

ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(СПбГУ)

Институт Наук о Земле  
Кафедра региональной геологии

**Васильева Елизавета Евгеньевна**

**Реконструкция источников сноса  
венд-нижнекембрийских отложений востока Балтийской моноклизы по данным  
U/Pb датирования обломочных цирконов**

Выпускная бакалаврская работа

По направлению «геология»

Научный руководитель:  
В.Б. Ершова

«\_\_»\_\_\_\_\_2016

Заведующий кафедрой:  
А.К. Худолей

«\_\_»\_\_\_\_\_2016

Санкт-Петербург

2016

## Содержание

Введение	3
Глава 1. Геологическое строение исследуемой территории	4
1.1. Фундамент Восточно-Европейской платформы	5
1.2. Осадочный чехол Восточно-Европейской платформы	7
Глава 2. Методика исследования	13
Глава 3. Результаты уран-свинцового изотопного датирования	14
Глава 4. Обсуждение результатов	23
Выводы	33
Литература	34
Приложение 1 (база данных датировок гранитоидов Тимано-Уральского региона)	37

## Введение

В дополнение к обычным методам литостратиграфии и биостратиграфии, датирование обломочных цирконов из терригенных отложений предоставляет важную информацию для расшифровки истории формирования осадочных бассейнов. В настоящее время примеры изучения и анализа возрастов обломочных цирконов основания венд-кембрийского чехла внутренних районов северо-запада Русской платформы были весьма немногочисленны [Mens et al., 1997; Кузнецов и др., 2011; Poldvere et al., 2014; Isozaki et al., 2014; Кузнецов, Романюк, 2014] и не охватывали переходного интервала от вендского к кембрийскому интервалу разреза. Настоящая работа посвящена реконструкции источников сноса верхневендских-нижнекембрийских отложений Балтийской моноклизы по результатам U-Pb датирования обломочных цирконов.

Целью настоящей работы является определение источников сноса венд-нижнекембрийских отложений востока Балтийской моноклизы по данным уран-свинцового датирования обломочных цирконов.

При выполнении данной работы были поставлены такие задачи:

- 1) изучение геологического строения северо-запада Русской платформы;
- 2) определение источников сноса венд-нижнекембрийских отложений Ленинградской области на основе уран-свинцового датирования обломочных цирконов;
- 3) на основе собственных и опубликованных данных по уран-свинцовому датированию обломочных цирконов составить схемы переноса кластики на северо-запад Русской платформы для венд-нижнего кембрия.

## Глава 1. Геологическое строение исследуемой территории

Выходы осадочных пород венда-кембрия на северо-западе Восточно-Европейской платформы приурочены, главным образом, к району Балтийско-Ладожского глинта, представляющего собой кайнозойский денудационный уступ, расположенный в восточной части Балтийской моноклинали (рис.1).

В поздневендское и раннекембрийское время на данной территории развивался обширный эпиконтинентальный палеобассейн, образовавшийся в результате постледникового эвстатического подъема уровня моря с эпейрогеническим погружением платформы (Соколов, 1952,1997; Хоментовский 1976; Палеогеография..., 1980, Аксенов, 1985; Nikishin, 1996; и др.) или пострифтового термального погружения литосферы, с которым связано прогибание кристаллического фундамента на северо-востоке Русской плиты (Аксенов и др., 1985; Kostyuchenko et al.,1999). Палеобассейн развивался в условиях интенсивного сжатия со стороны Тимано-Печорского складчатого сооружения (Келлер, 1963; Маслов и др.2008).

Источниками питания для вендско-кембрийского осадочного бассейна могли служить как архейско-нижнепротерозойские метаморфические комплексы Балтийского щита и локальных поднятий фундамента Восточно-Европейской платформы, так и магматические и осадочно-метаморфические образования Тимано-Печорской области (Аксенов, 1985; Оловянишников, 1998). Имеются результаты U-Pb датирования детритных цирконов для реконструкции состава пород питающих провинций региона в раннепалеозойское и девонское время (Кузнецов и др., 2011), исследования охватывают интервал развития палеобассейна со среднего кембрия, детритные цирконы из отложений венда и нижнего кембрия ранее изучены не были.

### **1.1. Фундамент Восточно-Европейской платформы**

Балтийский, или Фенно-Скандинавский, щит является самым крупным выходом фундамента Восточно-Европейской платформы. На территории щита выделяются три крупные области (рис. 1) (Ранний докембрий..., 2005):

1. Кольско-Карельская, представленная архейскими и раннепротерозойскими слабосцементированными осадочными и вулканогенными образованиями; широко развиты гранитоиды возрастом 3,5-2,68 млрд.лет.
2. Свекофенская, сложенная раннепротерозойскими осадочными и вулканогенными образованиями и крупными массивами гранитоидов; породы подверглись деформациям на рубеже 1,8-1,9 млрд.лет.
3. Свеконорвежская, представленная архейскими и раннепротерозойскими породами, а также слабометаморфизированными осадочно-вулканогенными и интрузивными образованиями рифея.

Еще одной крупной структурой является Беломорский подвижный пояс, расположенный внутри Кольско-Карельской области, границами с которыми выступают палеопротерозойские надвиги. Породы, слагающие беломорскую серию, представлены гранитогнейсами, амфиболитами раннего архея, прорванными габбро и гранитами архейского и раннепротерозойского возраста (Ранний докембрий..., 2005).

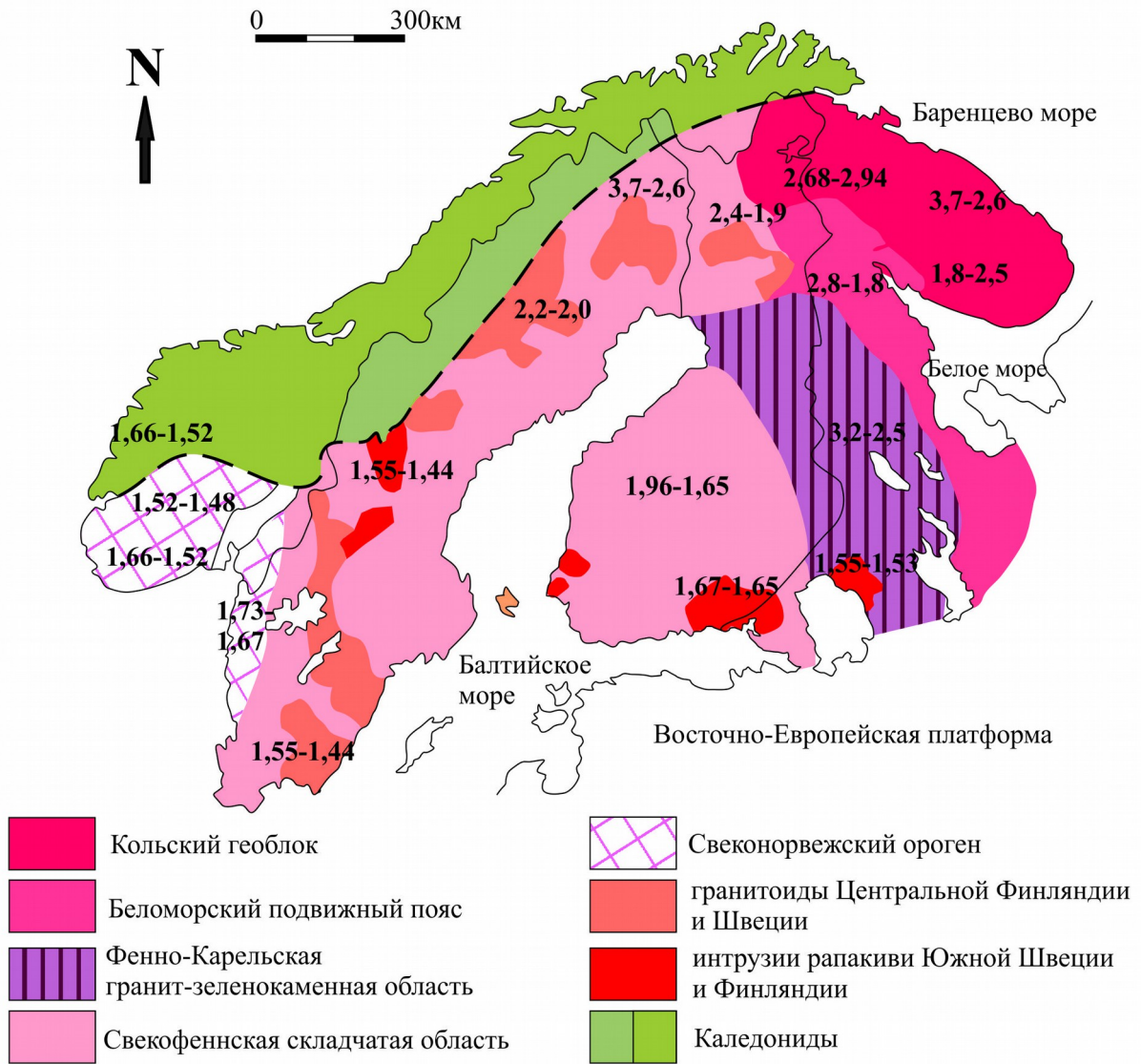


Рис. 1. Геохронологическая схема Балтийского щита (по Ранний докембрий..., 2005; Bogdanova et al.2008)

## **1.2. Осадочный чехол Восточно-Европейской платформы**

На Восточно-Европейской платформе чехол слагают отложения верхнего протерозоя и фанерозоя. Он образован авлакогенным комплексом, к которому относятся отложения рифея и нижнего венда, и плитным комплексом, включающим верхний венд и фанерозой (Милановский, 1996).

### **Рифей**

Приозерская свита рифея сложена красноцветными грубозернистыми терригенными породами с редкими прослоями алевритов зеленоватых цветов. Широко выражена ассоциация песчаников с кварцевой галькой и пачками гравелитов и конгломератов с большим количеством кварцевой гальки различной мощности. В песчанниках преобладают массивные текстуры, но также встречаются с горизонтальной и косой слоистостью. Обломки плохо сортированы и слабоокатаны, имеют кварцевый, полевошпатовый, в меньшей степени слюдяной аптитовый, цирконовый, сфеновый, рутиловый, роговообманковый гранатовый состав, также встречаются обломки гнейсов и гранитов рапакиви. Для пород характерна плотная цементация, хотя в межзерновом пространстве развит глинисто-гидрослюдистый цемент, достигающий до 40% от общего содержания породы. Иногда встречается наложенная карбонатизация, сульфидизация и хлоритизация пород. Для приозерской свиты характерно линзовидное залегание осадочных тел (Купцова и др., 2011).

В приозерской свите вулканиты представлены серией лавовых потоков с последовательным перекрыванием, и мощностью более 20 метров. Для каждого потока свойственно залегание массивных базальтов с порфиroidными выделениями основного плагиоклаза в основании, переходящие к кровле в мендалекаменные базальты, афировые с агатами, а в верхах разреза в лавы и туфы с желваками карбонатов (Купцова и др., 2011).

Выше по разрезу залегают песчаники салминской свиты. Они имеют светло-серый окрас, плохоотсортированы, грубозернистые, имеют слабоокатанные кварц-полевошпатовые зерна, что говорит о близости источника сноса обломочного материала. В песчанниках присутствует глинисто-карбонатная цементация, содержащаяся в 10-15% от общего объема. В породе встречается локальное ожелезнение, ярко выражена тонкая косая слоистость (Купцова и др., 2011).

### **Венд**

На Восточно-Европейской платформе вендские отложения представлены преимущественно терригенными отложениями и в меньшей степени вулканогенно-терригенными и эффузивно-пирокластическими. Общая мощность вендских отложений

достигает 2500 метров. Отложения венда залегают с глубоким размывом на разновозрастных образованиях от архейских пород кристаллического фундамента до рифейских. Для вендских склонов опускания характерны малые изменения мощностей, в отличие от рифейских, изометричными площадями распространения. Венд на Восточно-Европейской платформе включает в себя вильчанскую, волынскую и валдайскую серии. Вильчанская и волынская серии объединены в древлянский горизонт. Но этот горизонт имеет два маркирующих горизонта- ледниковый и эффузивно-пирокластический. Горизонты валдайской серии литологическими и палеонтологическими чертами. Учитывая все характерные черты толщ, их распространение и строение, присутствие органических осадков, выделяют два подразделения венда- нижний и верхний (Вендская система, 1985).

