

FEDERAL STATE BUDGETARY INSTITUTION OF SCIENCE
SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

FEDERAL STATE BUDGETARY INSTITUTION OF SCIENCE
TUVINIAN INSTITUTE FOR EXPLORATION OF NATURAL RESOURCES
OF SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

**STATE AND EXPLORATION OF
NATURAL RESOURCES OF TUVA
AND ADJACENT REGIONS OF THE
CENTRAL ASIA.
ECOLOGICAL AND ECONOMIC
PROBLEMS OF NATURAL
RESOURCES USE:
FASCICLE 13**

EDITOR-IN-CHIEF
DOCTOR OF GEOLOGO-MINERALOGICAL SCIENCES
V.I. LEBEDEV

TUVIENR SB RAS
KYZYL – 2014

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ТУВИНСКИЙ ИНСТИТУТ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

**СОСТОЯНИЕ И ОСВОЕНИЕ
ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ТУВЫ
И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ
ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ.
ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ
ПРОБЛЕМЫ
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ:
Выпуск 13**

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
ДОКТОР ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ НАУК
В.И. ЛЕБЕДЕВ

ТУВИКОПР СО РАН
Кызыл – 2014

УДК 550 + 551 + 552 + 553; 331 + 332 + 338; 519 + 544; 571 + 574 + 591 + 630 + 631
ББК 20.1 (2 Рос. Тув. + 5 Монг.)
С 668

С 668 СОСТОЯНИЕ И ОСВОЕНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ТУВЫ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ: Выпуск 13 / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук В.И. Лебедев [Электрон. ресурс: дек. 2014]. – Кызыл: ТуВИКОПР СО РАН, 2014. – 162 с.: цв. ил. – Режим доступа: http://ipc-publisher.ru/collections_1.aspx?id_sb=13, свободный.

ISBN 978–5–94897–058–5

В сборник включены работы учёных, в течение многих лет проводящих комплексные исследования на территории Тувы и сопредельных регионов в области наук о Земле, геоэкологии, экономики, техники и технологий, биологии и др. Материалы сборника предназначены для исследователей, работающих в соответствующих областях знаний, могут быть полезны для студентов старших курсов вузов и аспирантов.

Рис. 65. Табл. 22. Библ. 216 назв.

Редакционная коллегия: *докт. геол.-мин. наук В.И. Лебедев — отв. редактор;*

О.С. Черезова — редактор;

канд. техн. наук В.И. Котельников;

кандидаты геол.-мин. наук С.Г. Прудников, А.А. Монгуш;

докт. экон. наук Г.Ф. Балакина; канд. экон. наук Д.Ф. Дабиев;

канд. геогр. наук С.А. Чупикова; докт. биол. наук В.В. Заика; докт. геогр. наук С.С. Курбатская

Рецензенты: *докт. геол.-мин. наук Ю.А. Калинин (ИГМ СО РАН, Новосибирск);*

докт. биол. наук С.О. Ондар (ТувГУ, Кызыл);

докт. экон. наук Ю.Г. Полулях (Поволжский НИИ экономики и организации АПК, Саратов)

С 668 STATE AND EXPLORATION OF NATURAL RESOURCES OF TUVA AND ADJACENT REGIONS OF THE CENTRAL ASIA. ECOLOGICAL AND ECONOMIC PROBLEMS OF NATURAL RESOURCES USE: FASCICLE 13 / Editor-in-chief Doctor of Geologo-Mineralogical Sciences V.I. Lebedev [Access date: December, 2014]. – Kyzyl: TuvIENR SB RAS, 2014. – 162 p. – http://ipc-publisher.ru/collections_1.aspx?id_sb=13.

The collection includes the works of scientists investigating integrated studies on the territory of Tuva and adjacent regions in the area of Earth Sciences, geoecology, economics, engineering and technology, biology for many years. The collection materials are for researchers and for undergraduate-students and graduate-students

Figures 65. Tables 22. References 216.

Editorial Board: *Doctor of Geologo-Mineralogical Sciences V.I. Lebedev — Editor-in-chief;*

O.S. Cherezova — Editor;

Candidate of Engineering Sciences V.I. Kotelnikov;

Candidates of Geologo-Mineralogical Sciences S.G. Prudnikov; A.A. Mongush;

Doctor of Economic Sciences G.F. Balakina; Candidate of Economic Sciences D.F. Dabiev;

Candidate of Geographic Sciences S.A. Chupikova; Doctor of Biological Sciences V.V. Zaika;

Doctor of Geographic Sciences S.S. Kurbatskaya

Reviewers: *Doctor of Geologo-Mineralogical Sciences Yu.A. Kalinin (IGM SB RAS, Novosibirsk);*

Doctor of Biological Sciences S.O. Ondar (TuvSU, Kyzyl);

Doctor of Economic Sciences Yu.G. Polulyakh (Volga Research Institute of Economics and Agriculture Complex Organization, Saratov)

УДК 550 + 551 + 552 + 553; 331 + 332 + 338; 519 + 544; 571 + 574 + 591 + 630 + 631
ББК 20.1 (2 Рос. Тув. + 5 Монг.)

ISBN 978–5–94897–058–5

© ТуВИКОПР СО РАН (TuvIENR SB RAS), 2014

СОДЕРЖАНИЕ (CONTENTS)

ГЕОЛОГИЯ, СЕЙСМОЛОГИЯ, МЕТАЛЛОГЕНИЯ [GEOLOGY, SEISMOLOGY, AND METALLOGENY]

