

ПРИЗНАКИ УНАСЛЕДОВАННОГО НЕОТЕКТОНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РАЙОНА МОЛОГО-ШЕКСНИНСКОЙ ДЕПРЕССИИ

© 2021 г. Д. С. Зыков^{1,*}, А. В. Полещук¹, С. Ю. Колодяжный¹

¹ Геологический институт РАН, Москва, Россия

*E-mail: zikov58@yandex.ru

Поступила в редакцию 22.06.2020 г.

После доработки 18.05.2021 г.

Принята к публикации 28.06.2021 г.

Статья посвящена рассмотрению вклада тектонических и неотектонических процессов в образование Молого-Шекснинской впадины, а также уточнению ее структурных особенностей и характеру унаследованности ее формирования. В качестве методического подхода применяются линеаментный, морфологический и морфоструктурный анализы. Молого-Шекснинская впадина, заполненная в настоящее время водами Рыбинского моря, имеет признаки унаследованно развивающейся морфоструктуры. Она представляет собой грабеновидную впадину с прямолинейными северо-восточным и юго-западным бортами. Впадина расположена над грабеном, хорошо выраженным в фундаменте и нижней части комплексов чехла, и также заметным в строении кровли дочетвертичных пород. В современном виде впадина заложилась на месте области незначительных тектонических опусканий, и происхождение ее контрастного рельефа связано в основном с деятельностью ледников, следы которых были отчасти сглажены поздне-последледниковыми озерами и водными потоками. На развитие впадины в четвертичное время оказали воздействие обрамляющие ее разломы. Это воздействие выразилось не столько высокоамплитудными смещениями (соответствующими размаху рельефа или кровли поверхности дочетвертичных отложений), сколько формированием ослабленных зон повышенной трещиноватости, которые контролировали экзарационные и абразионные процессы. Полевые исследования подтвердили наличие вдоль юго-западного борта впадины ландшафтного линеамента, образование которого может быть объяснено существованием еще одной ослабленной зоны трещин над Рыбинским разломом. Замеры ориентировки трещиноватости в обнажениях в прибортовой части долины реки Сить показали совпадение простираения основных систем трещин, разломов фундамента и основных морфологических элементов района, в частности бортового уступа водохранилища, что свидетельствует о его тектонической предопределенности.

Ключевые слова: Молого-Шекснинская впадина, Рыбинский грабен, Русская плита, ледниковые процессы, неотектоника, зоны трещиноватости

DOI: 10.31857/S043542812104012X

ВВЕДЕНИЕ

Вклад неотектонических процессов в образование Молого-Шекснинской впадины (депрессии), характер внутриплитного тектогенеза в новейшее время, ее структурные особенности и характер унаследованности развития освещены еще недостаточно [1, 2]. Статья является первой в серии из двух статей, посвященной формированию рельефа, неотектоническим и геодинамическим особенностям развития этого региона.

Значение подобных исследований состоит в том, что они позволяют понять характер внутриплитного тектогенеза в новейшее время [1, 2]. Район Молого-Шекснинской впадины освещен с этих позиций еще недостаточно. Расположена

исследуемая территория в Ярославской области северо-западнее г. Рыбинска.

Молого-Шекснинская впадина (заполненная ныне искусственным водохранилищем — т. н. Рыбинским морем) имеет длительную историю изучения. Структура впадины ранее рассматривалась в том числе как новейший прогиб и грабен [3–5] во многом вследствие своих очертаний — она ограничена сравнительно прямолинейными северо-восточным и юго-западным бортами, и на некоторых неотектонических картах и схемах показывалась связанной с новейшими разрывами [1, 6]. Однако многие возникающие вопросы, связанные с ее происхождением, остались недостаточно освещенными. В данной статье мы делаем попытку в определенной степени восполнить этот пробел.

В качестве методического подхода применяются линеаментный, морфологический и морфоструктурный анализы; с помощью космических снимков, аналоговых и цифровых карт рельефа выделялись значимые для целей исследования линеаменты, представленные прямолинейными отрезками элементов ландшафта и уступов рельефа. В обнажениях при полевых работах анализировались дислокации, осложняющие четвертичные породы и системы трещин. Рисунки линеаментов, выявленных по сторонам Молого-Шекснинской депрессии, и крупные формы рельефа сопоставлялись с геологической структурой фундамента и дислокациями чехла, с целью установления характера их взаимосвязи.

ГЕОЛОГО-ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЙОНА

Молого-Шекснинская депрессия расположена над Среднерусским авлакогеном, осложняющим фундамент Русской плиты Восточно-Европейской платформы (ВЕРП). В этих местах он имеет северо-восточное простирание и устанавливается по материалам глубокого бурения и геофизическим данным [7]. Одна из важнейших особенностей его строения — секущие разрывы. Наиболее значимым из них является разлом северо-западного простирания, называемый Рыбинским, который горизонтально смещает авлакоген с амплитудой более 100 км, и продолжается на север, в район Ладожского озера. Продолжение Рыбинского разлома в восточном Приладожье известно как Восточно-Ладожский разлом. По данным [8] для Восточно-Ладожского разлома характерны признаки новейшей активности, такие как отражения древних структур в современном рельефе; приуроченность к ним повышенных значений крутизны изобазит, построенных по методике В.П. Философова, приуроченность эпицентров землетрясений и палеосейсмодислокаций, взаимосвязь с аномалиями гелия и радона; смещения пунктов GPS и т.п.

Параллельно этому разлому с северо-востока на расстоянии 50–70 км проходит еще один подобный разлом такого же простирания, но со значительно меньшей амплитудой горизонтального смещения, называемый Череповецким. Оба разлома хорошо читаются в магнитных и гравитационных полях [7, 9] и имеют вертикальную составляющую. Эти разломы ограничивают понижение в фундаменте, при этом у Рыбинского разлома опущено северо-восточное крыло, а у Череповецкого — юго-западное. В целом структуру впадины можно считать грабеном [10] (рис. 1, а).

В районе Русской плиты над кристаллическим фундаментом залегает мощный, до первых километров, комплекс осадочных (верхнепротерозойских и фанерозойских) отложений, осложненных

малоамплитудными пликативными и разрывными дислокациями. Рыбинский разлом, секущий фундамент, влияет и на чехольные комплексы, и с этой точки зрения хорошо изучен. Он читается по распределению мощностей и фаций некоторых толщ нижнепалеозойского возраста [9], видимо влияет на усложнение изгибов кровли отложений каменноугольного возраста [11] и в какой-то мере контролирует область распространения мезозойских толщ [10] — а значит, является долгоживущим.

