

## ДИСКУССИИ

УДК 551.432.8(—924.8)

Е. Н. БЫЛИНСКИЙ, Е. Н. ВОСТОКОВ

**ГЛАВНЫЙ ВОДОРАЗДЕЛ РУССКОЙ РАВНИНЫ,  
ЕГО ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПРИРОДА  
И ГЛЯЦИОИЗОСТАТИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ**

Сопоставление орогидрографии центральных частей Русской равнины с тектоникой фундамента позволило установить приуроченность главного водораздела к системе глубинных разломов и линейных блоков северо-восточного простирания. Пространственно с ними связаны также границы плейстоценовых оледенений. По комплексу признаков определен плейстоценовый возраст инверсии современного рельефа Русской равнины по отношению к тектонической структуре осадочного чехла и фундамента. Сделан вывод о гляциоизостатическом происхождении этой инверсии и рассмотрена возможная схема ее механизма.

Одна из основных особенностей центральных частей Русской равнины — отчетливое северо-восточное простирание элементов ее орогидрографии, связанное с главным водоразделом, разделяющим речные системы южных (Черное, Азовское, Каспийское) и северных (Балтийское, Белое, Баренцево) морей. Главный водораздел протягивается на 2500 км с запада-юго-запада на восток-северо-восток в виде широкой полосы невысоких (100—300 м) возвышенностей. К ним относятся: Волковская, Минская, Смоленско-Московская, Валдайская, Вепсовская, Андомская, Грязовецко-Даниловская и Северные Увалы. В эту же систему возвышенностей, характеризующуюся северо-восточной ориентировкой, следует включить Клинско-Дмитровскую гряду, Бежецкую, Угличскую и Галичскую возвышенности (рис. 1). Система возвышенностей окаймляется полосами низменностей и равнин: с северо-запада расположены Неманская, Полоцкая, Ильменско-Ладожская, Водлинская, Воже-Лачинская и Сухонская низины; с юго-востока — Полесская и Приднепровская равнины, Мещерская, Волго-Унженская, Марийская и Верхнекамская низины (рис. 1).

Зональное строение данной системы возвышенностей и низменностей подчеркивается и протяженными речными долинами. Отметим при этом, что речная сеть Русской равнины характеризуется в целом северо-западным или субмеридиональным направлением. Однако в пределах зоны главного водораздела гидросеть совершенно подчинена его простиранию (верховья Днепра, Западной Двины, Волги, Вятки, Камы, Печоры, реки Сухона, Вычегда и др.).

Несомненно также пространственная связь с описанными региональными элементами орогидрографии границ плейстоценовых оледенений (варяжского, окского, днепровского, московского и валдайского — рис. 2), на что впервые указал Б. Л. Личков (1931, 1934, 1944) и что дало ему основание предположить зональное проявление эпэйрогенических движений в плейстоцене.

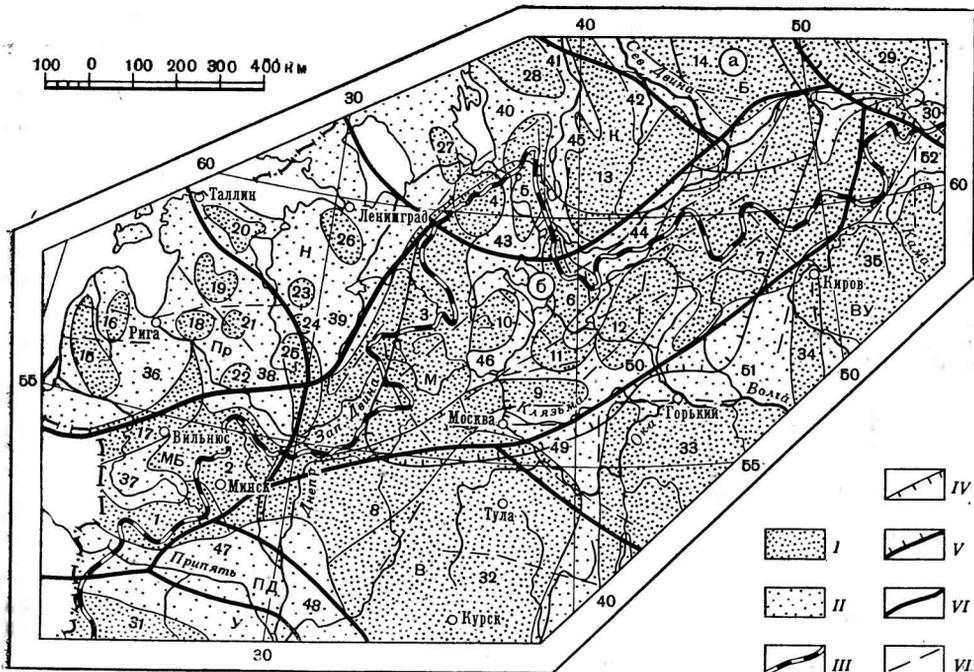


Рис. 1. Сопоставление орографии (по А. Г. Доскач и Ю. А. Мещерякову, 1974) и тектоники центра и северо-запада Русской равнины.

