

ние и образование низких пойм произошло несколько столетий назад, тогда как в средних и нижних частях долин эти процессы растягивались на более продолжительный интервал позднего голоцена.

Таким образом, наши исследования, опирающиеся на сопряженный анализ палеоботанических и радиоуглеродных данных, подтверждают, что интенсификация эрозионных процессов, и в частности склонового смыва, в центральных районах Среднерусской возвышенности за последние несколько веков — результат совместного воздействия хозяйственной деятельности человека и молодого тектонического поднятия. Эти факторы ведут к осушению болот, существовавших с суббореального периода, и к постепенному погребению их делювиальным чехлом.

ЛИТЕРАТУРА

- Былинская Л. Н., Губонина З. П. О возрасте высокой поймы в бассейне р. Сосны. «Изв. АН СССР. Сер. геогр.», № 5, 1973.
- Мещеряков Ю. А. (ред.). Карта современных вертикальных движений земной коры Восточной Европы. М-б 1 : 2 500 000. М., ГУГК, 1973.
- Поболь Л. Д. Славянские древности Белоруссии. Минск, «Наука и техника», 1971.
- Равнины Европейской части СССР. М., «Наука», 1974.
- Саушкин Ю. Г. Географические очерки. М., Географгиз, 1947.
- Серебрянная Т., Ильвес Э. Первые данные по палинологии и возрасту водораздельного торфяника в центральной части Среднерусской возвышенности близ г. Железнодорожска. «Изв. АН ЭССР», т. 21, химия — геология, № 2, 1972.
- Серебрянная Т. А., Ильвес Э. О. Последний лесной этап в развитии растительности Среднерусской возвышенности. «Изв. АН СССР. Сер. геогр.», № 2, 1973.
- Серебрянная Т. А., Ильвес Э. О. Палинологические материалы по голоценовым отложениям района Верхней Оки. «Бюл. Комиссии по изучению четвертичного периода», № 42. М., «Наука», 1974.

Институт географии
АН СССР

Поступила в редакцию
18.II.1975

ON THE SLOPE WASH INTENSITY AT THE MIDDLE RUSSIAN HEIGHTS IN LATE HOLOCENE

T. A. SEREBRYANNAYA

Summary

The complex analysis of paleobotanic and radiocarbon data confirms the erosion processes (slope wash in particular) to be intensified at the central part of the Middle Russian Heights in the last centuries due to human economic activity together with recent tectonic uplift. The factors resulted in drainage of swamp (existed since sub-boreal time) and their covering with deluvial mantle, the age of the latter is estimated at 200 years, the deluvial wash rate being about 4—6 mm per year.

УДК 551.4 : 551.21 (571.6)

В. К. ШЕВЧЕНКО

О РОЛИ ДРЕВНЕГО ВУЛКАНИЗМА И ИЗОСТАТИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ В ФОРМИРОВАНИИ РЕЛЬЕФА БАДЖАЛЬСКОГО ХРЕБТА (Нижнее Приамурье)

В последнее время как у нас в стране, так и за рубежом стали придавать большое значение роли гравитации в тектонических деформациях земной поверхности, в частности изостатическим движениям, представляя развитие земной коры как последовательность процессов, из

которых одни нарушают гравитационное равновесие, а другие его восстанавливают (Асеев, Бронгулеев и др., 1974). В настоящее время уже считается доказанной изостатическая природа вертикальных движений Фенноскандии, Аляски, Северной Канады, Шпицбергена, Западной Сибири и некоторых других районов земного шара (Артемьев, 1966, 1971; Артюшков, 1966, 1967, 1969; Артемьев, Артюшков, 1967). Установление такого механизма движений имеет большое значение для геологии и геоморфологии.