### **Нижний венд**

В нижнем венде выделяют два литостратиграфических горизонта - лапландский ледниковый и волынский эффузивно-пирокластический. Наиболее крупное поле ледниковых образований занимает площадь в 100000 кв км. Большую часть разреза сложена тиллитами-это неслоистые и неотсортированные глинистые, разнозернистые песчаные отложения, имеющую красно-коричневую, фиолетовую или серую окраску (Вендская система, 1985). Окрас серого цвета отложений тиллов, в основном, является вторичным, это наблюдается в пятнистых отложениях. Пятнистость серого цвета оконтуривает гальку, развита в виде жил. Некоторые пятна имеют радиальную форму. В глинисто-алевритово-песчаной основной массе рассеяны обломки пород кристаллического фундамента и осадочных пород рифея (Вендская система, 1985). Большая часть обломков слабо окатана. Встречаются редкие обломки с хорошей окатанностью, они несут следы эоловой обработки гальки, на некоторых гранях наблюдается тонкая параллельная или пересекающаяся продольная штриховка, похожая на ледниковую. Глинистая составляющая в тиллитах содержится в 6-40%, представленную гидрослюдой и другими глинистыми минералами, это свидетельствует о малой переработки при переносе и отложении (Палеогеография..., 1980). Также здесь встречаются полевошпат-кварцевые песчаники, имеющими косую слоистость и разнозернистый состав, тонкослоистые глинистые алевролиты, аргиллиты темно-зеленого цвета с включениями гальки. Мощность вильчуйской серии меняется от 0 до 500 метров. Она залегают на отложениях верхнего рифея с несогласием, встречаются сильные размывы (Вендская система, 1985). Ледниковые отложения характеризуются очень невыдержанным простираем, меняется мощность на небольших расстояниях, часто встречается выклинивание (Палеогеография..., 1980).



## **Волынское время**

Отложения волынской серии представлены вулканогенными, осадочно-вулканогенными и осадочными породами. Они имеют значительно более широкое распространение. Границы серии имеют сложную форму. Осадконакопление отложений волынской серии характеризуется сложностью и разнообразием (Палеогеография..., 1980). Волынская серия в стратотипической местности на реке Волынь состоит из двух свит: горбашевская и берестовецкая (Вендская система, 1985). В этой местности она представлена типичным трапповым вулканизмом. А отложение песков характеризуются кривой слоистостью и красноцветных алевролитов. Отложения представлены чередованием взрывных толщ с базальтами (Палеогеография..., 1980).

Горбашевская свита характеризуется в основном песчаниками разной зернистости с прослоями гравелитов, алевролитов и аргеллитов. Мощность свиты очень разнообразна, и колеблется от первых метров до 60 метров. Берестовецкая свита представляет собой чередование базальтов и туфов. В зависимости от территории, выделяют дациты, лапарит-дациты и трахилипариты (Вендская система, 1985).

## **Верхний венд**

### **Валдайская эпоха**

### **Редкинское время**

В начале редкинского этапа (плетневская и смоленская свиты) осадконакопление происходило в наиболее пониженных частях палеорельефа. Затем, в максимальной редкинской трансгрессии, осадконакопление распределяется на весьма значительных территориях Восточно-Европейской платформы. Осадконакопление происходит на всей площади Московской синеклизы, она приобрела восточное и северо-восточное простирание.

Толщи имеют ритмичное строение, солменская, плетневская и гирская свиты сложены толщами конгломератов, гравелитами, алевролитами и глинами. В редкинском времени выделяют следующие фации: элювиально-делювиальные конусы выноса временных потоков, рек и мелководья. Глинисто-алевритовые фации солменской свиты имеют бассейновый генезис, об этом говорят наличие зерен глаукофана, сульфиды, органическое вещество и фосфаты в прослоях, наличие акритарх и текстурные признаки (Палеогеография..., 1980).

## **Котлинское время**

Перерыв осадконакопления между редкинским и котлинским горизонтом наблюдается в бортовых частях Московской синеклизы, он проявлен в залегании котлинских отложений на размытых подстилающих толщах. Но большей части площади

синеклизы накапливался терригенный материал. На этих площадях котлинские отложения залегают на редкинских без перерыва в осадконакоплении (Палеогеография..., 1980).

В Московской синеклизе по контурам запада, юго-запада и северо-востока, происходит накопление аркозового и грубозернистого полиминерального осадка с низкой окатанностью и сортировкой, что говорит о недалекой транспортировке и незначительном расстоянии береговой линии. Южная граница котлинского бассейна, возможно, находилась далеко от современного контура аккумуляции, она была размыва во время преддевонского перерыва (Палеогеография..., 1980).

Московская синеклиза, на основной ее части, в начальной стадии котлинской трансгрессии, сложена песчаными и гравийно-песчаными породами, переходящими в глинистую, а далее вверх в глинисто-алевритовую и алеврито-песчанистую пачки. Выше залегает выдержанная по площади и имеющая наибольшую мощность глинистая «ламинаритовая» толща, она образовалась в условиях максимальной трансгрессии. Завершают разрез сероцветные на севере и пестроцветные и красноцветные на востоке глинистые-алевриты и алеврито-песчанистые отложения решминской свиты, сформировавшиеся в период котлинской регрессии (Палеогеография..., 1980).

На юго-западе Московской синеклизы отложения представлены континентальными красноцветными, грубообломочными и песчаными пролювиальными и озерными осадками. Они принадлежат гдовской свите. Выше залегают алеврито-глинистые отложения прибрежных равнин. В западной части Московской синеклизы представлены терригенные отложения аркозового, поолимиктового, иногда олигомиктового состава со значительным содержанием гидроокислов железа, слюд, каолинита. Для них характерны разные типы слоистости, плохая сортировка и окатанность, следы взмучивания и первичный красноцветный окрас. Также отсутствует глауконит, пирит, следы жизнедеятельности организмов. Во внутренних частях Московской синеклизы также увеличивается количество прослоев алевролитов и глин. Зелено-серые породы развиты в нижней части разреза. Иногда можно выделить прослои, содержащие пирит, глауконит и конкреции сидерита (Палеогеография..., 1980).

### **Раннекембрийская эпоха**

#### **Лонтовасское время**

На изучаемой территории лонтовасский горизонт слагают исключительно терригенные отложения с преобладанием глин. Характерной чертой этого времени на территории Восточно-Европейской платформы является накопление мощных теллитовых толщ. В глинах слоистость отсутствует или выражена слабо, характерно присутствие гидрослюдистых разностей с примесью хлорита и каолина. В глинистых толщах

встречаются слои алевролитов и мелкозернистых кварцевых и глауконито-кварцевых песчаников.

В лонтовасское время осадконакопление приурочено к балтийскому этапу, в это время Восточно-Европейская платформа получила наибольшее развитие, распространяясь больше на запад. Для отложений характерно небольшое содержание грубообломочных пород, их развитие даже в базальных слоях. Отложения этого времени представлены чередованием песчаников, алевролитов и глин, сменяющимися алевро-глинистыми и глинистыми отложениями. Остановки представлены в отложениях прослоями гравеллитов и конгломератов (Палеогеография..., 1980).

Небольшое содержание грубообломочных пород в лонтовасском горизонте и относительно зрелый состав обломочного материала говорит о молорасчлененном рельефе суши, оконтуривающей лонтовасский бассейн. По составу отложений, по степени окатанности, можно сделать вывод, что сушу слагали и осадочные породы, отложения верхнего венда (Палеогеография..., 1980).

### **Средний кембрий**

Саблинская свита среднего кембрия, на территории Восточно-Европейской платформы, сложена кварцевыми песками и песчаниками мелкой и средней зернистости. Эта толща с несогласием залегает на «синих глинах» сиверской свиты нижнего кембрия. Мощность толщи составляет 10-12 метров. Для низав толщи характерна в основном параллельная слоистость, а для верхов-косая с противороложной направленностью серий, что говорит о приливно-отливном условии накопления (Федоров, 2001).

### **Верхний кембрий**

Ладожская верхнекембрийская свита представлена кварцевыми песками мощностью от 0 до 4.4 метров. Грубозернистая, плохосортированная, с содержанием обломков оболитид. Имеет косую слоистость трогового типа. Свита с несогласием залегает на саблинской. Подошва представлена эрозионной поверхностью с карманами, заполненные кварцевым песком с включением железистых стяжений (до 1.5 см). Также на поверхности встречаются гальки и обломки подстилающих песчаников (Федоров, 2001).

Ордовикские отложения сложены пески и слабо сцементированные песчаники мелко- и среднезернистого кварцевого состава, косой слоистости. А также доломитизированными известняками с большим количеством зерен глауконита. Мощность толщи колеблется от 3-4 до 9 метров. Нижний горизонт сложен очень твердыми и плотными известняками, носящими название «дикари». Выше тонкоплитчатые мелкозернистые известняки, Именуемые «желтяками». Глинистые, иногда переходят в

мергели, встречаются прослойки глин. Встречаются трилобиты. Выше «фризы», это глинистые известняки, доломитизированные, тонкоплитчатые (Федоров, 2001).

Девонские отложения сложены чередованием конгломератов, песчаников, глин и ракушечного известняка (Федоров, 2001).

## Глава 2. Методика исследования

В целях реконструкции источников сноса осадочных толщ востока Балтийской моноклизы было проведено уран-свинцовое датирование обломочных цирконов. Предварительная пробоподготовка и выделение обломочных цирконов было проведено по стандартной методике в ИГГД РАН (Санкт-Петербург). Уран-свинцовое LA-ICP-MS датирование выполнено на масс-спектрометре Thermo Element2 с лазером 193 nm Excimer Laser в Университете штата Техас, Остин, США. Для обломочных цирконов, имеющих возраст кристаллизации в исходной породе более 1000 млн. лет, принимался возраст, рассчитанный по отношению  $^{207}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$ , а для цирконов, имеющих более молодой возраст, принимался возраст, рассчитанный по отношению  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ . Во всех полученных результатах, возраста обломочных цирконов варьируют от изменяются от 525 до 3000 млн. лет Аналитическая погрешность измерения составила  $\pm 2\sigma$ . В программе Isoplot 4.0. были построены графики распределения плотности вероятности возрастов, учитывались зерна с дискордантностью не более 30% (Gehrels, 2012).

### Глава 3. Результаты уран-свинцового датирования обломочных цирконов

В данной работе приведены результаты уран-свинцового датирования обломочных цирконов из верхневендских-нижнекембрийских терригенных отложений Балтийской моноклизы. Для исследования уран-свинцового изотопного возраста обломочных цирконов, сотрудниками Санкт-Петербургского Государственного Университета было отобрано шесть точечных проб (рис.2) с разных уровней верхневендского-нижнекембрийского разреза (рис.3). Из песчаников старорусской и василеостровской свит венда были взяты образцы T-36, L-118 и Sosn, из ломоносовской, люкатинской и тискреской свит нижнего кембрия были взяты пробы 8-10, 8-16, Kih и Sol.