I — возвышенности с абс. высотой более 180 м: 1 — Волковысская, 2 — Минская, 3 — Валдайская, 4 — Вепсовская, 5 — Андомская, 6 — Грязовецко-Даниловская, 7 — Северные Увалы, 8 — Смоленско-Московская, 9 — Клинско-Дмитровская гряда, 10 — Бежецкая, 11 — Угличская, 12 — Галичская, 13 — Сухонско-Двинская, 14 — Двинско-Мезенская, 15 — Жемайтйская, 16 — Курземская, 17 — Балтийский гряда, 18 — Ломжинские высоты, 19 — Отепя, 20 — Пандивере, 21 — Видземская, 22 — Латгальская, 23 — Ханья, 24 — Судомские, 25 — Витебско-Невельская гряда, 26 — Силурийское плато, 27 — Олонецкая, 28 — кряж Ветренный пояс, 29 — Тиманский кряж, 30 — Полудов кряж, 31 — Волянская, 32 — Среднерусская, 33 — Приволжская, 34 — Вятский Увал, 35 — Верхнекамская. II — Низменности и равнины с абс. высотой от 0 до 180 м: 36 — Прибалтийская низменность, 37 — Неманская низина, 38 — Полоцкая низина, 39 — Ильменско-Ладожская низменность, 40 — Водлинская низина, 41 — Онежская низина, 42 — Северо-Двинская низменность, 43 — Волго-Шекснинская низина, 44 — Сухонская низина, 45 — Воже-Лачинская низменность, 46 — Верхневолжская низина, 47 — Полеская равнина, 48 — Приднепровская равнина, 49 — Мещерская низина, 50 — Волго-Унженская низина, 51 — Марийская низина, 52 — Верхнекамская низина. III — линия главного водораздела Русской равнины. IV — граница Мезенской (а — на рис. в кружке) и Московской (б — на рис. в кружке) синеклиз, V — граница Восточно-Европейской платформы. VI — линии наиболее крупных разрывных нарушений фундамента — границы основных блоков Восточно-Европейской платформы (названия блоков даны в подписях к рис. 2). VII — линии крупных разрывных нарушений фундамента в пределах основных блоков

Указанные особенности рельефа центра Русской равнины особенно интересны в связи с обращенностью его по отношению к современной тектонической структуре осадочного чехла и фундамента, что неоднократно отмечал Ю. А. Мещеряков (1950, 1960, 1965). Обращенность проявляется в том, что большая часть возвышенностей главного водораздела совпадает в основных контурах с внутренней частью Московской синеклизы, в то время как краевые полосы низменностей приурочены к ее бортам (рис. 1).

Совершенно очевидно, что эти региональные особенности орографии должны получить объяснение с позиций глубинного строения Восточно-Европейской платформы. Анализ геофизических, в первую очередь, гравитационных и магнитных данных в совокупности с геологическими приводит целый ряд исследователей к выводу о наличии протяженной (до 1500 км и более) системы северо-восточных разломов в фундаменте, определяющих в значительной мере ограничения Московской синеклизы и отчасти Белорусско-Мазурской антеклизы. Это нашло отражение на схемах строения фундамента Н. В. Неволлина и др. (1968), Т. Н. Симоненко и др. (1968), Р. А. Гафарова (1971), В. Н. Зандера

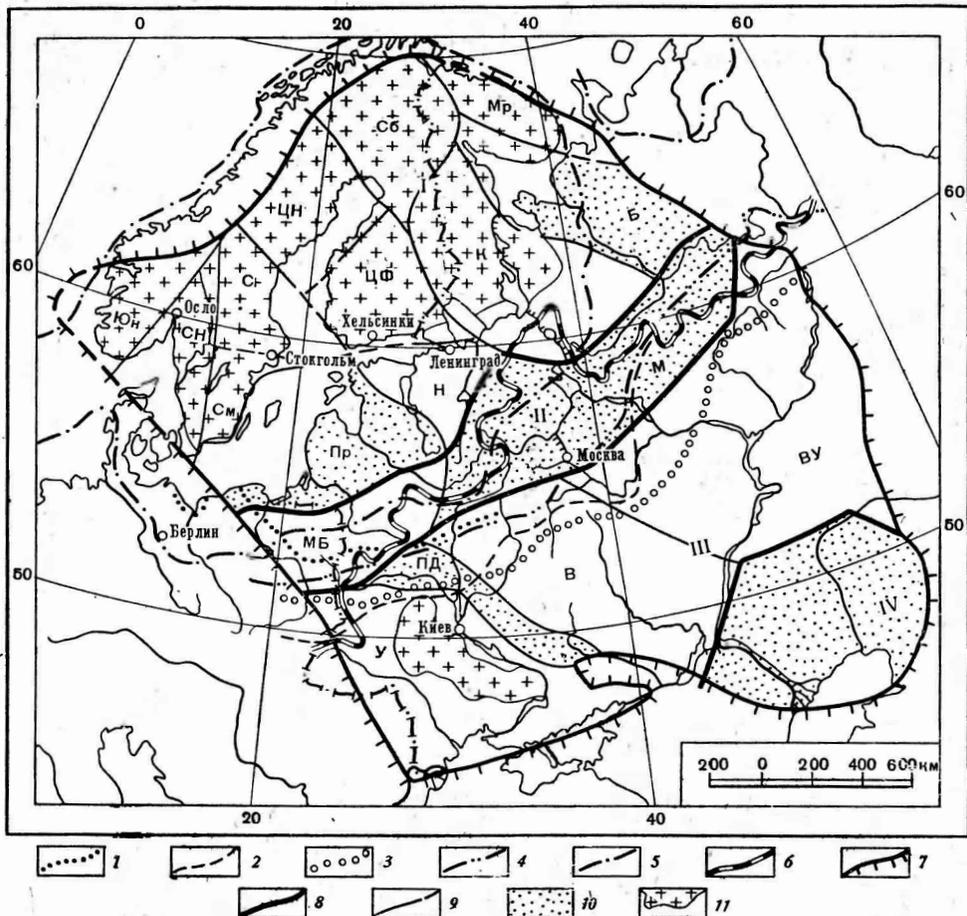


Рис. 2. Границы плейстоценовых оледенений и положение главного водораздела на фоне блоковой тектоники Восточно-Европейской платформы.

