

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ВОЗРАСТ СКЛАДЧАТЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В ПЕРМСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ В РАЙОНЕ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. СУХОНА (ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Д.С. ЗЫКОВ

Как известно, в осадочном чехле Восточно-Европейской (ВЕП) и некоторых других платформ локально распространены деформации и их ансамбли, которые по своей значительной интенсивности не соответствуют общепринятому взгляду на платформы, как на участки земной коры со сравнительно слабой тектонической активностью. Эти дислокации имеются только в областях покровного оледенения и они неоднократно изучались в разных районах ВЕП [Левков, 1980; Лаврушин, Чугунный, 1982 и др.]. Существует два основных взгляда на их происхождение: гляциотектонический, согласно которому дислокации связаны преимущественно воздействием четвертичных ледников [Левков, 1980; Лаврушин, Чугунный, 1982 и др.], и тектонический, согласно которому дислокации возникают за счет локальных интенсивных проявлений тектоники платформ [Голубев, 1970; Крапивнер, 1986 и др.].

Исследования, направленные на решение проблемы происхождения дислокаций, а также выявления характера влияния гляциотектонического и неотектонического факторов на структурообразование в геологических толщах были проведены нами в среднем течении р. Сухона (Вологодская область), где интересующие нас объекты широко представлены. На интервале между населенными пунктами Игмас и Брусенец расположена компактная группа дислокаций, исследованию которых и посвящена эта статья (рис. 1, 2). Полевые работы проводились совместно с С.Ю. Колодяжным.

Основные особенности геолого-геоморфологического строения

Основные особенности геолого-геоморфологического строения исследуемой территории изло-

жены в ряде публикаций [Государственная..., 1965; Государственная..., 1989; Лавров, Потапенко, 2005 и др.]. В районе исследования развиты породы пермского и четвертичного возрастов, которые обнажаются в основном по берегам р. Сухоны и ее притоков. Пермские отложения представлены северодвинской свитой татарского яруса (верхний отдел системы) и сложены пестроцветной (преимущественно красноцветной) толщей переслаивания плотных глин, аргиллитов, алевролитов и мергелей с отдельными прослоями известняков и песчаников. Видимая мощность этих пород в обнажениях составляет более десяти метров, по данным бурения более ста метров.

Пермские отложения залегают в основном горизонтально или слабо моноклиально, с очень пологим падением к юго-западу.

Коренные породы нарушены многочисленными системами преимущественно субвертикальных, сравнительно прямолинейных, реже слабоизогнутых трещин, которые образуют сеть с ячейками примерно 5–20 см. В тех местах, где плотность трещин невелика, обычно количественно преобладают трещины северо-восточного и северо-западного простираний.

Четвертичные отложения залегают на размытой поверхности коренных пород пермского возраста. Представлены они в основном ледниковыми и водно-ледниковыми отложениями московского и позднелепистоценовых оледенений, а также современными отложениями, связанными, в основном, с деятельностью реки Сухона, и ее притоков.

В районе выделяется морена московского оледенения, которая по материалам бурения перекрывает значительную часть водоразделов и обнажается в обрывах рек. Представлена морена в основном коричневато-серыми плотными неслоистыми

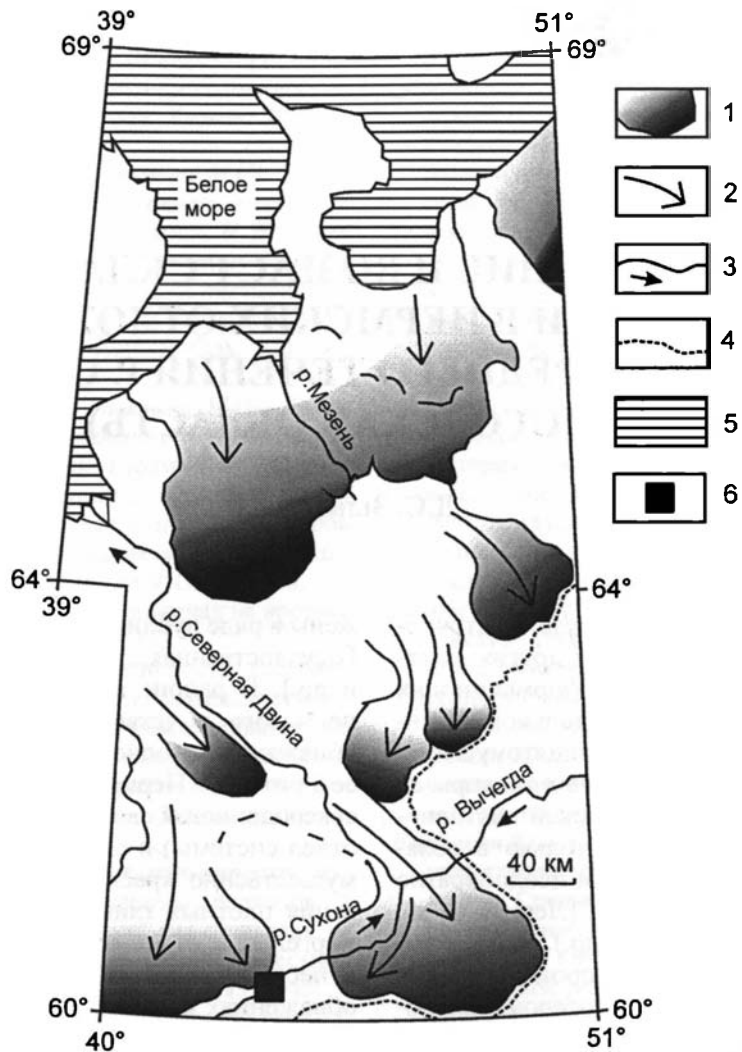


Рис. 1. Расположение ледниковых языков и серджей на стадии дегляциации последнего оледенения в северных районах ВЕП (по [Лавров, Потапенко, 2005] с упрощениями и дополнениями) и район исследований на р. Сухона
 1 – ледниковые языки и серджи; 2 – направление движения ледниковых языков (в интерпретации автора); 3 – реки и направление течения; 4 – граница последнего оледенения; 5 – морские акватории; 6 – место детальных работ

суглинками, с включениями из щебня, гальки и валунов, в составе которых значительная роль принадлежит кристаллическим породам фундамента Балтийского щита [Государственная..., 1989].

Территория исследования была полностью перекрыта ледником этого возраста, его край располагался далеко к юго-востоку [Почвенно-геологические..., 1984].