МОЛОГО-ШЕКСНИНСКАЯ ДЕПРЕССИЯ. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

После заполнения Молого-Шекснинской впадины водохранилищем водная поверхность в плане подчеркнула ее форму (рис. 2, б). Ее юго-западный и северо-восточные края примерно прямолинейны и ограничены бортами с уступами. Юго-восточный край извилистый, а северо-западный сильно изрезанный, с двумя заливами вдоль долин рек Молога и Шексна. Размеры этой заполненной водой депрессии примерно 170×50 км, а площадь водного зеркала около 4600 км². Исходя из распространения поздне- и послеледниковых озерных отложений, в период начавшегося таяния и последующей деградации последнего из существовавших здесь ледников (осташковского), это понижение служило дном крупного (большого, чем современное “море”) естественного озера. Последнее сначала образовалось как ледниково-подпрудное, которое затем постепенно частично деградировало, а частично, в позднем плейстоцене, было спущено в бассейн Волги [10, 13–15]. Геологический разрез отложений на дне депрессии показывает, что схожие водоемы существовали здесь и ранее на завершающих стадиях предшествующих оледенений, на переходе к межледниковьям.

Краевые моренные образования осташковского оледенения присутствуют у северного окончания современного водоема, образуя волнисто-грядовый рельеф, а остальная территория вокруг бывшего древнего озера покрыта преимущественно моренами московского оледенения (рис. 2, а), на которых локально встречаются плейстоценовые межледниковые, зандровые, флювиогляциальные, овражные, аллювиальные и другие позднеледниковые, а также голоценовые отложения. Все вместе они образуют полого- и плоско-волнистую или, местами, грядово-холмистую равнину, поверхность которой варьирует по высоте и в которую врезаются впадающие в водохранилище реки. Собственно, дно Молого-Шекснинской депрессии, бывшее дном древнего, не существующего ныне водоема, широко обнажается только по северо-западному обрамле-

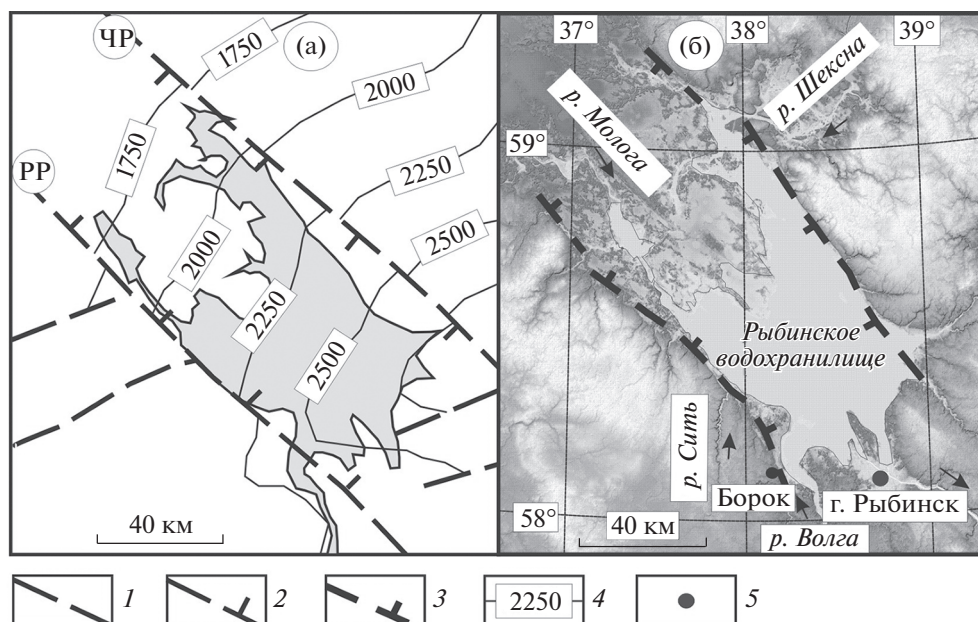


Рис. 1. Соотношения Рыбинского грабена в фундаменте Восточно-Европейской платформы и Молого-Шекснинской депрессии на поверхности.

(а) – грабен в фундаменте (по [10]); (б) – карта цифрового рельефа района Молого-Шекснинской депрессии, залитой Рыбинским водохранилищем (на основании данных миссии SRTM (Shuttle radar Topographic mission), архив USGS (U.S. Geological Survey), <https://earthexplorer.usgs.gov/>).

1 – разломы Среднерусской зоны дислокаций; 2 – сбросы, ограничивающие Рыбинский грабен; 3 – борта депрессии на поверхности; 4 – изогипсы рельефа фундамента, м; 5 – населенные пункты; РР – Рыбинский разлом; ЧР – Череповецкий разлом.

нию водохранилища, а вдоль остальных бортов прослеживаются узкими полосами между водной поверхностью и береговыми уступами. Сложено оно преимущественно песчаными озерными, отчасти аллювиальными отложениями, которые местами перекрыты современными болотными и озерными. Рельеф в целом выровненный, но при этом террасированный лестницей невысоких позднеледниковых террас, отвечающих уровням стояния воды при деградации поздне-последнего озера [10, 15, 16]. Превышение водоразделов пологих возвышенностей вдали от депрессии над ее дном составляет около 100 м, непосредственно над бортом – 25–30 м и выше.

Юго-западный и северо-восточный, сравнительно прямолинейные борта впадины имеют относительно пологие склоны, местами подрезанные водами самого высокого стояния водоема. В этих местах на склоне наблюдаются невысокие, в первые метры, пологие задернованные уступы, фрагментарно протягивающиеся вдоль всего склона. Сложены борта теми же отложениями, которые распространены и на водоразделах. Главным образом – московской мореной, перекрытой покровными суглинками и, реже, флювиогляциальными и другими позднеледниковыми отложениями. Самая же яркая особенность бортов – их выраженная относительная

прямолинейность в плане, которая особенно хорошо заметна на карте цифрового рельефа (см. рис. 1, б).

Сравнение основных черт рельефа Молого-Шекснинской впадины со структурами фундамента показывает значительное сходство. Прежде всего, бросается в глаза сходство простираний разломов в фундаменте и бортов Молого-Шекснинской депрессии. Все они вытянуты в северо-западном направлении. При этом юго-западный борт водохранилища располагается примерно над Рыбинским разломом, северо-восточный примерно над Череповецким. Дно же Молого-Шекснинской впадины располагается над дном грабена в фундаменте, т.е. имеется соответствие формы погребенной и поверхностной структур. На основании этого в литературе Молого-Шекснинскую впадину неоднократно называли тектонически (неотектонически) предопределенной, и даже считали новейшим грабеном, например: “Еще более отчетлив приразломный характер ограничений котловин Онежского, Белого, Кубенского озер, Мошинской и Молого-Шекснинской впадин...” [3, с. 120] и “Типичными формами рельефа являются обширные, достаточно четко выделяющиеся тектонически обусловленные низины: Молого-Шекснинская...” [4, с. 4] и т.п.