Нет сомнений в том, что в молодых складчатых областях с продолжающимся процессом формирования гранитного слоя земной коры и интенсивного вулканизма изостатические силы играют еще более значительную роль. Так, например, в Нижнем Приамурье и Приморье в орогенный этап развития (поздний мел — палеоген) на дневную поверхность была извержена масса лав и пирокластов суммарным объемом до 400—500 тыс. км³ (Салун, 1964). Перемещение и накопление на дневной поверхности такого громадного количества вулканогенного материала создало изостатическую неуравновешенность земной коры вследствие перегрузки одних участков и недогрузки других, вызвав интенсивные вертикальные движения литосферы. Во всех районах распространения вулканогенных толщ после их извержения произошло погружение складчатого фундамента, на котором залегают эффузивы, на значительную глубину — до нескольких десятков и сотен метров против первоначального его положения. К обрушениям фундамента за счет излияния на поверхность вулканических продуктов и опустошения магматических камер здесь, по-видимому, добавляется еще действие изостатических сил из-за нагрузки огромных (в отдельных случаях до 2000—4000 м) толщ изверженных пород. В настоящее время по геофизическим данным устанавливается ступенчато-глыбовый характер фундамента, подстилающего вулканогенные толщи (Геология СССР, т. XIX, 1966).

После периода тектоно-магматической активности, в позднем олигоцене — раннем миоцене кора пришла в состояние равновесия, отмечаемое многими исследователями как период тектонического покоя и выравнивания рельефа. Однако в среднем миоцене на территории Нижнего Приамурья и Приморья наступает новый этап активизации вертикальных движений земной коры, преимущественно поднятий, который продолжается в течение всего плиоцена и антропогена и который большинство исследователей рассматривает как неотектонический.

В целом направленность неотектонических движений сводилась к общему подъему положительных морфоструктур и погружению отрицательных. Этот факт наводит на мысль о том, что причиной вертикальных движений могла быть разгрузка эродлируемых участков и нагрузка участков седиментации по схеме, аналогичной прогибу и подъему областей оледенения. Достигнув к этому времени значительной величины, денудационные процессы неизбежно должны были вызвать вертикальные движения литосферы для восстановления изостазии за счет срезанных толщ на поднятиях. В случае, если бы изостатический механизм не действовал, денудационные процессы приводили бы к возникновению значительных изостатических аномалий, чего в действительности не наблюдается.

Анализ современного гравитационного поля на юге Дальнего Востока дает основание считать, что на этой территории, как и в других районах земного шара, проявляется стремление земной коры к изостатическому равновесию. Наличие интенсивных отрицательных аномалий Буге на высоких горах и положительных аномалий в межгорных впадинах (Беляевский, Борисов, 1964; Лишневский, 1969; Белогуб и др., 1971; Лишневский, Шевченко, 1974) говорит о том, что изостазия осуществляется благодаря изменению высоты топографических масс, яв-

ляющихся функцией мощности и плотности земной коры. В условиях интенсивной эрозии горных сооружений и аккумуляции материала в межгорных впадинах это равновесие поддерживается постоянным поднятием хребтов и прогибанием впадин.

На основании этого представляется возможным приблизительно оценить масштабы изостатических движений крупных морфоструктур, возникающих в результате изменений поверхностной нагрузки, создаваемых экзогенными процессами. Недавно в журнале «Геоморфология» была опубликована статья, посвященная анализу изостатических движений, возникающих в результате осадконакопления во впадинах (Асеев и др., 1974). Нами же поставлена задача оценить движения, вызываемые денудацией горных поднятий. Для этой цели выбран Баджалский хребет (Нижнее Приамурье), в пределах которого можно достаточно надежно определить величину денудационного среза за кайнозойский этап развития.

Высочайший на юге Дальнего Востока Баджалский хребет расположен в междуречье Амгуни и Кура и протягивается в северо-восточном направлении на расстояние до 200 км при ширине 70—80 км. Максимальные высоты его достигают 2500—2640 м над уровнем моря. На большей части своего протяжения хребет сложен вулканогенными толщами андезито-дацито-липаритовой формации мелового возраста суммарной мощностью 2000—2500 м. Для наиболее поздних продуктов извержений — липаритов и дацитов и субвулканических образований возможен раннепалеогеновый (палеоценовый) возраст. В нижней части вулканогенной толщи отмечаются туфопесчаники, туффиты и туфы. Вся толща пород, слагающих хребет, пронизана интрузивными телами гранитов и гранит-порфиров вулканоплутонической формации. Складчатый фундамент, на котором залегают эффузивы, сложен осадочными породами верхнего палеозоя: песчаниками, глинистыми сланцами, алевролитами с прослоями и линзами известняков, кремней и зеленокаменных пород. Абс. отметки поверхности фундамента за пределами хребта, т. е. за пределами вулканического поля, составляют 1000—1500 м, в центральной же его части фундамент опущен до 100—300 м над уровнем моря и возможно ниже, свидетельствуя о наличии под толщей эффузивов глубокой вулканотектонической депрессии, возникшей в связи с компенсационным погружением фундамента после извержения лав из магматического очага (рисунок).