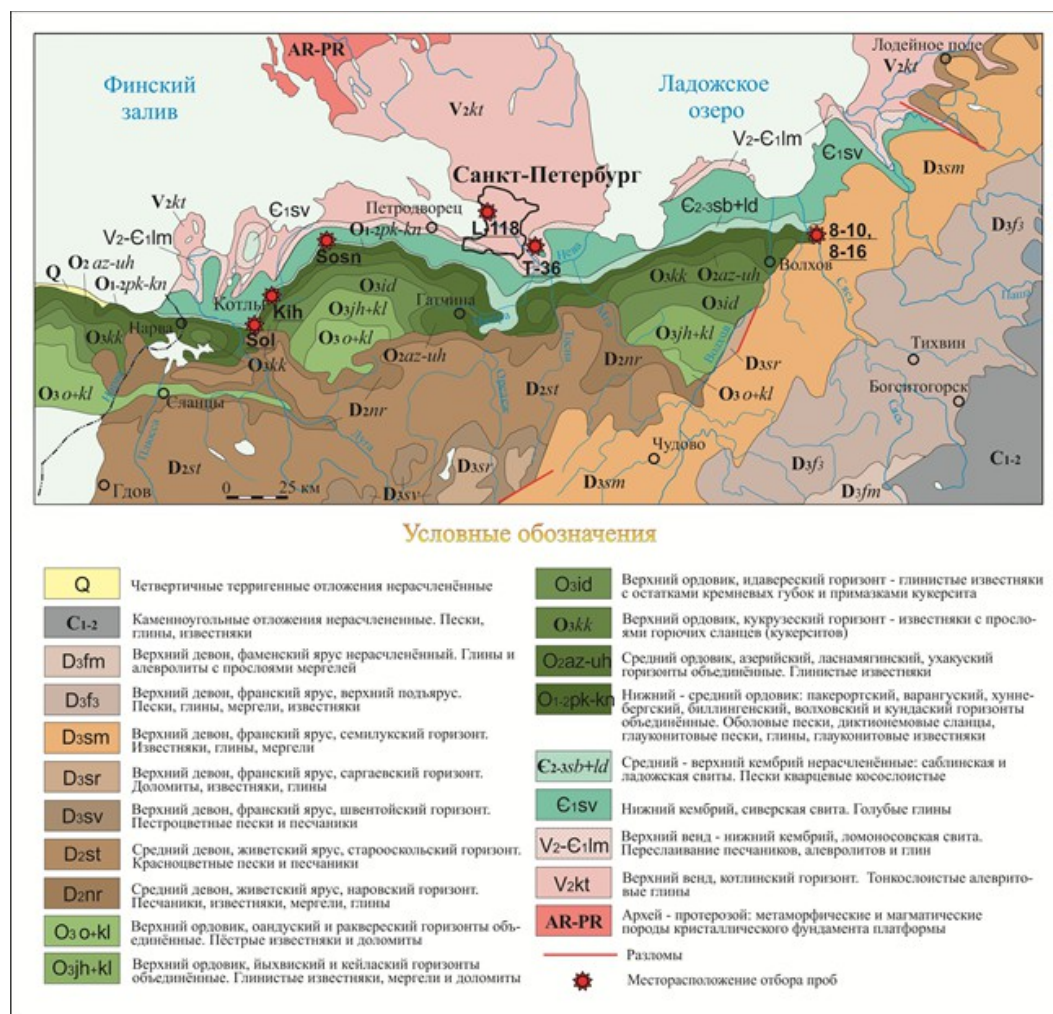


Рис. 2. Схематическая геологическая карта востока Балтийской моноклизы и места отбора исследованных образцов. 1 – архей-протерозой; 2 – верхний венд, котлинский горизонт; 3 – нижний кембрий (ломоносовская свита); 4 – нижний кембрий (сиверская, люкатинская и тискреская свиты); 5 – средний-верхний кембрий (саблинская и ладожская свиты); 6 – ордовик; 7 – средний-верхний девон; 8 – каменноугольные отложения нерасчленённые; 9 – места отбора образцов для U-Pb-датирования обломочных цирконов



Рис. 3. Сводный стратиграфический разрез отложений верхнего венда и нижнего кембрия востока Балтийской моноклизы (по Палеогеография..., 1980; Вендская..., 1985; Федоров, 2001 с некоторыми изменениями) и положение исследованных образцов

#### Образец Т-36 (рис.4)

Этот образец был отобран в верхней части старорусской свиты редкинского горизонта в скважине Уткина Заводь. На графике отчетливо выделяются два основных пика палеопротерозойского возраста, которым соответствуют значения пиков 1800 и 1925. Также на графике присутствуют мезопротерозойские пики со значениями 1575 и 1656 млн. лет. Для небольшого количества зерен характерны архейские возраста, но значимых пиков они не дают.

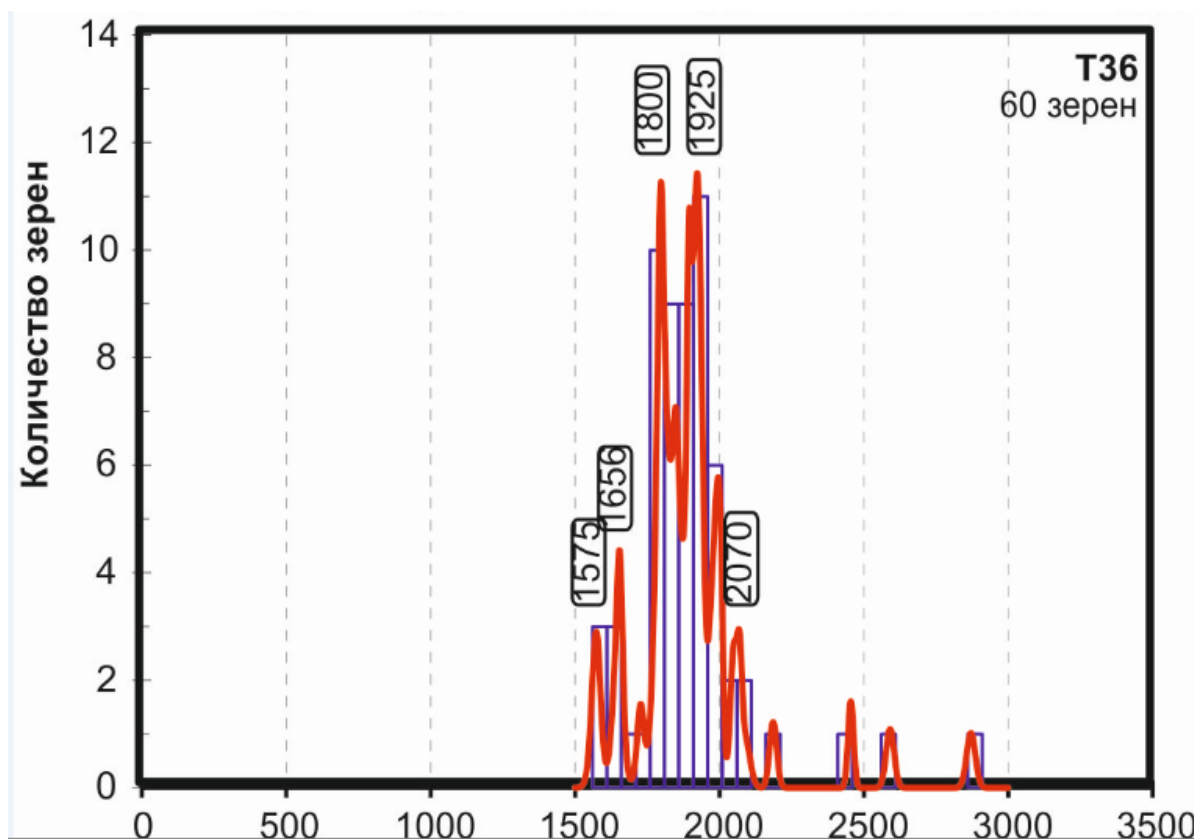
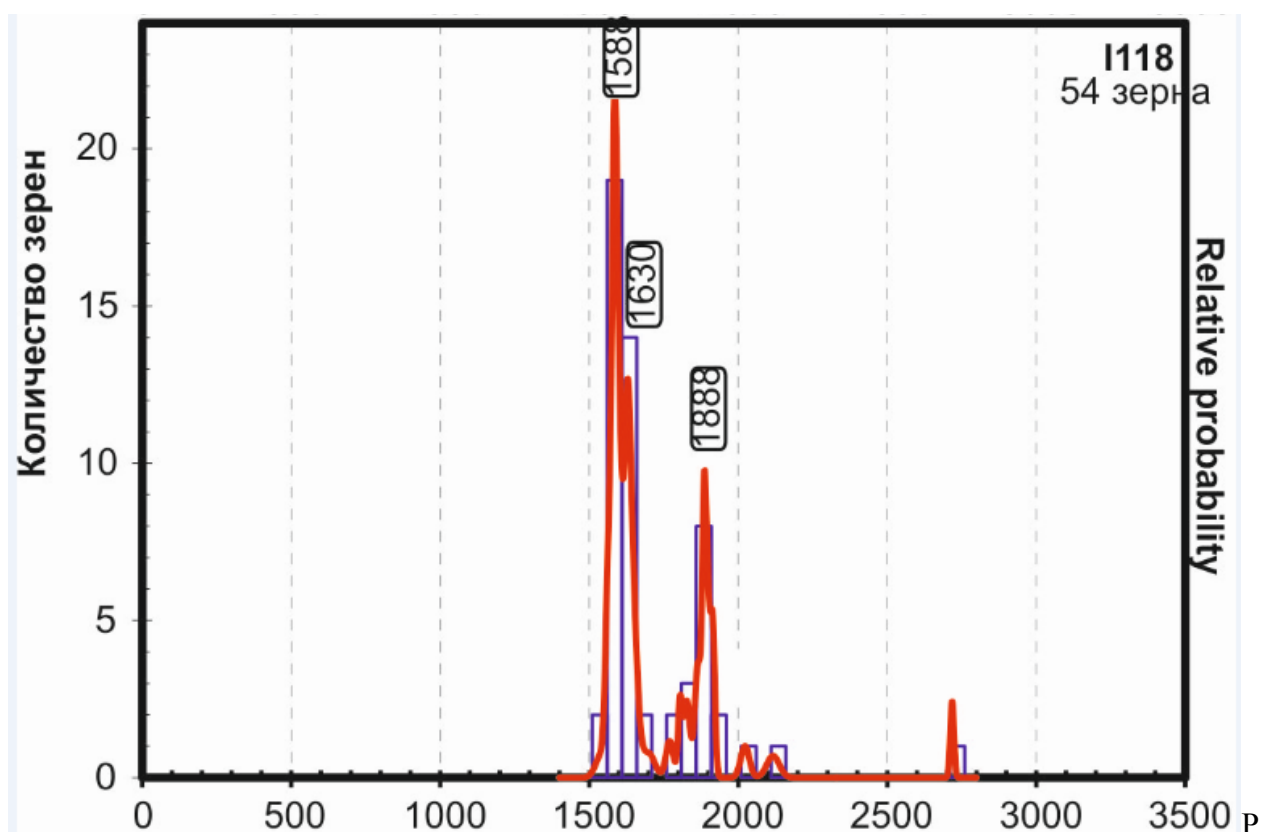


Рис. 4. Образец Т-36. Гистограммы и кривые плотности вероятности распределения U-Pb-изотопных возрастов обломочных цирконов. Цифрами показаны возраста пиков (млн лет), образованных не менее чем тремя зёрнами.



### Образец L-118 (Рис. 5)

Образец был отобран в нижней части василеостровской свиты котлинского горизонта в скважине на строительной площадке «Лахта». На полученном графике видно преобладание палеопротерозойских и мезопротерозойских обломочных цирконов, образующих пики со значениями возрастов в 1888 и 1588 млн. лет. Присутствуют и архейские зерна, но так же, как и в образце Т-36, присутствуют в очень малых количествах.



ис. 5. Образец L-118. Гистограммы и кривые плотности вероятности распределения U-Pb-изотопных возрастов обломочных цирконов. Цифрами показаны возраста пиков (млн лет), образованных не менее чем тремя зернами

### Образец Sosn (Рис. 6)

Образец также был отобран из отложений котлинского горизонта в скважине поселка Сосновка Ленинградской области. Несмотря на то, что образцы L-118 и Sosn были отобраны из разных довольно далеко расположенных точек: Лахта и район Соснового Бора, распределение цирконов в них весьма сходное с основными пиками около 1850 и 1590 млн. лет.