- Лебедев В.И., Сугоракова А.М., Ярмолюк В.В., Лебедева М.Ф.**
НОВЕЙШИЙ ВУЛКАНИЗМ И ВЕРОЯТНОСТЬ ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ
АКТИВИЗАЦИИ СЕЙСМООПАСНЫХ ЗОН ТУВЫ
[**Lebedev V.I., Sugorakova A.M., Yarmolyuk V.V., and Lebedeva M.F.**
NEOVOLCANISM AND TECTONO-MAGMATIC ACTIVATION PROBABILITY
OF THE EARTHQUAKE ZONES OF TUVA] 7
- Лебедев В.И., Борисенко А.С., Боровиков А.А., Павлова Г.Г., Прокопьев И.Р.**
РУДООБРАЗУЮЩИЕ ФЛЮИДЫ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ
ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТУВЫ
[**Lebedev V.I., Borisenko A.S., Borovikov A.A., Pavlova G.G., and Prokopyev I.R.**
ORE-FORMING FLUIDS OF LOW-TEMPERATURE
HYDROTHERMAL DEPOSITS OF TUVA] 19
- Монгуш А.А., Гусев Н.И., Друзжкова Е.К.**
ПЛАГИОГРАНИТЫ ЧОНСАИРСКОГО ОФИОЛИТОВОГО МАССИВА (ТУВА):
ВОЗРАСТ, ГЕОХИМИЯ, ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕЗИСА
[**Mongush A.A., Gusev N.I., and Druzhkova Ye.K.**
PLAGIOGRANITES OF THE TCHOONS AIR OPHIOLITE MASSIF (TUVA):
AGE, GEOCHEMISTRY AND GENESIS QUESTIONS] 55
- Гречищев О.К., Гречищева В.Н.**
АЛАШСКИЙ МАССИВ БЕРИЛЛИЕНОСНЫХ ГРАНИТОВ ЗАПАДНОЙ ТУВЫ:
ГЕОЛОГО-ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И РУДОНОСНОСТЬ
[**Grechishchev O.K., and Grechishcheva V.N.**
ALASH MASSIF OF WESTERN TUVA BERYLLIUM BEARING GRANITES:
GEOLOGO-PETROCHEMICAL CHARACTERISTICS AND ORE CONTENT] 63
- РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА [REGIONAL ECONOMICS]
- Балакина Г.Ф.** ЗОНА ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ РЕСПУБЛИКИ ТУВА
[**Balakina G.F.** A REGIONAL DEVELOPMENT ZONE OF TYVA REPUBLIC] 73
- Балакина Г.Ф., Кылгыдай А.Ч.**
О СОЗДАНИИ ЦЕЛЕВОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЗОНЫ В РЕГИОНЕ
[**Balakina G.F., and Kylygyday A.Ch.**
FORMATION OF A SPECIAL ECONOMIC ZONE IN THE REGION] 78
- Мундагбаатар М.** ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ МОНГОЛИИ
[**Mundagbaatar M.** CHALLENGES AND PROSPECTS
FOR THE MINING INDUSTRY OF MONGOLIA] 82
- Кылгыдай А.Ч.** МИГРАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И РЫНОК ТРУДА В ТУВЕ
[**Kylygyday A.Ch.** MIGRATION PROCESSES AND LABOR MARKET IN TUVA] 87
- Куулар В.В.** ЭНЕРГОДЕФИЦИТ ТУВЫ: ПУТИ РЕШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ
[**Kuular V.V.** POWER SHORTAGE IN TUVA: SOLVING THE ENERGY PROBLEM] 90
- Лебедев В.И., Дабиев Д.Ф.**
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОСВОЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ТУВЫ
[**Lebedev V.I., and Dabiev D.F.**
EFFICIENCY OF MINERAL RESOURCES EXPLORATION OF TUVA] 93

Лебедев В.И. ПРОФЕССОР ЧОЙЖИНЖАВ ЛХАГВАСУРЭН — РОССИЙСКО-МОНГОЛЬСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ НАУК О ЗЕМЛЕ
[**Lebedev V.I.** PROFESSOR CHOYZHINZHAV LKHAGVASUREN — RUSSIAN-MONGOLIAN COOPERATION IN THE EARTH SCIENCES] 98

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ
[MATHEMATICAL MODELLING OF PROCESSES]

Красильников М.П. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ КУБИЧЕСКИХ РЕШЁТОК ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ БИНАРНЫХ НАНОЧАСТИЦ
[**Krasil'nikov M.P.** GEOMETRIC LIMITS OF CUBIC LATTICES UNDER BINARY NANOPARTICLES MODELLING] 103

Тапышпан Д.П., Красильников М.П. КЛЕТочный АВТОМАТ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТЯЖЁЛОЙ ЖИДКОСТИ СО СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ
[**Tapyshpan D.P., and Krasil'nikov M.P.** A CELLULAR AUTOMATON FOR SIMULATION OF THE FREE-SURFACE HEAVY FLOW] 107

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
[ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF NATURE]

Забелин В.И., Рогожин Е.В.
ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА ОРНИТОФАУНЫ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ДЕГРАДАЦИИ ЭКОСИСТЕМ СОЛЁНЫХ ОЗЁР (НА ПРИМЕРЕ ОЗ. ТАМБУКАН, СТАВРОПОЛЬСКИЙ КРАЙ)
[**Zabelin V.I., and Rogozhin Ye.V.** CHANGES IN AVIFAUNAL COMPOSITION AS AN INDICATOR OF SALT LAKES ECOSYSTEM DEGRADATION (A CASE STUDY OF LAKE TAMBUKAN ON THE STAVROPOL KRAI)] .. 111

Кирова Н.А. ПЕРВЫЕ СВЕДЕНИЯ О ЗООПЛАНКТОНЕ ЭРБЕКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (ЦЕНТРАЛЬНАЯ ТУВА)
[**Kirova N.A.** FIRST DATA ON ZOOPLANKTON OF THE ERBEK RESERVOIR (CENTRAL TUVA)] 118

Курбатская С.С., Самдан А.М., Прудникова Т.Н., Кужугет С.К., Монгуш А.М., Чаш У.-М.Г., Момбулай О.О., Ховалыг Ш.Д.
ЛАНДШАФТНО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЮЖНОГО МАКРОСКЛОНА ВОСТОЧНОГО ТАННУ-ОЛА (ТУВА)
[**Kurbatskaya S.S., Samdan A.M., Prudnikova T.N., Kuzhuget S.K., Mongush A.M., Chash U.-M.G., Mombulai O.O., and Khovalyg Sh.D.** LANDSCAPE-GEOGRAPHIC RESEARCH OF THE SOUTH MACROSLOPE OF THE EASTERN TANNU-OLA RANGE (TUVA)] 121