Интересно отметить, что вершинная поверхность Баджалского хребта находится почти на всем протяжении на гипсометрическом уровне 1900—2000 м (рисунок). По мнению А. А. Головневой (личное сообщение), этот уровень представляет собой первичную поверхность вулканического плато, над которым местами возвышаются вершины высотой до 500—600 м, представляющие собой вулканоплутонические купольные структуры и некки. Из этого следует, что существенного денудационного среза первичной поверхности вулканического хребта не произошло.

Большинство исследователей особенности рельефа Баджалского хребта и прежде всего его значительную высоту объясняют большой интенсивностью и величиной неотектонического поднятия. Так, Ю. Ф. Чемяковым (1961) и М. Н. Афонским (1970), величина поднятия Баджалского хребта за миоцен-антропогеновое время оценивается в 2000—2500 м.

Допуская такую величину неотектонического поднятия, надо признать, что в преднеогеновую эпоху вся толща эффузивов, слагающая хребет, была погружена не только ниже местного базиса эрозии, но даже ниже уровня моря, представляя глубокое понижение на фоне окружающего рельефа. Однако этому противоречат геологические факты. Залегающие в межгорных впадинах палеоген-неогеновые осадочные

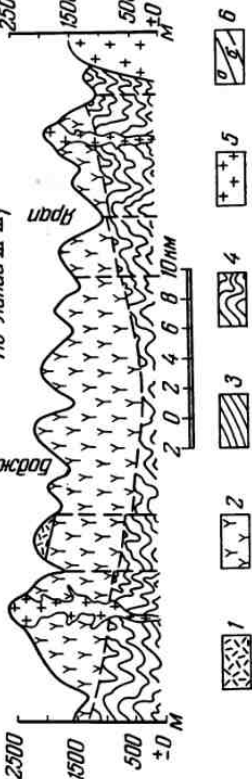
По линии I-I₁



По линии II-II₁



По линии III-III₁



Схематические разрезы Баджалского хребта

1 — верхний мел — палеоген
(?) (диариты, дациты, их
туфы и туфолавы); 2 — ниж-
ний и верхний мел, объеди-
ненные (кварцевые порфиры,
фельзиты, дациты, иттиго-
биты, пелловые туфы и туфо-
фриты, реже андезиты с про-
слоями терригенных пород);
3 — верхний триас (песчано-
сланцевые отложения); 4 —
верхнепалеозойские отложе-
ния (карбон — пермь), нерас-
члененные (песчанки, глин-
нистые сланцы, алевролиты
с прослоями и линзами из-
вестняков и кремней); 5 —
гранитоиды верхнемеловые;
6 — разломы (a — установ-
ленные, б — предполагаемые)

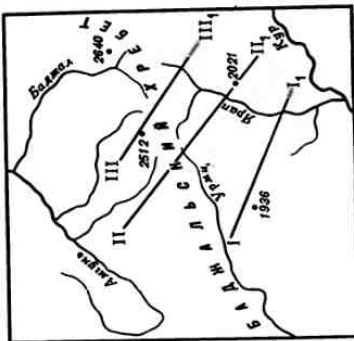


Схема расположения линий
разрезов

отложения, коррелятные древнему рельефу, представлены преимущественно крупнообломочными образованиями, свидетельствуя о том, что в палеогеновое и миоценовое время Баджальский хребет существовал как крупная положительная морфоструктура, с которой осуществлялся энергичный снос материала.