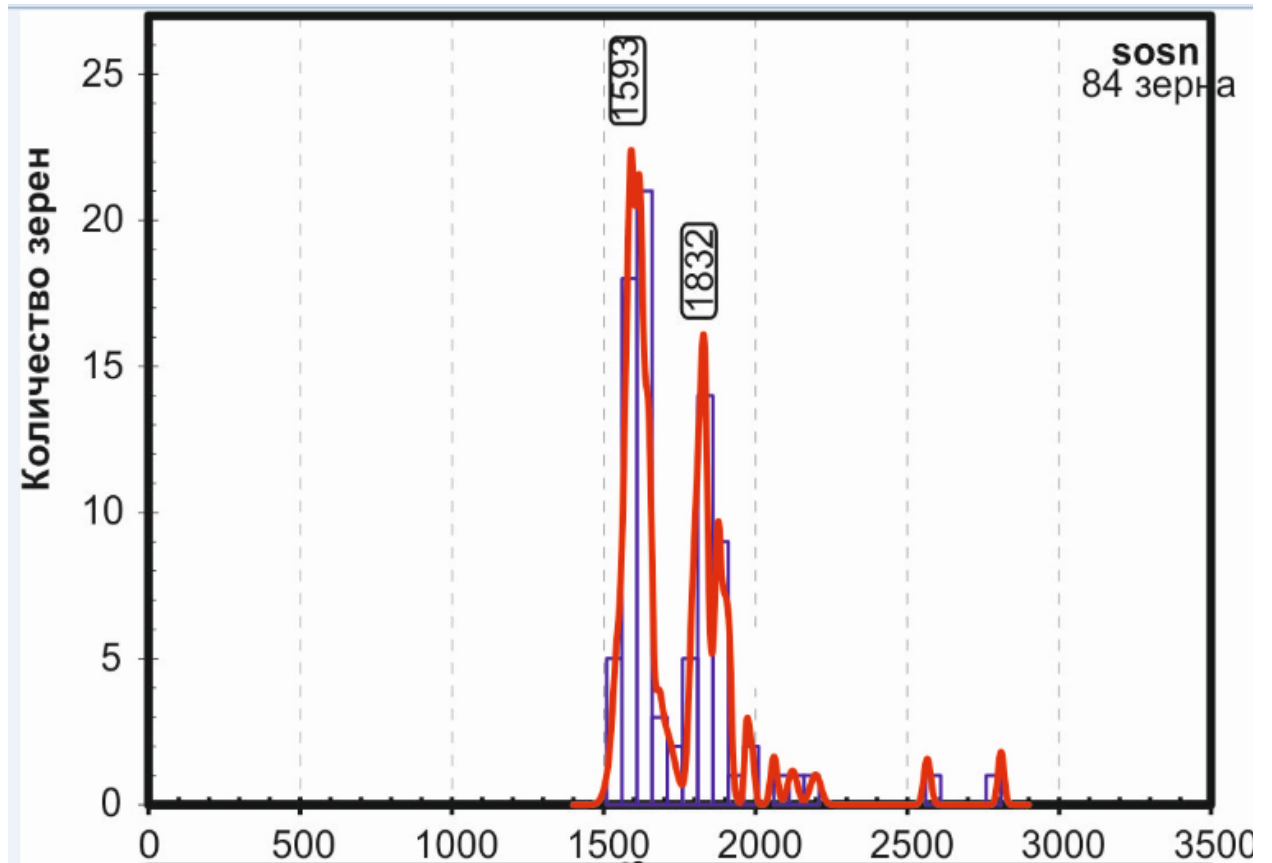


Рис. 6. Образец Sosn. Гистограммы и кривые плотности вероятности распределения U-Pb-изотопных возрастов обломочных цирконов. Цифрами показаны возраста пиков (млн лет), образованных не менее чем тремя зёрнами

### Образцы 8-10, 8-16, Kih и Sol

Для нижнекембрийских отложений были сделано U-Pb LA-ICP-MS датирование обломочных цирконов из образцов ломоносовской свиты из светло-серых рыхлых полевошпат-кварцевых песчаников, в низовьях реки Сясь (8-10 и 8-16) (рис.7, 8). И образцы из люкатиной и тискреской свит (Kih и Sol) (рис. 9, 10). В этих образцах распределение уран-свинцовых изотопных возрастов обломочных цирконов весьма сходно. Во всех образцах преобладают цирконы мезопротерозойского возраста. Так же отличительной особенностью является присутствие зерен с возрастом близким к возрасту седиментации, охарактеризованные пиками около 530 млн. лет.

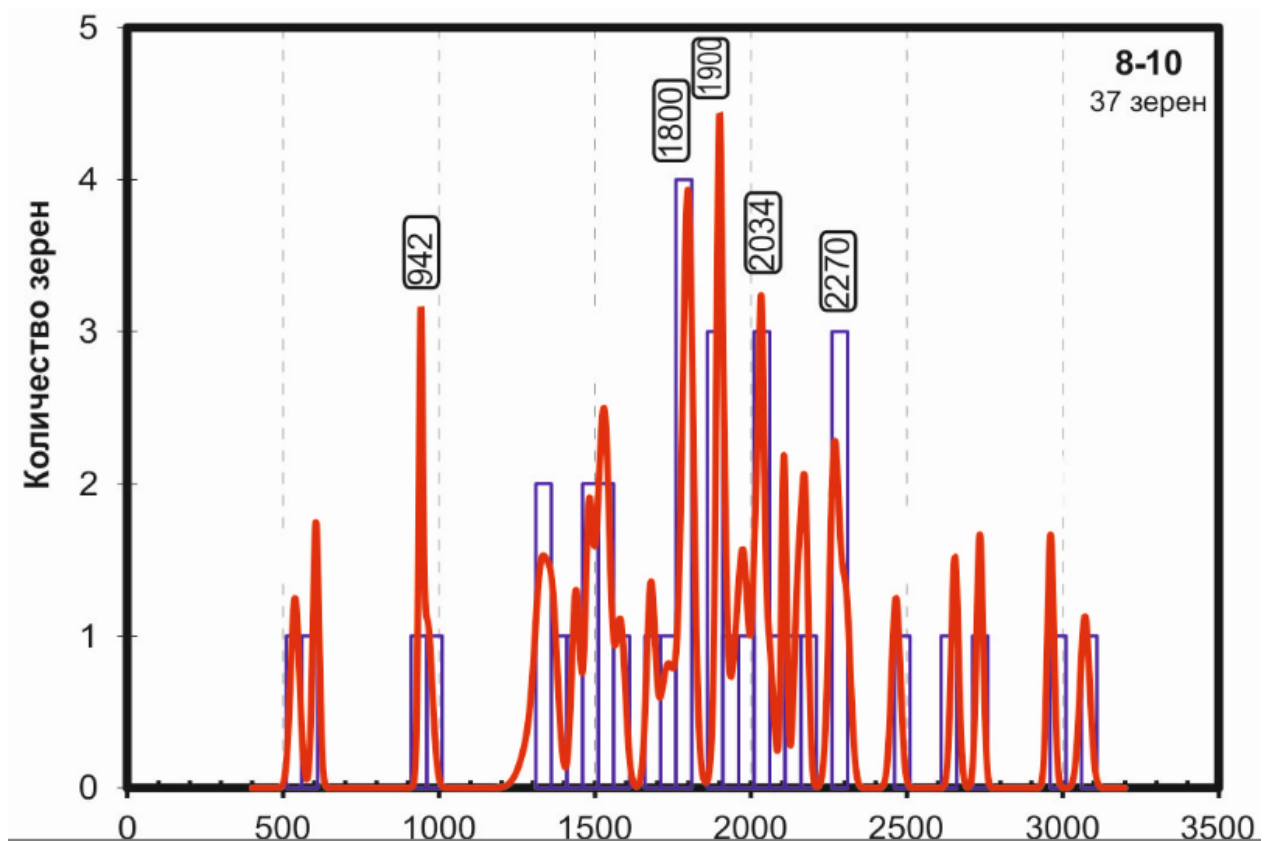


Рис. 7. Образец 8-10. Гистограммы и кривые плотности вероятности распределения U-Pb-изотопных возрастов обломочных цирконов. Цифрами показаны возраста пиков (млн лет), образованных не менее чем тремя зёрнами

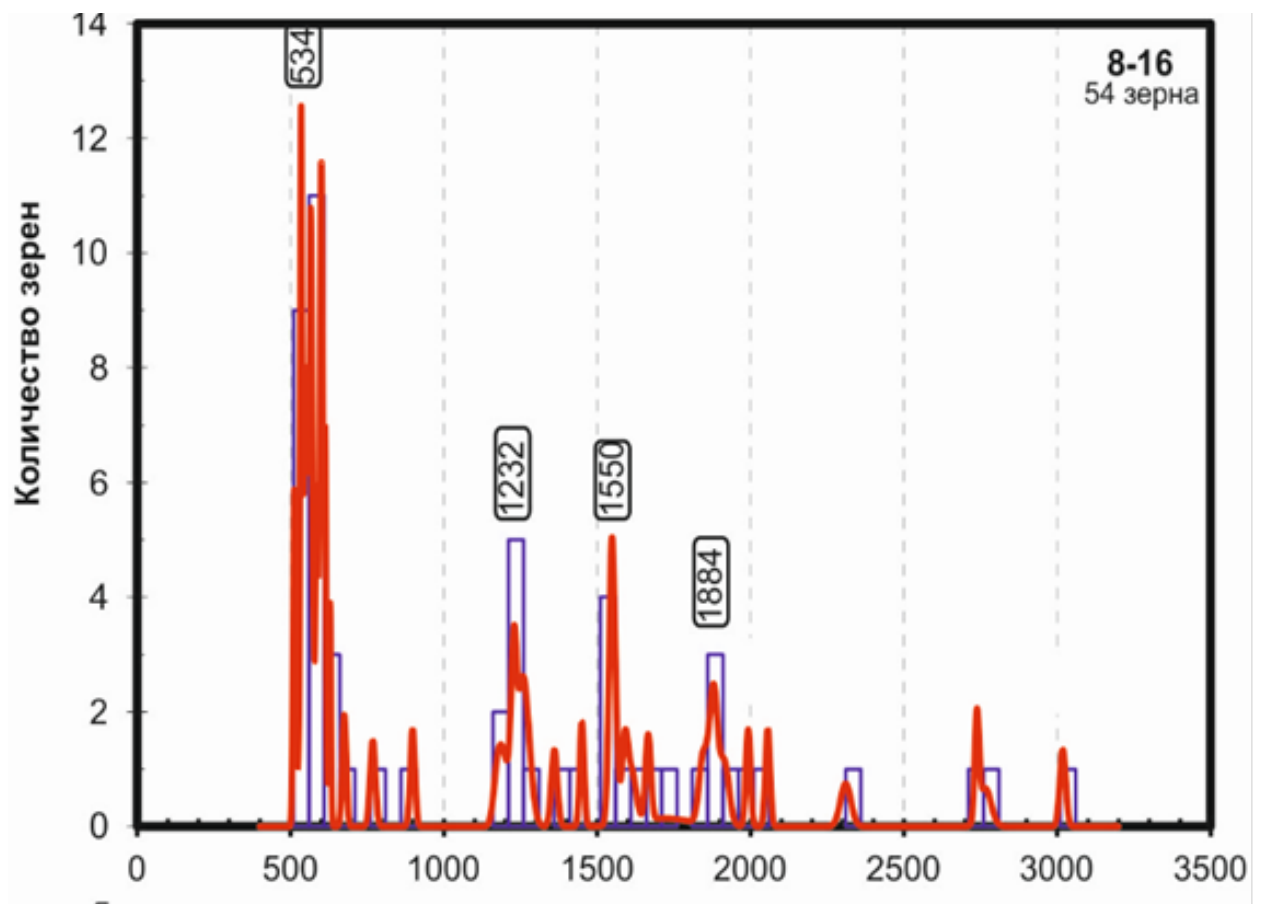


Рис. 8. Образец 8-16. Гистограммы и кривые плотности вероятности распределения U-Pb-изотопных возрастов обломочных цирконов. Цифрами показаны возраста пиков (млн лет), образованных не менее чем тремя зёрнами

