

#2 (12) июнь 2019 г.



Окружающая среда

Санкт-Петербурга

ДВОРЦЫ ПОД ЗЕМЛЕЙ

«ЧИСТЫЙ БЕРЕГ»

ГЕОПАРКИ РОССИИ

ГОРНЫЕ МУЗЕИ

ТЕМА НОМЕРА:

КАМЕННОЕ УБРАНСТВО ГОРОДА

Стратиграфия, геологическая история и тектоника долины реки Поповки

П.В. Федоров, Институт наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный университет

На территории Ленинградской области, к югу от обширной низменности, занятой Финским заливом, долиной реки Невы и Ладожским озером, располагается возвышенное Ордовикское плато, которое протягивается с запада на восток почти на 300 км – от реки Нарвы, по которой проходит граница России и Эстонии, до реки Сясь в Волховском районе. Естественной границей низменности и Ордовикского плато является более или менее отчетливо выраженный в рельефе уступ, который называется Балтийско-Ладожский глинт (рис. 1). Саму низменность геологи называют «Предглинтовой».

Ордовикское плато и склон Балтийско-Ладожского глинта так же, как и территории, простирающиеся на сотни километров к северу, югу, западу и востоку от них, почти повсеместно покрыты слоем донной морены, оставленной последним ледником Великого Четвертичного оледенения. Под мореной, состоящей из чрезвычайно неоднородной смеси материала, принесенного ледником (от глины, образованной в результате перетирания обломков при движении ледника, до гигантских валунов), залегают осадочные горные породы, сформированные задолго до ледникового периода. Эти породы, называемые геологами «коренными», становятся доступными для наблюдения – выходят на дневную поверхность (или, как говорят геологи, обнажаются) – только в карьерах, где они разрабатываются для хозяйственных нужд, и в глубоко врезуемых участках речных долин.

Такие врезуемые участки весьма характерны для многочисленных рек и ручьев, стекающих с Ордовикского плато к Финскому заливу, реке Неве



Рисунок 1. Схематическая геологическая карта Ордовикского плато и сопредельных территорий со снятым покровом четвертичных отложений (по Т.Н. Соколовой, 1971), упрощено. Черным прямоугольником на карте-врезке обведен каньонообразный участок долины реки Поповки

и Ладожскому озеру. Медленные равнинные реки и ручьи с широкими долинами, достигнув Балтийско-Ладожского глинта, превращаются в быстрые потоки, напоминающие горные, с глубоко врезуемыми каньонообразными долинами, благодаря локальному увеличению уклона. У основания глинта потоки теряют свою энергию и снова становятся спокойными равнинными реками и ручьями.

Небольшая река Поповка относится к числу рек, вскрывающих коренные горные породы, которые слагают Балтийско-Ладожский глинт и прилегающий к глинту край Ордовикского плато. Каньонообразный участок долины Поповки занимает около 3,5 км по прямой (4,5 км по руслу) и прослеживается от южной границы СНТ «Славяночка-2» до места впадения Поповки в реку Славянку. С 2013 года этот уникальный для Севе-

ро-Запада России геологический объект имеет статус памятника природы регионального значения «Долина реки Поповки». Перепад высот на этом отрезке – около 30 м. Крутизну склона глинта в нижнем течении реки Поповки можно оценить, находясь на Горной улице, протягивающейся параллельно речной долине в поселке Пязелево.

Внутри каньонообразного участка долины реки Поповки можно наблюдать многочисленные естественные выходы коренных осадочных горных пород, накопившихся в кембрийском, ордовикском и девонском периодах. Под ними, по данным бурения, залегают еще более древние осадочные породы кембрийского и вендского периодов. Вендские отложения (возрастом 570–542 млн лет), в свою очередь, располагаются на ровной поверхности кристаллического фундамента Восточно-Европейской платформы, сложенного в этом месте метаморфическими породами нижнего протерозоя, сформировавшимися 1,6–2,5 млрд лет назад.

Общие сведения о стратиграфии коренных отложений долины реки Поповки

Стратиграфия – раздел геологии, который описывает последовательность залегания осадочных горных пород. Кембрийские, ордовикские и девонские коренные породы долины Поповки представлены толщами различного минерального состава, окраски, прочности. Среди них можно обнаружить глины, алевролиты (породы, сложенные частицами размером 0,004–0,05 мм, т. е. меньше песчаных, но больше глинистых) и аргиллиты (уплотненные до камнеподобного

| Эратема | Система | Отдел | Ярус | Горизонт | Свита | Время, млн. лет назад |
|--------------|-------------|---------|---------------|----------------|--------------|-----------------------|
| Палеозойская | Девонская | Средний | Живетский | | | 388 |
| | | | Эйфельский | Черноярский | Наровская | |
| | | | | Мосоловский | | |
| | | | | Клинцовский | | |
| | | | | Бийский | | |
| | | Нижний | Эмский | | | 393 |
| | | | Зигенский | | | |
| | | | Жединский | | | |
| | Силурийская | | | | | 419 |
| | Ордовикская | Верхний | Хириантский | Поркунинский | | 444 |
| | | | Катийский | Пиргуский | | 445 |
| | | | | Вормсиский | | |
| | | | | Набалаский | | |
| | | | | Раквереский | | |
| | | | | Оандуский | | |
| | | | | Кейлаский | | 453 |
| | | | Сандбийский | Хальяльский | | |
| | | | | Кукрузеский | | 458 |
| | | Средний | Дарривильский | Ухакусский | | |
| | | | | Ласнамягинский | | |
| | | | | Азериский | | |
| | | | | Кундаский | Симанковская | |
| | | Нижний | Дапинский | Волховский | Синявинская | |
| | | | Флюсский | Латорпский | Обуховская | |
| | | | Тремадокский | Варангуский | Сидлаурская | 467 |
| | | | | | Волховская | 470 |
| | | | | | Лезтеская | 478 |
| | | | | Пакерортский | Копорская | |
| | Кембрийская | Верхний | Батырбайский | Ладожский | Тосненская | 485 |
| | | | Аксайский | | Ладожская | |
| | | | Сакский | | | |
| | | Средний | Аюсокканский | Толбухинский | Саблинская | 497 |
| | | | Майский | Луковский | | |
| | | | Амгинский | Веселовский | | |
| | | | | Дейменский | | |
| | | Нижний | Тойонский | Киbartайский | | |
| | | | Ботомский | Раусвенский | | |
| | | | Атдабанский | Вергальский | | |
| | | | | Доминопольский | | |
| | | | Томмотский | Лонтоваский | Сиверская | ~ 525 |

Рисунок 2. Стратиграфия и геохронометрия толщ коренных осадочных пород долины реки Поповки. Системы, отделы и ярусы являются глобальными стратиграфическими подразделениями, устанавливающими периодизацию истории земной коры на основании эволюции фауны и флоры. Горизонты отражают периодизацию регионального развития. Свиты называются локальные геологические тела, отличающиеся от соседей снизу, сверху и с боков особенностями состава и свойств слагающих их пород

состояния глины), песчаники, разнообразные по окраскам, ископаемой фауне и минеральным включениям известняки, доломиты и мергели (смесь известняка и глины). Формирование этих пород происходило в мелководных внутренних

морях, то надолго заливавших огромные площади на поверхности континента, то снова на длительное время отступавших.

Внутри и вокруг каждого из морских бассейнов, оставивших осадочные толщи на поверхно-

сти континента, господствовали неповторимые географические обстановки, которые, впрочем, были не статичны и изменялись со временем, поэтому накопившиеся толщи оказались похожи на слоеный торт, состоящий из множества коржей, каждый из которых был последовательно приготовлен из различных ингредиентов своим особым способом. При этом естественным образом каждый вышележащий слой оказался отложен после предыдущих слоев, т. е. моложе. Только в отличие от торта промежутки времени между отложением некоторых толщ могли достигать десятков миллионов лет (рис. 2).