1 — граница древнейшего варяжского (белорусского, подляхского) оледенения, по С. Ружицкому (Rozyski, 1961) и В. Н. Гурскому (1973); 2 — граница ожского оледенения; 3 — граница днепровского ледникового щита с мощностью льда не менее 200 м (с использованием реконструкции А. А. Асеева и др., 1973); 4 — граница московского оледенения; 5 — граница валдайского оледенения; 6 — линия главного водораздела Русской равнины; 7 — граница Восточно-Европейской платформы; 8 — границы мегаблоков Восточно-Европейской платформы. Мегаблоки: I — Валтийский, II — Мазурско-Московский, III — Украинско-Болжский, IV — Прикаспийский; 9 — границы основных блоков, по Т. Е. Симоненко и М. М. Толстихиной (1968) с добавлениями по А. А. Борисову (1967), Р. А. Гафарову (1971), Л. Е. Шустовой, В. А. Дедееву, К. О. Кратцу (1973). Блоки: Б — Беломорский, В — Воронежский, ВУ — Волго-Уральский, К — Карельский, М — Московский, МБ — Мазурско-Белорусский, Мр — Мурманский, Н — Новгородский, ПД — Припятско-Днепровский, Пр — Прибалтийский, С — Свеаландский, Сб — Североботнический, См — Смоландский, Сн — Свеко-Норвежский, У — Украинский, ЦН — Центрально-Норландский, ЦФ — Центрально-Финляндский, Юн — Южнонорвежский; 10 — блоки и участки с относительно опущенным фундаментом, 11 — выходы кристаллического фундамента на поверхность

и др. (1967). Наиболее отчетливое выражение эта закономерность получила в работах А. А. Борисова (1967), который выделил Минско-Московско-Котласский линейный блок шириной 250—300 км, являющийся в целом депрессионной структурой (за исключением западной части). Линейный блок ограничен зонами глубинных разломов. Разломы более высоких порядков, расположенные кулисообразно или под острым углом к общему простиранию блока, разделяют горсто- и грабенообразные участки, различные по типу строения коры, чередование которых создает отчетливое зональное строение блока. В основных частях он совпадает с показанным нами на рис. 2 Мазурско-Московским мегаблоком.

За последние годы получены дополнительные геолого-геофизические данные, позволяющие лучше понять роль и значение указанной системы северо-восточных разломов в тектонике Восточно-Европейской платфор-

мы. Основанием для ее выделения, как известно, являются в первую очередь особенности регионального магнитного и гравитационного полей. В геофизических полях отчетливо выражена система протяженных (до сотен км) полосовых аномальных зон и цепочек аномалий северо-восточного и субширотного — восток-северо-восточного — простираний, прослеживаемая от верховьев р. Неман до среднего течения р. Вычегды. Она обусловлена совокупностью региональных магмапроявляющих разломов и связанных с ними депрессионных зон рифтогенной природы — авлакогенов и крупных грабенов (Федынский и др., 1975). На основании анализа геолого-геофизических и палеогеографических данных, проведенного А. А. Богдановым (1964), А. П. Виноградовым, В. Д. Наливкиным, В. Е. Хаином, А. Б. Роновым («История геологического развития...», 1964), М. В. Муратовым и др. (1962), В. Е. Хаином (1973), Т. Н. Спижарским (1973), Ю. Р. Беккер и др. (1970), А. А. Клевцовой (1970), Р. Е. Айзберг и Р. Г. Гарецким (1974) и другими исследователями, можно заключить, что депрессионные зоны возникли и интенсивно развивались в рифее, венде и раннем палеозое. Эта система разломов «грампианского» направления пересекала почти всю Восточно-Европейскую платформу, разделяя ее на Балтийский и Сарматский щиты (мегаблоки) и перерабатывая более древние (преимущественно северо-западные) карельские структуры фундамента.

Наиболее крупные из северо-восточных разломов, например, протягивающиеся по границам Московской синеклизы, судя по глубинам залегания гравитирующих и магнитных масс, безусловно, относятся к категории глубинных. С ними связаны тела основного состава, трапповые излияния в венде и, вероятно, проявления вулканизма в девоне. В герцинском этапе в связи с общим изменением структурного плана платформы, в частности с развитием субмеридиональных и северо-западных направлений, единая система северо-восточных разломов была разделена на ряд звеньев. В частности, Кольско-Украинская зона поднятий разобщила ее на западную (Белорусско-Мазурскую) и восточную (Московскую) части, которые развивались различно.

В западной части, испытавшей длительное воздымание, восток-северо-восточные разломы были интенсивно переработаны субмеридиональными, субширотными и северо-западными. Однако наиболее крупные из восток-северо-восточных разрывных нарушений нашли отражение в осадочном чехле (Айзберг, Гарецкий, 1974).

В восточной части рассматриваемая система разломов унаследованно развивалась, определяя многие особенности осадочного чехла. Необходимо отметить Московско-Кировскую зону разломов, которая в палеозое ограничивала Московскую синеклизу (Московский блок) с юга и юго-востока, а в мезозое совпадала с ее приосевой частью. В неотектонический этап эта зона разделяет платформу на две части: северную, где суммарная деформация неогеновой поверхности меньше 100 м, и южную, где она больше 100 м (Симоненко, Толстикова, 1968).

Если кратко суммировать геолого-геофизические данные, то можно наметить следующие основные особенности Московского блока: 1) некоторое сокращение мощности земной коры, составляющей 35—40 км (Ауз и др., 1969; Федынский и др., 1975), по сравнению с 40—50 км в пределах Балтийского и Украинского щитов, Воронежского и Волго-Уральского блоков; 2) подъем поверхности Мохоровичича и кровли базальтового слоя; 3) значительная мощность осадочного чехла (до 5—5,5 км); 4) отчетливое зональное строение, связанное с северо-восточными разломами, характерное как для глубинных горизонтов земной коры, так и для фундамента и нижней части осадочного чехла<sup>1</sup>; 5) несколько

<sup>1</sup> В частности, М. И. Островский (1970) выделяет в структуре фундамента (с севера на юг) Сухонский выступ, Солигаличский прогиб, Любимско-Чухломский выступ, Ярославский прогиб, Костромской и Нейский выступы, Ивановский прогиб.