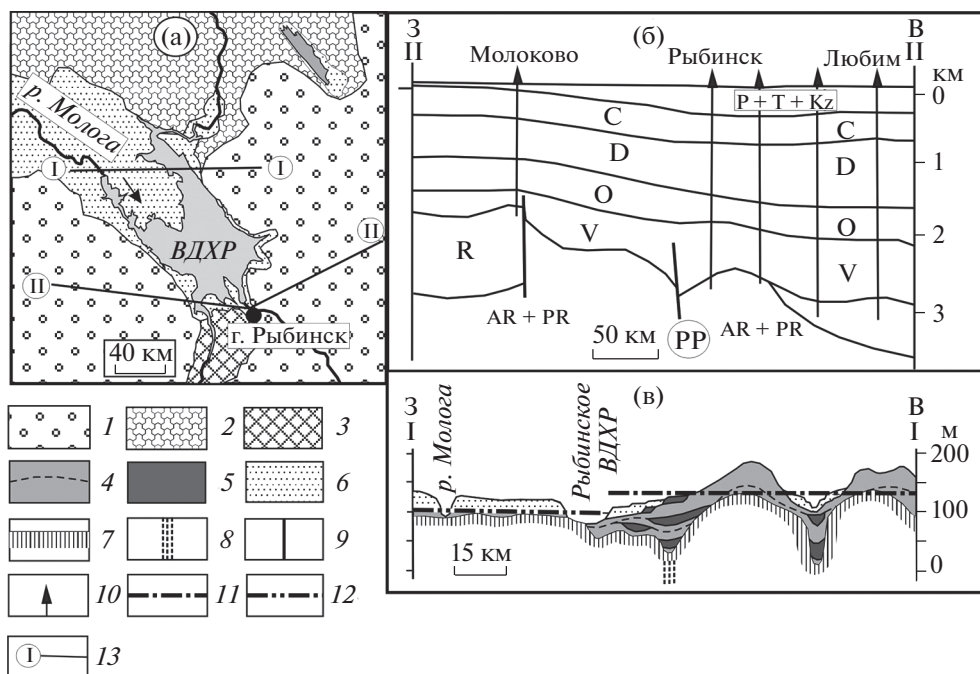


Рис. 2. Геолого-геоморфологическое строение района Молого-Шекснинской депрессии.

(а) – генерализованная схема распространения четвертичных отложений; (б) – геологический разрез комплексов чехла (по [12]); (в) – выражение Молого-Шекснинской депрессии в поверхности дочетвертичных отложений (по [15]).

Области преимущественного распространения: 1 – морены московского оледенения, местами перекрытой последнековыми и голоценовыми отложениями; 2 – морены ошашковского оледенения; 3 – флювиогляциальные отложения; 4 – разновозрастные моренные комплексы на разрезе и межморенные границы; 5 – межморенные отложения; 6 – озерные и озерно-аллювиальные отложения; 7 – кровля дочетвертичных отложений; 8 – предполагаемая зона трещиноватости над Рыбинским разломом; 9 – разломы на разрезе; 10 – скважины; *генерализованный уровень поверхности дочетвертичных пород:* 11 – на водоразделе, 12 – на дне Молого-Шекснинской депрессии; 13 – линии профилей.

Таким образом, идея существования новейшего грабена, которого можно назвать Рыбинским, уже высказывалась в литературе, однако, чтобы подтвердить заключение об участии неотектонического фактора в образовании впадины, необходимо собрать дополнительные свидетельства и ответить на ряд вопросов о соотношении эндогенных и экзогенных процессов. Сделать это не так легко, так как в условиях стабильной платформы все проявления тектоники и неотектоники, особенно связанные с разрывными нарушениями, не столь выразительны, как в горных областях, и происходят на фоне имеющих более значительную рельефообразующую роль процессов денудации и аккумуляции. Однако, чтобы выявить роль неотектоники, необходимо выяснить характер соотношения этих процессов. Кратко остановимся на них.

Для исследуемого района широко принято, что в образовании обширных отрицательных форм рельефа в районе главенствующую роль играет ледниковое выпахивание [3, 13, 16]. Появившиеся при этом процессе формы впоследствии могут дополняться ледниковой аккумуляцией или моделироваться последнековыми водны-

ми потоками и аккумулятивно-абразионными процессами, связанными с появлением во впадинах поздне-последнековских озерных бассейнов.

Рассмотрим возможные признаки проявлений неотектоники. Одним из них может быть поведение окружающей гидросети, так как известно, что реки служат чутким индикатором поднятий, опусканий и перекосов территории. Для района Молого-Шекснинской депрессии данные на эту тему приводились в работе [3, с. 16]: “Обращает на себя внимание центростремительный план речной сети Молого-Шекснинской низины: Верхняя Волга (на отрезке гг. Углич–Рыбинск), Молога и Шексна с их многочисленными притоками устремляются в южную часть низины, образуя сходящийся веер, свидетельствующий о наличии в полосе схождения тектонического прогиба”.

В связи с этим представляется возможным рассмотреть и другие особенности гидросети исследуемого района. Для этого можно сравнить приведенные в работе Д.Д. Квасова [17] данные о реконструированных руслах дочетвертичных рек, находившихся на месте современной долины р. Волга. Анализ показывает, что юго-западнее

нынешнего Рыбинского моря существовала палеорека, долина которой располагалась примерно параллельно современной Волге, но в ста и менее км южнее нее. Ее приток находился в северо-восточной части Молого-Шекснинской впадины. Современная долина Волги сильно смещена, относительно палеореки к северу и западу, в сторону водохранилища. Река узкой дугой входит во впадину уже в юго-восточном ее углу, как раз там, где А.В. Кожевников и соавт. [4] предполагают, что во время последнего оледенения происходило интенсивное опускание южного борта Молого-Шекснинской депрессии, имеющее приразломный характер. Такое перемещение реки в сторону впадины свидетельствует об опускании последней в четвертичное время и соответствующем влиянии этого опускания на гидросеть. Происходила миграция гидросети, которая выражалась, возможно, не столько в постоянном смещении русла, сколько в заложении его в межледниковое время все ближе к депрессии.

При тектонических исследованиях часто используют деформации маркирующих горизонтов разного происхождения, однако в исследуемом районе мы встречаемся в этом плане с известными трудностями. Как уже отмечалось, Рыбинский и Череповецкий разломы отчетливо читаются в поверхности фундамента и в низах чехла (где амплитуды смещения достаточно велики), в верхнем палеозое и мезозое они гораздо менее выразительны, и на существующих разрезах практически не отражаются, например, как на рис. 2, б. Однако, учитывая отсутствие достаточно детальной сейсмики, и факт, что разрезы эти составляются в основном по результатам бурения, которое здесь не образует сплошной сетки, а ведется со значительным интервалом, границы маркирующих горизонтов здесь интерполируются между редкими скважинами. Следовательно, можно предположить, что если вертикальные деформации, имели место и были сколько-нибудь значительными, то при интерполяции они просто не улавливаются. Горизонтальные же, сдвиговые деформации, обладающие менее значительным вертикальным смещением маркирующих горизонтов, на таких профилях тем более не будут проявлены. Предпосылки же для вероятного существования дислокаций все-таки существуют и заключаются в том, что в толщах наблюдаются пологие изменения мощностей и изгибы кровли чехольных комплексов.