Куулар Х.Б., Намзын Ш.А.
ПРИМЕНЕНИЕ ВЕГЕТАЦИОННОГО ИНДЕКСА В ОЦЕНКЕ ПЛОЩАДИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ (НА ПРИМЕРЕ БАЛГАЗЫНСКОГО БОРА, ТУВА)
[**Kuular Kh.B. and Namzyn Sh.A.** VEGETATION INDEX USE IN THE EVALUATION OF FOREST FIRES (IN THE CASE OF THE BALGAZYN PINE FOREST, TUVA)] 139

Куулар Х.Б., Хертэк С.Б.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАСШТАБОВ ПОЖАРОВ РАСТИТЕЛЬНОСТИ МЕТОДАМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ТУВЫ)
[**Kuular Kh.B., and Khertek S.B.** DETERMINATION OF WILDFIRES AREAS EXTENT USING REMOTE SENSING METHODS (IN THE CASE OF SOUTH-EASTERN TUVA)] 145

РЕЗЮМЕ [ABSTRACTS] 149

**В.И. ЛЕБЕДЕВ¹, А.М. СУГОРАКОВА¹,
В.В. ЯРМОЛЮК², М.Ф. ЛЕБЕДЕВА¹**

¹Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН
(ТувИКОПР СО РАН, Кызыл);

²Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии
и геохимии РАН (ИГЕМ РАН, Москва)

НОВЕЙШИЙ ВУЛКАНИЗМ И ВЕРОЯТНОСТЬ ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ СЕЙСМООПАСНЫХ ЗОН ТУВЫ

В высокогорных областях Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП), характеризующихся высокой сейсмичностью, широко распространены поля кайнозойских вулканитов, различающиеся как размерами (от первых квадратных километров до 10 000 км²), так 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 в Центральной Азии произошли в 1719–1721 гг. в вулканическом поле Вудалянчи в западных предгорьях Малого Хингана. В человеческой памяти (от 5000 до 1000 лет тому назад) зафиксирован ещё целый ряд крупных извержений в разных местах Внутренней Азии (вулкан Хорго в Центральном Хангае; вулканы Кропоткина, Перетолчина и другие вулканы Жомболокского лавового поля в Восточном Саяне). Эти факты позволяют оценивать регион в целом как тектонически и магматически активный и, соответственно, сейсмически опасный. В таком совокупном качестве этот регион 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 исторического периода. До недавнего времени вопросы периодизации тектоно-магматических событий в интервале последних миллионов лет не удавалось решить и геологическими методами из-за отсутствия палеонтологических реперов и сложности изотопно-геохимического датирования осадочных пород, характеризующихся относительно слабой литификацией.

В нашей статье рассмотрены закономерности размещения и миграции ареалов новейшего вулканизма и неотектонических структур в северо-западном секторе позднекайнозойской Южно-Байкальской вулканической области (рис. 1) и в Тувинском ареале новейшего вулканизма, охватывающем бассейн Большого (Бий-Хема) и Малого (Каа-Хема) Енисея, а также южные и западные отроги горных цепей Восточного Саяна. Геологическая история ареала изучена пока ещё очень слабо. Имеющиеся сведения позволяют лишь обозначить некоторые основные вехи его развития. Достоверно позднеголоценовыми являются извержения, в результате которых возникла лавовая река Жом-Болок в Восточном Саяне. 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 (в 150 км

севернее Кызыла), для которых установлен позднеолигоценовый (28 млн л.) К-Аг возраст (Ярмолюк и др., 1999).



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

1, 2 — базальтовые лавовые поля: 1 — позднеплиоцен-голоценовые, 2 — допозднеплиоценовые; 3 — грабены; 4 — вулканы Тувинского вулканического ареала; 5 — позднекайнозойские терригенные образования; 6 — амагматичные территории; 7 — разломы. Вулканические поля (буквенные обозначения): ВТ (выделено квадратом) — Восточно-Тувинское (Азасского грабена), ОК — Окинского грабена, ЖБ — Жомболокское.

Figure 1. Scheme of location of Late Cenozoic volcanic formations within the South Baikal volcanic area

1, 2 — basaltic lava fields: 1 — Late Pliocene–Holocene, 2 — pre-Late Pliocene; 3 — grabens; 4 — volcanoes of the Tuva volcanic area; 5 — Late Cenozoic clastic formations; 6 — amagmatic territories; 7 — faults. Volcanic fields (letters): BT — Eastern Tuva volcanic field (of Azas graben), OK — the volcanic field of Oka graben, ЖБ — Zhom-Bolok volcanic field.

Достаточно подробные сведения о составе и последовательности вулканических излияний опубликованы по Восточно-Тувинскому лавовому нагорью (Лурье, Обручев, 1948; Гросвальд, 1965; Рассказов и др., 1989), расположенному в междуречье верховьев Бий-Хема и Хамсары. Структурно нагорье связано с Азасским грабеном и поэтому называется Азасским лавовым полем. Площадь его лавового чехла составляет ~2000 км², а мощность лавового пакета достигает 1000 м. Общий объем вулканических продуктов оценивается не менее чем в 600 км³. В морфологии 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 ещё со времён С.В. Обручева и М.Л. Лурье (Лурье, Обручев, 1948) традиционно выделялись три толщи — нижняя лавовая (плиоценовая), средняя туфовая (позднеплиоцен-раннеплейстоценовая) и верхняя лавовая (среднеплейстоценовая). Мелкие шлаковые

купола, венчающие лавовые горы, рассматривались как голоценовые (Гросвальд, 1965). Подобное расчленение вулканогенного комплекса Восточно-Тувинского лавового нагорья (ВТЛН) не претерпело изменений и в ходе последующих геологических исследований (Курганьков, Мацера, 1987; Рассказов и др., 1989).