повышенные значения теплового потока; 6) повышенная подвижность, «непрерывно-прерывистое» развитие в течение почти всего платформенного этапа с преимущественной тенденцией к прогибанию, несмотря на инверсионный характер движений на отдельных участках.

Из всего вышеизложенного видна исключительная важность рассматриваемой совокупности северо-восточных разломов и линейных блоков в общей тектонике фундамента Восточно-Европейской платформы (рис. 2). Эта совокупность разломов разных порядков, блоков, флексур и складок в осадочном чехле составляет единый линеамент (в понимании В. Е. Хаина, 1973), который разделяет Балтийский щит на севере и Украинский, Воронежский и Волго-Уральский блоки на юге. На нашей схеме (рис. 2) с данным линеаментом связаны Московский и Мазурско-Белорусский блоки, образующие, вероятно, единый Мазурско-Московский мегаблок фундамента.

Пространственная приуроченность зоны главного водораздела к охарактеризованной выше системе северо-восточных глубинных разломов позволяет предполагать его тектоническую природу.

По-видимому, и большая часть отдельных возвышенностей в той или иной степени связана с особенностями блоковой тектоники фундамента и осадочного чехла. Например, граница Валдайской возвышенности и Ильменско-Ладожской низменности обусловлена крупными региональными разломами. Серия разломов фундамента расположена по периферии Клинок-Дмитровской гряды, возвышенностей Северные Увалы, Сухонско-Двинской, Бежецкой, Приволжской, Вятского Увала и ряда других, часто предопределяя положение их границ с соседними низинами.

Наконец, собственно линия главного водораздела и, в частности, многие его изгибы совпадают с простираем крупных разломных зон, например, к северо-востоку от Минска, к западу-северо-западу от Москвы, в пределах Андомской и Грязовецко-Даниловской возвышенностей, к северо-западу от Кирова и во многих других местах (рис. 1). Многие участки гидросети центра Русской равнины также приурочены к разломам: верховья р. Днепра, низовья рек Клязьмы и Оки, Волга ниже Горького, р. Сухона, р. Ока у Рязани и др.

Конечно, характер проявления всех этих разломов в кайнозой пока еще недостаточно изучен, однако обнаруженная связь в простираем и расположении разломных зон и многих орографических элементов дает основание предполагать, что тектонические движения по линиям разрывных нарушений фундамента в значительной мере определили современный орографический план Русской равнины.

Возникает вопрос о возрасте инверсии движений центральной части Восточно-Европейской платформы, вызвавших обращенность современного рельефа всей Московской синеклизы по отношению к структуре фундамента и осадочного чехла. По мнению Ю. А. Мещерякова (1950, 1960, 1965), такая перестройка произошла на рубеже мезозоя и кайнозоя и является «отзвуком» мезозойского орогенеза. Нам представляется, однако, что целый ряд фактов и соображений не позволяет согласиться со столь ранним возрастом инверсии Московской синеклизы.

В результате исследований последних лет в центральных районах Московской синеклизы обнаружены миоценовые и плиоценовые осадки, представленные аллювиальными и озерными отложениями мощностью до 60 м и расположенные на значительных высотах (в диапазоне 100—170 м), в то время как минимальные отметки ложа плейстоценовых отложений составляют на обширных пространствах меньше 80 и даже 40 м (Иосифова, 1971; Бреслав, 1971); таким образом, основной врез произошел здесь в послеплиоценовое время. К югу от Московской синеклизы распространение неогеновых отложений увеличивается, а их абсолютные отметки уменьшаются (до 80—60 м и ниже), причем они представлены уже не только аллювиальными и озерными, но и солоно-

ватоводными лиманными отложениями суммарной мощностью, до 200 м. В то же время на северо-западе Русской равнины в пределах Ленинградской, Псковской и Новгородской областей отложения неогена не встречены (существует лишь предположение о существовании «неоген-четвертичных» отложений, да и то в единичных разрезах — Апухтин 1971). Это обстоятельство свидетельствует о том, что еще в неогене северо-запад Русской равнины был приподнят относительно центральных ее частей; последние в свою очередь были несколько приподняты (неглубокий врез) относительно юга Русской равнины, где широко распространены морские неогеновые отложения.

Таким образом, собранный в последнее время фактический материал, на наш взгляд, свидетельствует о правоте тех исследователей (Масляев, 1955; Герасимов, 1959; Геренчук, 1960, и др.), которые предполагали существование в палеогене и неогене меридионального стока в пределах Русской равнины, направленного с крайнего севера (Балтийский щит, Баренцево море) на юго-восток и юг в Черное и Каспийское моря. В пользу предположения о недавнем образовании стока на север и северо-запад свидетельствует то, что большая часть рек севера и северо-запада Русской равнины (Сев. Двина, Мезень, Онега, Волхов, Ловать и ряд других) течет против наклона пород палеозойского и мезозойского возраста, что говорит о существенной послемезозойской перестройке структурного плана Восточно-Европейской платформы.

Наконец, отмеченная Ю. А. Мещеряковым (1950, 1965) особенность, заключающаяся в крайне слабом накоплении в низинах внутренней зоны Русской равнины отложений, возникших при размыве соседних возвышенностей, сложенных мезозойскими породами, могла иметь место лишь в том случае, если обращение как самой Московской синеклизы, так и отдельных возвышенностей в ее пределах произошло лишь в самое недавнее время. Преимущественный транзитный сток на юг в палеогене и неогене обеспечивал вынос продуктов размыва возвышенностей, существовавших в то время на севере Русской равнины. Сам этот размыв был, по-видимому, невелик в связи с относительно спокойной тектонической обстановкой на этой территории в эпохи палеогена и неогена. К аналогичному выводу о том, что в конце позднего плицена северная и особенно центральные части Русской равнины представляли собой довольно низкую сушу, пришли А. А. Асеев и А. Г. Доскач (1974).