Коренные породы долины реки Поповки и палеогеографические обстановки их накопления

Во время отложения коренных осадочных толщ облик континентов и океанов был совершенно иным, чем в наши дни. Та территория, где сейчас течет река Поповка, располагалась на поверхности континента Балтика, который состоял из древней Восточно-Европейской платформы и присоединившейся к ней в вендском периоде Тимано-Печоро-Баренцевской области, включающей архипелаги Новая Земля и Земля Франца-Иосифа (рис. 3).

На протяжении кембрийского периода и в начале ордовикского континент Балтика располагался в высоких широтах южного полушария (рис. 4) между тремя соседними континентами – Лаврентией (древняя часть современной Северной Америки), Сибирью (современная Восточная Сибирь) и Гондваной, включавшей современную Австралию, Антарктиду, Африку, Аравию, Индостан,



Рисунок 3. Контуры кембро-ордовикского континента Балтика в составе современной Евразии. Местоположение реки Поповки здесь и далее показано квадратом с красной заливкой



Рисунок 5. Контуры морского бассейна, занимавшего часть континента Балтика в раннем кембрии



Рисунок 4. Реконструкция положения континентов в раннем кембрии 540 млн лет назад (по Р. Блэки)

Южную Америку, Мадагаскар, Китай, крупные участки Южной Азии и Западной Европы.

Ранний кембрий

Самые древние отложения долины реки Поповки представлены глинами нижнего кембрия, поэтому рассмотрение истории формирования местных коренных пород логично начать с них. Значительная часть континента Балтика в начале раннего кембрия покрывалась водами мелководного морского бассейна, который простирался от его западного края через центр до Тиманида, в то время представлявших собой невысокую полуразрушенную горную страну.

На западе бассейн открывался к океану Япетус. С севера и юга его обрамляла пологая равнинная суша (рис. 5).

На поверхности этой суши обнажались кристаллические породы архейского и раннепротерозойского возраста, слагающие фундамент континента, и местами ранее отложенные песчаники, алевролиты и глины позднего венда. Вдоль берегов раннекембрийского моря накапливались пески, смытые, главным образом, с окружающих участков суши, а на удалении от берега – знаменитые неслоистые серо-голубые глины сиверской (лонтоваской) свиты. В Ленинградской области обыч-

ная мощность глин составляет 110–130 м. Толща глин накопилась за 4–7 млн лет. Это довольно высокая скорость для Восточно-Европейской платформы. Для сравнения: точно такой же интервал времени понадобился для накопления нескольких десятков сантиметров глауконитовых песчаников и известняков лезтесской свиты нижнего ордовика.

На континенте в сиверское время господствовал умеренный климат, отличавшийся от современного климата умеренных широт отсутствием ярко выраженной сезонности, чем и объясняется отсутствие в глинах слоистости, следов штормов и сильных течений. Основной областью сноса глинистого материала, поступавшего в раннекембрийское море, по-видимому, являлись Тиманиды и прилегающие к ним участки платформы. Органический мир бассейна не отличался разнообразием. Во время накопления сиверских глин способность создавать прочный минеральный скелет приобрели только самые мелкие многоклеточные животные, которые известны под названием «мелкомерная скелетная фауна». Более крупные представители кембрийской фауны, такие как трилобиты и археоциаты, появились в геологической летописи позже.

Наиболее распространены в сиверских глинах сегментированные трубочки бентосных фораминифер рода *Platysolenites*, состоящие из белого аморфного кремнезема, цементирующего зернышки кварца, реже встречаются обугленные хитиновые трубочки *Sabellidites*, еще реже слепки мелких моллюсков – гастропод и хиолитов, тонкие и легко растворимые известняковые раковинки которых

не сохранились. Кроме того, в глинах обнаружены микроскопические акритархи – спороподобные остатки одноклеточных организмов неопределенного систематического положения, а также слепки и отпечатки ходов-туннелей, оставленных жившими в глиняном осадке небольшими червеобразными животными, не имевшими скелетов.

Кроме упомянутых организмов, оставивших в глине свои скелеты и следы жизнедеятельности, в раннекембрийском море жили бесскелетные одноклеточные животные и растения, которые служили пищей для многоклеточных животных. О захоронении этих примитивных организмов в осадках свидетельствует обилие в сиверских глинах мелких кристаллов минерала пирита (дисульфида железа). Кристаллы пирита состоят из атомов серы и железа, которые относятся к числу биологически значимых элементов и имеются в клетках всех организмов. Пирит в осадочных толщах формируется как аутигенный (т. е. образующийся на месте нахождения) минерал из ионов этих элементов, высвободившихся при разложении органического вещества. Поскольку для образования пирита требуется бескислородная среда, синтез этого минерала происходит не на поверхности, а на некоторой глубине внутри осадка, недо-

стижимой для диффузионного проникновения кислорода из водной толщи.

После накопления толщи сиверских глин море отступило на западную окраину континента, где на протяжении оставшейся части раннего кембрия и в начале среднего кембрия продолжали накапливаться преимущественно песчаные толщи. Глины сиверской свиты можно увидеть в нескольких небольших обнажениях, расположенных в русле реки Поповки и вблизи него, в 180–240 м выше Пязелевского моста. Эти обнажения вскрывают лишь близкие к кровле (геол. термин, обозначающий верхнюю поверхность) слои сиверских глин. В большинстве из них видимая мощность (так геологи называют толщину слоя) глин не достигает 10 см (рис. 6), и лишь на небольшом отрезке левого берега, удалив современные склоновые наносы, можно вскрыть разрез глин мощностью 2–3 м.

Несмотря на то, что в известных обнажениях голубые глины перекрыты молодыми осадками – озерно-ледниковыми или речными, выше по реке на них несогласно (в геологии: с доказанным перерывом в осадконакоплении) налегают светлые желтовато-серые, слабо сцементированные мелкозернистые кварцевые песчаники саблинской свиты, накопившиеся в среднекембрийскую эпоху. Контакт сиверских глин и

Кроме упомянутых организмов, оставивших в глине свои скелеты и следы жизнедеятельности, в раннекембрийском море жили бесскелетные одноклеточные животные и растения, которые служили пищей для многоклеточных животных.

саблинских песчаников, сами саблинские песчаники, так же как и перекрывающие их верхнекембрийские песчаники ладожской свиты и большая часть кембро-ордовикских песчаников тосненской свиты, недоступны для наблюдения; они скрыты под каменистыми известняковыми осыпями на крутых склонах долины.

Средний кембрий, поздний кембрий и основание ордовика

Морские воды вновь покрыли центральные части континента Балтика, и в частности территорию современной долины реки Поповки, только в середине среднего кембрия. Средне-верхнекембрийское внутриконтинентальное море имело меньшие размеры, чем море сиверского времени, и иную конфигурацию (рис. 7).

На мелководье этого моря накапливались косослоистые кварцевые песчаники, которые слагают три разделенные перерывами в осадконакоплении свиты (толщи), называемые (снизу-вверх) саблинской, ладожской и тосненской по рекам Саблинка, Ладожка и Тосна, соответственно. Песок смывался в морской бассейн с низменной суши. Источником песка, вероятно, являлись ранее отложенные толщи позднего венда. Внутри бассейна песок подхватывался донными течениями, которые собирали его в невысокие подводные дюны. Течения часто меняли направление и интенсивность, дюны мигрировали то в одну, то в другую сторону, поэтому песчаники состоят из множества разноориентированных серий косых слоев, обычно небольшой мощности, разделенных поверхностями напластования.