Ледниковый покров последнего оледенения также пересек низовья современной р. Сухона, однако, непосредственно в районе исследований на юго-восточном междуречье, его краевая зона располагается примерно в 50 км от ее современного русла [Лавров, Потапенко, 2005]. Детальные геолого-геоморфологические исследования показали, что ледник в целом двигался с северо-

запада на юго-восток (рис. 1) [Лавров, Потапенко, 2005].

Морена этого оледенения изучена в основном на северо-западном междуречье р. Сухоны, где она представлена преимущественно валунными суглинками.

В долине р. Сухона, в обнажениях вступях террас, обнажается толща песков желтовато-серых, преимущественно мелко-среднезернистых, полимиктовых, имеющих горизонтальную или косую слоистость. Местами в песках содержатся прослои галечников, гравия или глин. Залегают пески на моренных суглинках, или непосредственно на размытой поверхности коренных отложений. Их видимая мощность в берегах р. Сухона достигает более десяти метров, по матери-

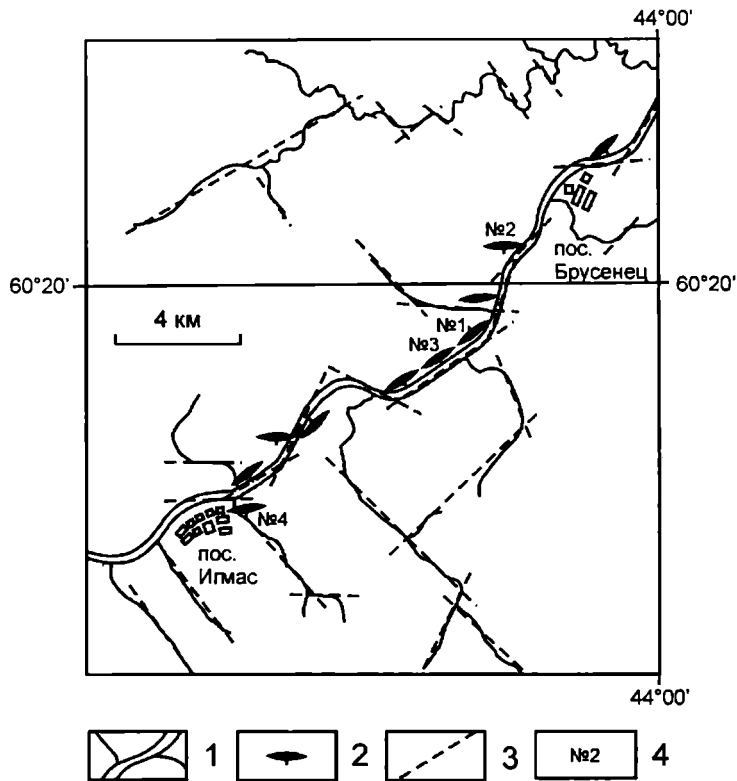


Рис. 2. Расположение складчатых структур между пос. Игмас и Брусенец в среднем течении р. Сухона

1 – русло р. Сухона и ее притоки; 2 – основные складчатые структуры (показаны в увеличенном масштабе, бергштрих направлен в сторону наклона осевой плоскости складки); 3 – структурные линейменты, выявляемые по дешифрированию спрямленных участков гидросети и отвечающие трещиноватости в коренных породах пермского возраста; 4 – номера складок согласно последовательности описания в тексте

лам бурения на водоразделах – более двух–трех десятков метров.

Песчаные толщи имеют полигенетическое происхождение. Отчасти они являются флювиогляциальными и отражают появление водных потоков на заключительных стадиях развития ледника или при начале дегляциации, местами образовывались в подпрудных ледниковых озерах. Большая часть песчаных толщ, залегающих в основании разреза четвертичных отложений на коренных породах, относится ко времени отступления Московского ледника. Пески, отложившиеся после деградировавшего последнего ледникового покрова, в основном подстилаются сравнительно мощными толщами моренных накоплений разного возраста.

Таким образом, основные геоморфологические особенности территории определяются процессами, связанными с ледниковыми событиями, а также аллювиальными процессами р. Сухона и ее притоков.

Долина реки Сухона сравнительно широкая, шириной от сотен метров до первых километров, с пологими бортами, на участке исследования врезана в коренные отложения. В ее строении

выделяются низкая и высокая поймы (высоты, соответственно, около 1,5 и 5 м) первая и вторая надпойменные террасы, (высоты, соответственно, около 8 и 12 м).

Необходимо отметить, что русло р. Сухона весьма своеобразно. Оно состоит из многочисленных спрямленных участков, простирающихся которых совпадают с простираем систем трещин в коренных породах. Подобная закономерность характерна и для рисунка притоков.

За пределами долины распространен холмисто-аккумулятивный рельеф основной донной морены валдайского оледенения и флювиогляциальных отложений.

Территория исследования расположена примерно над осевой частью Московской синеклизы, в основании которой, в кристаллическом фундаменте расположен Среднерусский авлакоген, имеющий северо-восточное простираение. Днище его по геофизическим данным имеет сложное блоковое строение [Чамов, 2005]. Осадочный чехол синеклизы в этих местах сложен в основном комплексом палеозойских отложений и достигает, по данным бурения, мощности первых километров.

Для верхних горизонтов чехла над авлакогеном установлено наличие антиклинальной структуры, которая получила название Рыбинско-Сухонского мегавала. Анализ изогипс кровли казанского горизонта пермских отложений показывает, что в пределах этого мегавала наблюдается повышенная, по сравнению с окружающими территориями, степень деформированности пород чехла, который образует пологие валы [Государственная..., 1989].

Фактический материал

Локальные складчатые структуры, осложняющие пермские отложения в обрывах р. Сухона, впервые подробно описаны еще в прошлом веке [Государственная..., 1989]. Было сделано заключение об их тектоническом происхождении и связи с разломами, ограничивающими авлакоген. В последнее время, в процессе совместных с автором полевых работ, их изучение провел С.Ю. Колодяжный. На основании дешифрирования космических снимков и топографических карт, им, в долине р. Сухона и на прилегающих территориях, была выделена крупная, сложно построенная левосдвиговая зона, оперяемая многочисленными сопряженными структурами – надвиговыми, сдвиговыми и сбросовыми. Результаты дешифрирования, по его данным, нашли полное подтверждение при проведенных структурно-кинематических исследований структурных парагенезов в коренных породах. Складчатые структуры, по его мнению, также входят в эти парагенезы и являются следствием тектонической подвижности, которая носит характер горизонтальных плито-потоков в породах чехла [Колодяжный, 2010].

Имеющиеся в нашем распоряжении наблюдения позволяют дополнить полученные ранее данные, уточнить возраст образования складчатых структур и выдвинуть альтернативную концепцию их происхождения.