Что касается реперных поверхностей в четвертичных отложениях, то здесь тоже есть ряд ограничений. Пестрота разреза очень высокая: разные морены, межморенные отложения, флювиогляциальные, зандровые и т.п. Все распространены не повсеместно, мощности сильно варьируют, высоты кровли тоже варьируют с разницей от первых метров до десятков метров [5, 10].

Даже на водораздельных пространствах их как уровни проследить затруднительно, а коррелировать одни и те же отложения во впадине и на водоразделах для целей тектоники вообще не репрезентативно, из-за исходной разности в абсолютной высоте и условиях отложения.

Существует, однако, уровень, который с оговорками на модуляцию экзарацией, можно использовать как маркирующий. Это уровень кровли дочетвертичных отложений, который иллюстрирован на профилях, приложенных к картам четвертичных отложений [15, 18]. Фрагмент такого профиля, проходящий через борт Молого-Шекснинской впадины, показан на рис. 2, в. На нем хорошо видны два уровня кровли дочетвертичных пород, различающихся по высоте на десятки метров, — неровный, с врезами речных долин, уровень водоразделов и более ровный уровень под отложениями депрессии. Безусловно, авторы не считают, что это уровень отражает амплитуду именно неотектонического прогибания, о чем выскажутся ниже, но то, что депрессия ярко выражена по кровле дочетвертичных пород, это факт.

Теперь остановимся на следующих ключевых вопросах. Каковы же доказательства неотектонической природы и новейшей, в том числе послеледниковой активности, предполагаемого “Рыбинского грабена”? Каковы причины и время заложения впадины, соотношения глубины депрессии с неотектоническим опусканием, причины возникновения ярко выраженных в рельефе бортов при маловыразительных признаках существования разломов в верхах чехольных комплексов, а также — роль процессов разрывной неотектоники в образовании бортовых уступов?

Ответим на эти вопросы в виде единой концепции, учитывающей особенности маловыразительной платформенной неотектоники.

Базой для наших рассуждений служит упомянутое выше примерное совпадение грабена в фундаменте и депрессии соответствующей формы на поверхности, или, иными словами, “структурное наследование” по Н.С. Шатскому [19].

О причинах и времени заложения Молого-Шекснинской впадины сложно рассуждать ввиду широкого развития ледниковой экзарации, приведшей к неполноте геологической летописи. Однако, учитывая практически единодушную экспертную оценку ведущих геологов и геоморфологов, в основе появления такой крупной формы рельефа лежит область исходного неотектонического опускания [3, 5, 20 и др.]. Возраст ее появления также неоднозначен. На основании датирования заполняющих ее отложений высказывается мнение о ее связи с московским оледенением [5], однако не исключено, что она зало-

жилась и ранее, но соответствующие отложения не сохранились.

Относительно проблемы соотношения глубины депрессии с неотектоническим опусканием мы придерживаемся существующего мнения [3, 5, 20 и др.] о малой амплитуде собственно неотектонических опусканий, которые создали только предпосылки для концентрации в определенном месте процессов денудации — в основном ледниковых (экзарационных) и отчасти постледниковых, углубивших и моделировавших депрессию. Это предположение подтверждается малой выразительностью разрывов и структуры области опускания в верхах чехла.

Экзарацией проделана грандиозная работа по углублению впадины в дочетвертичное ложе и полному выпахиванию исходного прогиба поверхности на ее месте. Кроме этого, морена, которую оставили ледники во впадине, редуцировалась эрозией в межледниковья, но при этом сохранялась на окружающих водоразделах, что увеличило контраст между уровнями их современной поверхности и Молого-Шекснинской впадины. Исходя из этого ни разница высот современного рельефа в депрессии и вокруг нее, ни разность уровней поверхности дочетвертичного ложа не могут быть скоррелированы с амплитудой вертикальных новейших смещений, так как они ее значительно превышают.

Самое важное — оценить вклад разрывной неотектоники в создании бортовых уступов. Нами производились расчистки обнажений по берегам р. Сить в районе пересечения ею бортового уступа в южной части водохранилища. Здесь встречаются четвертичные породы, представленные в низах малиново-красными моренными суглинками с валунами, реже косослоистые поточковые серии, сложенные галечниками с валунами, чередующимися с суглинистыми породами, сверху перекрытые бежево-серыми, местами тонкослоистыми покровными суглинками и супесями. К сожалению, выразительный сместитель бортового разлома со значительной амплитудой нам вскрыть не удалось, а те малоамплитудные дислокации в глинистых породах, которые мы выявляли, больше соответствуют гляциодислокациям, известным на юго-восточной стороне депрессии и в берегах р. Волга [3, 21, 22]. Однако, в условиях платформенной тектоники, подобный крупный разлом в разрезе может представлять собой не единый разрыв со сместителем, что более характерно для горных районов, а с большей вероятностью — диссипативную зону разрывов и повышенной трещиноватости. Для выявления характеристик таковой нами в многочисленных небольших обнажениях в излучинах р. Сить (на рис. 3, а эти места показаны как “обрывистые берега с обнажениями”) замерялись системы тре-

щин, которые имели в большинстве субвертикальный характер. Замеры производились в плотных мелко-тонкодисперсных породах, суглинках и алевролитах, где трещины были хорошо выражены. Этим критериям соответствовали покровные суглинки и, местами, верхние части морены. В них трещины образовывали единые системы. В флювиогляциальных и моренных отложениях, представленных грубообломочными породами, трещины были плохо выражены. Результаты измерений отражены на розе-диаграмме (рис. 4, а). Трещиноватость образует систему четырех основных простираний. Наиболее часто встречаются трещины северо-западного простирания, которые соответствуют простиранию Рыбинского разлома, борту Молого-Шекснинской депрессии и ограничением Рыбинского грабена. Следующий по значимости максимум имеет северо-восточное простирание, соответствующее генерализованному простиранию р. Сить в этих местах. Отмечается также небольшой субмеридиональный максимум, который может быть ассоциирован с простиранием долины р. Сить в ее основной части, расположенной к югу. Другие максимумы пока не находят объяснения. Таким образом, трещиноватость в осадочных породах, слагающих обнажения, согласуется с ориентировкой разломов в фундаменте и основных выявленных морфологических линеаментов на поверхности, что определенно указывает на наличие тектонического фактора в их формировании. При этом можно подчеркнуть, что мы, скорее всего, наблюдали только периферийную часть ее зоны, а основное сгущение трещин, соответствующее разрыву в чехле, за счет денудации должно находиться перед склоном. Это заключение подтверждается тем, что на границе депрессии и водораздельной части, под основанием склона (см. приведенный выше профиль через борт впадины — рис. 2, в), существует значительный врез в кровле дочетвертичных пород, заполненный моренными и межморенными отложениями, в придонной части — даже нижнеплейстоценового возраста.