Рисунок 6. Естественный выход голубых глин нижнего кембрия на правом берегу реки Поповки, в 230 м выше Пязелевского моста. Фото автора



Рисунок 7. Контурные морских бассейнов, покрывавших континент Балтика в среднем кембрии, позднем кембрии и в начале ордовика



Рисунок 8. Естественное обнажение песчаников тосненской свиты на левом берегу реки Поповки (от уреза воды до верха рюкзака) и расчистка выше по склону, вскрывающая последовательно битуминозные аргиллиты, глауконитовые песчаники и нижние слои глауконитовых известняков. 345 м ниже моста на Графской дороге по прямой. Фото автора

Песчаники ладожской свиты отличаются от саблинских более светлой окраской, типом косой слоистости, лучшей цементацией и заметно большим таксономическим разнообразием органических остатков. В их основании нередко присутствуют гальки плотноцементированных песчаников, которые являются свидетельством длительного континентального перерыва между накоплением

саблинской и ладожской свит и последующей эрозии в начале ладожского времени. На ладожской свите, также со следами эрозии в основании, залегает следующая песчаная толща – тосненская свита. Из верхней части саблинских песчаников известны редкие целые створки раковин лингулиформных (или, по традиционной классификации, беззамковых) брахиопод семейства оболида

(Obolidae). Створки этих ископаемых состоят из фосфата кальция – минерала, из которого производят фосфатные удобрения. В песчаниках ладожской и тосненской свит целые раковинки сохраняются редко; здесь, в силу более интенсивной динамики вод, присутствуют преимущественно их обломки.

Кроме лингулиформных брахиопод, в ладожской и тосненской свитах присутствуют конодонты – микроскопические фосфатные зубчики древнейших родственников миног и миксин. Обладатели зубного аппарата, состоящего из конодонтов, быстро эволюционировали и расселились в водах древних морей и океанов; после своей смерти они оставляли комплексы различных по форме конодонтов в породах разного возраста, от позднего кембрия до позднего триаса включительно. Поэтому конодонты весьма широко используются в современной геологии для определения относительного возраста горных пород. Конодонты были впервые в мире обнаружены в середине XIX века известным российским естествоиспытателем, балтийским немцем по происхождению, Христианом Ивановичем Пандером (1794–1865) именно в обнажениях долины реки Поповки. Суммарная мощность кембро-ордовикских песчаных толщ составляет здесь 5–8 м, из них только верхняя часть тосненской свиты представлена в естественных выходах (рис. 8).

**Нижний ордовик,
копорская свита
(битуминозные аргиллиты)**

Накопление кварцевых песчаников тосненской свиты продолжилось и в самом начале ордовикского перио-

да. На песчаниках тосненской свиты в обнажениях Поповки с резким контактом залегают темные, почти черные сланцеватые битуминозные аргиллиты копорской свиты (рис. 8), однако перерыва в накоплении осадков между этими толщами не обнаружено. Битуминозные аргиллиты состоят из микроскопических ($<0,004$ мм) частичек глинистых минералов с примесью чуть больших по размерам обломков полевых шпатов, слюды и некоторых других минералов, органических обломков акритархов, а также обугленных колоний полухордовых животных – граптолитов и их фрагментов. В целом они содержат до 10–20% рассеянного органического вещества, в том числе естественных битумов – смолоподобных веществ, образовавшихся из органического вещества планктона в ходе превращения осадка в горную породу. Из-за пропитки нерастворимыми в воде битумами глины утратили способность размокать, т. е. превратились в битуминозные аргиллиты.

Битуминозные аргиллиты копорской свиты нередко упоминают под их традиционным названием «диктионемовые сланцы», уходящим корнями в первую половину XIX века. Это название происходит от названия одного из родов граптолитов – колониальных полухордовых животных с прочным органическим скелетом в виде соединяющихся друг с другом ветвей. Сейчас употребление сочетания «диктионемовые сланцы» считается некорректным, поскольку установлено, что вместо бентосных граптолитов рода *Dictyonema*, как считалось раньше, в аргиллитах встречаются исключительно их планктонные родственники рода

Rhabdinopora. Кроме граптолитов в копорских битуминозных аргиллитах обнаружены многочисленные и разнообразные акритархи, а западнее долины реки Поповки местами встречаются тонкие прослойки, состоящие из спикул кремниевых губок.

Характерной особенностью битуминозных аргиллитов копорской свиты является повышенное содержание некоторых редких металлов: молибдена, ванадия, рения и урана. Примесь урана несет потенциальную опасность для людей, живущих на севере Ордовикского плато, но только при пренебрежительном отношении к строительству жилых построек. Дело в том, что в цепочке радиоактивного распада урана до конечных стабильных изотопов свинца возникает целый ряд радиоактивных изотопов, в том числе три изотопа радона. Период полураспада самого долгоживущего из них, изотопа с атомным весом 222, составляет около четырех суток. Радон представляет собой бесцветный инертный газ, который именно в силу своей химической инертности легко покидает кристаллическую решетку урансодержащего минерала и оказывается в воздухе, порах почвы или грунтовых водах. Дальнейший распад превращает его в твердый радиоактивный металлический полоний 218.

На открытых пространствах радон из битуминозных аргиллитов не образует опасных концентраций и вносит лишь малозаметный вклад в формирование местного радиоактивного фона. Более того, при небольших концентрациях радон, растворенный в воде, используется в медицине для ванн и ингаляций, которые оказывают оздоровительное влияние на

кровеносную и нервную систему человеческого организма. Однако он может накапливаться до опасных концентраций в подвалах и цокольных этажах строений, недостаточно изолированных от грунта. При длительном нахождении в помещениях с высокой концентрацией радона человек вдыхает этот тяжелый газ с воздухом; из легких часть радона попадает в кровеносную систему. В итоге пребывание в рукотворных ловушках для радона приводит к гарантированному радиоактивному поражению легких и других жизненно важных органов.

В битуминозных аргиллитах можно обнаружить два различных по свойствам аутигенных минерала, образованных на стадии преобразования осадка в породу: пирит и антраконит. Пирит находится в аргиллитах в виде многочисленных мелких и микроскопических, неравномерно рассеянных кристалликов, которые можно увидеть только на свежих сколах. Этот минерал весьма неустойчив в условиях земной поверхности и со временем преобразуется в оксиды и гидроксиды железа. Из-за сильной трещиноватости всех местных коренных пород долины реки Поповки в толщу аргиллитов вместе с атмосферными водами поступает растворенный кислород, окисляющий пирит. В результате образуются бурые и желтые гидроксиды железа, которые осаждаются в виде цветных пленок и налетов на стенках трещин и поверхностях аргиллитов. Высвободившаяся при окислении пирита сера в форме сульфат-иона связывается с ионами кальция, захваченными дождевой водой при ее фильтрации через вышележащие известняки, в

результате в тех же трещинах иногда образуются разнообразные выделения гипса: пылеватые белые выпуклости, маленькие прозрачные удлинённые кристаллы, реже агрегаты мелких кристалликов в виде красивых блестящих розеток.

При накоплении битуминозных аргиллитов формирование аутигенного пирита происходило не только в толще богатого органическим веществом глинистого осадка, но и в пустотах между зернами подстилающих песчаников тосненской свиты. Поэтому самые верхние слои тосненских песчаников в обнажениях долины реки Поповки (рис. 8) нередко прочно сцементированы пиритом или продуктами окисления этого минерала.