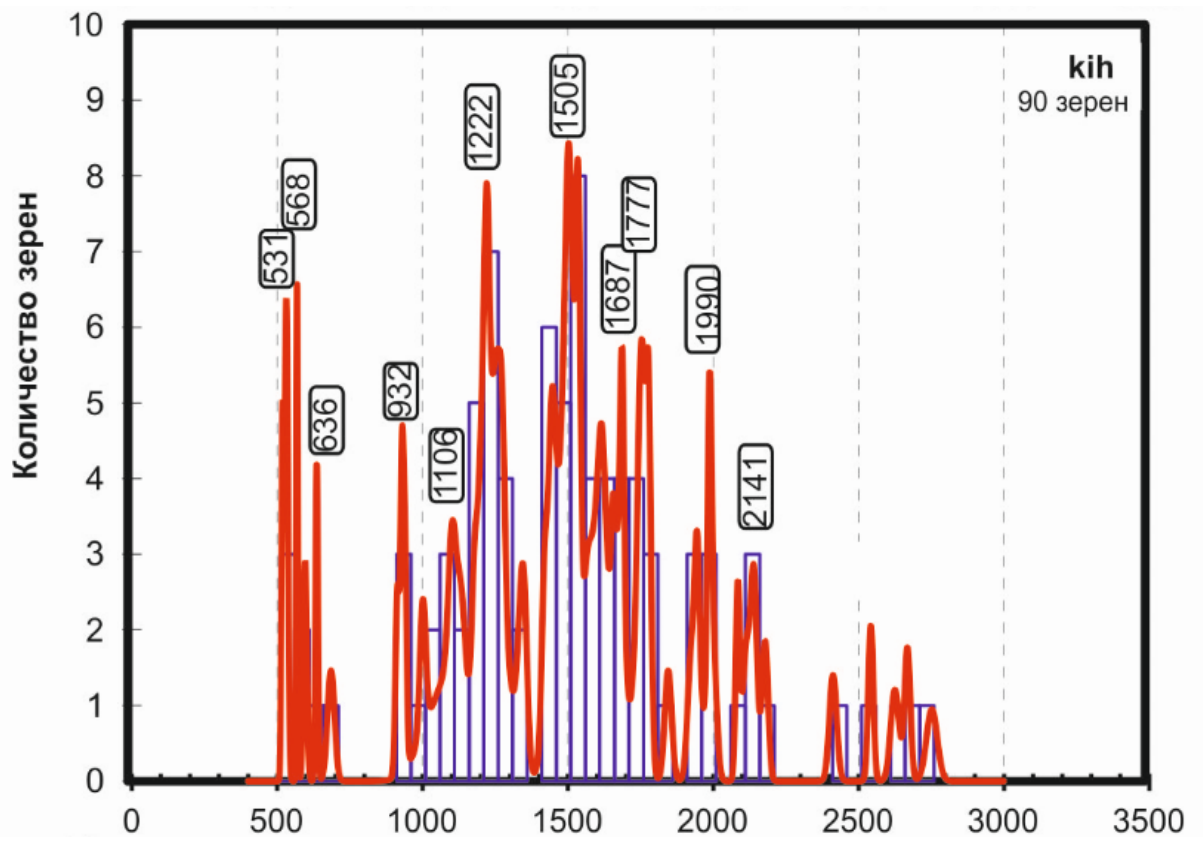


Рис. 9. Образец Kih. Гистограммы и кривые плотности вероятности распределения U-Pb-изотопных возрастов обломочных цирконов. Цифрами показаны возраста пиков (млн лет), образованных не менее чем тремя зернами

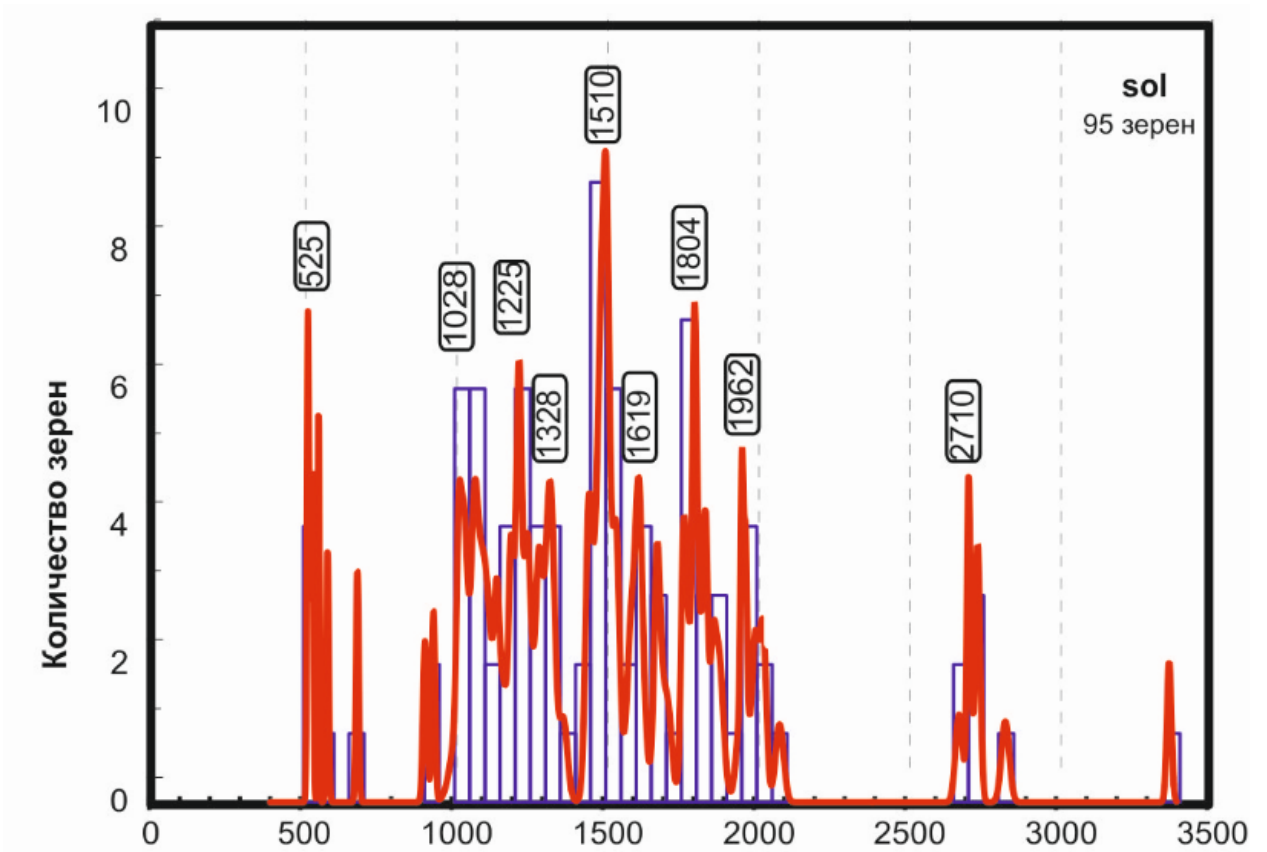


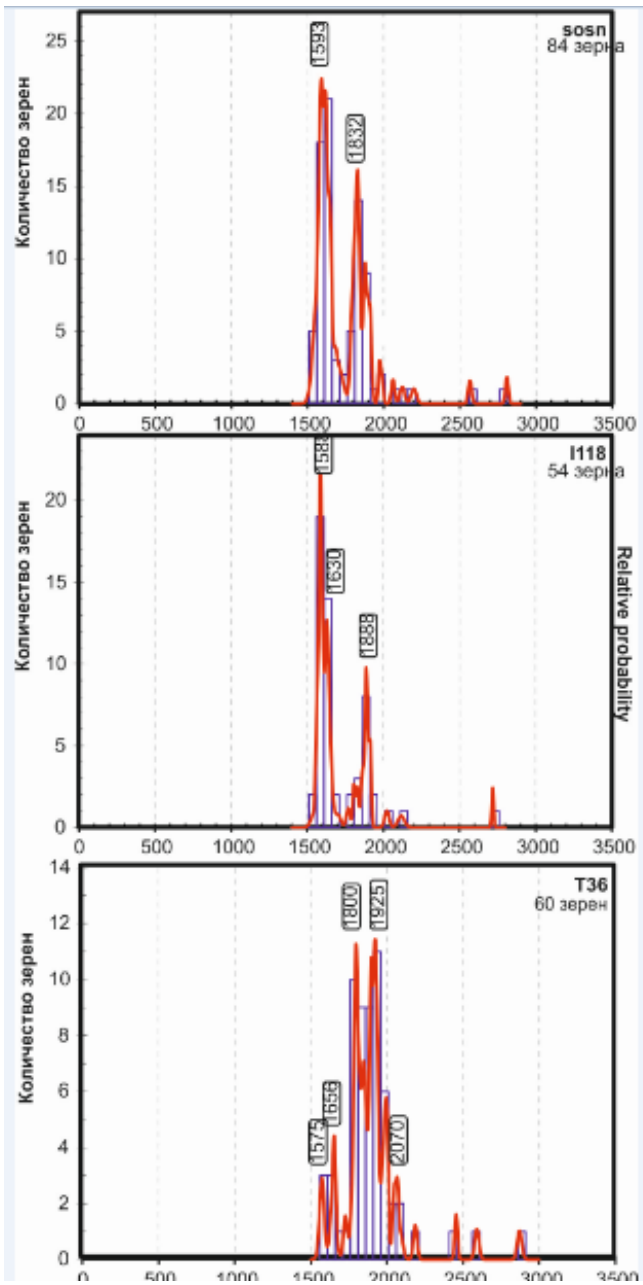
Рис. 10. Образец Sol. Гистограммы и кривые плотности вероятности распределения U-Pb-изотопных возрастов обломочных цирконов. Цифрами показаны возраста пиков (млн лет), образованных не менее чем тремя зёрнами

#### Глава 4. Обсуждение результатов

Проведя анализ всех полученных данных, отчетливо видно, что распределение возрастов обломочных цирконов из вендских и кембрийских отложений, весьма различное, что указывает на различные источники сноса.

Как видно из рис. 11, при формировании песчаников старорусской и василиостровской свит венда размывались породы палеопротерозойских ( $\approx 1800-1880$  млн. лет) и мезопротерозойских ( $\approx 1580$  млн. лет) возрастов. Единственным магматическим источником в регионе, имеющим схожие возрастные характеристики, является Балтийский щит.

Данные по датировкам обломочного циркона верхневендских отложений мы сравнили с данными, опубликованными Купцовой с соавторами по распределению обломочных цирконов в рифейских отложениях Пашско-Ладожского грабена (Купцова и др., 2012). В целом, наши результаты весьма схожи с результатами Купцовой с соавторами, полученными по рифейским отложениям, для которых источником сноса выступал Балтийский щит (рис.11).





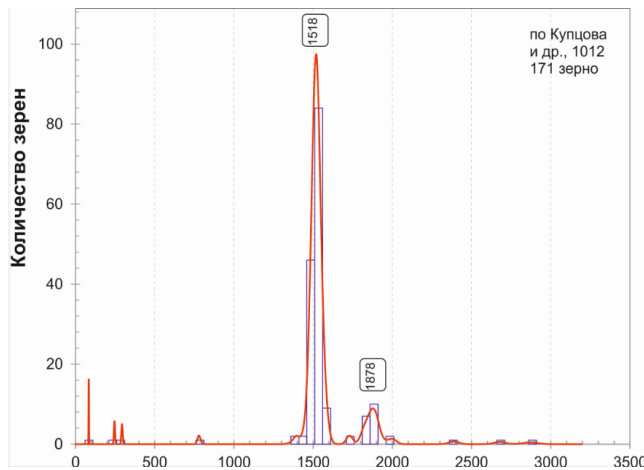


Рис. 11. Гистограммы и кривые плотности вероятности распределения U-Pb-изотопных возрастов обломочных цирконов из пород верхнего венда и рифея (Купцова и др., 2012). Цифрами показаны возраста пиков (млн лет), образованных не менее чем тремя зернами

Проведенный нами КС-тест (Рис. 12) показал, что статистически сходны лишь образцы из котлинского горизонта. Хотя на построенных куммулятивных диаграммах (рис. 13) графики образцов из котлинского горизонта и рифея расположены близко друг к другу, что в целом говорит о схожести источников сноса. В то время как образец из редкинского горизонта, самого нижнего горизонта венда на изучаемой территории, очевидно, имел несколько другой источник сноса, отличный от котлинского горизонта венда и рифея Пашско-Ладожского грабена (Купцова и др., 2011).