В исследуемом районе нами была изучена группа складок, расположение которых показано на рисунке 2. Большая часть их обнажена в крутых обрывах реки, отдельные выявляются по деформациям слоев в пляжах, сложенных коренными отложениями. В целом, о складках можно сказать следующее. Судя по изученным фрагментам разных складок это преимущественно линейные или брахиморфные антиклинальные структуры, размеры большей части которых, в длину достигают метров и десятков метров, при видимой ширине в основном в несколько метров или (реже), более 10 метров. Видимая в обнажениях высота их составляет первые метры и, иногда, около 10 метров. В строении складок участвуют как плотные красноцветные глины, так и мергелистые прослои.

Большинство структур ассиметричны. Одно крыло обычно круче другого, причем иногда наблюдаются опрокинутые складки, с изогнутой осевой плоскостью и обратными падениями слоев на подвернутом крыле. Такие складки могут быть сжаты в замке почти до изоклинальных. На ряду с этим, наблюдаются и почти симметричные структуры, с незначительной степенью сжатия и пологими залеганиями пород на крыльях, достигающих примерно 5–20°. Антиклинали обычно расположены локально и только иногда сопровождаются сопряженными синклиналями. В основном их разделяют участки ненарушенного залегания коренных пород, протягивающиеся на десятки метров или километры.

По всей видимости, основной отличительной особенностью изученных структур является их бескорневой характер, что наблюдается везде, где обнажается та часть разреза, которая находится под складкой. В этих случаях видно, что непосредственно под деформированными слоями нижележащие слои залегают горизонтально. Анализ пространственного расположения дислокаций показывает, что их оси простираются в двух основных направлениях: в северо-восточном, параллельном направлению долины р. Сухона и, реже, в субширотном. У большинства ассиметричных складок осевая плоскость наклонена к северо-западу, однако, реже, встречаются и обратные соотношения (см. рис. 2).

По своему строению все исследованные деформации подразделяются на два типа: включающие как коренные, так и четвертичные породы, и сложенные только коренными породами.

Рассмотрим более подробно некоторые примеры складок. В качестве первых приведем деформации, включающие кроме коренных пород ледниковый и водно-ледниковый материал.

Примерно в 1 км к северо-востоку от села Дор-Сухонский, ниже по течению р. Сухона, в ее левом обрывистом берегу, в обнажении высотой в 3–5 метров высотой, на протяжении около 50 метров наблюдается разрез, который позволяет уточнить характер развития встречаемых дислокации и их возраст (рис. 3).

Обнажение состоит из двух фрагментов – юго-западного и северо-восточного, которые разделены оврагом. Юго-западный фрагмент является наиболее крупным и сложно устроенным. Здесь, в нижней части обнажения, над осыпью, наблюдаются слои красноватых глин и аргиллитов пермской системы, залегающих субгоризонтально на протяжении всего обнажения, за исключением его северо-восточного края. В этом месте аргиллиты образуют антиклинальную складку, в ядре которой хорошо различимы слои беловато-серых мер-

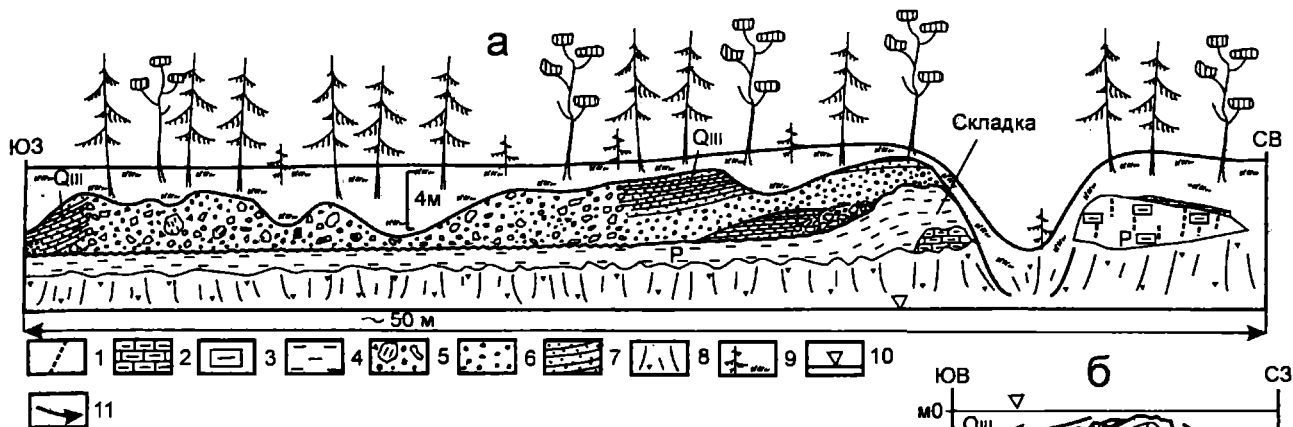


Рис. 3. Консидемтационная складка (бугор в палеорельефе) в разрезе низкой террасы р. Сухона (по материалам полевых зарисовок и фотографий); а – зарисовка обнажений; б – реконструированный разрез складки

1 – борозды скольжения на поверхности субвертикально расположенных слоев пермских мергелей на крутом крыле антиклинальной складки; породы пермского возраста: 2 – мергели на разрезе; 3 – мергели, слагающие крутопадающее в сторону наблюдателя крыло антиклинальной складки; 4 – красноцветные аргиллиты и плотные глины; отложения эпохи дегляциации: 5 – брекчии; 6 – галечники; 7 – пески косослоистые и горизонтально-слоистые; 8 – современные осыпи в основании террасы; 9 – растительность; 10 – уровень реки Сухона; 11 – направление движения погребенных обвалов

гелей, которые падают к юго-востоку под углом около 40° , образуя пологое крыло складки с осью, простирающейся в северо-восточном направлении. Кровля алевролитов несет небольшие неровности, однако повторяет имеющуюся структуру. На протяжении большей части обнажения она почти горизонтальна, и только в районе складки поднимается вверх на более чем 2 метра и почти повторяет форму складки, образуя выступ-бугор погребенного палеорельефа. Северо-восточное крыло этого выступа срезается оврагом, а над юго-западным крылом располагаются слабосцементированные обломочные породы, которые относятся к четвертичной системе. Распределение их хорошо видно на рисунке (см. рис. 3,а).

В строении толщи отчетливо наблюдается два шлейфа обломочных отложений (брекчий), которые внедряются в косослоистые и параллельно волнистые пески и галечники, на большом протяжении перекрывающие размытую кровлю пермских пород. Шлейф меньшего размера имеет длину около 3 метров, сужается к верхней части палеобугра и расширяется в сторону от него. Состоит он из обломков местных мергелей и аргиллитов и небольших валунов кристаллических пород из морены. Размеры их лежат в интервале 1–30 см в диаметре. Отдельные его обломки проникают во вмещающие пески, что говорит об их одновременном накоплении.