На основании приведенных фактов можно сделать вывод, что начиная с конца позднего мела Московская и южная часть Мезенской синеклизы втягиваются в сводовое поднятие Балтийского щита, однако в отличие от представлений Ю. А. Мещерякова мы полагаем, что инверсии в развитии в это время еще не происходит. Юго-восточная часть Русской равнины остается наиболее пониженным участком всего поднимающегося севера Восточно-Европейской платформы. На протяжении кайнозоя вплоть до плейстоцена происходит денудационный размыв северной части Русской равнины, в результате чего образуется ряд невысоких (до 100 м) останцовых возвышенностей.

Лишь в плейстоцене происходит довольно быстрое воздымание территории Московской синеклизы по отношению к юго-восточной части Балтийского щита и югу Русской равнины, поднятому в преадакчагыльское время. Причиной этого, на наш взгляд, служит воздействие дифференциально проявившихся огромных нагрузок на земную кору вследствие неоднократного развития на данных территориях крупных ледниковых щитов, на периферии которых находился Мазурско-Московский мегаблок. Как видно из рис. 2, в плейстоцене ледниковыми щитами покрывалось не менее половины всей площади Восточно-Европейской платформы, причем во все наиболее крупные ледниковья (кроме валдайского) под ледниками оказывался весь Балтийский мегаблок. В соответствии с подсчетами Р. Флинта (Flint, 1971), общая масса льда при

максимальном оледенении могла достигать здесь  $12 \times 10^6 \text{ км}^3$ ; это давало дополнительную нагрузку, выраженную весьма значительной величиной в  $11 \times 10^{15} \text{ т}$ , что было равноценно увеличению мощности коры на территории, занятой ледником, в среднем на 0,64 км. Такая огромная нагрузка, к тому же распределенная неравномерно (максимум «приращения» земной коры более чем на 1 км приходился на территорию Балтийского щита), должна была вызвать и вызвала разнонаправленные движения мегаблоков платформы.

Таким образом, появление в плейстоцене нового фактора — многократных дополнительных нагрузок на земную кору со стороны ледниковых щитов объясняет нам причину резкого изменения характера движений земной коры, приведших к образованию обращенной морфоструктуры Московской синеклизы.

По-видимому, может быть произведена и приблизительная оценка суммарной амплитуды поднятия территории Московской синеклизы относительно Балтийского щита. Так, в настоящее время центральные части Русской равнины расположены в среднем на 140 м выше юго-востока Фенноскандии. В неогене разница в высотах должна была быть обратной и составляла не менее 200 м; таким образом, суммарная амплитуда поднятия достигает 340 м.

Представление о тектоническом поднятии под влиянием гляциоизостазии многих современных возвышенностей относительно низин в центре Русской равнины было развито Б. Л. Личковым (1944). В отличие от Б. Л. Личкова мы считаем, что главную роль в формировании современной орографии центра Русской равнины играли поднятия всей Московской синеклизы относительно Балтийского щита и юга Русской равнины, а не только отдельных возвышенностей по отношению к низинам.

Попытаемся наметить приблизительную схему механизма воздействия гляциоизостатического фактора. Как известно, наибольший градиент напряжений в связи с добавочной нагрузкой, вызываемой льдом, должен был иметь место в краевых зонах крупных ледниковых щитов. Так, по расчетам Р. Уолкотта (Walcott, 1970), максимальный градиент упругих напряжений ложа ледникового щита мощностью в 2,5 км должен располагаться в 200—300 км в проксимальном направлении от его крутого края. Поскольку ледниковые щиты севера Европы при плейстоценовых оледенениях были крупнее, и их мощности достигали 3,5—4,5 км (Асеев и др., 1973), то и зона максимального градиента упругих напряжений находилась, видимо, в 300—400 км от их крутых краев. Приблизительно на таком же расстоянии располагались от границ крутых склонов ледниковых щитов в эпохи варяжского, окского, днепровского и московского оледенений северо-западные границы Мазурско-Московского мегаблока (рис. 2). Без наличия же крутых склонов ледникового щита в сочетании с куполообразной вершиной, по-видимому, ледник не мог бы разрастаться; во всяком случае крупные современные ледниковые щиты Антарктиды и Гренландии обладают плоской вершиной и крутыми краями.

При воздействии дополнительной нагрузки со стороны ледникового щита в пределах земной коры и особенно верхней мантии должно было происходить перемещение вещества из области, занимаемой ледниковым щитом, к его окраине. Поскольку воздействие веса ледникового щита было весьма значительным, но кратковременным явлением (десятки тыс. лет), то можно предполагать, что перемещение вещества происходило преимущественно в астеносфере, располагающейся на глубине приблизительно в 80—150 км, так как течения в пределах «гранитного» слоя континентальной коры или в нижней части «базальтового» слоя коры могут проявиться, по предположениям А. Кайё (1969), лишь в отрезок времени в 3—4 млн. лет.

Перемещение вещества в астеносфере под влиянием ледниковой нагрузки предполагалось еще родоначальником идеи о гляциоизостазии Т. Джемисоном (Jamieson, 1865, 1882), а также Р. Дэли (Daly, 1920, 1934), и было обосновано в последние годы в работах Е. В. Артюшкова (1966, 1967), Р. Фейрбриджа и В. Ньюмена (Fairbridge, Newman, 1968), С. А. Ушакова и М. С. Красса (1969), Р. Уолкотта (Walcott, 1970) и др. Эти движения в астеносфере должны были приводить к поднятию прежде всего тех участков литосферы, которые находились сразу же за зоной максимальных градиентов упругих напряжений в дистальном направлении от ледникового щита. Такими участками в пределах Восточно-Европейской платформы и явились в эпохи наиболее крупных плейстоценовых оледенений Мазурско-Белорусский и Московский блоки, а в эпоху валдайского оледенения также юго-восточные окраины Карельского и Беломорского блоков (рис. 2).