**K-S P-values using error in the CDF**

	Венд		Рифей	
	sosn	L188	T-36	Купцова и др. 2012
sosn		<b>0.610</b>	0.000	0.000
L188	<b>0.610</b>		0.000	0.000
T-36	0.000	0.000		0.000
Купцова и др. 2012	0.000	0.000	0.000	

Рис.12. Результаты теста Колмогорова-Смирнова (KS-тест) изотопных возрастов детритных цирконов из вендских пород между собой и с рифейскими породами Пашско-Ладожского грабена (Купцова и др, 2011)

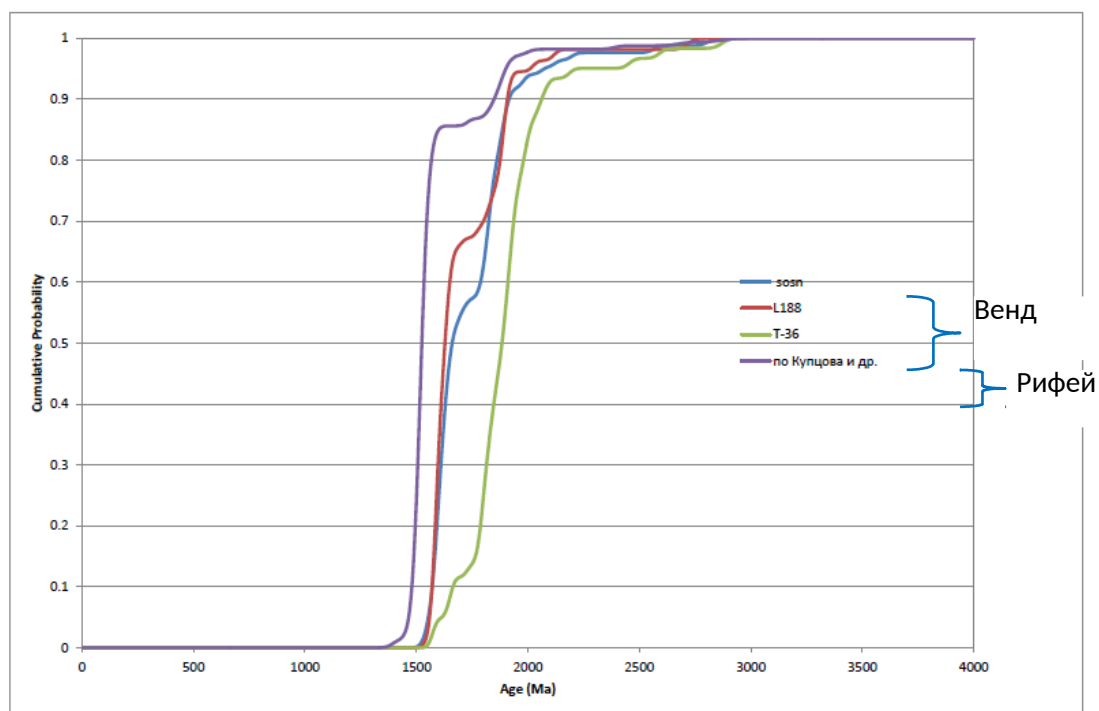


Рис. 13. Сопоставление кумулятивных кривых изотопных возрастов детритных цирконов из верхневендских образцов Балтийской моноклизы и рифейских пород Пашско-Ладожского грабена (Купцова и др, 2011)

В целом, полученные данные по датированию обломочных цирконов, указывают, что основным источником сноса выступал Балтийский щит и/или рециклирование рифейских осадочных комплексов (рис. 14). Различие в распределении возрастов обломочных цирконов из образцов редкинского и котлинского горизонтов, вероятно, говорит о том, что в разное время в венде источниками сноса выступали разные участки Балтийского щита.

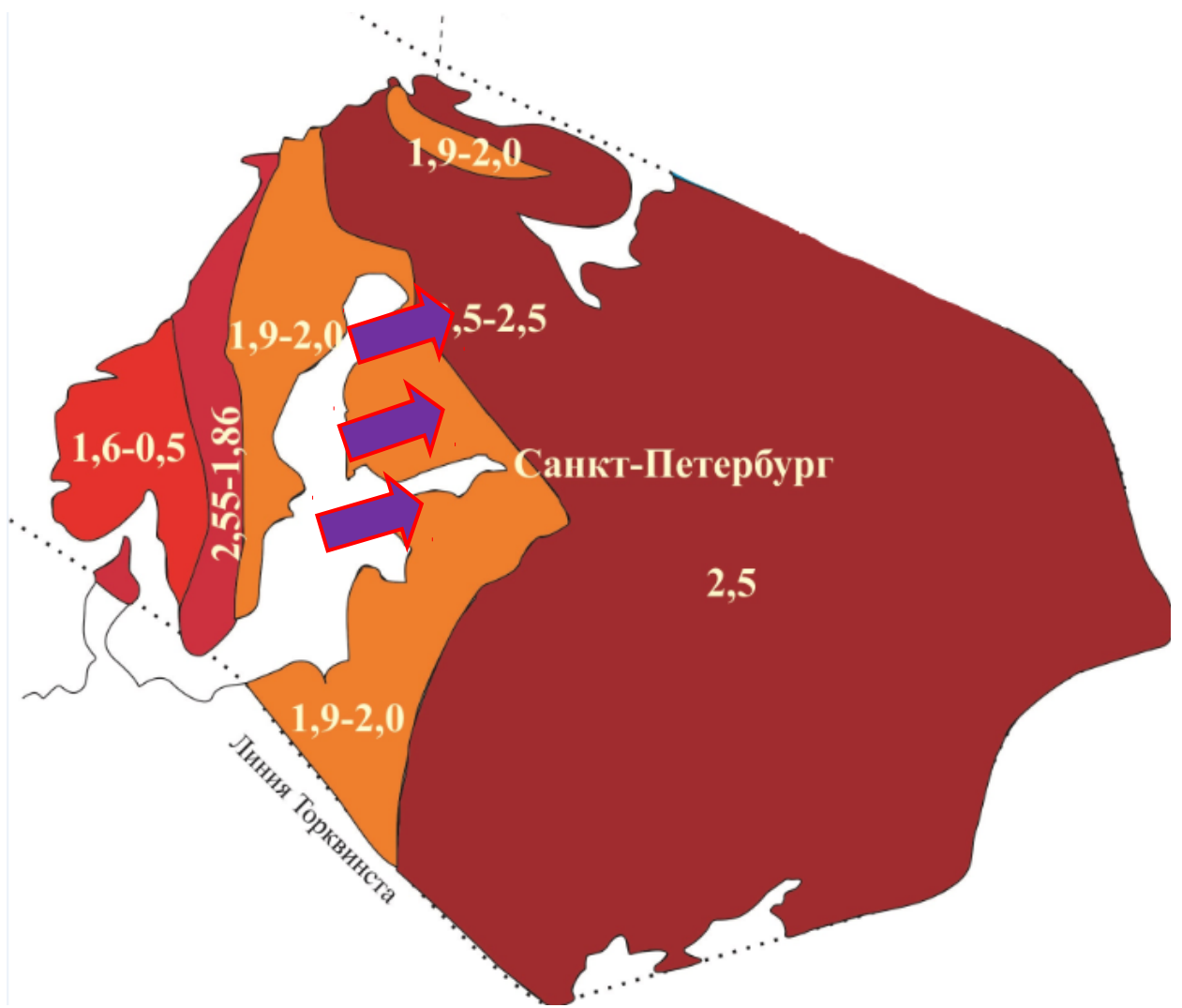
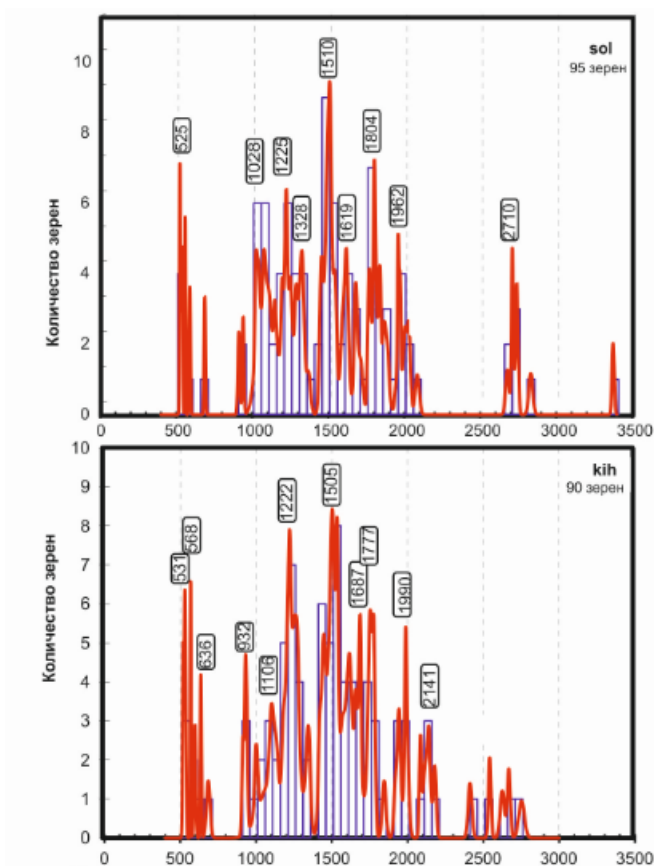


Рис. 14. Схема Восточно-Европейской платформы для поздневендского времени с указанием возможных путей транспортировки обломочного материала.

В образцах нижнекембрийских отложений распределение возрастов обломочных цирконов весьма сходно (рис. 15). Так во всех образцах преобладают цирконы мезопротерозойского возраста. Отличительной особенностью является присутствие зерен с возрастом близким к возрасту седиментации( пики с отметками≈530млн. лет).

В исследованных нижнекембрийских отложениях много молодых зерен, близких к возрасту седиментации. При этом на Балтийском щите не отмечено значительной магматической активизации этого возраста. Наиболее молодые датированные нами цирконы имеют возраст от 620 до 520 млн. лет и хорошо соотносятся с гранитами Тимано-Печерского орогена. Исходя из этого, нами был сделан вывод, что он мог выступать одним из источников сноса изучаемых нижнекембрийских отложений.



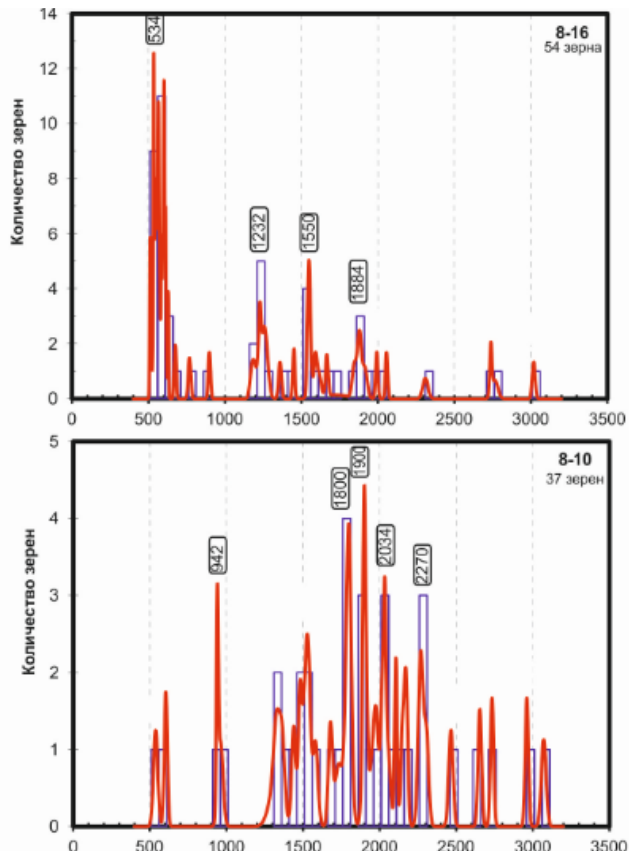


Рис. 15. Гистограммы и кривые плотности вероятности распределения U-Pb-изотопных возрастов обломочных цирконов из нижнекембрийских пород. Цифрами показаны возраста пиков (млн лет), образованных не менее чем тремя зернами.

Чтобы проверить предположение о том, что Тимано-Печерский ороген выступал источником сноса для изучаемой территории, нами было произведено сравнение распределения обломочных цирконов из нижнекембрийских отложений Балтийской моноклизы и опубликованных данных Кузнецова с соавторами о вендских отложениях Тимана (рис. 16). В целом распределение схоже, особенно что касается мезо- и палеопротерозойской части спектра. Что также может являться подтверждением вывода о Тимане, как основном источнике сноса для исследованных отложений кембрия.