Вместе с тем геоморфологический анализ современного рельефа не оставляет сомнений в том, что хребет испытывает новейшие поднятия. Современная речная сеть в его пределах характеризуется активным врезанием, что указывает на продолжающийся рост хребта, в котором, по-видимому, проявляется стремление к достижению изостазии за счет денудации гор. Неизостатическая природа поднятий Баджальского хребта мало вероятна.

По данным Е. В. Артюшкова и М. Е. Артемьева, минимальная величина изменения поверхностной нагрузки, необходимая для преодоления сопротивления земной коры и возможности ее изостатических движений, составляет около 10 кг/см^2 на площади в среднем 100 км в поперечнике (Артюшков, 1967; Артемьев, Артюшков, 1967). В нашем случае, как будет показано ниже, в результате денудации с хребта за кайнозойское время снята нагрузка, значительно превышающая указанную величину на площади более $15\,000 \text{ км}^2$. Кроме того, рассматриваемый участок территории разбит большим числом тектонических нарушений (Болотников и др., 1973) и ограничен глубинными разломами, вдоль которых возможно более свободное движение литосферы.

Признавая изостатический характер поднятия хребта, можно вычислить величину поднятия для восстановления изостазии, если с него смыт слой пород толщины z и плотности d . Расчет произведен по формуле Е. Н. Люстиха (1957):

$$\Delta h = \frac{d}{D_0} z,$$

где Δh — поднятие фундамента после удаления денудацией слоя породы, m ; D_0 — плотность подкорового вещества (астеносферы) $= 3,3 \text{ г/см}^3$; d — плотность денудированных пород $= 2,6 \text{ г/см}^3$; z — толщина слоя денудированных пород, m .

Учитывая то, что с вершинной поверхности хребта за кайнозойский этап снесен весьма незначительный слой пород, а из эрозионных вырезов его вынесена масса, равная примерно $1/3$ первичной призмы вулканических пород, слагающих хребет (рисунки), мы не совершим существенной ошибки в изостатических расчетах, приняв величину z равной 700 м . Подставив в формулу значение z , что соответствует снятию нагрузки примерно в 180 кг/см^2 , получаем величину изостатического «всплывания» земной коры в этом месте за весь кайнозой, равную 550 или около 600 м ¹. По всей вероятности, это и есть суммарная величина поднятия, называемого неотектоническим.

Поскольку поднятие хребта вызывается удалением пород в основном из эрозионных вырезов (долин), а вершинная поверхность его остается более или менее законсервированной, то наблюдается не только относительный, но и абсолютный рост хребта, так что современный его уровень стал выше исходного на $500\text{—}600 \text{ м}$. В случае срезания пород сверху новый уровень хребта в равновесии был бы ниже прежнего (исходного) на

$$\frac{D_0 - d}{D_0} z, \text{ т. е. на } 150 \text{ м}.$$

¹ При этом мы не учитываем величину разгрузки хребта в результате таяния плейстоценовых ледников, так как это не влияет на общий итог подсчета, хотя ускорение темпа современных поднятий могло явиться следствием именно дегляциации гор.

Из всего сказанного следует, что топографические массы Баджальского и других хребтов Нижнего Приамурья, сложенных продуктами древнего вулканизма, не созданы неотектоническими поднятиями, а представляют собой участки мощного накопления вулканического материала позднемелового и палеогенового времени, испытывающие изостатический подъем по мере срезания с них толщ горных пород. Близость к состоянию равновесия сравнительно небольших блоков земной коры на территории Нижнего Приамурья свидетельствует о том, что изостатический фактор играет существенную роль в движениях морфоструктур и «работает» повсеместно. Собственно тектонические (неотектонические) активные движения могут проявляться лишь локально. Несомненно, что «...изостатические силы являются определяющими движения после того, как активные тектонические деформации ослабевают» (Косминская, Шейнманн, 1965).