После таяния ледниковых щитов в эпохи межледниковий происходили обратные по знаку движения — прогибание Балтийского и поднятие Мазурско-Московского мегаблоков. Однако эти движения не приводили к полному восстановлению прежнего высотного положения мегаблоков, что обусловило возникновение и накопление остаточных деформаций земной коры в их пределах. По-видимому, при погружении одних блоков и поднятии других происходили сложные процессы преобразования в подкоровом веществе и в основании земной коры, приводившие к необратимым изменениям в их составе и структуре и к возникновению остаточных деформаций земной коры, выразившихся в создании обращенной морфоструктуры Московской синеклизы.

На основании обнаруженной Г. И. Горецким (1964, 1966, 1970) приуроченности глубоких плейстоценовых врезов в долинах рек Камы, Оки, Волги и Днепра к предсоликамскому и предвенедскому времени (ранний плейстоцен) можно предположить, что наиболее крупные гляциоизостатические подвижки, приведшие к обращению Московской синеклизы, произошли уже во время наиболее древнего варяжского оледенения, что и обусловило наряду с понижением уровней Черного и Каспийского морей возникновение глубоких долинных врезов.

Существует, однако, много свидетельств того, что тектонические подвижки различных блоков Восточно-Европейской платформы, связанные с гляциоизостазией, существовали и в эпохи более поздних ледниковий вплоть до настоящего времени. Так, например, анализ распространения ледниковых и ледниково-бассейновых отложений раннего валдая позволил предположить значительные гляциоизостатические погружения Мазурско-Московского мегаблока в это время относительно Украинско-Волжского мегаблока, сменившиеся впоследствии (в средневалдайское время) обратными компенсационными движениями (Былинский, 1975).

Признание гляциоизостатических остаточных деформаций (поднятий) Мурманского, Беломорского и Карельского блоков относительно Новгородского и Прибалтийского блоков (рис. 2) в результате валдайского оледенения позволяет понять причины резкой разницы в современных высотах морских отложений бореальной трансгрессии (микулинского межледниковья), которые в пределах Кольского полуострова, Карелии и бассейна р. Сев. Двины достигают 80—150 м (Лаврова, 1960), а в пределах Прибалтики и Ленинградской области обычно не превышает 10—20 м (максимально 32 м) (Знаменская, Черемисинова, 1962). Поднятия Беломорского и Карельского блоков, по-видимому, послужили причиной возникновения Вепсовской, Андомской, Сухонско-Двинской и Двинско-Мезенской возвышенностей (рис. 1).

Анализ карты современных вертикальных движений земной коры Восточной Европы (1971) обнаруживает в крупном плане три основные зоны современных движений, протягивающихся с юго-запада на северо-восток: 1) область современных поднятий Балтийского щита; 2) зона

современных опусканий, протягивающаяся через бассейны среднего и верхнего течения р. Зап. Двины к обширной области опусканий востока Европейской части СССР, и 3) зона современных поднятий, протягивающаяся через Украину к Нижней Волге и Южному Уралу. Из карты следует, что современными опусканиями охвачены почти полностью Мазурско-Московский мегаблок, юго-восточная часть Карельского и Беломорский блоки, т. е. как раз те территории, которые характеризуются плейстоценовыми гляциоизостатическими остаточными поднятиями (см. выше). Это вполне закономерно как частичная компенсация происшедших в валдайское время относительных поднятий этих районов.

Выделенные Д. А. Лилиенбергом (Лилиенберг и др., 1972) три трансрегиональные зоны, протягивающиеся с северо-запада на юго-восток, выражены, на наш взгляд, менее четко, чем зоны, вытянутые с юго-запада на северо-восток. По-видимому, на основной фон гляциоизостатических движений накладываются современные движения, вызванные собственно тектоническими причинами. Все это придает карте современных вертикальных движений большую пестроту и обуславливает нечеткость границ поднятий и опусканий, особенно между выделенными нами второй и третьей зонами. Тем не менее в крупном плане в современную эпоху проявляется примерно та же зональность движений, которая была характерна для ледниковых эпох плейстоцена, хотя направленность движений в настоящее время обратна той, которая происходила при росте ледниковых щитов.

В связи с тектоническими движениями основных блоков фундамента произошло оживление и менее крупных разрывных нарушений в их пределах, что способствовало образованию обращенных и прямых положительных морфоструктур, явившихся основой главного и ряда второстепенных водоразделов, в совокупности образующих зональное строение этой части Русской равнины. Значительная современная изогнутость линии главного водораздела в плане была создана главным образом воздействием экзогенных факторов, а именно различной мощностью отложенных ледником морен и флювиогляциальных отложений и последующим врезанием речной сети, хотя в целом ряде случаев и тут некоторую роль сыграли тектонические подвижки по древним разломам в фундаменте.

Таким образом, оформление главного водораздела в его современном виде произошло в плейстоцене, а некоторых участков (например, в пределах Валдайской и Вепсовской возвышенностей и других местах) в самом конце плейстоцена (начале голоцена) вслед за деградацией последнего оледенения Русской равнины, как это предполагал ранее И. П. Герасимов (1959). Основную роль в его возникновении, вероятно, сыграл гляциоизостатический фактор, обусловивший поднятие Московской и юга Мезенской синеклиз по отношению к Балтийскому щиту и югу Русской равнины. Однако на размещение поднятых и опущенных под влиянием гляциоизостази блоков земной коры огромное воздействие оказала тектоническая структура Восточно-Европейской платформы, в которой в плейстоцене проявились наиболее отчетливо следующие составные части: Балтийский щит (мегаблок), Мазурско-Московский линейный мегаблок и группа южных блоков — Украинский, Воронежский и Волго-Уральский, также выделяющихся в современной орографии как единый мегаблок. Интересно, что подобное разделение было характерно для ранних этапов становления платформы (рифей-венд), когда система авлакогенов и депрессий разделяла Балтийский и Сарматский щиты.