Таблица 1. Результаты К-Аг датирования вулканитов Восточно-Тувинского лавового нагорья (ВТЛН), Уюкского вулканического поля и лавовых рек (Сугоракова и др., 2003, с. 74)

Table 1. Results of K-Ar dating of volcanites of the Eastern Tuva lava highland, the Uyuk volcanic field and lava rivers

№ п/п	№ пробы	Порода	Место отбора	K, % ($\pm\sigma$)	$^{40}\text{Ar}_{\text{рад}}$, нг / Г ($\pm\sigma$)	Возраст, тыс. л. $\pm \pm 1,6\sigma$
Уюкское вулканическое поле						
1	УЮ1/3	тефрит	р. Чинжаш, Уюк	2,21 \pm 0,03	4,3 \pm 0,15	28000 \pm 1500
Базальты, подстилающие лавовое плато ВТЛН						
2	Кд1/8	базальт	водопад Кадыр-Суг	1,52 \pm 0,02	1,56 \pm 0,01	14700 \pm 600
Лавы плато ВТЛН						
3	Бе1/9	базальт	р. Шивит	1,35 \pm 0,03	0,200 \pm 0,01	2140 \pm 200
4	Бе1/4	базальт	р. Шивит	1,10 \pm 0,025	0,158 \pm 0,007	2070 \pm 150
5	Пр4/2	базанит	прав. борт р. Б. Енисей	1,68 \pm 0,02	0,204 \pm 0,005	1750 \pm 150
6	Бе1/18	базальт	междуречье Б. Енисей – Мондаш-Хем	0,80 \pm 0,02	0,096 \pm 0,004	1730 \pm 150
7	Пл2/5	базальт	пер. Сарикти-Даба	1,05 \pm 0,02	0,120 \pm 0,004	1650 \pm 130
8	Шт2/6	гавайит	истоки р. Шивит	1,12 \pm 0,03	0,095 \pm 0,03	1210 \pm 80
Лавы отдельных вулканов ВТЛН						
9	Де1/9	гавайит	влк. Дерби-Тайга	1,48 \pm 0,03	0,078 \pm 0,002	760 \pm 50
10	Де1/2	базанит	влк. Дерби-Тайга	2,16 \pm 0,04	0,109 \pm 0,003	725 \pm 50
11	Бе1/12	базанит	восточнее вулкана Дерби-Тайга	1,75 \pm 0,03	0,073 \pm 0,006	600 \pm 80
12	Кд1/3	базанит	влк. Кадыр-Суг	1,55 \pm 0,02	0,061 \pm 0,001	565 \pm 80
13	Бе1/2	базанит	г. Саган	1,68 \pm 0,015	0,041 \pm 0,003	350 \pm 40
14	Шт1/8	базанит	влк. Юрдава	1,91 \pm 0,015	0,039 \pm 0,003	290 \pm 40
15	Пл1/5	базанит	влк. Плоский	1,78 \pm 0,02	0,028 \pm 0,005	225 \pm 50
16	Пр2/4	гавайит	влк. Чараш-Даг	1,30 \pm 0,02	0,019 \pm 0,004	210 \pm 50
17	Де2/3	базанит	влк. Альбине-Болдок	1,66 \pm 0,02	0,022 \pm 0,004	195 \pm 50
18	Пр3/3	базанит	влк. Кок-Хем	1,82 \pm 0,02	0,019 \pm 0,004	150 \pm 50
19	Шт1/8	гавайит	влк. Шивит-Тайга	1,14 \pm 0,03	0,0098 \pm 0,0015	130 \pm 40
20	Шт1/1	гавайит	влк. Шивит-Тайга	1,40 \pm 0,03	0,0104 \pm 0,0021	110 \pm 40
21	Пр1/7	базанит	влк. Приозёрный	1,54 \pm 0,02	0,0081 \pm 0,0025	75 \pm 40
22	Сч1/4	базанит	влк. Соруг-Чушку-Узу	1,82 \pm 0,02	0,0075 \pm 0,0025	60 \pm 40
23	УА1/5	базанит	влк. Улуг-Арга	1,68 \pm 0,03	0,0056 \pm 0,0006	48 \pm 20
Вулканические поля и лавовые реки южнее ВТЛН						
24	Бл4	гавайит	Билинское поле	1,42 \pm 0,02	0,27 \pm 0,01	2800 \pm 200
25	Бл2/3	гавайит	р. Кадыр-Ат	1,57 \pm 0,02	0,109 \pm 0,006	1000 \pm 100
26	Бл1/3	гавайит	р. Кыштаг	1,07 \pm 0,015	0,022 \pm 0,003	290 \pm 70
27	МЕ1/10	гавайит	р. М. Енисей	1,25 \pm 0,015	0,024 \pm 0,003	280 \pm 60
28	МЕ1/5	гавайит	р. М. Енисей	1,45 \pm 0,02	0,026 \pm 0,003	260 \pm 60
29	Бл3/2	гавайит	р. Билин	1,20 \pm 0,015	0,042 \pm 0,0007	50 \pm 30

Первые оценки возрастного положения толщ опирались преимущественно на геоморфологические данные. В целом, этим представлениям не противоречила и единственная К-Аг датировка пород основания ВТЛН, определившая возраст пород

нижней лавовой толщи в 2,3 млн л. (Рассказов и др., 1989). В этой же работе приведены данные о ранне-среднемиоценовом (~16 млн л.) возрасте «вершинных» базальтов западного горстового обрамления Азасского грабена, которые, таким образом, являются более древними, чем лавы грабена.

В последние годы нами осуществляются систематические петролого-вулканологические исследования на Восточно-Тувинском лавовом нагорье. Полученные данные внесли существенные коррективы в 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 подкреплены большим объёмом геохронологических датировок (табл. 1), полученных на специализированном масс-спектрометрическом комплексе в ИГЕМ РАН, позволяющем измерять особо малые количества радиогенного аргона и, соответственно, снизить порог К-Аг датирования пород до первых десятков тысяч лет. В итоге, в строении ВТЛН выделен ряд вулканических толщ и палеовулканических сооружений, возникновение которых связывается с разными стадиями (фазами) тектоно-магматической активизации дейтероорогенного этапа развития Центрально-Азиатского складчато-глыбового пояса (Ярмолюк и др., 1999). 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 тектоно-магматических событий. Геохронологические исследования свидетельствуют о насыщенности тектоно-магматическими событиями новейшей истории Восточно-Тувинского вулканического ареала. Только в пределах вулканического поля Азасского грабена за последние 2,5 млн л. произошло не менее 10-ти «вспышек» вулканической активности, проявившейся почти исключительно в виде лавовых излияний. Взрывная деятельность отмечена лишь на участках разгрузки вулканических каналов щитовых вулканов, где ей соответствуют относительно небольшие шлаковые конусы. Мощные вулканокластические толщи формировались в специфических условиях внутриледниковых излияний.