Второй шлейф расположен немного в стороне от палеобугра и также наклонен от него. Видимая длина его в обнажении более 25 м, мощность бо-

лее 4 м. Шлейф сложен неслоистой несортированной брекчией, включающей обломки от мелкого щебня до более 1 м в диаметре. В составе преобладают местные мергели и плотные глины, изредка встречаются валуны из морены. На границе брекчии и песчаной толщи происходит аномальное задирание слоистости последней. Отдельные обломки из брекчии также проникают во вмещающие пески.

Северо-восточный фрагмент обнажения расположен за оврагом (см. рис. 3,а). В этом месте наблюдаются коренные породы, представленные зеленовато-серыми мергелями, которые залегают субвертикально с простираем $30-40^\circ$. На поверхностях слоистости мергелей наблюдаются зеркала скольжения, субвертикальные борозды взбросового типа и милониты. Неровности обнажения позволяют рассмотреть структуру в разрезе. Видно, что слои мергелей катаклазированы и будинированы и в целом образуют сигмоидальный изгиб. Судя по его форме, в этом месте обнажается подвернутое крыло антиклинальной складки, видимо, той же самой, что наблюдается рядом, на юго-западном фрагменте обнажения в палеобугре. Сопоставление фрагментов структуры позволяет предположительно реконструировать складку в целом (рис. 3,б).

Весь описанный комплекс пород и структур срезается сверху ровной поверхностью террасы р. Сухона на высоте примерно 7–8 м.

Еще одна складка подобного строения расположена ниже по течению р. Сухона примерно

в 4 км юго-западнее с. Брусенец. Здесь, в левом берегу р. Сухона, в верхней части 7–8 м террасы, в обнажении наблюдаются сопряженные антиклинальная и синклиальная складки (рис. 4). Их общая видимая протяженность около 3 м, высота немногим более 1 м. Сложены структуры красноцветными глинами, включающими прослои светло-серых мергелей. Антиклинальная складка обнажена наиболее полно. Из-за плохой сохранности пород простираение ее оси можно установить только приблизительно. Оно, видимо, является субширотным, с отклонением к северо-западу. Север-северо-восточное крыло складки пологое, юго-юго-западное – крутое. Это крыло сорвано серией взбросов, по которым антиклиналь надвинута на сопряженную ей синклиальную структуру. В ядре антиклинальной складки отчетливо наблюдается вал общего серого цвета, сложенный валунно-щебнистым материалом морены. Валунны представлены кристаллическими породами. Взбросы, секущие складку, проникают в этот вал. Необходимо отметить, что алевролиты и мергели, слагающие структуру, выглядят совсем не так, как в прочих коренных обнажениях. Здесь они на месте превращены в крошево, поэтому все границы между слоями имеют расплывчатый характер, также как и контакт с мореной.

Примерно в 1 м юго-западнее вала с валунами слоистая толща алевролитов подстилается песчаными отложениями, аналогичными изученным в предыдущем случае.

Выше и ниже по течению р. Сухона наблюдаются многочисленные обнажения, где в нижней части обнажаются субгоризонтально зале-

гающие пермские породы, перекрытые сверху горизонтально-слоистыми и косослоистыми четвертичными песками.

Другой тип деформаций, встречающийся наиболее часто, представлен складками, сложенными только коренными породами.

В левом берегу р. Сухона, непосредственно под заброшенным населенным пунктом (деревней) Дор-Сухонский, в крутом обрыве цокольной террасы (высота цоколя примерно 10 м), сложенной коренными пермскими породами, наблюдается одна из наиболее типичных и, одновременно, эффектно проявленных за счет чередования красных глин и белых мергелей наклоненных складчатых структур (рис. 5). Косой срез структуры в обрывах берега, который виден на фотографии, несколько искажает ее реальные формы, однако детальные исследования в обнажении показывают, что ось ее простирается в северо-восточном направлении, северо-западное крыло пологое (20–30°), а юго-восточное, обращенное к реке, сравнительно крутое, причем слои местами образуют подворот с обратным падением. Складка наблюдается на высоту примерно 4–6 м и имеет видимую протяженность в разрезе около 20–30 м. Структура подстилается субгоризонтально залегающими слоями мергелей, которые обнажаются на пляже под осыпью. Поверхность террасы над складкой не деформирована.

На северо-восточном окончании с. Игмас у переправы через р. Сухона расположена еще одна складчатая структура. Здесь, в небольшой расчистке у дороги в толще аргиллитов и мергелей пермского возраста наблюдается сравнительно небольшая антиклинальная складка (рис. 6). Ось складки

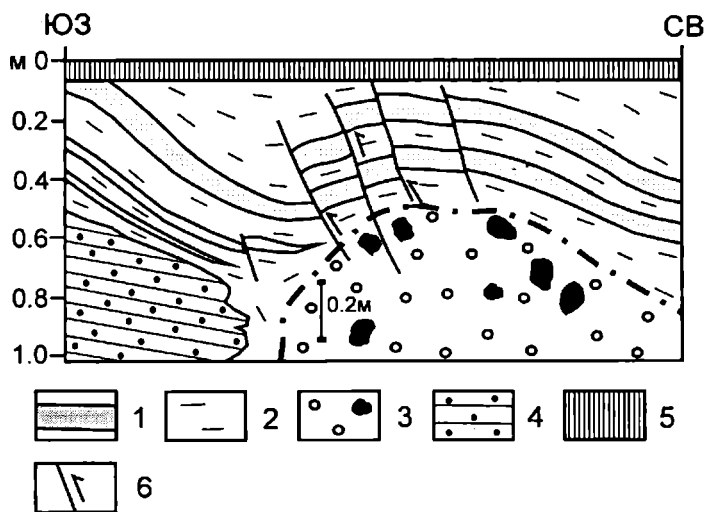


Рис. 4. Складчатая структура юго-западнее с. Брусенец

Породы пермского возраста: 1 – мергели; 2 – красноцветные глины; 3 – морена; 4 – наклоннослоистые пески; 5 – современная почва; 6 – микровзбросы