Все изложенное дает нам основание предполагать: 1) гляциоизостатический механизм формирования главного водораздела Русской равнины и 2) его тектоническую природу.

На примере истории формирования главного водораздела Русской равнины, на наш взгляд, отчетливо видна одна из основных закономерностей развития земной коры и рельефа Земли. Эта закономерность заключается в том, что некоторая совокупность геологических процессов, имеющих циклический характер, приводит в течение некоторого геологического времени (сотни тысяч — миллионы лет) к весьма существенным, необратимым изменениям земной коры. Так, серия *циклических* поднятий и прогибаний земной коры, имевших место под влиянием гляциозостази, привела в течение плейстоцена к ее *направленным* изменениям, а именно поднятию Московского блока по отношению к Балтийскому и Украинско-Волжскому мегаблокам и образованию новой крупной формы рельефа, определившей во многом современный рисунок гидросети Русской равнины.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Айзберг Р. Е., Гарецкий Р. Г.* Разломная тектоника Белоруссии и смежных районов. В сб. «Разломы Белоруссии и Прибалтики», Минск, Изд-во АН БССР, 1974.
- Апухтин Н. И.* Ленинградская, Псковская и Новгородские области. Стратиграфия. Неоген-нижнечетвертичные отложения. «Геология СССР», т. 1. М., «Недра», 1971.
- Артюшков Е. В.* О характере изменений вязкости верхней мантии с глубиной. «Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли», № 8, 1966.
- Артюшков Е. В.* Об установлении изостатического равновесия земной коры. «Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли», № 1, 1967.
- Асеев А. А., Бронгулеев В. В., Маккавеев А. Н.* Реконструкция последнего (верхнеплейстоценового) Европейского ледникового покрова. В кн.: «Палеогеография Европы в позднем плейстоцене. Реконструкция и модели». М., «Наука», 1973.
- Асеев А. А., Доскач А. Г.* Русская равнина. Морфоскульптура. В кн. «Равнины Европейской части СССР». М., «Наука», 1974.
- Ауз Л. Ф., Троицкий В. Н., Шеремет О. Г.* Глубинное строение центральных районов Восточно-Европейской платформы и его отражение в структуре осадочного чехла. «Геотектоника», № 2, 1969.
- Беккер Ю. Р., Богданов Ю. Б., Якобсон К. Э., Негруца В. З., Солонцев Л. Ф., Аксенов Е. М.* Основные черты геологии докембрия Русской платформы и ее складчатого обрамления. В сб. «Вопросы тектоники докембрия континентов». (Тр. Ин-та геол. и геофиз. СО АН СССР), вып. 129. М., «Наука», 1970.
- Богданов А. А.* О некоторых общих вопросах тектоники древних платформ (на примере Восточно-Европейской платформы). «Сов. геол.», № 9, 1964.
- Борисов А. А.* Глубинная структура территории СССР по геофизическим данным. М., «Недра», 1967.
- Бреслав С. Л.* Центр Европейской части СССР. Четвертичная система. «Геология СССР», т. IV. М., «Недра», 1971.
- Былинский Е. Н.* История развития приледниковых озер северо-запада Восточно-Европейской равнины в ранневалдайское время. В сб.: «История озер в плейстоцене». IV Всесоюзный симпозиум, т. 2. Л., 1975.
- Гафаров Р. А.* Глубинная тектоника Восточно-Европейской платформы (по данным региональных геофизических исследований). В сб. «Связь поверхностных структур земной коры с глубинными». Киев, «Наукова думка», 1971.
- Герасимов И. П.* Структурные черты рельефа земной поверхности на территории СССР и их происхождение. М., Изд-во АН СССР, 1959.
- Геренчук К. И.* Тектонические закономерности в орографии и речной сети Русской равнины. Изд-во Львовского ун-та, 1960.
- Горецкий Г. И.* Аллювий великих антропогенных прарек Русской равнины. Прареки Камского бассейна. М., «Наука», 1964.
- Горецкий Г. И.* Формирование долины р. Волги в раннем и среднем антропогене. М., «Наука», 1966.
- Горецкий Г. И.* Аллювиальная летопись великого пра-Днепра. М., «Наука», 1970.
- Гурский В. Н.* Стратиграфические комплексы и основные черты палеогеографии нижнего и среднего антропогена Белоруссии. В сб. «Проблемы палеогеографии антропогена Белоруссии», «Наука и техника». М., «Мысль», 1973.
- Доскач А. Г., Мецержков Ю. А.* Русская равнина. Основные черты орографии. В кн. «Равнины Европейской части СССР». М., «Наука», 1974.
- Зандер В. Н., Томащук Ю. И., Берковский А. Н., Суворова Л. В., Дедеев В. А.* Геологическое строение фундамента Русской плиты. Л., «Недра», 1967.
- Знаменская О. М., Черемисинова Е. А.* Распространение мнгинского межледникового моря и основные черты его палеогеографии. В сб. «Вопросы стратиграфии четвертичных отложений северо-запада Европейской части СССР». Л., Гостоптехиздат, 1962.