Антраконит (этим термином обозначается кальцит, окрашенный примесями в черный цвет) можно обнаружить в нижней и средней части толщи битуминозных аргиллитов, где он слагает эллипсоидальные и округлые конкреции размером от первых сантиметров до 12–14 см. Конкрекции имеют радиально-лучистое внутреннее строение. Каждый луч представляет собой отдельный кристалл кальцита. Черную окраску минералу в нашем случае придает примесь органического вещества. Битуминозные аргиллиты выходят на дневную поверхность в нескольких местах долины реки Поповки, однако, чтобы увидеть их полную последовательность, необходимо производить расчистки. Мощность толщи аргиллитов на каньонобразном участке долины реки Поповка уменьшается вверх по течению с 110 до 83 см.

После отложения битуминозных аргиллитов копорской свиты море отступило с территории нынешней долины.

Морское дно на 2 – 3 млн лет превратилось в плоскую сушу, однако за это время не произошло сколь-нибудь значительного размыва довольно мягких аргиллитов. В обнажениях их верхняя граница всегда представляется гладкой и ровной, без следов эрозии.

Нижний ордовик, леэсская свита (глауконитовые песчаники и нижние глауконитовые известняки)

На битуминозных аргиллитах залегают грязно-зеленые глауконитовые песчаники (рис. 8). Вверх по разрезу песчаники сменяются глауконитовыми известняками, нижние слои которых вместе с глауконитовыми песчаниками отнесены к леэсской свите. Название свиты происходит от мызы Леэссе в Северной Эстонии.

Глауконитовые песчаники состоят из смеси прозрачных кварцевых песчинок и зеленых песчинок глауконита. В основании свиты располагаются глауконитовые песчаники йоаской пачки, слабо сцементированные глинистым материалом; выше по разрезу состав цемента изменяется на более прочный глинисто-известковый (благодаря этому цементу песчаники становятся весьма крепкими). Песчаники с карбонатным цементом относятся к мяэкюлаской пачке. Между слоями песчанников залегают прослои зеленовато-серых и бордово-серых глин, положение, мощность и количество которых меняется от места к месту. Глауконитовые песчаники во время накопления были многократно переработаны роющими животными бентоса, создавшими специфическую неоднородную текстуру биотурбации (биологического перемешивания).

Зеленый минерал глауконит интересен во многих отношениях. С одной стороны, он образуется, как правило, в виде зерен песчаной размерности; с другой стороны, относится к глинистым минералам. При очень большом увеличении на срезах и сколах зерен глауконита можно разглядеть, что каждое зерно представляет собой агрегат хрупких неровных микроскопических листочков глинистой размерности. Еще одной особенностью глауконита является то, что он, как и пирит, относится к числу аутигенных, т. е. образованных непосредственно в самом морском бассейне, минералов осадочных пород. В отличие от пирита, глауконит растет не в глубине осадка, а на его поверхности или непосредственно под поверхностью, на границе окислительной и восстановительной обстановки. Об этом свидетельствует присутствие в составе глауконита одновременно двух- и трехвалентного железа. Глауконит формируется фактически из неорганических соединений, растворенных в воде, но для начала его роста нужны или мелкие полости в осадке, например микроскопические раковинки, или пористые и трещиноватые зернышки осадка, которые выступают в качестве субстрата для роста.

Время, необходимое для формирования зерна глауконита, варьируется от первых тысяч до 100 000 и даже 1 000 000 лет, причем чем древнее зерно, тем темнее оно окрашено и тем больше калия входит в его состав (предельные содержания калия – 9%). От субстрата, на котором выросло зерно глауконита, практически ничего не остается, он полностью замещается этим зеленым минералом.

В глауконитовых песчаниках лезтесской свиты обнаружены



Рисунок 9. Конодонты из глауконитовых песчаников Поповки. Фото автора

многочисленные конодонты (рис. 9), количество которых может достигать до 10000 на 1 кг породы, акритархи, раковины брахиопод (здесь уже преобладают представители класса ринхонеллат – замковые брахиоподы, с карбонатной раковиной), редкие колонии мшанок, фрагменты панцирей трилобитов и скелетов иглокожих: криноидей (морских лилий) и цистоидей (морских пузырей).

Граница глауконитовых песчаников и песчаных глауконитовых известняков в разрезах долины реки Поповки проходит по отчетливой, гладкой, слегка волнистой поверхности напластования с неравномерно разбросанными воронковидными углублениями, переходящими в глубь слоя песчаников в цилиндрические норки неизвестных животных, шириной 1,5–2 см. Норки были вырыты до отложения перекрывающего известняка (рис. 10). Нижние слои глауконитовых известняков с прослоями глиен относятся к васильковской пачке лезтесской свиты.

Слои, принадлежащие васильковской пачке, окрашены в зеленые, желто-зеленые,



Рисунок 10. Кровля верхнего слоя глауконитовых песчаников внутри лезтесской свиты (фактически граница глауконитовых песчаников и глауконитовых известняков), вид сверху: норки в плотном темном песчанике заполнены светлым известняком. Эта граница располагается в 50 см выше основания глауконитовых песчаников; вскрыта в обнажении, изображенном на рис. 8. Фото автора

местами пестрые цвета, слабглинистые, иногда песчаные, неравномерно-слоистые, биокластические. Они разделены тонкими прослоями бордово-серых глиен. Известняки главным образом микрокристаллические, возникшие при затвердевании тонкого известнякового ила, в котором были беспорядочно рассеяны зерна глауконита и разного размера обломки скелетов жителей ордовикского моря, преимущественно трилобитов, замковых брахиопод и иглокожих. Известняковый ил, из которого образовались известняки, считается продуктом биологического разрушения известняковых скелетов беспозвоночных.

Глауконитовые известняки повсеместно тяжело биотурбированы роющими животными (рис. 11). На некоторых поверхностях напластования известняков обнаружены следы перерывов в осадконакоплении. Из макрофауны в известняках встречаются обломки трилобитов, брахиопод, иглокожих и очень редко колонии мшанок. Микрофауна представлена многочисленными конодонтами и акритархами.

Граница между лезтеской и вышележащей волховской свитами проводится большинством исследователей по исчезновению прослоев глин и появлению слоев среднеплитчатых плотных известняков, традиционно называемых «дикарями» (рис. 15).

Восстановление обстановок прошлого, в которых происходило накопление глауконитовых песчаников и известняков лезтеской свиты, представляет собой весьма сложную задачу из-за отсутствия прямых современных аналогов. Однако некоторые особенности этих обстановок могут быть установлены, они перечислены ниже:

- Из всех ордовикских толщ Ленинградской области лезтеская свита накапливалась самое длительное время, около 8 млн лет, при этом палеонтологическая летопись не фиксирует длительных перерывов в накоплении осадков. Разделив мощность разреза свиты на время ее образования, мы получим среднюю скорость накопления 0,15 мм/тыс. лет. Это значение намного меньше самой низкой скорости осадконакопления на современной Земле, зафиксированной в центральных частях океанов, предельно удаленных от континентов. Следовательно, поступление глинистых частиц с окружающей ордовикский бассейн суши было подавлено здесь даже в большей степени, чем в центральных областях океанов, так же как была предельно ограничена возможность развития популяции животных с карбонатными скелетами.