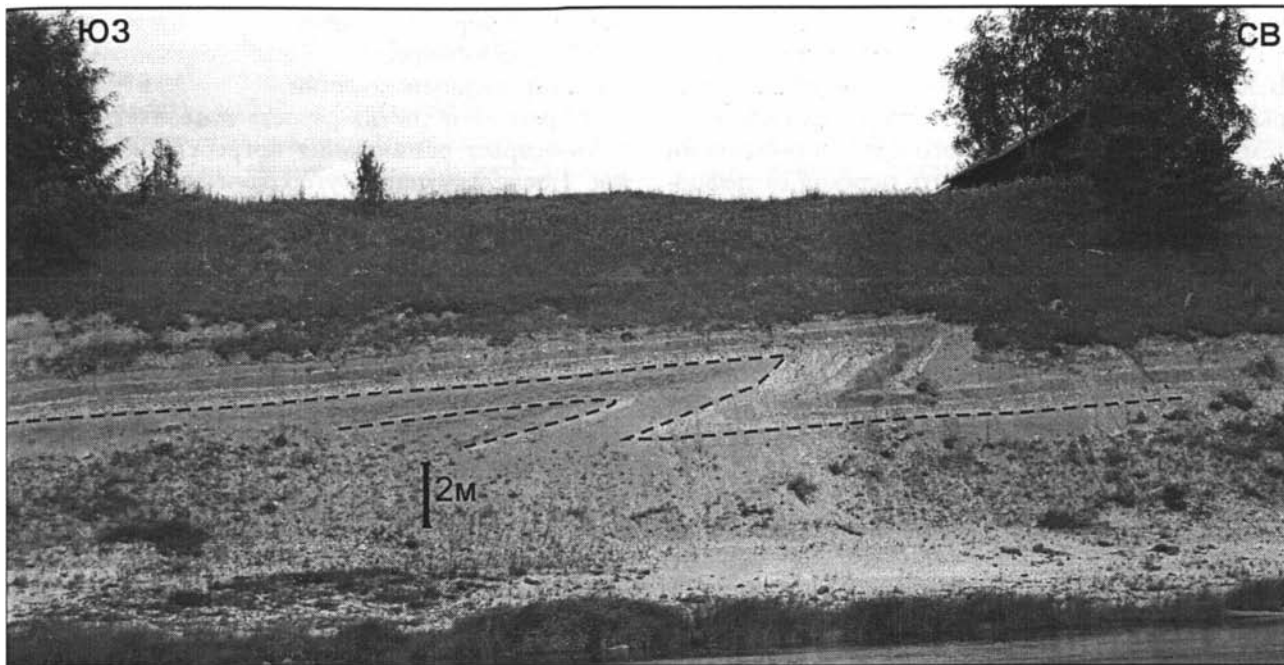


Рис. 5. Складка в обрыве террасы у села Дор-Сухонский

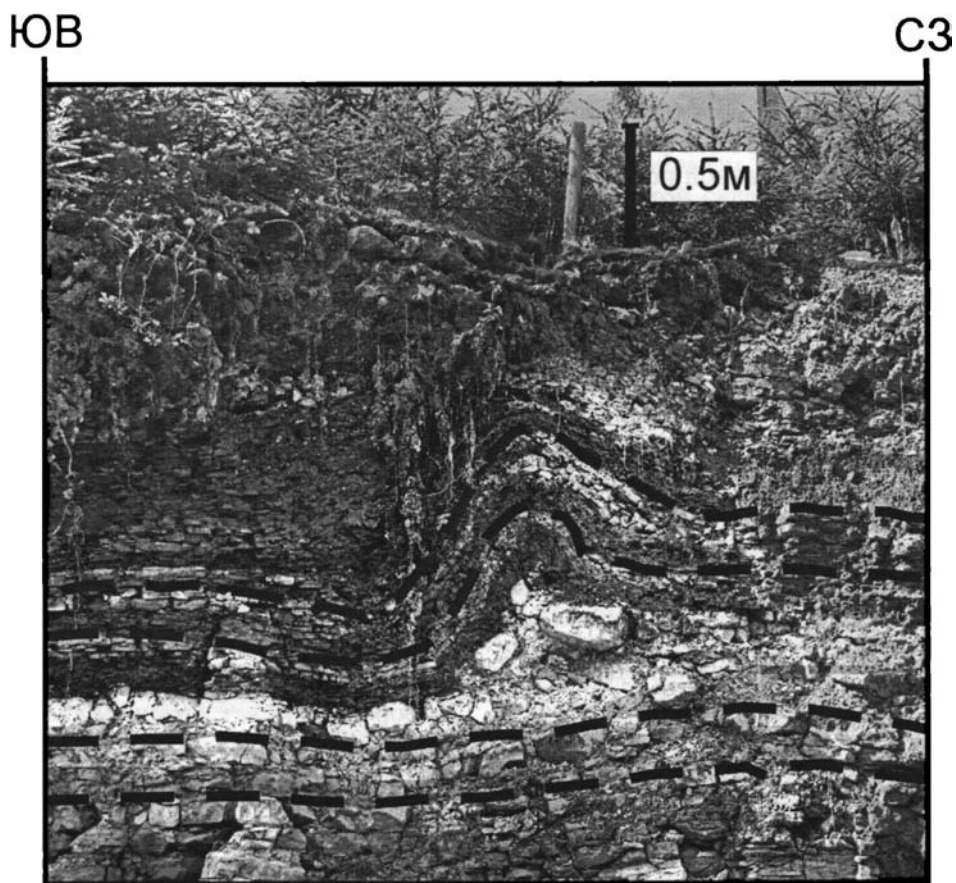


Рис. 6. Складка у северо-восточного окончания пос. Игмас

простирается субширотно, слои в южном крыле падают под углом около 70° , в северном менее 45° . Высота и ширина складки имеют видимые размеры около полутора метров. Структура интересна тем, что за счет поперечного среза в обнажении позволяет хорошо проследить переход от деформированных пород к подстилающим их недеформированным. На рисунке видно, что в подошве складчатой структуры, сложенной красноцветными аргиллитами, располагается светлый прослой мергелистых пород, ниже которого слоистая толща аргиллитов залегает почти горизонтально на видимую глубину до основания обнажения более полутора метров. Можно отметить, что кровля слоя мергелей по обе стороны от складки залегает на разной высоте, а также то, что в ядре антиклинали прослой мергелей образует скупивание брекчий из собственных обломков (см. рис. 6). Непосредственно над скупиванием ядро складки приобретает вид симметричной изоклиальной структуры, которая выше по разрезу становится ассиметричной, причем переход осуществляется с некоторым выполаживанием крыльев. Структура в целом имеет и слабо выраженное продолжение и в подстилающих аргиллитах – их слоистость как бы «чувствует» поведение кровли светлого прослоя мергелей (см. рис. 6) и немного опускается в том месте, где этот прослой расположен ниже всего, т.е. подошва складки имеет наклонный характер. Складчатая структура в своей верхней части срезается недеформированной поверхностью низкой террасы р. Сухона.