Образование вулканического нагорья началось ~2,1 млн лет назад с крупнообъёмных (~400 км³) излияний трещинного типа, сформировавших лавовое плато. Повидимому, трещинный тип излияний сохранялся и при формировании лавового заполнения долины Палеоенисей объёмом в несколько десятков кубических километров (~1,7 млн л. н.) и долеритов в верхней части разреза лавового плато (~1,2 млн л. н.), объём которых невозможно оценить из-за их сильной ледниковой экзарации. Более поздние эпохи развития лавового нагорья были связаны с последовательным формированием многочисленных щитовых вулканов. Причём наиболее крупные по масштабу излияний вулканы сформировались в эпохи мощных покровных оледенений — ~700 тыс. лет назад (влк. Дерби-Тайга, >25 км³) и в интервале 200–100 тыс. л. н. (не менее 8-ми вулканов с общим объёмом излияний >100 км³). Остальные вулканы — Кадырсугский (565 тыс. л. н.), Юрдава и Саганский (350–290 тыс. л. н.), Улуг-Арга (50 тыс. л. н.) характеризуются небольшим количеством (до 10-ти) лавовых покровов и, соответственно, небольшими объёмами излияний (первые км³). Наиболее поздние излияния (<50 тыс. л. н.), сформировавшие долинные потоки по р. Бий-Хем (Большой Енисей), происходили из трещинного канала на участке его дренирования речной долиной. Трещинные излияния эффузивов сформировали лавовую «реку» Жом-Болок, которая, судя по легендам местных жителей, образовалась в северо-восточном обрамлении ВТЛН ~1000 лет тому назад. Этот лавовый поток голоценового возраста имеет протяжённость ~80 км, а общий объём слагающих его лавовых продуктов превышает 10 км³.

Таким образом, зафиксированная хронология вулканических событий однозначно свидетельствует, что изученная нами часть территории Тувинского вулканического ареала остаётся до настоящего времени тектонически и магматически активной и

сейсмически опасной. Необходимо подчеркнуть, что временные вариации объёмов излившихся на поверхность вулканических продуктов также не укладываются в регрессивные тенденции. Следовательно, территории Восточной Тувы и сопредельных регионов следует рассматривать как вулканически опасную, для которой сохраняется большая вероятность активизации тектоно-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 (см. рис. 1), которая пространственно обособлена от других областей позднекайнозойского магматизма Азии и характеризуется выраженной сегментированной структурой, определяемой, в первую очередь, трёхлучевой системой грабенов (Хубсугульского, Тункинского и Окинского) с центром в районе наиболее высокой вершины Восточного Саяна г. Мунку-Сардык (3491 м н. у. м.). Эти особенности строения области наряду с внутриплитным характером её магматизма послужили основанием для определения её связи с деятельностью мантийного плюма (Ярмолук, Коваленко, Кузьмин, 2000).

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 (Логачев и др., 1998). За пределами грабена, ограниченного в северо-западной части торцовым разломом долины р. Сенца, одновозрастные извержения происходили на обширных пространствах Восточной Тувы. К этому времени (15–16 млн л. н.), 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 расчленён долинами боковых притоков р. Оки, которые и служили вмещителями лав позднемиоценовой и плиоценовой фаз извержений. Синхронные излияния эффузивов, вероятно, происходили и в пределах Восточной Тувы, где они, скорее всего, образуют лавовые покровы на разноуровневых 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 тектоно-магматической активизации связывается с образованием Азасского грабена и выполняющих его вулканитов. Азасский грабен имеет ту же ориентировку, что и Окинский, однако сдвинут относительно простирающихся границ последнего к юго-западу вдоль разломной зоны северо-восточного простирающегося (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 т.ч. и вулканов, породивших лавовую «реку» Жом-Болок.

Смещение проявлений новейшего вулканизма к периферии вулканической области является специфической особенностью её современного развития (Ярмолук, Коваленко, Богатиков, 1990) и зафиксировано в разных её секторах (см. рис. 1). В этом смысле центробежная (по отношению к г. Мунку-Сардык — центру тройной системы грабенов) миграция участков тектоно-магматической 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, протекающими на уровне существования источников магматических расплавов.

В соответствии с геохимическими и изотопными характеристиками пород, развитие вулканической области было связано с умеренно деплетированными (типа PREMA¹) и, в меньшей мере, — с обогащёнными (типа EM-I и EM-II²) мантийными источниками. Такие источники отличаются по составу от деплетированной верхней и литосферной мантии и представляют более глубокие уровни, соответствующие низам верхней – нижней мантии. Появление такой мантии в источниках плавления связывается с деятельностью мантийного плюма, а её участие в образовании вулканических продуктов по всей площади вулканической области свидетельствует об образовании в основании литосферы соответствующей по размерам астеносферной «подушки» из привнесённого плюмом мантийного материала. О наличии такого плюма 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 разуплотнённой («горячей») мантии под Южно-Байкальской вулканической областью (Кулаков, 1999). Результаты анализа совокупности петролого-вулканологических, сейсмологических и изотопно-геохимических исследований позволяют описать структуру мантийного 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 её тектоно-магматической активности начался не позднее 2,5 млн лет назад. Именно на этом этапе лавовые излияния сместились на периферию вулканической области. Каковы же вероятные причины такого развития событий? Подчеркнём, что этот рубеж оказался также важным в отношении проявления иных природных процессов в обрамлении оз. Байкал, прежде всего, неотектонических горообразовательных и климатических. На эту границу (2,82–2,48 млн л.), наряду с ростом гор и интенсивным разломообразованием, приходится резкое похолодание климата, зафиксированное в соответствующих вариациях состава осадков оз. Байкал (Кузьмин и др., 1998; Карабанов, 1999), а также изменения состава региональной флоры. По мнению Е.Б. Карабанова (1999) похолодание сопровождалось самым ранним кайнозойским оледенением Азии. Повидимому, именно оно могло вызвать формирование ледникового покрова в наиболее высокой (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 мощности ледника 1000 м) прежде всего в центральных частях вулканической области, что, соответственно, должно было привести к ослаблению здесь процессов растяжения. Это же воздействие продолжает провоцировать в астеносферной линзе процесс отжимания материала на её фланги и, соответственно, стимулирует тектоно-магматическую активность в краевых участках вулканической области.