- Глауконит является нестойким минералом, он легко истирается и раскалывается и поэтому плохо переносит транспортировку волочением по песчаному дну. Следовательно, глауконитовые зерна из лез-



Рисунок 11. Текстура биотурбации в пестром глауконитовом известняке лезтеской свиты долины реки Поповки. Хорошо заметны срезы членников иглокожих (белые пятна) и трилобитов (вытянутые, неровные серые полосы). Пришлифованный образец



Рисунок 12. Контурные окраинных и внутренних эпиконтинентальных морских бассейнов, покрывавших континент Балтика в среднем ордовике



Рисунок 13. Последовательность ордовикских отложений от глауконитовых песчаников до ортоцератитовых известняков обуховской свиты, обнажающаяся на правом берегу реки Поповки, в восточном крыле антиклинальной складки, 50 м выше моста на Графской дороге. Фото автора

тесских песчаников не могли длительное время переноситься течениями, как кварцевые песчаники среднего кембрия – нижнего ордовика. Вероятно, они образовывались на месте. При этом остается непонятным, каким способом в область формирования глауконитовых песков приносились кварцевые песчинки.

- Современные данные свидетельствуют о том, что зерна глауконита не образуются при температуре ниже +6 °С, следовательно, температура воды ордовикского бассейна в лезтеское время была не ниже этой величины.

С отложения первых слоев глауконитовых песчаников лезтеской свиты начался

самый длительный этап затопления внутренних частей континента Балтика, который охватывает большую часть ордовикского периода (рис. 12). Максимальное затопление континента пришлось на вторую половину среднего ордовика.

**Нижний – средний ордовик,
волховская свита
(глауконитовые известняки)**

Глауконитовые известняки, залегающие на известняках васьковской пачки, разрабатываются для строительных нужд со времени основания Санкт-Петербурга. С XVIII века до начала XX века во многих местах от реки Ижоры до реки Волхов было заложено множество мелких частных плитных ломов, называемых «очистями». Добыча в то время производилась вручную. Позже, в советское время, разработка известняков была переведена на промышленную основу и сосредоточена в нескольких крупных карьерах. Самым известным из них является Путиловский, продолжающий работу в настоящее время. Местные плитомы разделили известняки на три последовательные (снизу-вверх) промышленные толщи – «дикарей», «желтяков» и «фризов» и создали дробную народную номенклатуру пластов и пачек внутри каждой промышленной толщи. Общим для всех трех промышленных толщ является наличие крупных зерен глауконита, хорошо различимых на сколах известняков даже без лупы.

Наибольшую ценность для разработчиков представляют «дикари» – крепкие среднеслоистые глауконитовые известняки, окрашенные в серые и пестрые, преимущественно желтые и красные цвета. В середине толщи «дикарей» есть только один тонкий слой, обо-

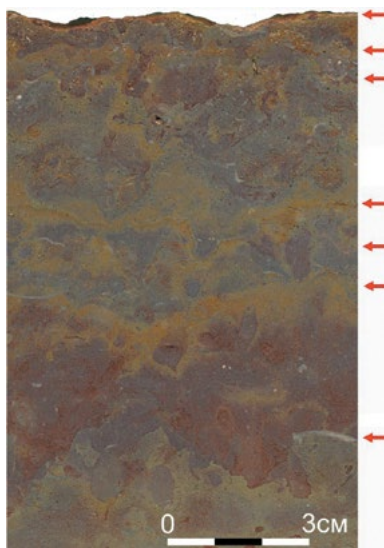


Рисунок 14. Несколько сближенных поверхностей уплотненного дна в известняке толщи «дикарей» помечены стрелками. Пришлифованный образец

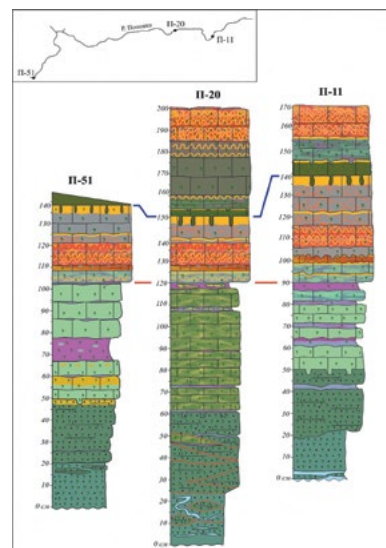


Рисунок 15. Верхняя граница лезтесской свиты (красные горизонтальные линии) и граница нижнего и среднего ордовика, совпадающая с поверхностью «стекла» в нижней части толщи «дикарей» в обнажениях долины реки Поповки (синие линии корреляции). Окраски пород – как в обнажениях. Для обозначения состава отложений использованы общеупотребимые условные обозначения (пояснения в тексте)

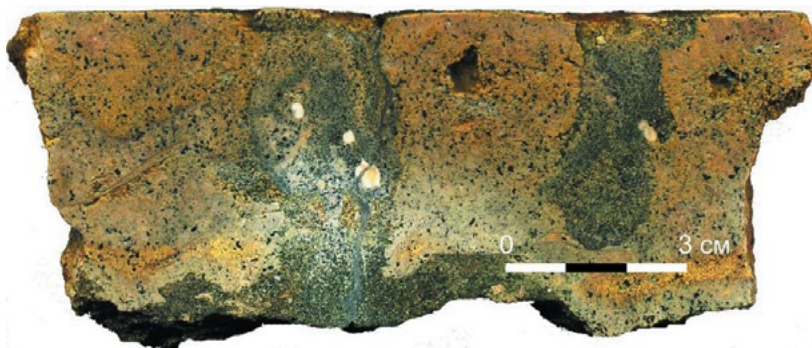


Рисунок 16. Слой глауконитового известняка толщи «дикарей» с ровной поверхностью «стекла» наверху, ржаво-желтой железистой пропиткой и крупными мешковидными норками, заполненными зеленым глауконитовым песчаником. Пришлифованный образец

гащенный глиной, – «бутина», который не используется. Остальные слои «дикарей» добываются в виде крупных плит размером до нескольких метров в поперечнике и толщиной 10–40 см. «Дикари» широко использовались раньше при строительстве зданий старого С.-Петербурга для изготовле-

ния ступеней лестниц, галерей, каменных полов и отделки фасадов. Теперь их добывают в основном для реставрационных работ и производства бутового камня. «Желтяки» и «фризы» представлены тонкослоистыми, реже среднеслоистыми слабogliнистыми известняками, часто переслаивающимися с глинами.

«Желтяки» названы по бросающимся в глаза желтым окраскам, хотя кроме чисто-желтых в толще присутствуют красные, зеленовато-серые и пятнистые слои. «Фризы» получили свое название по характерным горизонтальным выступам отдельных, самых прочных слоев в стенках карьеров, напоминающим одноименные горизонтальные элементы архитектурного декора. Их окраска преимущественно светло-серая с голубоватым и зеленоватым оттенком и светло-бордово-серыми разводами. Для «желтяков» и «фризов» специфичны неровные, бугорчатые пластовые поверхности. Прослой глины между известняками в сыром виде имеют темную грязно-бордово-серую окраску, в сухом виде – серую.

В долине реки Поповки вопрос о плитном промысле никогда не ставился по причине сильной локальной трещиноватости известняков. Тем не менее, несмотря на трещиноватость, типичные литологические особенности глауконитовых известняков здесь сохраняются (рис. 13).

Волховским известнякам свойственны разные соотношения карбонатного ила и обломков с карбонатным скелетом. Текстуры известняков представлены исключительно текстурами биотурбации, созданными инфанной – разнообразными мягкотелыми животными бентоса, перемещавшимися в поисках пищи и укрытия внутри неуплотненного карбонатного ила. На верхних поверхностях напластования отдельных слоев глауконитовых известняков тоже запечатлены следы биологической переработки, оставшиеся от более или менее длитель-



Рисунок 17. Чечевичные известняки силлаоруской свиты. Деталь обнажения, изображенного на рис. 13. Фото автора

ных перерывов в осадконакоплении. Эти следы обязаны своим происхождением тем представителям неподвижного эпибентоса, которые предпочитали рыть норки в уплотненном донном осадке (рис. 14) или высверливать их в окаменелой поверхности пласта, так называемой «поверхности твердого дна» (рис. 16).