Обсуждение результатов

Анализ и сопоставление особенностей рассмотренных выше складчатых дислокаций позволяет уточнить возраст этих структур и обосновать их происхождение.

В первом случае в обнажении наблюдается неровная поверхность коренных пород, перекрытая низами песчаной толщи, относящейся ко времени начала таяния ледника. Хорошо видно, что поверхность коренного ложа образует погребенный бугор, который в разрезе структурно является бескорневой опрокинутой антиклиальной складкой. От верхней части бугра в сторону отходят шлейфы брекчий, деформирующие пески, на которые ложатся (аномальные наклоны слоистости в районе контакта с брекчией) и отдельными обломками внедряющихся в слоистые и косослоистые пески песчаной толщи, что свидетельствует о размыве брекчий потоками (см. рис. 3). Такой разрез позволяет рассматривать складку, как растущую консидементационно с отложением песчаной толщи. В состав брекчий входят не только обломки

пермских пород, слагающих складку, но также и валунчики из морены, что является важным индикатором гляциодислокаций.

Строение и состав разреза позволяет определить возраст образования погребенной структуры. Поскольку палеобугор консидементационно внедряется в низы песчаной флювиогляциальной толщи и в состав брекчий входят валуны из морены, то можно констатировать, что это происходило на завершающих этапах оледенения, или в самом начале дегляциации. Палеогеографическая обстановка в это время обычно характеризуется распадом еще подвижного ледника на отдельные блоки и языки и появлением водных потоков, которые размывают их, проникают в грунт и переувлажняют глинистые горные породы под ледниками, делая их более пластичными [Левков, 1980]. Это время также характеризуется периодическими активизациями ледника и селективными перемещениями отдельных ледниковых языков [Лавров, Потапенко, 2005]. В условиях переувлажнения горных пород, давление массивов льда и его горизонтальные подвижки могут приводить к деформации подстилающего субстрата под ледниковым телом и у его края.

В литературе широко известны случаи образования складок в переувлажненных коренных породах при выдавливании их из-под окраины ледниковых массивов [Лаврушин, Чугунный, 1982]. Этот процесс возможен в основном при латеральном и, отчасти, при вертикальном давлении ледника на субстрат. Имеющаяся в обнажении складка вполне может быть объяснена как образовавшаяся в результате воздействия ледника на завершающих стадиях его развития и во время начала дегляциации. К сожалению, изученные обнажения не удастся однозначно привязать к имеющимся картам четвертичных отложений за счет их малой детальности. Поэтому можно предположить, что возраст образования складки отвечает окончанию или московского, или последнего оледенения.

Во втором случае в складчато-взбросовую дислокацию вовлечены породы коренного ложа и морены совместно, причем морена оказывается под деформированными породами пермского возраста. Фрагменты песчаной толщи также оказываются под надвинутой пластиной коренных пород. Деформация имеет локальный характер – в соседних обнажениях недеформированные коренные породы перекрываются толщиной слоистых и косослоистых песков, относящихся ко времени дегляциации. Этот случай похож на предыдущий. Судя по соотношению с песчаной толщей, мореной и близостью к коренному ложу, структура образовалась на завершающем этапе развития ледника при начавшемся его таянии. Локальность струк-

туры на общем фоне недеформированных пород подтверждает ее образование у края ледникового блока или в районе трещины, разделившей ледниковую лопасть. Взбросово-надвиговая структура в целом отвечает выдавливанию субстрата из-под ледяного штампа, вероятно при его латеральных движениях. Можно подчеркнуть, что в современной литературе включение в дислокацию моренного материала рассматривается как признак наличия структур именно гляциотектонического происхождения [Левков, 1980; Лаврушин, Чугунный, 1982 и др.].

В имеющемся случае ярко проявлены свидетельства переувлажнения подстилающих толщ в процессе деформации. Породы превращены в крошево, в котором происходит постепенный переход от морены к пермским отложениям. Слоистость в последних прослеживается в виде размытых полос с неясными границами. Подобное происходит при сильном переувлажнении грунтов во время протекания деформационных процессов, а наблюдаемая порода получила название гляциотектонита [Лаврушин, 1980]. Возраст структуры, видимо, аналогичен возрасту предыдущей дислокации.

Третий пример проиллюстрировал наиболее распространенный тип антиклинальной складки, для которого характерно ассиметричное строение крыльев с частичным подворотом слоев и бескорневой характер. В складкообразование вовлечена только незначительная по мощности пачка пород, слои ниже послынного горизонта срыва залегают субгоризонтально. Признаков, позволяющих судить о возрасте этой складки в имеющемся случае не наблюдается. Причиной образования этой структуры является проскальзывание вышележащей слоистой пачки пород по нижележащей с сокращением длины скользящей части и появлением складчатой структуры, которое можно связать как с тектоникой, так и с гляциотектоникой. Возможными механизмами являются: выход на поверхность тектонического надвига значительной амплитуды, волочение примерзшей к дну ледника пачки пород, выдавливание материала из-под края ледникового массива при его подвижках [Левков, 1980; Лаврушин, Чугунный, 1982].

В четвертом случае в обнажении непосредственно наблюдается подошва складки и послынный срыв. Видно, что раздробленный материал подошвенного слоя перераспределен в ядро складки и сама складка в этом месте приближается к изоклиальному типу. Выше крылья структуры выполаживаются. По обеим сторонам складки наблюдаются «плечи» из субгоризонтально залегающих слоев, причем эти плечи ассиметричны: вся пачка слоев со стороны более круто наклоненного крыла складки утонена и как бы сплюснута

по сравнению со стороной, примыкающей к более пологому крылу складки (см. рис. 6). Это явление наблюдается не только на уровне складки, но и ниже, в подстилающих ее слоях, что видно по наличию под складкой слабо выраженной флексуры и наклонному залеганию подстилающих слоев. Имеющаяся форма структуры наводит на мысль о проявлении субвертикального штампа, который сплюснул слои с одной стороны от складки, что сопровождалось горизонтальным срывом по поверхности напластования и отжиманием материала в область меньшего давления. Наблюдается смятие слоев и нагнетание материала в ядро образовавшейся складки.

Имеющаяся структура логичнее всего может быть объяснена различным по силе вертикальным давлением на приповерхностный слой пород крупных массивов льда, разделенных трещиной. При этом становится понятна и диапироподобная форма складки в основании структуры – в этом месте, под трещиной, как раз и должна располагаться область наименьшего давления. Максимальная степень деформации пород в ядре складки связана с близостью к активной тектонической границе горизонтального срыва под складкой. Судя по ассиметричной форме структуры в ее образовании вероятно участвовали также горизонтальные подвижки ледяного штампа с некоторым поджиманием складчатой структуры со стороны более крутого крыла.