- История геологического развития Русской платформы и ее обрамления. Под ред. А. П. Виноградова, В. Д. Наливкина, А. Б. Ронова и В. Е. Хаина. М., «Недра», 1964.
- Иосифова Ю. И.* Центр Европейской части СССР. Палеогеновая и неогеновая системы. «Геология СССР», т. IV. М., «Недра», 1971.
- Кайё А.* Компенсационные изостатические течения и орогенез. В сб. «Новейшие движения, вулканизм и землетрясения материков и дна океанов». М., «Наука», 1969.
- Карта современных вертикальных движений земной коры Восточной Европы. М., ГУГК при СМ СССР, 1971.
- Клевцова А. А.* Строение верхнедокембрийского осадочного чехла Русской платформы. В сб. «Вопросы тектоники докембрия континентов» (Тр. Ин-та геол. и геофиз. СО АН СССР), вып. 129. М., «Наука», 1970.
- Лаврова М. А.* Четвертичная геология Кольского полуострова. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1960.
- Либиенберг Д. А., Сегунская Л. Е., Благоволин Н. С., Горелов С. К., Никонов А. А., Розанов Л. Л., Серебрянный Л. Р., Филькин В. А.* Морфоструктурный анализ современных вертикальных движений Европейской части СССР. «Геоморфология», № 1, 1972.
- Личков Б. Л.* Некоторые черты геоморфологии Европейской части СССР (о зональности эпейрогенических движений). «Тр. Геоморфол., ин-та», т. 1, 1931.
- Личков Б. Л.* Об эпейрогенических движениях на Русской равнине. «Тр. Геоморфол. ин-та. Сер. Геоморфол.», Л., Изд-во АН СССР, вып. 10, 1934.
- Личков Б. Л.* Пояса полей и происхождения основных элементов рельефа Русской равнины. «Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз.», № 1, 1944.
- Масляев Г. А.* О направлении древних размывов на Русской равнине. «Тр. Ин-та геогр. (Материалы по геоморфол. и палеогеогр. СССР)», вып. 14), т. 65, 1955.
- Мещеряков Ю. А.* О морфологической структуре северо-запада Русской равнины. «Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз.», № 5, 1950.
- Мещеряков Ю. А.* Морфоструктура равнинно-платформенных областей. М., Изд-во АН СССР, 1960.
- Мещеряков Ю. А.* Структурная геоморфология равнинных стран. М., «Наука», 1965.
- Муратов М. В., Микунов М. Ф., Чернова Е. С.* Основные этапы тектонического развития Русской платформы. «Изв. вузов. Геология и разведка», № 11, 1962.
- Неволин Н. В., Богданова С. В., Лапинская Т. А., Подоба Н. В., Ртищева В. Ф., Серова А. Д.* Основные черты строения фундамента Восточно-Европейской платформы. В кн.: «Геологические результаты прикладной геофизики. Межд. геол. конгресс, XXIII сес., докл. сов. геол. Проблема 5». М., «Наука», 1968.
- Островский М. И.* Основные этапы формирования и перспективы нефтегазоносности центральных областей Русской платформы. В сб. «Новые данные о геологическом строении центральных областей Русской платформы в связи с оценкой перспектив нефтегазоносности». (Тр. ВНИГНИ), вып. 81. М., 1970.
- Симоненко Т. Н., Толстихина М. М.* Блоковое строение складчатого фундамента Европейской части СССР. «Геотектоника», № 4, 1968.
- Спижарский Т. Н.* Обзорные тектонические карты СССР. Л., «Недра», 1973.
- Ушаков С. А., Красс М. С.* Динамика коры и верхней мантии в областях материковых оледенений В сб.: «Новейшие движения, вулканизм и землетрясения». М., «Наука», 1969.
- Федынский В. В., Соколов Б. А., Страхова Н. А., Фельдт Г. В.* Средне-Русский авлакоген — древний аналог современных рифтовых образований. «Сов. геол.», № 1, 1975.
- Хаин В. Е.* Общая геотектоника. М., «Недра», 1973.
- Шустова Л. Е., Дедеев В. А., Кратц К. О.* Глубинная структура земной коры Балтийского щита. Л., «Наука», 1973.
- Daly R. A.* Oscillations of level in the belts peripheral to the pleistocene ice-caps. «Geol. Soc. Amer. Bull.», 31, № 2, 1920.
- Daly R. A.* The changing world of the ice age. «Jale Univ. Press.», New Haven, 1934.
- Fairbridge R. W., Newman W. S.* Postglacial crustal subsidence of the New York Area. «Zeit. für Geomorphologie», N. S. v. 12, H. 3, 1968.
- Flint R. F.* Glacial and Quaternary Geology. John Wiley and Sons. Inc. New York — London — Sydney — Toronto, 1971.
- Jamieson T. F.* On the history of the last geological changes in Scotland. «Geol. Soc., London Quart. Jour.», vol. 21, 1865.
- Jamieson T. F.* On the cause of the depression and re-elevation of the land during the glacial period. «Geol. Mag.», vol. 9, 1882.
- Rezycki S.* Middle Poland from the Baltic to the Tatras, p. II, v. 1, «Guide Book of Excursion. Internat. Assoc. on Quatern. Research», 1961.
- Walcott R. J.* Isostatic response to loading of the crust in Canada. «Can. J. Earth Sciences», v. 7, № 2, p. 2, 1970.

# MAIN DIVIDE OF THE RUSSIAN PLAIN, ITS TECTONIC ORIGIN AND GLACIOISOSTATIC MECHANISM OF ITS FORMATION

E. N. BYLINSKY, E. N. VOSTOKOV

## Summary

Formation of the main divide of the Russian Plain took place in Pleistocene and was connected with residual deformation of tectosphere resulting from repeated glacial isostatic subsidence and upheaval of the earthcrust due to growth and degradation of sheet glaciation. The main divide position is controlled by features of the basement block tectonics of the East European plate, first of all, by N. E. system of deep faults which outline the Mazur-Moscow linear megablock separating Baltic shield from Ukrainian, Voronezh and Volga-Uralian blocks. The Baltic megablock subsidence went along with the uplift of the Mazur-Moscow one, the latter being the frame of the main divide. Most active movements took place as long ago as during the first sheet (Varangian) glaciation, which preconditioned (together with lowering of the Black and Caspian Seas levels) the deep Pleistocene incision of the Kama, Oka, Volga and Dnieper Rivers at Pre-Solikamsk (Pre-Venedian) time.

---