Внутри толщи «фризов» проходит и граница дапинского и дарривильского ярусов среднего ордовика. Точное положение этой границы остается неопределенным в связи со сложностью сопоставления с типовым разрезом границы ярусов, находящимся на юго-востоке Китая.

Несмотря на то, что известняки волховской свиты накапливались с несколько большей скоростью, чем глауконитовые песчаники и известняки леэсеской свиты, условия осадконакопления в волховское время также непонятны и загадочны. Мощность волховской свиты в долине Поповки около 4,9 м. Из них на «дикири» приходится 1,9 м, «желтяки» – 1,2 м, «фризы» – 1,8 м.

Средний ордовик, силлаоруская свита (нижний чечевичный горизонт)

Свита представлена глинистыми серыми известняками, серыми и рыжими мергелями и темно-серыми глинами, в разной степени насыщенными уплощенными оолитами рыже-бурых соединений железа. Каждое оолитовое зерно состоит из множества тончайших концентрических слоев, которые можно разглядеть на сколе с помощью лупы. Оолиты имеют размеры 0,5–3 мм в диаметре и напоминают формой и цветом уплощенные семена чечевицы, поэтому вся совокупность слоев с оолитами, залегающая между глауконитовыми известняками волховской свиты и ортоцератитовыми известняками обуховской свиты, прежде именовалась «нижним чечевичным горизонтом». Свита залегающая с перерывом в осадконакоплении на глубоко корродированной, фосфатизированной и окрашенной в розовый или фиолетовый цвет поверхности твердого дна в кровле «фризов» (рис. 17). Ее название происходит от поселка

Силлаору в Северной Эстонии.

Силлаорускую свиту можно наблюдать во многих обнажениях каньонообразного участка долины реки Поповки. В некоторых выходах в ее основании встречаются небольшие гальки глауконитовых известняков, пропитанные ржавыми гидроокислами железа и покрытые тонкослоистыми ржаво-рыжими оторочками. Иногда внутри свиты можно наблюдать корродированные поверхности твердого дна в кровле пластов известняков, выступы которых окрашены в белый или розовый цвет и пропитаны фосфатом кальция. Все породы свиты полностью биотурбированы. Из органических остатков встречаются трилобиты, брахиоподы, наутилоидеи, остракоды, конодонты и акритархи.

Механизм образования оолитов в целом понятен, они сформированы на дне моря глубиной не более 12 м, именно на такой глубине обычные волны хорошей погоды заставляют частички осадка перекачиваться по дну по эллиптическим траекториям. Источники железа достоверно не определены, неизвестно также, образовывались ли оолиты в месте захоронения или были перемещены. Мощность свиты в долине реки Поповки 22–37 см.

Средний ордовик, обуховская свита (ортоцератитовые известняки)

Сложена известняками слабоглинистыми, преимущественно средне-толстослоистыми, разных оттенков светло-серого цвета, с тонкими прослоями глины. Известняки в разной степени доломитизированы, местами доломитизация сопровождается появлением красноватых и красных окрасок. В нижней

половине свиты постоянно присутствуют очень мелкие зерна глауконита, которые трудно разглядеть без лупы. В средней части известняки содержат значительное количество крупных раковин ортоконических (прямо-мораконических) наутилоидей отряда Endocerida.

Традиционное название толщи происходит от названия рода *Orthoceras*, к которому на заре изучения наутилоидей относили все ордовикские и силурийские прямо-мораконические формы; официальное название происходит от дер. Обухово на реке Волхов. Свите принадлежит первое место по количеству и протяженности обнажений в долине реки Поповки, хотя обнажения, где можно увидеть всю свиту, от основания до кровли, единичны, как, например, в заброшенном карьере под Катлинской дорогой возле улицы Хуторок (рис. 18).

Известняки органогенно-обломочные, полностью биотурбированные. Фауна ортоцератитовых известняков, кроме наутилоидей, представлена брахиоподами, среди которых преобладают ринхонеллатные формы, трилобитами, иглокожими, мшанками, гидроидными, остракодами, конодонтами и проблематичными рецептакулитами. На фрагментах раковин наутилоидей, когда-то возвышавшихся над дном, нередко наблюдаются локальные участки фосфатизации в виде пятен белого цвета размером 1–2 см.

Ортоцератитовые известняки долины реки Поповки могут

быть подразделены на четыре пачки (снизу-вверх):

1. Светлые зеленовато-серые известняки с мелким глауконитом. В самой верхней части пачки появляются первые редкие раковины наутилоидей. При доломитизации в известняках могут появляться красные горизонтальные полосы и разводы. Мощность 1–1,1 м.

2. Светло-серые и зеленовато-серые, реже бежеватые-серые известняки с мелким глауконитом и большим количеством раковин наутилоидей хорошей сохранности. Местами они сильно доломитизированы, выщелочены и прокрашены в буро-красные цвета. Мощность 1,75–2,2 м.

3. Светло-серые, местами буро-красные известняки, чередующиеся с глинами в соотношении примерно 3/2. Глауконит отсутствует, раковины наутилоидей весьма редки и имеют плохую сохранность. Мощность 0,7–0,75 м.

4. Светло-серые с розовато-серыми пятнами известняки без глауконита с редкими раковинами наутилоидей. Мощность около 1,6–1,7 м.

Общая мощность свиты в долине реки Поповки увеличивается с запада на восток от 5 до 5,8 м.

Средний ордовик, синявинская свита (верхний чечевичный горизонт)

Сложена плотными розовато-серыми биокластическими известняками, в мокром состоянии буровато-красными, тонкослоистыми, с тонкими линзующимися прослойками глины

Силлаорускую свиту можно наблюдать во многих обнажениях каньонообразного участка долины реки Поповки.



Рисунок 18. Обнажение ортоцератитовых известняков обуховской свиты под Катлинской дорогой на правом берегу реки Поповки. Фото автора

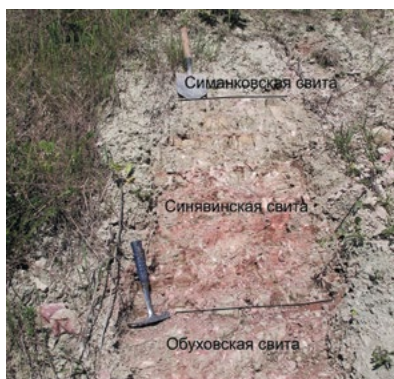


Рисунок 19. Синявинская свита (верхний чечевичный горизонт) в обнажении на левом берегу реки Поповки, в 240 м ниже моста на Графской дороге по прямой. Фото автора



Рисунок 20. Граница симонковской свиты среднего ордовика и наровской свиты среднего девона в обнажении на левом берегу реки Поповки, в 250 м ниже моста на Графской дороге по прямой. Фото автора



Рисунок 21. Реконструкция положения континентов в позднем ордовике, 445 млн лет назад (по Р. Блэки)



Рисунок 22. Реконструкция положения континентов и океанов в среднем и позднем девоне, 390–370 млн лет назад (по Р. Блэки)

на плоскостях напластования и с большим или меньшим количеством ржаво-желтых и бурых, сплюснутых, беспорядочно ориентированных мелких оолитов гидроокислов железа. Структура известняков органогенно-обломочная, сохранились исключительно текстуры биотурбации. Механизм образования оолитов идентичен механизму, приведенному для нижнего чечевичного горизонта.