Учитывая, что зоны разрывов и сгущения трещиноватости (особенно активизированные) являются ослабленными с точки зрения прочности и часто селективно разрабатываются денудацией [23], можно говорить об этом врезе как образовавшемся при селективной экзарационной или эрозионной разработке ослабленной зоны повышенной трещиноватости, свидетельствующей о проявлениях Рыбинского разлома в верхних горизонтах чехла.

Данные, подтверждающие участие тектоники в происхождении бортовых уступов, были собраны нами в процессе полевых работ на юго-западном обрамлении Рыбинского грабена, в районе пос. Брейтово и Борок. Здесь, в низовьях р. Сить, в 2 км выше по течению от бортового уступа

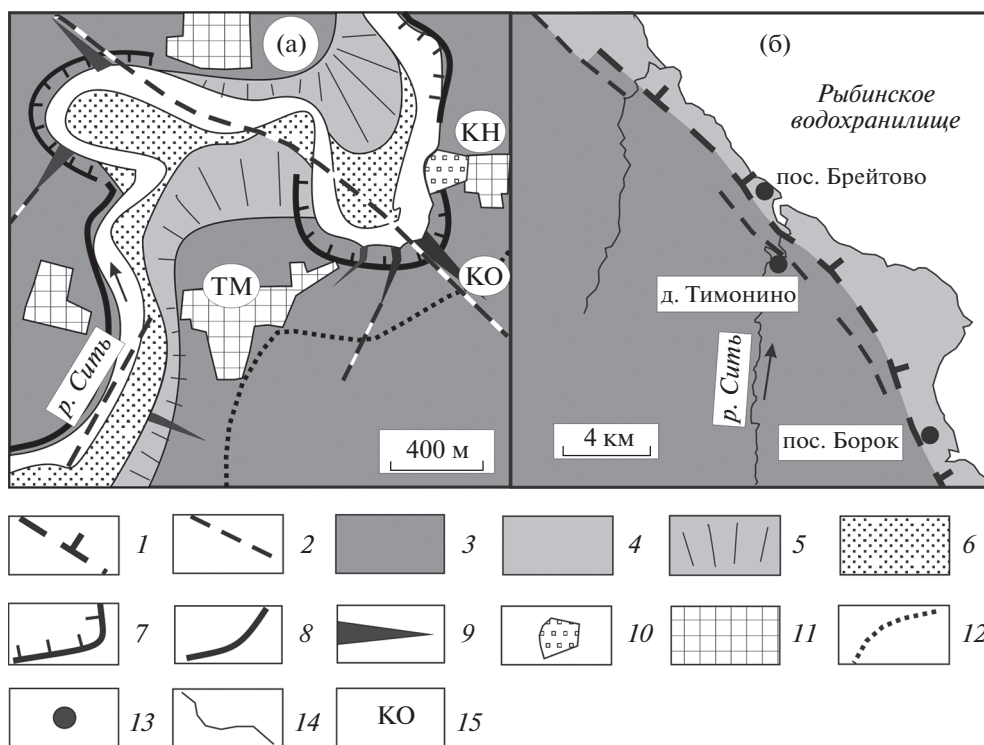


Рис. 3. Ландшафтно-геоморфологические признаки проявлений новейшей тектоники в районе южной части Молого-Шекснинской депрессии.

(а) — участок детальных исследований в районе д. Тимонино в низовьях р. Сить; (б) — выявление структурного линеймента, параллельного борту депрессии; в районе пос. Борок и Брейтово.

1 — бортовой уступ депрессии; 2 — основные линейменты; 3 — водораздельные пространства; 4 — дно депрессии; 5 — пологие склоны берегов р. Сить; 6 — пойменные пространства, местами залитые водой; берега: 7 — обрывистые с обнажениями, 8 — крутые задернованные; 9 — овраги; 10 — оползень; 11 — территории, занятые домами; 12 — дорога; 13 — населенные пункты; 14 — реки; 15 — названия объектов; КО — Конюховский овраг; ТМ — д. Тимонино; КН — д. Конюхово.

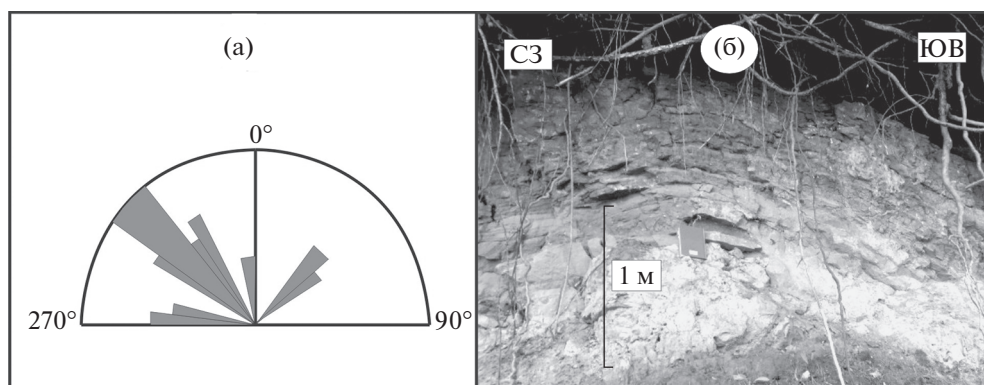


Рис. 4. Дислокации в четвертичной толще в обрывах р. Сить.

(а) — роза-диаграмма трещиноватости; (б) — складка в покровных суглинках у Конюховского оврага.

(рис. 3, а), проводились исследования ландшафтных особенностей территории.

Сопоставление линейных элементов ландшафта — прямолинейных участков реки, оврагов, границ поймы позволило выделить здесь две

главные локальные системы линейментов. Одна, северо-восточная, связана с генеральным простираем долины р. Сить в этих местах, другая, ортогональная, хорошо проявлена в районе д. Тимонино. Она имеет северо-западное простира-

ние, прослеживается параллельно уступу вдоль борта Рыбинского моря и отстоит от него примерно на 2 км. Река в этом месте, как и в районе уступа, образует аномально широкие меандры, и линеамент, параллельный уступу, хорошо прослеживается по прямолинейному отрезку реки в этом изгибе, а также подстраивающимися по одной прямой ровному тыловому шву затопленной поймы и двум крупным относительно прямолинейным оврагам (см. рис. 3, а). Один из них, расположенный между с. Тимонино и с. Конюхово, по глубине вреза и длине более ста метров является геоморфологической аномалией для исследуемого района, что косвенно свидетельствует о наличии дополнительного фактора его формирования, по сравнению с остальными многочисленными оврагами (КО на рис. 3, а).