Таким образом, новейшие тектоно-магматические события на территории Тувинского вулканического ареала характеризуются многоэтапным развитием. Только в пределах ВТНЛ 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

¹ PREMA (Prevalent Mantle) — превалирующая (умеренно деплетированная) мантия.

² EM (Enriched Mantle) — источник обогащённой мантии: EM-I — с низким отношением ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr; EM-II — с высоким отношением ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr.

- Кулаков И.Ю. Трехмерные сейсмические неоднородности под Байкальским регионом по данным локальной и телесеismicческой томографии // Геология и геофизика. – 1999. – Т. 40. – № 3. – С. 317–331.
- Курганьков П.П., Мацера А.В. Структурно-геоморфологический анализ внутриконтинентального многофазного вулканизма // Геология и геофизика. – 1987. – № 8. – С. 43–50.
- Логачев Н.А., Рассказов С.В., Иванов А.В., Мишарина В.А., Черняева Г.П. Стратиграфия верхнекайнозойской вулканогенно-осадочной толщи Прибайкальской части Восточного Саяна // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 1998. – Т. 6. – № 4. – С. 81–91.
- Лурье М.П., Обручев С.В. Геологические исследования в северо-восточной Туве в 1945–1946 гг. // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1948. – № 4. – С. 97–114.
- Рассказов С.В., Масловская М.Н., Батымурзаев А.С., Мацера А.В., Зеленков П.Я., Авдеев В.А., Омарова М.Р., Гаргацев И.О., Магомедов Ш.А. Состав, стронциевая изотопия и калий-аргоновое датирование новейших базальтов Тувы // Геология и геофизика. – 1989. – № 2. – С. 77–84.
- Сугоракова А.М., Ярмолюк В.В., Лебедев В.И. Кайнозойский вулканизм Тувы / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук А.Э. Изох. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2003. – 92 с.
- Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Богатииков О.А. Южно-Байкальская горячая точка мантии и ее роль в формировании Байкальской рифтовой области // Докл. АН СССР. – 1990. – Т. 312. – № 1. – С. 187–191.
- Ярмолюк В.В., Лебедев В.И., Аракелянц М.М., Прудников С.Г., Сугоракова А.М., Коваленко В.И. Новейший вулканизм Восточной Тувы: хронология вулканических событий на основе К-Аг датирования // Докл. РАН. – 1999. – Т. 368. – № 2. – С. 244–249.
- Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Кузьмин М.И. Азиатский суперплюм в фанерозое: магматизм и глубинная геодинамика // Геотектоника. – 2000. – № 5. – С. 343–366.

**V.I. LEBEDEV¹, A.M. SUGORAKOVA¹,
V.V. YARMOLYUK², M.F. LEBEDEVA¹**

¹ *Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources,*

Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (TuvIENR SB RAS, Kyzyl);

² *Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry
Russian Academy of Sciences (IGEM RAS, Moscow)*

NEOVOLCANISM AND TECTONO-MAGMATIC ACTIVATION PROBABILITY OF THE EARTHQUAKE ZONES OF TUVA

Cenozoic volcanic areas are occurred widely in the highlands of the Central Asian fold belt (CAFB), which is characterized by high seismic activity. They vary in size (from the first square kilometres up to 10,000 km²) and in form (lava plateaus, lava rivers, cinder cones). The most of volcanic areas occurred in the late Cenozoic, and geothermal activity has continued until the present time in some of them (hot springs and travertines of Choigan-Khol, Ush-Beldir, and Tarys). The youngest lava eruptions in Central Asia occurred in 1719–1721 in the Wudalianchi volcanic field in the Lesser Khingan western foothills. There were (5,000–1,000 years ago) recorded a significant number of major eruptions in diverse locations of Innermost Asia (Khorgo volcano in the Central Khangai; Kropotkin, Peretolchin and other volcanoes of Zhom-Bolok lava fields in the Eastern Sayan). These facts allow us to assess the region as tectonically and magmatically active and, consequently, seismically

unsafe. Such a comprehensive approach has not been yet used in the study of this region — primarily due to a lack of reliable information on the chronology of volcanic events of recent times. It was undoubtful only that volcanic eruptions and accompanying orogenic transformations had an impulsive short-time character and were separated by time intervals exceeding the duration of human history. Until recently, geological methods could not solve the question of periodization of tectonomagmatic events within the last million years because of a lack of paleontological markers and difficulty of isotope-geochemical dating of sedimentary rocks with relatively weak lithification.

Our paper examines the patterns of distribution and migration of areas of neovolcanism and neotectonic structures in the north-western sector of the South Baikal late Cenozoic volcanic area (*fig. 1*) and in Tuva volcanic area of neovolcanism covering the Bolshoi Yenisei (Bii-Khem) and Malyi Yenisei (Kaa-Khem) rivers basins and the southern and western spurs of the Eastern Sayan mountain ranges. Geological history of the area is still underexplored. Available information only allows identifying some of the major elements of its formation. Definitely Late Holocene are the eruptions that were resulted in the formation of the Zhom-Bolok lava river in the Eastern Sayan. Multistageness of Pre-Holocene volcanic activity is recorded by volcanic strata of different accommodation levels in the present-day relief: apical (associated with watershed table rocks), high and low terraces, and valley-type. Tephrites of the Uyuk volcanic field (in 150 km north of Kyzyl) which are dated as Late Holocene (28 Ma) K-Ar age can be considered as the most ancient (Ярмолук и др., 1999).