Обнажения синявинской свиты в долине Поповки единичны и требуют расчистки (рис. 19). Полная мощность составляет 0,5–0,7 м.

Средний ордовик, симанковская свита

Представлена тонкослоис-

тыми (2–6 см) светло-серыми биокластическими биотурбированными слабоглинистыми известняками с тонкими (0,5–2 см) прослойками светлых лиловато-серых глин. В 10–15 см выше подошвы обнаруживаются первые округлые чашечки цистоидей рода *Echinosphaerites*, по появлению которых проводится граница кундаского и азериского горизонтов среднего ордовика. Кроме цистоидей встречаются остатки трилобитов и ринхонеллатных брахиопод.

Мощность свиты в долине реки Поповки составляет всего 20–30 см. Кровля верхнего слоя известняка покрыта тонким (до 5 мм) слоем яркой бордово-красной карбонатной глины. На этой

глине с перерывом в 60 млн лет залегают базальные песчаники наровской свиты среднего девона (рис. 20).

История рассматриваемой территории в позднем ордовике – раннем девоне

Еще в конце раннего ордовика континент Балтика начал дрейфовать к северу в направлении экватора. Этот дрейф был обусловлен началом раскрытия нового океана Рейкум на краю Гондваны. Дрейф Балтики продолжился в среднем и позднем ордовике, в результате к концу позднего ордовика континент оказался в низких широтах южного полушария, вблизи экватора. К его западной границе приблизился микро-

континент Авалония – узкий и длинный осколок Гондваны, отколотый при раскрытии Реикума. Балтика вместе с Авалонией постепенно сближались с североамериканским континентом Лаврентия, акватория океана Япетус при этом неуклонно сокращалась (рис. 21).

Со второй половины среднего ордовика началось постепенное отступление внутреннего моря Восточно-Европейской платформы. В условиях теплого климата в нем продолжалось накопление известняков, но уже с гораздо большей скоростью, чем в раннем и начале среднего ордовика, когда платформа находилась в умеренных широтах. Местами в мелеющем теплом море возникали участки, благоприятные для накопления доломитов. В начале силура внутриконтинентальное море превратилось в узкий залив, к середине периода оно покинуло центральные части платформы. К концу ордовика – началу силура приурочена доломитизация ранее отложенных толщ ордовикских известняков.

В начале силурийского периода началось столкновение Балтики с Лаврентией и Авалонией, которое завершилось в середине периода (примерно 430 млн лет назад) появлением нового континента Лавруссия. В области непосредственного столкновения, на севере Скандинавского полуострова, на западе Гренландии, на месте Ньюфаундленда, Британского архипелага и северо-западной Европы, выросли высокие горы – Каледониды. При столкновении перестал существовать (на языке геологов «закрылся») океан Япетус.

Даже незатронутые складчатостью равнинные части Лавруссии оказались подняты

выше уровня Мирового океана. На высоко стоящем новообразованном континенте Лавруссия не было места для внутренних морей; поэтому накопившиеся прежде отложения кембрия, ордовика и силура оказались на суше. Десятки миллионов лет подряд они подвергались выветриванию и размыву. В результате поверхностной эрозии на территории Ленинградской области были полностью уничтожены отложения силура. Местами были срезаны значительные части карбонатного ордовикского разреза. В частности, в центральной части Ордовикского плато, на обширном участке, охватывающем долины рек Поповка, Славянка, Ижора и Тосна, срезанными оказались все отложения моложе низов азериского – верхов кундаского горизонта.

В середине девонского периода территория Восточно-Европейской платформы расположилась по обе стороны экватора (рис. 22). Море вновь покрыло большую часть платформы. Место, где сейчас находится долина реки Поповки, оказалось в обширной полосе прибрежных лагун, где происходило смешение пресных вод, стекающих со Скандинавских Каледонид, с морскими.

Средний девон, наровская свита

Девонские отложения долины реки Поповки начинаются с тонкого (1–4 см) слоя пятнистого серо-красного известковистого песчаника, с редкими оогониями харовых водорослей, залегающего на покрытой бордово-красной глиной поверхности ордовикских известняков. На песчаниках залегают темно-серые глины, кверху местами пере-

ходящие в зеленовато-серые, мощностью 7–8 см. Глины покрыты слоем светлых кремневых мергелей (около 10 см). Мергели разбиты частыми трещинами усыхания, заполненными яснокристаллическим кальцитом, местами превращены в брекчию, с заполнением пространства между обломками тем же кальцитом.

Вышележащие отложения представлены двумя типами разреза. Первый тип сложен темно-серыми, почти черными карбонатными аргиллитами, неяснослоистыми, оскольчатыми, с прослоями и нодулями темно-серых, с коричневатым оттенком мергелей и линзами красных бокситовидных пород в нижней половине толщи (рис. 23).

В мергелях обильны остатки ракообразных: филлопод и остракод. Видимая мощность разреза этого типа превышает 2 м. Наиболее представительное его обнажение находится в 765 м выше моста на Графской дороге.

Второй тип разреза представлен светлыми бежево-серыми тонкослоистыми мергелями с прослоями темно-серых и светлых глин (рис. 20). Светлые разности глин зеленовато-серые и лиловато-серые. На поверхности мергели за несколько месяцев приобретают светло-серую окраску. В глинах обнаружены многочисленные мелкие сферические окаменелые остатки репродуктивных органов харовых водорослей родов *Trochiliscus* и *Sicidium* (рис. 24), а также редкие чешуи рыб трех групп: панцирных, акантод и кистеперых.

Разрез второго типа распространен в большинстве выходов наровской свиты к западу и востоку от разреза первого



Рисунок 23. Фрагмент обнажения аргиллитового типа разреза наровской свиты: черные оскольчатые карбонатные аргиллиты, с прослоями и нодулями темно-серых, с коричневатым оттенком мергелей; 800 м выше моста на Графской дороге по прямой. Фото автора



Рисунок 24. Скопление окаменелых репродуктивных органов харовых водорослей родов *Trochiliscus* и *Scidium* из прослоя глин в светлых бежево-серых мергелях наровской свиты девона. Фото автора



Рисунок 25. Вертикальные трещины нескольких направлений в известняках обуховской свиты долины реки Поповки – один из результатов разрушающей деятельности ледника. Фото автора



Рисунок 26. Пологий разлом со смещением внутри известняков васьковской пачки леэссеской свиты. Долина реки Поповки, часть обнажения, показанного на рис. 13. Фото автора

типа. Переходы между разрезами нигде не наблюдались. Все выходы разреза второго типа, как и первого, срезаны ледником и перекрыты мореной. Максимальная видимая мощность разреза второго типа – около 5 м наблюдалась лишь в одном обнажении, изображенном на рис. 20.

История долины реки Поповки в интервале средний девон – поздний плейстоцен

Последующая за накопле-

нием наровской свиты геологическая история, вплоть до отложения донной морены последним ледником Великого четвертичного оледенения, в долине реки Поповки никак не отражена. Несомненными в этой истории являются лишь три постулата:

1. Континент Восточно-Европейской платформы за это время успел побывать в составе суперконтинента Пангея, континента Евразия и, наконец, оказался в западной части кон-

тинента Евразия, где и пребывает до сих пор.

