and at coromantees the border.

**Key words:** Eastern Tuva, Bilin-Boussingaultite Graben, earthquakes, seismic events, helium isotopes, heat flow, temperature, lithosphere, geothermal sources, the values of  $R=^3\text{He}/^4\text{He}$ .