Publications (Лурье, Обручев, 1948; Гросвальд, 1965; Рассказов и др., 1989) provide quite detailed information about composition and sequence of volcanic eruptions of the Eastern Tuva lava highland located between the Bii-Khem and Khamsara heads. It is structurally related to the Azas graben and that's why it is called the Azas lava field. The areal extent of its lava bed is ~2,000 km² and the thickness reaches 1,000 m. Total volume of volcanic products is estimated at no less than 600 km³. In the morphology of the lava highland there is a clearly distinguished lava plateau crowned with volcanic mountain ranges, which correspond to strongly eroded volcanoes of the central type. Moreover, in valleys that cut the lava plateau there are lava rivers formed during valley outflows. Yet since the time of S.V. Obruchev and M.L. Lurie (Лурье, Обручев, 1948), three sequences — a lower lava one (Pliocene), a middle tuffaceous one (Late Pliocene–Early Pleistocene), and an upper lava one (Middle Pleistocene) — were traditionally distinguished in the structure of volcanic formations. Small cinder cones crowning lava mountains were regarded as Holocene ones (Гросвальд, 1965). Such segmentation of the volcanic complex of the Eastern Tuva lava highland (ETLH) didn't suffer changes during subsequent geological studies (Курганьков, Мацера, 1987; Рассказов и др., 1989). The first estimates of the strata age are relied mainly on geomorphological data. In general, these notions were not incompatible with a unique K-Ar dating of rocks of the highland's lava basement, determining the age of rocks of the lower lava strata as 2.3 Ma (Рассказов и др., 1989). We point out that in the same work there are also data on Early–Middle Miocene (~16 Ma) age of «apical» basalts of the western horst framing of the Azas graben, which are thus older than the graben lavas.

During the last years, we have been carrying out systematic petrological and volcanological studies in the Eastern Tuva lava highland. The obtained data have largely changed a view of the structure of volcanic strata, composition of the constituent volcanites, and the sequence of neotectonic and volcanic events, and their role in the formation of the relief and restructuring of the drainage system, their impact on the processes of inland and mountain-valley glaciation. Geological arguments have been supported by a large scope of geochronological dating (*table 1*), obtained on a specialized mass spectrometric complex in

IGEM RAS. This complex allows us to measure especially small amounts of radiogenic argon and to lower the K-Ar rocks dating threshold till the first thousand years. As a result, the series of volcanic strata and paleovolcanic structures have been distinguished in the structure of ETLH. Their occurrence is associated with different stages (phases) of tectono-magmatic activation of the deuteroorogenic stage of the Central Asian fold-block zone development (Ярмолюк и др., 1999). Difference in time of these stages is established by geological methods, and their age position in the formation history of the lava highland is determined on the basis of K-Ar dating of the proper volcanites.

SEQUENCE AND SCOPE OF THE LATEST TECTONOMAGMATIC EVENTS. Results of geochronological studies indicate the abundance of tectonomagmatic events in the latest history of the Eastern Tuva volcanic area. There were at least ten «bursts» of volcanic activity within the volcanic field of the Azas graben within the last 2.5 Ma, manifested almost exclusively as lava flows. Explosive activity is fixed only in the discharge areas of shield volcanoes vents, and marked by relatively small cinder cones. Powerful volcanoclastic strata were formed in specific intraglacial conditions of lava flow.

The formation of volcanic uplands began ~2.1 Ma from large-volume (~400 km³) fissure eruptions, which formed a lava plateau. The fissure type of eruptions seemingly participated also in the formation of Paleoyenisei valley lava filling (~1.7 Ma), which is tens of square kilometres in volume, and dolerites in the upper part of the lava plateau (~1.2 Ma), the volume of which cannot be assessed because of their strong glacial exaration. More recent periods of lava highland development were associated with sequential formation of numerous shield volcanoes. And the volcanoes with the most large-scale eruptions were formed in the era of powerful inland glaciation — ~700 ka (Derbi-Taiga volcano, >25 km³) and within 200–100 ka (at least 8 volcanoes, >100 km³). The rest of the volcanoes — Kadyr-Sug (565 ka), Yurdava and Sagan (350–290 ka), and Ulugh-Arga (50 ka) are characterized by a few number (up to 10) of lava sheets and, respectively, by small-volume effusions (first square kilometres). The most recent eruptions (<50 ka), which formed the valley streams along the Bii-Khem (Bolshoi Yenisei) river, occur from a fissure vent in the area of its drainage by the river valley. Fissure eruptions of volcanic rocks formed the Zhom-Bolok lava river on the ETLH northeast framing ~1,000 years ago according to local legends. This lava flow of Holocene age has a length of ~80 km, and the total volume of its lava products exceeds 10 km³.

Therefore, the fixed chronology of volcanic events clearly indicates that the part of the territory of the Tuva volcanic area that we have investigated, has been tectonomagmatically active and seismically dangerous up to the present time. The point to be emphasized is that the temporal variations in the volume of effusive volcanic products also break regressive tendencies. Consequently, the territory of the Eastern Tuva and adjacent regions should be considered as volcanic dangerous with high probability of tectonomagmatic activation and resumption of volcanic eruptions.

GEODYNAMIC STATUS OF THE LAVA HIGHLAND AND ASPECTS OF VOLCANIC ACTIVITY OF THE REGION. As discussed above, the Eastern Tuva volcanic area is an integral part of the South-Baikal volcanic region (*fig. 1*). The latter is spatially separated from the other areas of late Cenozoic magmatism of Asia, and is characterized by a segmented structure defined primarily by the three-fold system of grabens (Khubsugul, Tunkin, and Oka), with the centre at the Munku-Sardyk (3491 m above sea level) mountain — the highest peak of the Eastern Sayan. These structural features of the area along with the nature of its intraplate magmatism formed the basis for determining its relationship with mantle plume (Ярмолюк, Коваленко, Кузьмин, 2000).