Необходимо отметить, что рядом с устьем этого оврага (западнее него) в обнажении нами были отмечены складчатые дислокации в слоистых покровных суглинках и алевролитах. Такие структуры в других местах нами не наблюдались. Дислокации представляют собой пологие сопряженные складки, с шарниром северо-западного простирания, примерно 2.5 м длиной и высотой более 1 м по одноименным слоям (рис. 4, б). Они не могут иметь гляциодислокационное происхождение, так как развиты в покровных суглинках. Возможны разные механизмы их образования, однако близость их к протяженному линеаменту и локализация только в этом месте позволяют предположить именно тектоническое происхождение. О повышенной активности геологического субстрата рядом с этим оврагом говорит также расположение рядом с ним аномально крупного для района (примерно 200 × 200 м) оползня, расположенного в прибрежной части р. Сить под д. Конюхово. Он выражен в виде пологого луга и дуговидным выступом вдаётся в реку (см. рис. 3, а). Его активность подтверждают персональные сообщения от пожилых крестьян.

Линеамент, описанный выше, фрагментарно продолжается как к северо-западу, так и к юго-востоку параллельно береговому уступу (рис. 4, б). В 8 км к северо-западу от пос. Брейтово он переходит в береговой уступ, а в 9 км к юго-востоку читается по линейному разряжению лесной растительности. Таким образом, мы можем выделить крупную линейную зону, параллельную прибортовому уступу, но отличающуюся от него отсутствием значимого перепада высоты рельефа на большей его части. Дублирование прямолинейного уступа практически параллельным ему линеаментом, скорее всего, может быть объяснено с тектонических позиций — наличием еще одной зоны повышенной трещиноватости, отвечающей Рыбинскому разлому, но гораздо менее активной и хуже разработанной денудацией.

В формировании самого уступа, его высоты и линейной формы определяющую роль, видимо, играют зоны трещиноватости. Вклад вертикального дизъюнктивного или флексурного тектонического смещения в его образование конечно есть, но выявить его очень непросто. Скорее всего, он рассеян в пестроте залегающих на разной высоте разнообразных четвертичных отложениях, или замаскирован дислокациями, связанными с деятельностью ледника. Но играть определяющую роль в образовании уступа трещины будут и не зависимо от смещения, которое может и не быть значительным. Судя по тому, что они секут моренные, флювиогляциальные отложения и покровные суглинки, они активно развиваются в четвертичное время. Скорее всего, они образовывались над Рыбинским разломом во время активизаций, и далеко не везде в их широкой зоне произошли явные выразительные смещения. У краев впадины над разрывами в фундаменте системы ступались, и образовывали сравнительно прямолинейную ослабленную зону.

Что же касается экзарации, то языки ледника с их фронтальными полукруглыми частями не имеют причин, без влияния внешних воздействий, образовывать ровные параллельные на значительном протяжении борта. А вот подстраиваться под некую раму они могут, естественно, подрезая ее. Поэтому, с учетом приведенной выше ссылки на пониженную прочность зон трещиноватости, можно утверждать, что они выпахивали дно депрессии, подрезая борта по ослабленным зонам трещиноватости, и образуя высокий прямолинейный уступ. Возможно также, подработал этот уступ и бассейн поздне-последледникового озера во время своего высокого стояния. Его воды подошли к основанию уступа, но только подчеркнули его. Видимо, активизированная трещиноватость повлияла и на конфигурацию зоны абразии. Как известно, прямолинейные берега озер (уступы), связанные с разрывами и трещинами, — совсем не редкость [23].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Молого-Шекснинская депрессия, занятая ныне водами Рыбинского моря, имеет признаки унаследовано развивающейся морфоструктуры в понимании Н.С. Шатского [19] и согласно определению, данному Ю.А. Мещеряковым [24]. Она представляет собой грабенovidную депрессию с прямолинейными северо-восточным и юго-западным бортами, расположена над грабеном, хорошо выраженным в фундаменте и низах чехла, и имеет признаки проявления тектонических движений в кровле дочетвертичных пород. Заложилась она на месте слабых тектонических опусканий, и происхождение ее контрастного рельефа обязано в основном деятельности ледников, сле-