2. По поверхности суши в плейстоцене с севера на юг проползли четыре материковых ледника. Каждый из них последовательно крушил и сдирал верхние части осадочных толщ, включая ледниковые отложения, оставленные предыдущими ледниками;

3. После образования мергелей и глин наровской свиты в среднем и позднем девоне продолжалось накопление мощных



Рисунок 27. Зона гляциотектонического расщепления известняков обуховской свиты, правый берег Поповки, 290 м ниже моста на Графской дороге по прямой. Поверхности расщепления перпендикулярны слоистости ордовикских отложений. Фото автора



Рисунок 28. Пластина известняков симанковской свиты, раздробленных до мелкого щебня, отложенная ледником поверх девонских аргиллитов. Между аргиллитами и известняковой пластиной залегает глиняная морена с валунами, переходящая вверх в песчаную. Правый берег реки Поповки, 800 м выше моста на Графской дороге по прямой. Фото автора

терригенных и карбонатных толщ, которые распространены на сопредельных территориях.

Коренные отложения на Поповке повсеместно смяты в пологие складки разных размеров, твердые непластичные породы разбиты частыми субвертикальными и трещинами на небольшие блоки, имеющие обычно форму параллелепипедов (рис. 25).

Нередко обнаруживаются субгоризонтально ориентированные или полого наклонные разломы, по которым происходили перемещения отдельных толщ или их частей друг относительно друга (рис. 26) и даже зоны кливажа – тектонического расщепления твердых горных пород, возникшие под напором ледника (рис. 27).

Складчатые и разрывные деформации так же, как и трещиноватость в твердых породах, возникли в результате движения по поверхности Ордовикского плато толстого ледникового панциря последнего ледника, покрывавшего 20 тысяч лет назад значительную часть территории Европы

и простиравшегося от Скандинавского полуострова до широты Твери. В нескольких местах внутри долины реки Поповки ледник выпал коренные породы на первые десятки метров и заполнил выпавшие трюги мореной. В таких местах нередко встречаются крупные блоки коренных пород, сорванные со своего места и закатанные в ледниковые отложения. Нередко крепкие породы в них бывают раздавлены в мелкую щебенку (рис. 28). Такие блоки называются «ледниковыми отторженцами». Некоторые из отторженцев ледник перевернул «вверх ногами» таким образом, что наиболее молодые их слои оказались внизу, а наиболее древние наверху, переместил и уложил их на новое место.

Ледниковые отложения долины реки Поповки представлены чрезвычайно неоднородной смесью обломочного материала, включающего как

местные породы – кембрийские, ордовикские и девонские глины и песчаники, так и принесенные с Балтийского щита дресву, гравий, гальки и валуны различных кристаллических пород, преимущественно гранитов. Мощность морены изменчива, от первых метров на бровке долины до предположительно 20–25 м в ледниковых трюгах.

Формирование донной морены прекратилось после остановки ледника. Во время интенсивного таяния и отступления ледника к северу 14 тыс. лет назад образовалось огромное холодное Балтийское ледниковое озеро, заполненное талой водой. Озеро подпиралось ледником, поэтому его уровень стоял довольно высоко. Воды озера заполняли понижение рельефа на месте будущей приустьевой части реки Поповки. На дне озера накапливались специфические отложения ледниковых озер – ленточные

Формирование донной морены прекратилось после остановки ледника.

глины, запечатлевшие сезонность в поступлении взвеси из тающего ледника. На реке Поповке небольшой по мощности разрез сильно запесоченных ленточных глин можно вскрыть на левом берегу, в 185–190 м выше Пязелевского моста.

Долина реки Поповки начала формироваться в конце плейстоцена – начале голоцена, 11–12 тыс. лет назад. Поповка является молодой рекой, поэтому в ее низовьях преобладают процессы глубинной эрозии. Единственная широкая первая надпойменная терраса, которую можно наблюдать в районе моста на Графской дороге, была разработана рекой, когда процессы боковой эрозии обладали над процессами глубинной эрозии. Это произошло 5,5–7,5 тыс. лет назад на пике литориновой трансгрессии – 30-метрового подъема уровня Мирового океана, вызванного таянием полярных ледников. После снижения уровня моря снова возобладала глубинная эрозия. Река Поповка прорезала широкую террасу и продолжает углублять свое узкое русло до уровня принимающей реки Славы.

Крупные гляциотектонические структуры в долине реки Поповки

Кроме дробления коренных горных пород и многочисленных мелких разрывных нарушений внутри толщ, ледник смял отложения кембрия, ордовика и девона в складки различного масштаба и выпалхал трог, которые заполнил раздробленными местными породами, смешанными с моренными отложениями. Эти гляциальные деформации, наблюдаемые вдоль долины реки Поповки,

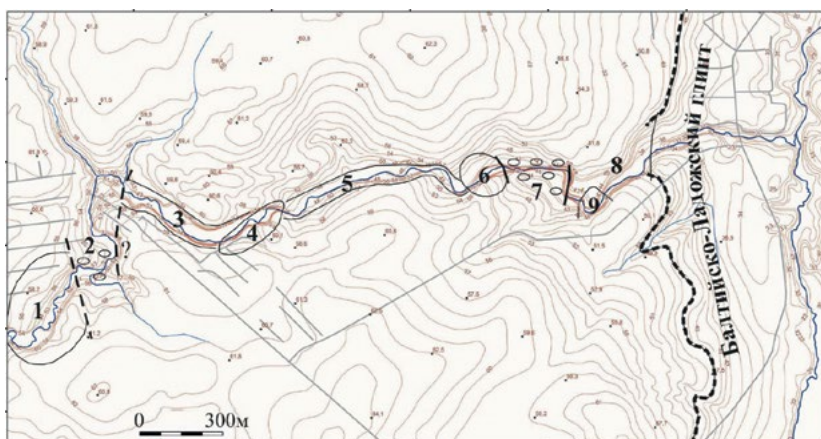


Рисунок 29. Гляциальные деформации вдоль долины реки Поповки

показаны на рис. 29 и вкратце рассмотрены ниже.

1. Пологая крупная антиклинальная складка с нижнекембрийскими глинами сиверской свиты в широком ядре.

2. Трог, заполненный морской с опрокинутыми отторженцами известняков и песчаников ордовика различной степени раздробленности. Простирание трога север-юг.

3. Участок с субгоризонтальным залеганием коренных пород, местами наблюдаются небольшие пологие складки малой амплитуды.

4. Участок со сравнительно узкими, фрагментарно обнаженными антиклинальными и синклиналиными складками, возможно также наличие флексуры, скрытой под коллювием и почвой левого берега. Углы падения крыльев складок в центре участка достигают 30°, вверх и вниз по течению углы выполаживаются. Направления падения крыльев не выдержаны в пространстве.

5. Участок, сложенный дислоцированными известняками, часто меняющими азимут падения, но залегающими полого, под небольшими углами (обычно 2–5°). Направления падения изменяются здесь в довольно

широком диапазоне. У восточной границы участка отмечено более крутое падение к юго-востоку и 80-метровый интервал с горизонтальным залеганием.

6. Четко выраженная асимметричная антиклинальная складка с пологим западным крылом (4°), плоской вершиной и пологим (5°) вверх, но более крутым внизу (18–20°) восточным крылом. На восточном окончании со срезанием перекрывается мореной.

7. Широкий трог, простирающийся с севера на юг, заполненный мореной с останцами коренных пород ордовика. Восточная граница трога почти вертикальная. Глиняная голубая морена с галькой и валунами кристаллических горных пород, примыкающая к этой границе, частично выдавлена на расположенный восточнее блок коренных пород.

8. Участок с преобладающим падением в западном направлении от глинта. Локально интервалы с падениями 8–12° разделены интервалами с горизонтальным залеганием или со встречным падением.

9. Замыкающаяся к северу небольшая асимметричная антиклинальная складка, осложняющая строение участка 8. ©