The volcanic field of the Azas graben is associated with the development of the Oka area where neotectonic and volcanic events are dated as back as the late Oligocene — from the earliest stages of its formation. The Oka graben and its lava sheet with the thickness up to 200–300 m were formed in the Early–Middle Miocene (Логачев и др., 1998). The coeval eruptions occurred in the vast areas of the Eastern Tuva, outside the graben limited in its north-western part by the rift faults of the Sentsa River valley. The formation of lava sequences in the Azas graben and its surrounding territories is particularly dated as the same age (15–16 Ma). The Oka graben played a leading role of the magma-localizing geotectonic structure until the Pliocene, although the downwarplings within its limits had already stopped at the end of the Middle Miocene. Later the graben was dissected by the Oka River lateral tributary valleys that served as a lava reservoir of Late Miocene and Pliocene lava eruptions. Synchronous effusive eruptions probably occurred within Eastern Tuva where they form lava sheets on multiple-elevation terraces. However there is no corresponding geochronological evidence of this assumption.

Since the Late Pliocene, active volcanism occurrences shifted beyond the Oka graben area towards the Eastern Tuva lava highland. The beginning of this phase of tectonomagmatic activation is associated with the formation of the Azas graben and its volcanites. The Azas graben has the same orientation as the Oka graben, but it is shifted to south-west relatively the direction of borders of the latter one along the fault zone of the north-east strike (*see fig. 1*). This fault zone is the main magma-controlling disjunctive structure in the contemporary volcanic history of the region. It controls the location of all volcanic centres within and beyond the Azas graben including the volcanoes that originated the Zhom-Bolok lava river.

Neovolcanic occurrences shift to the marginal part of the volcanic region is a specific feature of the region modern development (Ярмолук, Коваленко, Богатииков, 1990) and it is fixed in its different parts (*see fig. 1*). In this context, the centrifugal (related to the Munku-Sardyk Mountain — the centre of the triple system of grabens) migration of areas of tectonomagmatic activation and neovolcanism in the Oka section is quite characteristic, because it was additionally connected to the similar shift of the graben-formation zones to the margin of the volcanic region. The origin of such migration of areas of volcanic and structural events occurrences is not sufficiently clear, but, as we suppose, it was connected to sources of magmatic melts.

According to the geochemical and isotopic rocks characteristics, the development of the volcanic area was associated with moderately depleted (as PREMA — prevalent mantle — type) and, in a lesser degree, with enriched (EM–I and EM–II types — enriched mantle sources: EM–I — with low $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio; EM–II — with high $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio) mantle sources. These sources differ in composition from the depleted upper and lithosphere mantle, and they present deeper levels corresponding to the low parts of the upper and lower mantle. The occurrence of such mantle in the melting sources is associated with mantle plume activity, and its contribution in the formation of volcanic products throughout the area of the volcanic region indicates the formation of an asthenospheric "cushion" of the related size from mantle plume-introduced material at the base of the lithosphere of the region. The presence of such plume under the Eastern Tuva highland is confirmed by the content of magmatic sources of rocks that corresponds to the moderately depleted mantle as PREMA type. This conclusion agrees with deep seismic sounding data that showed the presence of the expanded («hot») mantle beneath the South Baikal volcanic region (Кулаков, 1999). Results of the analysis of all petrological-volcanogenic, seismological, and isotopical-geochemical studies allow us to describe the structure of the mantle plume as a giant mushroom with a hat (asthenospheric lens) underlying the volcanic region, and this lens is

connected to the deeper horizons of the mantle through a relatively narrow channel or the mantle plume itself.

In the history of the formation of the volcanic region the latest stage of its tectonic and magmatic activity began no earlier than 2.5 Ma. It was the stage when lava effusions shifted to the periphery of the volcanic region. What are the probable causes of such development? We emphasize that the mentioned boundary was important for occurrence of other natural processes in the framing of Lake Baikal and primarily for neotectonic orogenesis and climate changes. Along with the growth of mountains and intense faulting, in that period (2.82–2.48 Ma) there was drastic cooling in the climate fixed in corresponding variations of Lake Baikal sediments composition (Кузьмин и др., 1998; Карабанов, 1999) as well as in changes in the regional flora composition. According to E.B. Karabanov (1999), fall of temperature was accompanied by the earliest Cenozoic glaciations of Asia. It apparently could cause the formation of an ice cover in the highest (now — central) part of the volcanic region. The thickness of the ice sheet could reach 1000 m.

This extra gravity load was to change the interaction of the upper earth shell in the region. In particular, lithospheric pressure on the asthenospheric «cushion» of the mantle plume was to be increased (~0.1 kbar under the mentioned thickness of the glacier), primarily in the central parts of the volcanic area consequently leading to the weakening of extension. The same action is continuing to provoke the pressing of substance in the asthenospheric lens to its flanks, and is thus stimulating tectonomagmatic activity in the edge parts of the volcanic region.

Thus, the neotectonic events in the Tuva volcanic area are characterized by multi-stage development. Within ETVH and its closest framing, no less than 10 phases of activation have been fixed over the past 2 Ma. These phases are separated in time by non-volcanic periods, of various lengths, but at least since the Middle Neopleistocene they have not exceeded several tens of thousand years. In the past 50 thousand years there were the Ulug-Arga and Dolinny volcano eruptions, and in the Holocene — the formation of the Zhombolok lava field. The volume of volcanic products of each of them exceeded a few cubic kilometres. The revealed dynamics of the latest tectonomagmatic events development in the region permits us to suggest that it is tectonically active and, moreover, volcanically dangerous. The region is characterized by high seismicity (*fig. 2*), continued geothermal and intense seismic processes that, all together, indicate a high probability of the reactivation of volcanic eruptions followed by global climate change and catastrophic earthquakes.

The work was supported by the Russian foundation for basic research (*Projects № 98–05–65242, 99–05–65645, 00–05–64623*) and Federal research and technology target program *Global Environmental Change (Project № 2.1)*.