Таким образом, наиболее вероятно происхождение этой складки в результате проявления гляциотектоники. Можно предположить следующий механизм ее образования. На определенной стадии своего развития ледниковый панцирь образовал трещину и распался на отдельные блоки, которые с разной силой стали давить на подстилающий субстрат как в вертикальном, так и в латеральном направлении. Это привело к перемещению пород подо льдом и горизонтальному послынному срыву. При этом, под трещиной (видимо приоткрытой) в леднике образовалась область относительного растяжения, что облегчило диапироподобное перемещение субстрата вверх и образование антиклинальной складки.

Рассмотрев все перечисленные выше примеры, можно констатировать, что в качестве основной причины образования складчатых дислокаций, нарушающих пермские толщи можно рассматривать воздействие преимущественно движущегося ледника на пластичные породы своего ложа на завершающих стадиях своего развития или при начале дегляциации. В это время начинается таяние льда и переувлажнение подстилающих пород, а единый ледник распадается на отдельные фрагменты или языки, обладающие собственной

подвижностью. Безусловно, материалы для такого утверждения имеются далеко не по всем имеющимся складкам. В обнажениях мы в основном наблюдаем деформации только коренных толщ, а вовлечение в процесс морены или четвертичных песков весьма редки. Однако все складки имеют схожий тип деформации, и отличаются, по сути, только наличием или отсутствием включений четвертичных пород. На этом основании мы можем предположить единые время и причину их образования, связанные с воздействием ледникового покрова.

Можно привести еще несколько общих соображений, объясняющих особенности имеющихся структур.

Как уже отмечалось, оси складок имеют северо-восточное, реже субширотное простирания. Известно, что в этих местах покровный ледник двигался в юго-восточном направлении. Кроме этого, как установлено в работе [Лавров, Потапенко, 2005] северо-западнее и севернее р. Сухона, по обоим берегам реки Северная Двина и далее к северо-востоку, по геолого-геоморфологическим данным отчетливо прочитываются следы нескольких крупных ледниковых лопастей, обособившихся на стадии дегляциации последнего ледникового покрова. Они также двигались в основном в юго-восточном направлении во время периодических активизаций отступающего ледника. Такое направление движения льда должно было стать причиной образования складок северо-восточного простирания, как расположенной перпендикулярно движению. Из приведенной схемы понятно также, что отдельные языки лопастей повсеместно имели тенденцию к повороту по часовой стрелке, и движению к югу, или даже к юго-западу. Движение таких языков скорее всего и явились причиной образования складок с субширотным простиранием осей.

Проведенные исследования показали, что при одном и том же простирании, осевые плоскости различных складок могут быть наклонены в разных направлениях: в юго-восточном, отвечающим в целом движению ледника (что встречается чаще всего), и в противоположном – северо-западном. Одно из объяснений такого поведения вергентности складок может быть дано с позиций подвижности локальных ледниковых останцов или языков. Анализ опубликованной в работе [Лавров, Потапенко, 2005] схемы расположения ледниковых лопастей показывает, что ледниковая лопасть, двигавшаяся по палеодолине р. Северная Двина поворачивала по часовой стрелке и образовывала язык, заходивший в низовья палеодолины р. Сухона, существование которой доказано бурением [Государственная..., 1989]. Вполне вероят-

но, что подобные повороты ледниковых языков имели место и в остальных частях долины. Эти языки могли выдавливать геологический субстрат не только по направлению своего движения, но и в стороны, что и обусловило появление складок разной вергентности.

Можно предположить также, что разделение ледникового панциря на завершающей стадии оледенения на отдельные блоки и обводнение подстилающих пород могло привести к разнонаправленному выдавливанию приобретших пластичность толщ из-под отдельных блоков льда. Эти блоки, подстилаемые глинистыми породами, на склонах палеодолины р. Сухоны могли приобрести горизонтальную подвижность, направленную в сторону понижения рельефа и обратную направлению движения ледникового панциря во время его общего наступления.

Кроме того, выстраивающиеся почти по одной прямой, параллельно краю ледника, складки наводят на мысль об образовании общего вала выдавленных пород перед краем этого ледника. Если вал образовывался на некотором расстоянии перед фронтом льда, то в нем вполне возможны проявления складок с разной вергентностью.

Последнее объяснение выделения нами складок, наклоненных к северо-западу, лежит в области возможности ошибок при реконструкции, т.к. подобные структуры исследовались по отдельным фрагментам в обнажениях.

В процессе полевых работ в Архангельской области нами иногда наблюдались небольшие горизонтальные послонные срывы в приповерхностных частях разреза пермских толщ, по направлению совпадающие с перемещением ледников. Такие структуры обычно связывают с воздействием ледника. В частности, подобное возможно при примерзании поверхности коренных пород к нижней части подвижного льда и их волочению, а также за счет направленного давления движущегося ледника на свое ложе. [Левков, 1980].

Не является однозначным подтверждением тектонической концепции образования складок, в изученной части долины р. Сухона, и соотношение их с зоной Среднерусских дислокаций. Область наиболее интенсивных проявлений этих дислокаций расположена юго-восточнее исследованного района и находится над центральными частями Среднерусского авлакогена.

Противоречит тектонической гипотезе образования складок, как связанных с активностью разрывов, отсутствие в обнажениях по берегам реки Сухона значительных зон тектонического дробления и мелонитизации, которые бы отвечали разрывным нарушениям. Нет их, скорее всего, и под руслом реки, поскольку эти зоны ни-

где не наблюдаются на берегах в тех местах, где река делает колена и напротив прямолинейного участка реки оказывается берег. Имеющиеся системы трещин образуют рисунок из субмеридиональной, субширотной и диагональных систем, в которых местами отчетливо преобладают северо-восточное и северо-западное направления. Этим же направлениям подчиняются излучины реки Сухоны и ее притоки, прямолинейные на значительных расстояниях, что свидетельствует о том, что имеющаяся сеть трещин распространена по всей исследуемой территории. Детальные наблюдения показывают, что в системах Сухонского (северо-восточного, северо-северо-восточного) направлений местами присутствуют ряды кулисных трещин, отвечающих в большинстве случаев левому сдвигу по этим направлениям (см. также Колодяжный, 2010). Лишь в отдельных случаях по этим направлениям отмечаются хуже выраженные кулисные системы, отвечающие правому сдвигу. Однако, в сумме, эти трещины отвечают лишь слабой степени рассеянного сдвига по широкой зоне в коренных породах и не могут проинтерпретировать интенсивного складкообразования в верхних горизонтах коренных толщ.