ды которых затем отчасти моделировались воздействием позднепоследних озер и водных потоков. На ее развитие оказывали влияние обрамляющие ее разломы, что выражалось в большой мере не высокоамплитудными смещениями, соответствующими размаху высот современной поверхности или кровли дочетвертичных отложений, а в основном, за счет образования ослабленных зон повышенной трещиноватости, которые создавали “раму” для экзарационных и абразионных процессов. В ходе полевых исследований вдоль юго-западного борта впадины выявлен ландшафтный линеймент, образование которого может быть объяснено существованием еще одной ослабленной зоны трещин над Рыбинским разломом. Замеры ориентировки трещиноватости в обнажениях прибортовой части р. Сить показали совпадение простирания основных систем трещин, разломов в фундаменте и основных морфологических элементов района, в частности бортового уступа водохранилища, что свидетельствует о его тектонической предопределенности.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-05-00485) в рамках темы Госзадания ГИН РАН № 0135-2019-0047.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юдахин Ф.Н., Щукин Ю.К., Макаров В.И. Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2003. 299 с.
2. Копп М.Л. Мобилистическая неотектоника платформ Юго-Восточной Европы. М.: Наука, 2004. 304 с.
3. Новский В.А. Плейстоцен Ярославского Поволжья. М.: Наука, 1975. 236 с.
4. Кожевников А.В., Найдина О.Д., Семенов В.М., Хомяк С.В. Верхний плейстоцен Онежского Нечерноземья // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1983. Т. 58. Вып. 1. С. 120–142.
5. Бородин Н.Г., Шаталова О.Н., Дашевский В.В., Соколова Т.Д., Бастркова Н.В. Объяснительная записка к государственной геологической карте СССР, масштаб 1:200 000. Сер. Московская. Листы О-37-XIV, XV, XVI, XXI / Ред. М. И. Лопатников. Москва: ПГО Центр геология МГРЭ, 1985. 219 с.
6. Трифонов В.Г. Неотектоника Евразии // Тр. ГИН РАН. 1999. Вып. 514. 242 с.
7. Чамов Н.П. Строение и развитие Среднерусско-Беломорской провинции в неопротерозое. М.: ГЕОС, 2016. 233 с.
8. Агibalов А.О. Неотектоническая активизация докембрийского структурного плана Северного Приладожья (юго-восток Балтийского щита). Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.: МГУ, 2019. 23 с.
9. Дмитриевская Ю.Е., Хераскова Т.Н. Палеогеографические и геодинамические обстановки формирования позднекембрийских и кембрийских отложений в центральной части Восточно-Европейской платформы // Литология и полезные ископаемые. 1999. № 6. С. 1–12.
10. Застужнова О.И., Кротова-Путинцева А.Е., Лукьянова Н.В., Кириков В.П., Коссовая О.Л. и др. Объяснительная записка к государственной геологической карте Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Лист О-37 (Ярославль) / Ред. В.П. Кириков. СПб.: ВСЕГЕИ, 2015. 356 с.
11. Международная тектоническая карта Европы и смежных областей. Масштаб 1:2 500 000 / Ред. А.А. Богданов, В.Е. Хаин. М.: ГУГК, 1981.
12. Гаврилов В.П., Дворецкий П.И., Дунаев В.Ф., Пономарев В.А., Руднев А.Н. Геология и нефтегазоносность Московской и Мезенской синеклиз. М.: Газпром, 2000. 157 с.
13. Москвитин А.И. Молого-Шекснинское межледниковое озеро // Тр. Института геологических наук АН СССР. Вып. 88. Геологическая серия (№ 26), 1947. С. 5–18.
14. Бреслав С.Л. Четвертичная система. Геология СССР. Т. IV. Центр Европейской части СССР: (Московская, Владимирская, Ивановская, Калининская, Калужская, Костромская, Рязанская, Тульская, Смоленская и Ярославская области): геологическое описание / Ред. А. В. Сидоренко. М.: Недра, 1971. С. 489–637.
15. Барашикова З.К. Карта четвертичных отложений. Лист О-37(38): Нижний Новгород. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия) / Ред. С.М. Шик, В.П. Кириков. СПб.: ВСЕГЕИ, 1999.
16. Спиридонов А.И. Геоморфология Европейской части СССР. М.: Высш. шк., 1978. 335 с.
17. Квасов Д.Д. Позднечетвертичная история крупных озер и внутренних морей Восточной Европы. Л.: Наука, 1975. 278 с.
18. Симонова Г.Ф., Бородин Н.Г. Карта четвертичных отложений. Московская серия. Лист О-37-XIV: Красный Холм. Государственная геологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000 / Ред. М.И. Лопатников. Л.: ВСЕГЕИ, 1985.
19. Шатский Н.С. Сравнительная тектоника древних платформ. Ст. 5. О происхождении Пачелмского прогиба // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1955. Т. 30. № 5. С. 5–26.
20. Хавин Е.И. Геологическое описание маршрута по участкам Рыбинск-Череповец-Белое озеро // Геологический путеводитель по каналу им. Москвы и Волго-Балтийскому водному пути им. В.И. Ленина. Л.: Наука, 1968. С. 113–119.
21. Лобанов А.И. Корреляционные признаки тиллов центра России // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. Геология. 2002. № 2. С. 27–40.
22. Киселев Д.Н., Баранов В.Н., Муравин Е.С., Новиков И.В., Сенников А.Г. Атлас геологических памятников природы Ярославской области. Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2003. 120 с.
23. Макарова Н.В., Суханова Т.В. Геоморфология. Учебное пособие. М.: КДУ, 2007. 414 с.
24. Мещеряков Ю.А. Структурная геоморфология равнинных стран. М.: Наука, 1965. 390 с.

The signs of inherited neotectonic development of the Mologo-Sheksna depression area

D. S. Zykov^{a, #}, A. V. Poleshchuk^a, and S. Yu. Kolodyazhnyi^a

^a Geological Institute of RAS, Moscow, Russia

[#]E-mail: zykov58@yandex.ru

The article is devoted to the consideration of the contribution of tectonic and neotectonic processes to the formation of the Mologo-Sheksna depression, as well as clarification of its structural features and the nature of the inheritance of its formation. Lineament, morphological and morphostructural analyzes are used as a methodological approach. The Mologo-Sheksna depression, currently filled with the Rybinsk Sea, has signs of an inherited developing morphostructure. It is a graben-shaped depression with linear northeastern and southwestern sides. The depression is located above the graben, which is well expressed in the basement and the lower part of the cover complexes, and, also has an expression in the top of pre-Quaternary rocks. A depression was formed on the site of an area of insignificant tectonic subsidence, and the origin of its contrasting relief is mainly associated with the activity of glaciers, the traces of which were then partly smoothed out by late-post-glacial lakes and water flows. The development of the depression was influenced by the surrounding faults. This impact was expressed not so much by high-amplitude displacements (corresponding to the range of the topography or top of the surface of pre-Quaternary deposits), but by the formation of zone of weakness with increased fracturing, which controlled the manifestation of exaration and abrasion processes. Field studies confirmed the existence of an additional landscape lineament along the southwestern side of the depression, the formation of which can be explained by the existence of another zone of weakness with fractures above the Rybinsk Fault. Measurements of the orientation of fractures in outcrops in the near-edge part of the Sit' River valley showed the coincidence of the strike of the main systems of fractures, basement faults and the main morphological elements of the area, in particular, the side scarp of the reservoir, which indicates its tectonic predetermination.

Keywords: Mologo-Sheksna depression, Rybinsk graben, Russian plate, glacier processes, neotectonics, fracture zones

ACKNOWLEDGMENTS

The research was funded by the Russian Foundation of Basic Research No. 18-05-00485 and was done in the framework of the state program tasks (No. 0135-2019-0047 (GIN RAS)).