Существует две модели образования Тиманского орогена: коллизия островной дуги и континента, а также модель коллизии двух континентов, каким бы не было образование Тиманского орогена, именно он послужил вероятным источником сноса для кембрийских отложений Балтийской моноклизы.

При этом, если Кузнецов с соавторами указывали, что поступление кластики с Тимана на Восточно-Европейскую платформу начало происходить в среднекембрии, то полученные нами данные показывают, что уже на рубеже кембрия и венда (примерно 530-535 млн. лет назад) Тиманский ороген начал выступать основным поставщиком обломочного материала.

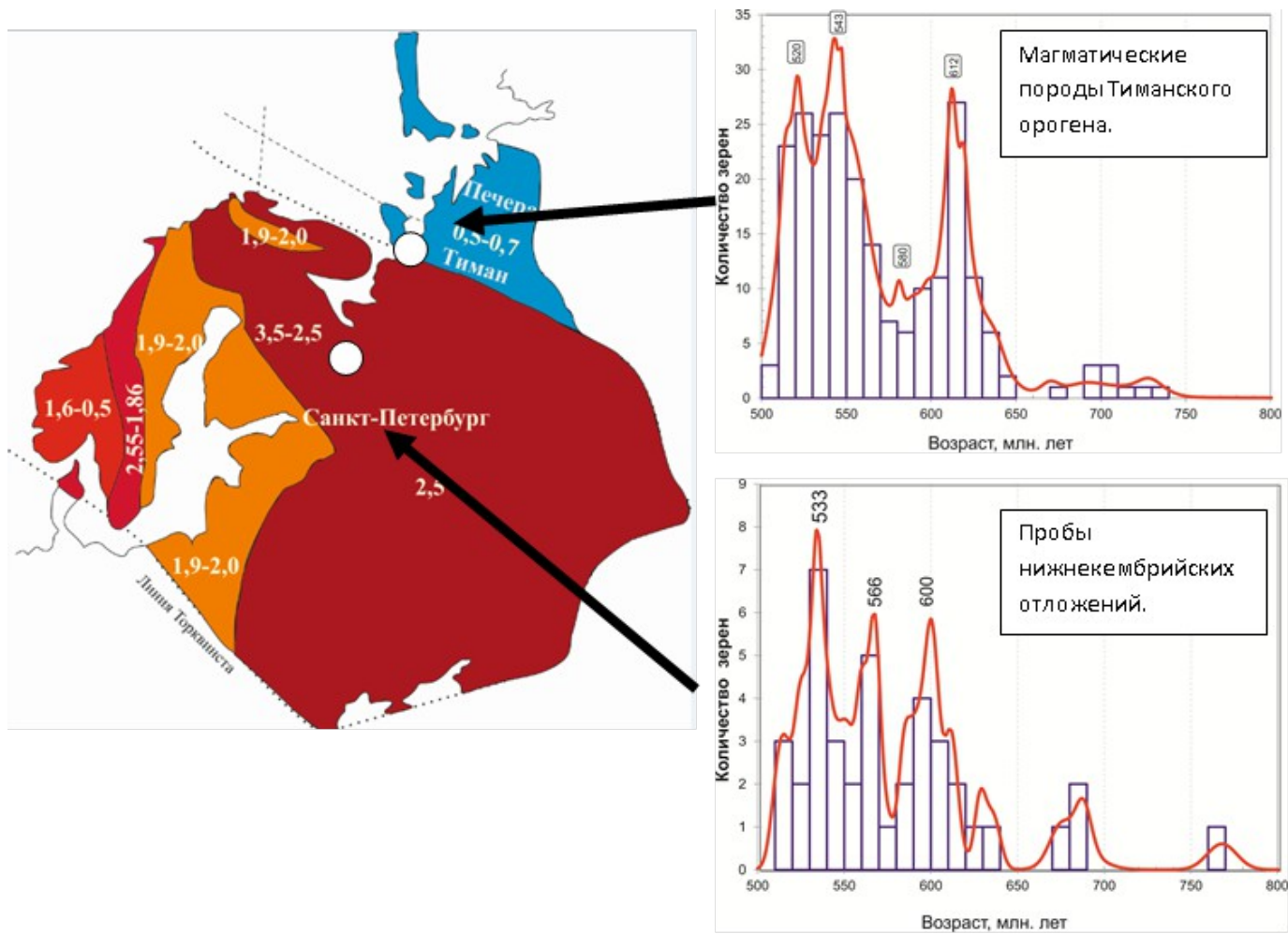


Рис. 16. Сравнение гистограмм и кривых плотности вероятности распределения U-Pb-изотопных возрастов обломочных цирконов из нижнекембрийских пород и магматических пород Тиманского орогена (Кузнецов, Романюк, 2014)

Нами был произведен сбор данных по датированию обломочных цирконов из разновозрастных отложений на Восточно-Европейской платформе. По этим данным построена кумулятивная диаграмма (рис. 17), из которой видно, что распределение возрастов обломочных цирконов по изученным нами образцам сходно с данными кембрийских отложений автохтона норвежских каледонид. Для кембрийских отложений Норвегии, авторы также предполагали источником сноса Тиман.

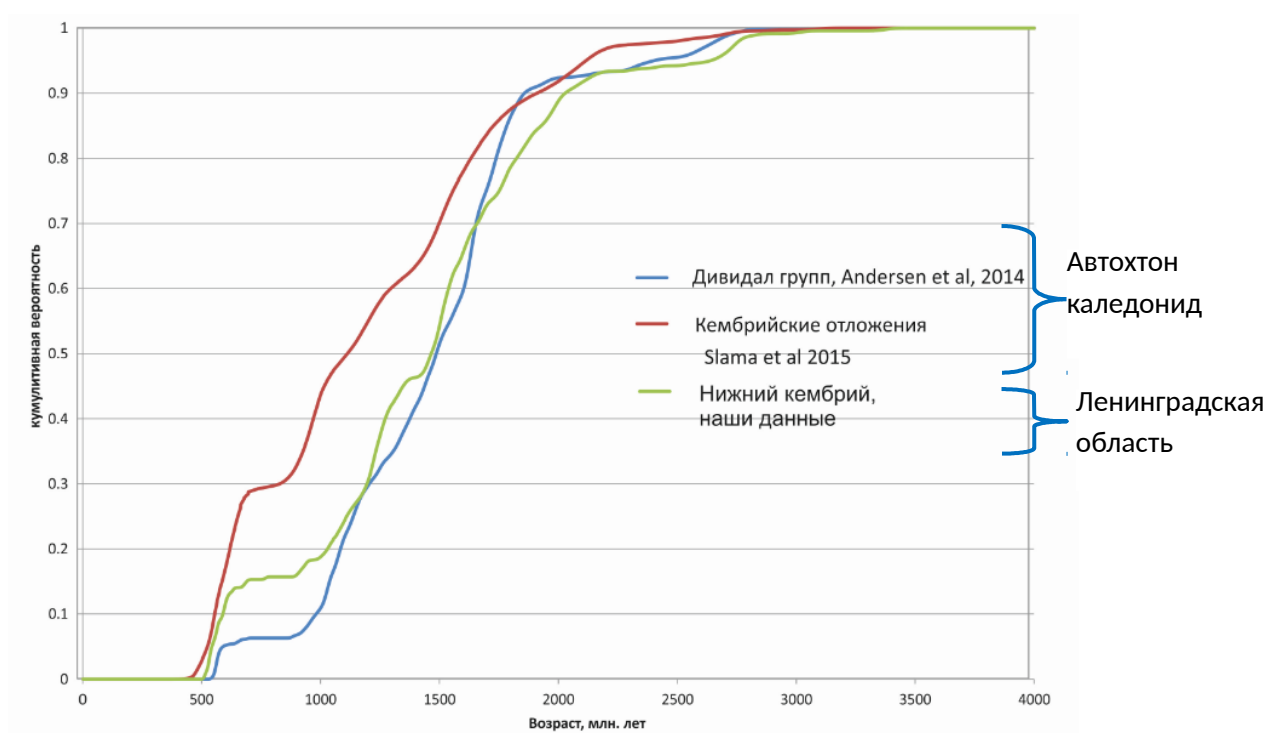


Рис. 17. Сопоставление кумулятивных кривых изотопных возрастов детритных цирконов из нижнекембрийских образцов Балтийской моноклизы и пород автохтона каледонид

Изучив результаты уран-свинцового изотопного датирования обломочных цирконов, была составлена схематическая карта (рис. 18), показывающая, что морской бассейн открывался с запада, а основным источником сноса выступал Тиманский ороген на востоке Восточно-Европейской платформы. При такой палеогеографической обстановке хорошо объяснимы одинаковые источники сноса для отложений Балтийской моноклизы и автохтона норвежских каледонид.





Рис. 18. Схема Восточно-Европейской платформы для раннекембрийского времени с указанием возможных путей транспортировки обломочного материала

## Выводы

Результаты уран-свинцового датирования обломочных цирконов песчаников старорусской, василеостровской свит верхнего венда и ломоносовской, люкатиной и тискреской свит нижнего кембрия позволили реконструировать источники сноса для восточной части Балтийской моноклизы. Основными выводами являются следующие:

Распределение возрастов по уран-свинцовым изотопным данным обломочных цирконов в верхневендских и нижнекембрийских отложениях востока Балтийской моноклизы значительно различаются. Для верхневендских толщ характерно преобладание палеопротерозойских возрастов обломочного циркона, и меньшем количеством зерен циркона с мезопротерозойским возрастом, а также отсутствием зерен, близких по уран-свинцовому изотопному возрасту к возрасту седиментации вмещающих толщ.

На разных уровнях разреза верхнего венда характерно различное распределение уран-свинцовых возрастов обломочных цирконов, что делает возможным вывод о несколько различных источниках сноса. Все возрастны пики верхневендски возрастов коррелируются с известными возрастными магматических пород южной части Балтийского щита, из чего можно считать Балтийский щит источником сноса верхневендских толщ. Нижнекембрийские образцы представлены преобладающим числом зерен обломочного циркона мезопротерозойского возраста, появлением пиков для зерен с неопротерозойским и раннекембрийским возрастными, схожими с возрастными седиментации. На Балтийском щите нет известного неопротерозойского и раннекембрийского проявления магматизма. Магматизм этих времен ярко представлен в Тимано-Печерском регионе, видимо он и являлся поставщиком обломочных цирконов для нижнекембрийских отложений востока Балтийской моноклизы.

Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что на северо-западе Русской платформы на рубеже верхнего венда и нижнего кембрия произошла относительно резкая смена направления сноса обломочного материала. В верхнем венде источником сноса для востока отложений Балтийской моноклизы служил Балтийский щит. В нижнекембрийское время, продолжается поступление кластического материала с Балтийского щита, но теперь главным агентом сноса кластики выступает Тиманский ороген.