Какова же возможная роль неотектоники в появлении складчатых структур? Прежде всего это создание рельефа ледникового ложа, который во многом определялся наличием прадолины р. Сухоны. Появление ее не может быть объяснено только ледниковой экзарацией, т.к. она расположена в плане почти перпендикулярно генеральному направлению движения ледника. Относительно геологической структуры, современная долина, наследующая доледниковую, проходит под острым углом, или примерно параллельно Рыбинско-Сухонскому мегавалу и разрывам, ограничивающим Среднерусский авлакоген (вернее к их проекции на поверхность). Северо-восточнее района работ она пересекает как зону этих разрывов, так и мегавал, образующий неотектоническое поднятие. Одновременно, ее общее направление соответствует простиранию системы разрывов, оконтуривающих Балтийский щит и относящихся к циркумбалтийской зоне [Юдахин и др, 2003]. Скорее всего, появление долины именно такого простирания свидетельствует об активизации в новейшее время как разрывов, окаймляющих Балтийский щит, так и пограничных разрывов авлакогена, которые именно в этих местах совпадают по простиранию. На поверхности эти разрывы проявляются в трещиноватости, образующей системы соответствующего северо-восточного простирания, которые проявляются не только в коренных пермских породах, но и, как показали наши исследования, в четвертичных песках. Видимо, имеет

место также, и некоторое «отжимание» реки от выраженного в рельефе и растущего в новейшее время мегавала.

Можно сделать некоторые общие заключения и о структурно-кинематической модели новейшего развития района. Встречающиеся в обнажениях коренных пород кулисные системы трещин свидетельствуют о преимущественно левосдвиговых перемещениях вдоль циркумбалтийской системы разрывов в исследуемом районе. Об этом же свидетельствует и кулисное расположение пологих валов, устанавливаемых здесь же по кровле казанских отложений [Колодяжный, 2010]. Вероятным подтверждением неотектонической левосдвиговой подвижности является пространственное сочетание прямолинейной депрессии долины р. Северная Двина, которая скорее всего, заложилась по зоне новейшего растяжения [Юдахин и др, 2003; Колодяжный, 2010 и др.] и подходящей к ее юго-восточному окончанию зоне рассеянного левого сдвига, маркируемой долиной р. Сухона. Можно предположить (вслед за С.Ю. Колодяжным, 2010), что эти связи носят не случайный, а парагенетический характер типа сдвиг-раздвиг, отражающий характер новейшей тектонической подвижности в этом районе ВЕП.

Формы рельефа, вероятно, повлияли на характер расположения и подвижность ледниковых останцов. Неоднородности рельефа прадолины реки, наличие прямолинейных участков, повторяющих системы трещин коренного ложа, по всей видимости, определили появление прямолинейных трещин в самом леднике. С этими трещинами затем было связано складкообразование в породах субстрата.

Нельзя отрицать также возможность импульсных сейсмических проявлений, которые могли иметь место как гляциоизостатические, связанные с изменением ледниковой нагрузки. Они также могли создавать трещины в ледниковом панцире или в отдельных ледниковых останцах и приводить к повышению подвижности обводненных масс пород. Видимым подтверждением возможности подобного процесса является наличие в обнажении у с. Дор-Сухонский погребенных обвалов, маркируемых мегабрекчиями и образовавшихся параллельно с развитием складчатых структур (см рис. 3).

Заключение

Наблюдаемые особенности локальных складчатых структур, осложняющих пермские толщи в районе долины р. Сухона, свидетельствуют в пользу их гляциотектонического происхождения. Подобный вывод основывается главным образом

на участии моренного материала в строении некоторых из исследованных складчатых структур. Время их образования – завершающие этапы развития ледниковых покровов, в то время, когда ледяные лопасти еще не потеряли своей подвижности, но уже происходило активное обводнение подстилающих пород. Механизм образования всех описанных складчатых структур связан с реакцией глинистых пород на преимущественно латеральное давление ледниковых лопастей. При этом обращает внимание, что складчатые структуры образуют пояс, достаточно четко сочетающийся с краевой зоной ледниковой лопасти. Известно, что область наибольшего воздействия ледника на свое ложе приурочена к максимальным градиентам давления. Последние обычно связаны с зоной резкого изменения рельефа ледниковой лопасти и его мощности во фронтальной части и усиливаются при его подвижках. Результат находит свое выражение в образовании складчатых деформаций в приповерхностной части толщ преимущественно глинистых пермских отложений, слагающих ледниковое ложе. Все это позволяет связывать возникновение этих структур с гляциодинамическим процессом, вызвавшим гляциотектонические деформации в породах ледникового ложа.

Работа выполнена при поддержке программы ОНЗ РАН № 9.

ЛИТЕРАТУРА

- Голубев В.А.* Строение Каневских и Мошногорских дислокаций в свете новых данных // Геол. Журнал. 1970. т.30. №4 С. 82–91.
- Государственная геологическая и гидрогеологическая карты СССР масштаба 1:200000. серия Мезенская. Листы: Р-38-XXXI (Кулойский); Р-38-XXXII (Тарногский городок); Р-38-XXXIII (Нюксеница); О-38-I (Тотьма); О-38-II (им. Бабушкина). Объяснительная записка. Москва. Союзгеолфонд. 1989. 172 с.
- Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:1000000. лист Р-38 (Великий Устюг). Объяснительная записка. Москва, Недра. 1965. 132 с.
- Колодяжский С.Ю.* Структуры латерального перемещения северо-восточной части Восточно-Европейской платформы // Тектоника и геодинамика складчатых поясов и платформ фанерозоя. Материалы XLIII Тектонического совещания. Том 1. М.: ГЕОС. 2010. С. 336–341.
- Крапивнер Р.Б.* Бескорневые неотектонические структуры. М.: Недра, 1986. 204 с.
- Лавров А.С. Потапенко Л.М.* Неоплейстоцен северо-востока Русской равнины. Москва. Изд-во ВАГТ. 2005. 222 с.
- Лаврушин Ю.А.* Особенность строения рыхлых отложений конечных морен // Доклады АН СССР, 1980. Т.254. №1 С.180–182.
- Лаврушин Ю.А., Чугунный Ю.Г.* Каневские гляциодислокации. М.: Наука, 1982. 102 с.
- Левков Э.А.* Гляциотектоника. Минск: Наука и техника. 1980. 277 с.
- Почвенно-геологические условия Нечерноземья. М.: Изд-во Моск. Ун-та. 1984. 608 с.
- Чамов Н.П.* Тектоническая история и новая модель формирования Среднерусского авлакогена // Геотектоника. 2005. №3. С. 3 – 22.
- Юдахин Ф.Н., Шукин Ю.К., Макаров В.И.* Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы. Екатеринбург: УрО РАН. 2003. 299 с.