ЛИТЕРАТУРА

- Артемов М. Е. Изостатические аномалии силы тяжести и некоторые вопросы их геологического истолкования. М., «Наука», 1966.
- Артемов М. Е. О связи изменений изостатического равновесия с сейсмичностью. В кн. «Экспериментальная сейсмология». М., «Наука», 1971.
- Артемов М. Е., Артюшков Е. В. Изостазия и тектоника. «Геотектоника», № 5, 1967.
- Артюшков Е. В. О характере изменения вязкости верхней мантии с глубиной. «Физика Земли», № 8, 1966.
- Артюшков Е. В. Об установлении изостатического равновесия земной коры. «Физика Земли», № 1, 1967.
- Артюшков Е. В. Четвертичные оледенения и трансгрессии в Западной Сибири. «Изв. АН СССР. Сер. геол.», № 7, 1969.
- Асеев А. А., Бронгулеев В. В., Муратов В. М., Пшенин Г. Н. Экзогенные процессы и реакция земной коры. «Геоморфология», № 1, 1974.
- Афонский М. Н. Неотектоника южной части Советского Дальнего Востока. «Геология и геофизика», № 2, 1970.
- Белогуб В. Н., Шапочка И. И., Романовский Н. П. Место мезокайнозойского гранитного магматизма в тектоническом развитии Приамурья и некоторые элементы металлогении (по геофизическим данным). В сб. «Мезозойский тектогенез». Магадан, 1971.
- Беляевский Н. А., Борисов А. А. Глубинное строение северо-западной части Тихоокеанского подвижного пояса. «Сов. геология», № 9, 1964.
- Болотников А. Ф., Бондаренко Е. И., Крутов Н. К. К эволюции вулканотектонических структур Баджальской зоны. В сб. «Эволюция вулканизма в истории Земли». (Материалы 1-го Всес. палеовулканолог. симпозиума). М., 1973.
- Геология СССР, т. XIX, Хабаровский край и Амурская обл. М., «Недра», 1966.
- Косминская И. П., Шейнманн Ю. М. Некоторые закономерности строения и эволюции земной коры межгорных и краевых прогибов. «Бюл. Моск. о-ва испыт. природы. Отд. геол.», т. X (3), 1965.
- Лишневский Э. Н. Основные черты тектоники и глубинного строения континентальной части Дальнего Востока СССР по гравиметрическим данным. В сб. «Строение и развитие земной коры на Советском ДВ». М., «Наука», 1969.
- Лишневский Э. Н., Шевченко В. К. Опыт выделения и классификации морфоструктур по особенностям строения земной коры (на примере мезозойского Дальнего Востока). «Геоморфология», № 2, 1974.
- Лютих Е. Н. Изостазия и изостатические гипотезы. «Тр. геофиз. ин-та», № 38 (165). М., изд-во АН СССР, 1957.
- Салун С. А. Тектоника позднемеловых и кайнозойских вулканогенных и континентальных образований Сихотэ-Алинской области. В кн. «Складчатые области Евразии». (Материалы совещ. по проблемам тектоники в Москве). М., «Наука», 1964.
- Чемяков Ю. Ф. Неотектоника Приамурья и смежных территорий. «Докл. АН СССР», т. 137, № 3, 1961.

**ON THE ANCIENT VOLCANISM
AND ISOSTATIC MOVEMENTS SIGNIFICANCE FOR THE FORMATION
OF THE BADZHAL RIDGE TOPOGRAPHY (LOWER PRIAMURYE)**

V. K. SHEVCHENKO

Summary

The isostatic component of the total Cenozoic uplift of the Badzhal Ridge has been identified and approximately estimated. The ridge was chosen because the Cenozoic denudational lowering magnitude could be defined with sufficient reliability. Volume of cut-off rocks (defined by geomorphological technique) is about $1/3$ of the primary prism of igneous rocks which the ridge consists of; the volume corresponds to load reduction of 180 kg/Km^2 at the area of $15\,000 \text{ km}^2$. Hence the isostatic uplift of the ridge compensating the denudational unload has been calculated to be equal to $560\text{--}600 \text{ m}$ during the Cenozoic stage, the calculation using the formula by E. N. Lustig (1957). The conclusion has been done about the importance of the isostatic factor in morphostructures movements of young folded regions and its everywhere distribution, the tectonic (neotectonic) active movements being of local manifestation.