REFERENCES

1. Yudahin F.N., Shchukin Yu.K., and Makarov V.I. *Glubinnoe stroenie i sovremennyye geodinamicheskie protsessy v litosfere Vostochno-Evropeiskoi platformy* (Deep structure and modern geodynamic processes in the lithosphere of the East European Platform). Ekaterinburg: UrO RAN (Publ.), 2003. 299 p.
2. Kopp M.L. *Mobilisticheskaya neotektonika platform Ju-go-Vostochnoi Evropy* (Mobilistic neotectonics of platforms of southeastern Europe). Moscow: Nauka (Publ.), 2004. 304 p.
3. Novsky V.A. *Pleistotsen Yaroslavskogo Povolzh'ya* (Pleistocene of the Yaroslavl Volga region). Moscow: Nauka (Publ.), 1975. 236 p.
4. Kozhevnikov A.V., Naidina O.D., Semenov V.M., and Hamster S.V. Upper Pleistocene of the Onega Non-Humus Region. *Byull. MOIP. Otd. Geol.* 1983. Vol. 58(1). P. 120–142. (in Russ.)
5. Borodin N.G., Shatalova O.N., Dashevsky V.V., Sokolova T.D., and Bastrakova N.V. Explanatory note to the state geological map of the USSR. Scale 1: 200000. Moscow series. Sheets O-37-XIV, XV, XVI, XXI. M.I. Lopatnikov (Ed.). Moscow: PGO Tsentrgeologiya MGRE (Publ.), 1985. 219 p. (in Russ.)
6. Trifonov V.G. *Neotectonica Evrazii* (Neotectonics of Eurasia). *Trudy GIN RAN (Transactions of the GIN RAS)*. 1999. Vol. 514. 242 p.
7. Chamov N.P. *Stroenie i razvitie Srednerussko-Belomorskoj provintsii v neoproterozoe* (The structure and development of the Central Russian-Belomorian Province in Neoproterozoic). Moscow: GEOS (Publ.), 2016. 233 p.
8. Agibalov A.O. *Neotektonicheskaya aktivizatsiya kembriiskogo strukturnogo plana Severnogo Priladozh'ya (yugo-vostok Baltiiskogo shchita)* (Neotectonic activation of the Precambrian structural plan of the Northern Ladoga (southeast of Baltic shield)). PhD thesis. Moscow: MSU (Publ.), 2019. 23 p.
9. Dmitrovskaya Yu.E. and Kheraskova T.N. *Paleogeograficheskie i geodinamicheskie obstanovki formirovaniya pozdnevendsskikh i kembriiskikh otlozhenii v tsentral'noi chasti Vostochno-Evropeiskoi platformy* (Paleogeographic and geodynamic conditions of formation of late Vendian and Cambrian deposits in the Central part of the East European platform). *Litologiya i poleznye iskopayemye (Lithology and mineral resources RAS)*. 1999. No. 6. P. 1–12. (in Russ.)
10. Zastrozhnova O.I., Krotova-Putintseva A.E., Lukyanova N.V., Kirikov V.P., Kossovaya O.L. et al. *Ob'yasnitel'naya zapiska k gosudarstvennoi geologicheskoi karte Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1: 1000000 (tret'e pokolenie). List O-37 (Yaroslavl')* (Explanatory note to the state geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1000000 (third generation). Sheet O-37 (Yaroslavl)). V.P. Kirikov (Ed.). SPb.: VSEGEI (Publ.), 2015. 356 p. (in Russ.)

11. International tectonic map of Europe and adjacent areas. Scale 1: 2500000. A.A. Bogdanov and V.E. Hain (Eds.). M.: GUGK (Publ.), 1981.
12. Gavrilov V.P., Dvoretzky P.I., Dunaev V.F., Ponomarev V.A., and Rudnev A.N. *Geologiya i neftegazonosnost' Moskovskoi i Mezenskoi sinekliz* (Geology and oil and gas potential of the Moscow and Mezen synclises). Moscow: Gazprom (Publ.), 2000. 157 p.
13. Moskvitin A.I. *Mologo-Sheksninskoe mezhlednikovoe ozero* (Mologo-Sheksna interglacial lake). Proceedings of the Institute of Geological Sciences of the USSR Academy of Sciences. Issue 88. Geological series (No. 26). 1947. P. 5–18.
14. Breslav S.L. *Chetvertichnaya sistema. Geologiya SSSR. T. IV. Centr Evropeiskoi chasti SSSR: (Moskovskaya, Vladimirskaya, Ivanovskaya, Kalininskaya, Kaluzhskaya, Kostromskaya, Ryazanskaya, Tul'skaya, Smolenskaya i Yaroslavskaya oblasti): geologicheskoe opisanie* (Quaternary system. Geology of the USSR. Vol. IV: Center of the European part of the USSR: (Moscow, Vladimir, Ivanovsk, Kalinin, Kaluga, Kostroma, Ryazan, Tula, Smolensk and Yaroslavl regions): geological description). A.V. Sidorenko (Ed.). Moscow: Nedra (Publ.), 1971. P. 489–637.
15. Barashkova Z.K. *Karta chetvertichnykh otlozhenii. List O-37(38): Nizhnii Novgorod. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1:1000000 (novaya seriya)* (Quaternary sediment map. Sheet O-37 (38): Nizhny Novgorod. State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1000000 (new series)). S.M. Shik, V.P. Kirikov (Eds.). S.-Petersburg: VSEGEI (Publ.), 1999.
16. Spiridonov A.I. *Geomorfologiya Evropeiskoi chasti SSSR* (Geomorphology of the European part of the USSR). Moscow: Vysshaya shkola (Publ.), 1978. 336 p.
17. Kvasov D.D. *Pozdnechetvertichnaya istoriya krupnykh ozer i vnutrennikh morei Vostochnoi Evropy* (Late Quaternary history of large lakes and inland seas of Eastern Europe). Leningrad: Nauka (Publ.), 1975. 278 p.
18. Simonova G.F. and Borodin N.G. *Karta chetvertichnykh otlozhenii. Moskovskaya seriya. List O-37-XIV: Krasnyi kholt. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR. Masshtab 1:200000* (Quaternary sediment map. Moscow series. Sheet O-37-XIV: Krasnyi kholt. State geological map of the USSR. Scale 1:200000). M.I. Lopatnikov (Ed.). Leningrad: VSEGEI (Publ.), 1985.
19. Shatskii N.S. *Sravnitel'naya tektonika drevnikh platform. St. 5. O proiskhozhdenii Pachelmskogo progiba*. (Comparative tectonics of ancient platforms. Paper. 5. On the origin of the Pachelm trough). *Byull. MOIP. Otd. geol.* 1955. T. 30. No. 5. P. 5–26.
20. Khavin E.I. *Geologicheskoe opisanie marshruta po uchastkam Rybinsk–Cherepovets–Beloe ozero* (Geological description of the route along the sections Rybinsk–Cherepovets–Beloe Ozero). *Geologicheskii putevoditel' po kanalu im. Moskvy i Volgo-Baltiiskomu vodnomu puti im. V.I. Lenina* (Geological guide to the Moscow Canal and the Volga-Baltic waterway named after V.I. Lenin). Leningrad: Nauka (Publ.), 1968. P. 113–119. (in Russ.)
21. Lobanov A.I. *Korrelyatsionnye priznaki tillov tsentra Rossii* (Correlation signs of tills in the center of Russia). *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Geologiya*. 2002. No. 2. P. 27–40. (in Russ.)
22. Kiselev D.N., Baranov V.N., Muravin E.S., Novikov I.V., and Sennikov A.G. *Atlas geologicheskikh pamyatnikov prirody Yaroslavskoi oblasti* (Atlas of geological natural monuments of the Yaroslavl region). Yaroslavl: YAGPU (Publ.), 2003. 120 p. (in Russ.)
23. Makarova N.V. and Sukhanova T.V. *Geomorfologiya. Uchebnoe posobie* (Geomorphology. Tutorial). M.: KDU (Publ.), 2007. 414 p.
24. Meshcheryakov Yu.A. *Strukturnaya geomorfologiya ravninnykh stran* (Structural geomorphology of lowland countries). Moscow: Nauka (Publ.), 1965. 390 p.