## Литература

1. Аксенов Е.М. Венд Восточно-Европейской платформы// Вендская система. Историкогеологическое и палеонтологическое обоснование. Т.2. Стратиграфия и геологические процессы/Под ред. Соколова Б.С., Федонкина М.А. М.: Наука, 1985. С.3-34.
2. Вендская система. Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. Т.2. Стратиграфия и геологические процессы. М.: Наука, 1985
3. Келлер Б. М. Общие вопросы развития земной коры в верхнем докембрии // Стратиграфия СССР: Верхний докембрий. М.: Гостеолтехиздат, 1963.
4. Кузнецов Н.Б., Орлов С.Ю., Миллер Е.Л., Шацилло А.В., Дронов А.В., Соболева А.А., Удоратина О.В., Герлес Дж. Первые результаты U/Pb датирования (LA ICP MS) детритных цирконов из раннепалеозойских и девонских песчаников Южного Приладожья. Доклады РАН. 2011. Т.438, № 6, с. 787–793.
5. Кузнецов Н.Б., Романюк Т.В. Уточнение времени формирования коллизионного орогена Протоуралид-Тиманид: 540-510 млн.лет // Тектоника складчатых поясов Евразии: сходство, различие, характерные черты новейшего горообразования, региональные обобщения. Материалы совещ. Т. I. М.: ГЕОС, 2014. С. 219–224.
6. Купцова А.В., Худoley А.К., Дэвис В., Рейнбирд Р.Х., Ковач В.П., Загорная Н.Ю. Возраст и источники сноса песчаников приозерской и салминской свит рифея в восточном борту Пашско-Ладожского бассейна (южная окраина Балтийского щита) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2011. Т. 19. №2. С. 3-19.
7. Маслов А.В., Гражданкин Д.В., Подковыров В.Н., Ронкин Ю.Л., Лепихина О.П. Состав питающих провинций особенности геологической истории поздневендского Мезенского бассейна// Литология и полезные ископаемые, 2008, №3, с.290-312
8. Милановский Е. Е. Геология России и ближнего зарубежья (Северной Евразии). — М.: Изд-во Московского университета, 1996. — 448 с.
9. Оловянишников В.Г. Верхний докембрий Тимана и полуострова Канин. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 162с.
10. Палеогеография и литология венда и кембрия Запада Восточно-Европейской платформы / А. Ю. Розанов, В. Я. Бессонова, А. П. Брангулис, В. А. Великанов. — Наука Москва, 1980.
11. Ранний докембрий Балтийского щита/ Под ред. В.А. Глебовицкого. СПб.: Наука, 2005. 711 с.
12. Соколов Б.С. О возрасте древнейшего осадочного покрова Русской платформы// Изв. АН СССР. Сер.геол. 1952. №5. С. 21-31
13. Соколов Б.С. Очерки становления венда. – М.: КМК Лтд., 1997.-156 с.

14. Федоров П.В. От палеозоя до первой столицы Древней Руси (Путеводитель геолого-краеведческой экскурсии Путилово-Старая Ладога) / Экскурсии в геологию. Санкт-Петербург, 2001. С. 75-96.
15. Хоментовский В.В. Венд. Новосибирск: Наука, 1976. 272 с
16. Bogdanova S. V., Bingen B., Gorbatshev R. et al. The East European Craton (Baltica) before and during the assembly of Gondinia // *Prec. Res.* 2008. V. 160.
17. Gehrels G. Detrital zircon U-Pb geochronology: current methods and new opportunities. In: Busby C., Azor A. (Eds.), *Tectonics of Sedimentary Basins: Recent Advances*. Blackwell Publishing Ltd., 2012. P. 47–62.
18. Isozaki Y., Poldvere A., Bauert H., Nakahata H., Aoki K., Sakata S., Hirata T. // *Estonian J. Earth Sci.* 2014. V. 63. P. 251–256.
19. Kostyuchenko S.L., Egorkin A.V., Solodilov L.N. Structure and genetic mechanisms of the Precambrian rifts of the East-European Platform in Russia by integrated study of seismic, gravity, and magnetic data // *Tectonophysics.* 1999. V. 313. P. 9–28.
20. Mens K., Pirrus E. Cambrian // *Geology and mineral resources of Estonia* /. Raukas A., Teedum A. (eds). Tallinn: Estonian Academy Publishers, 1997. P. 39-51.
21. Nikishin A.M., Ziegler P.A., Stephenson R.A. et al. Late Precambrian to Triassic history of the East European Craton: dynamics of sedimentary basin evolution // *Tectonophysics.* 1996. V. 286. P. 23–63.
22. Poldvere, A., Isozaki, Y., Bauert, H., Aoki, K., Sakata, S., Hirata, T., 2014. Provenance of the LowerMiddle Paleozoic of Estonia in central Baltica: a possible link to Avalonia. *GFF* 136, 214-217. doi: 10.1080/11035897.2013.873986.

Географическое положение	Массив	Возраст	±
Полярный Урал	Поетарский	559,30	7,20
Полярный Урал	Поетарский	558,40	7,70
Полярный Урал	Поетарский	561,60	6,90
Полярный Урал	Усть-мраморный	516,00	16,00
Полярный Урал	Усть-мраморный	536,00	31,00
Полярный Урал	Усть-мраморный	526,00	8,00
Полярный Урал	Усть-мраморный	522,00	7,00
Полярный Урал	Харбейский	525,00	34,00
Полярный Урал	Харбейский	591,00	8,60
Полярный Урал	Харбейский	592,00	10,00
Полярный Урал	Марункев	691,00	10,00
Полярный Урал	Марункев	607,00	5,00
Полярный Урал	Марункев	551,00	10,00
Полярный Урал	Марункев	535,00	6,00
Полярный Урал	Марункев	532,00	4,00
Полярный Урал	Марункев	632,20	9,50
Полярный Урал	Марункев	643,00	9,40

Полярный Урал	Марункев	628,40	9,30
Полярный Урал	Марункев	598,70	9,50
Полярный Урал	Марункев	591,00	8,70
Полярный Урал	Марункев	636,00	10,10
Полярный Урал	Марункев	550,00	8,20
Полярный Урал	Марункев	570,80	8,80
Полярный Урал	Марункев	542,00	8,00
Полярный Урал	Марункев	532,50	7,90
Полярный Урал	Марункев	516,70	7,60
Полярный Урал	Марункев	564,10	8,30
Полярный Урал	Марункев	530,80	7,90
Полярный Урал	Марункев	527,60	8,50
Полярный Урал	Марункев	535,80	8,60
Полярный Урал	Марункев	544,00	8,70
Полярный Урал	Марункев	552,30	8,80
Полярный Урал	Марункев	534,70	7,10
Полярный Урал	Марункев	566,10	8,00
Полярный Урал	Марункев	524,00	7,10
Полярный Урал	Марункев	563,40	7,70

Полярный Урал	Марункев	522,30	7,90
Полярный Урал	Марункев	519,00	7,10
Полярный Урал	Марункев	542,10	8,00
Полярный Урал	Марункев	558,20	7,30
Полярный Урал	Марункев	545,90	7,60
Полярный Урал	Марункев	547,40	7,50
Полярный Урал	Марункев	546,70	8,20
Полярный Урал	Марункев	550,90	8,00
Полярный Урал	Марункев	548,40	7,50
Полярный Урал	Марункев	628,40	29,10
Полярный Урал	Марункев	544,40	25,40
Полярный Урал	Марункев	626,60	29,00
Полярный Урал	Марункев	571,80	26,60
Полярный Урал	Марункев	538,10	25,00
Полярный Урал	Марункев	582,60	27,10
Полярный Урал	Марункев	531,50	24,90
Полярный Урал	Марункев	584,30	26,70
Полярный Урал	Марункев	575,30	26,70
Полярный Урал	Марункев	539,30	25,40

Полярный Урал	Марункев	604,00	11,00
Полярный Урал	Без имени	591,00	4,00
Полярный Урал	Без имени	551,00	3,60
Полярный Урал	Без имени	1760,00	21,00
Полярный Урал	Лемвинский	526,00	7,00
Полярный Урал	Лемвинский	530,00	20,00
Полярный Урал	Лемвинский	558,00	21,00
Полярный Урал	Лемвинский	564,00	6,00
Полярный Урал	Лемвинский	522,00	3,40
Полярный Урал	Лемвинский	528,00	12,00
Полярный Урал	Лемвинский	564,00	10,00
Приполярный Урал	Лапчавозский	632,00	7,00
Приполярный Урал	Лапчавозский	695,00	19,00
Приполярный Урал	Лапчавозский	535,00	10,00
Приполярный Урал	Лапчавозский	513,00	9,00
Приполярный Урал	Лапчавозский	578,00	4,00
Приполярный Урал	Каталамба-Лапча	582,00	4,00
Приполярный Урал	Ниарта	700,00	20,00
Приполярный Урал	Ниарта	942,00	6,70



Приполярный Урал	Ниарга	1134,00	6,20
Приполярный Урал	Ниарга	1241,30	6,40
Приполярный Урал	Ниарга	1370,00	10,00
Приполярный Урал	Ниарга	1481,00	12,00
Приполярный Урал	Ниарга	1660,70	9,10
Приполярный Урал	Ниарга	1668,40	8,60
Приполярный Урал	Ниарга	1402,80	8,90
Приполярный Урал	Ниарга	2210,00	25,00
Приполярный Урал	Ниарга	2125,00	25,00
Приполярный Урал	Ниарга	1950,00	35,00
Приполярный Урал	Ниарга	1820,00	30,00
Приполярный Урал	Малдинский	584,00	9,00
Приполярный Урал	Малдинский	516,00	19,00
Приполярный Урал	Малдинский	519,00	17,00
Приполярный Урал	Тунаготский	624,00	3,00
Приполярный Урал	Малый Тунаготский	519,60	3,70
Приполярный Урал	Народный массив	557,00	7,00
Приполярный Урал	Народный массив	518,00	10,00
Приполярный Урал	Народный массив	544,00	3,00

Приполярный Урал	Народный массив	515,00	8,00
Приполярный Урал	Народный массив	548,00	6,00
Приполярный Урал	Народный массив	544,40	4,10
Приполярный Урал	Народный массив	547,80	3,80
Приполярный Урал	Николаевский массив	640,60	6,70
Приполярный Урал	Николаевский массив	606,00	3,00
Приполярный Урал	Амбашорский массив	520,00	7,00
Приполярный Урал	Лавкашорский массив	560,00	3,00
Приполярный Урал	Свободненский массив	553,00	8,00
Приполярный Урал	Вангурский массив	598,00	5,00
Приполярный Урал	Вангурский массив	1224,00	9,00
Приполярный Урал	Ровная гора	627,00	6,00
Приполярный Урал	Неройско-Патокский массив	611,10	6,20
Приполярный Урал	Неройско-Патокский массив	618,10	5,20
Приполярный Урал	Салнерский массив	564,00	6,00
Приполярный Урал	Малопатокский массив	537,70	5,10
Приполярный Урал	Малопатокский массив	544,10	4,50
Приполярный Урал	Малопатокский массив	529,00	10,00
Приполярный Урал	Торговский массив	541,80	3,70

Приполярный Урал	Торговский массив	543,20	2,90
Приполярный Урал	Картетский массив	630,70	4,90
Приполярный Урал	Кулемшорский массив	514,00	4,00
Приполярный Урал	Лавкашорский массив	542,10	4,00
Приполярный Урал	Лавкашорский массив	560,00	4,00
Приполярный Урал	Лавкашорский массив	1756,00	19,00
Приполярный Урал	Абрамовский массив	520,00	7,00
Приполярный Урал	Кулемшорский массив	544,40	5,10
Северный Урал	Кваркушский массив	535,00	6,00
Северный Урал	Кваркушский массив	535,80	6,50
Северный Урал	Кваркушский массив	536,00	19,00
Северный Урал	Кваркушский массив	526,00	36,00
Ижма зона	Канин-Беренц берег	519,00	6,00
Ижма зона	Канин-Беренц берег	540,00	2,00
Ижма зона	Канин-Беренц берег	604,00	13,00
Ижма зона	Чешская свита	703,00	28,00
Ижма зона	Барминская серия	728,00	6,00
Ижма зона	Крайний камешек	693,00	17,00
Ижма зона	Крайний камешек	707,00	100,00

Ижма зона	Крайний камешек	603,00	6,00
Ижма зона	Крайний камешек	613,00	2,00
Ижма зона	Большой Румяничный мыс	619,00	35,00
Ижма зона	Большой Румяничный мыс	616,00	3,00
Ижма зона	Большой Румяничный мыс	614,00	2,00
Ижма зона	Большой Румяничный мыс	613,00	7,00
Ижма зона	Большой Румяничный мыс	590,00	5,00
Ижма зона	Большой Румяничный мыс	587,00	4,00
Ижма зона	Большой Румяничный мыс	538,00	88,00
Ижма зона	Большой Камешек	597,00	6,00
Ижма зона	Большой Камешек	621,00	3,50
Ижма зона	Большой Камешек	617,00	6,00
Ижма зона	Сопки Каменные	591,00	7,00
Ижма зона	Чаркау	608,00	16,00
Ижма зона	Чаркау	553,00	6,00
Ижма зона	Малая Пера	551,00	8,00
Ижма зона	Нижняя Омра	604,00	19,00
Ижма зона	Нижняя Омра	510,00	8,00
Печерская зона	Чаркау	606,00	8,00

Печерская зона	Чаркау	528,00	6,00
Печерская зона	Чаркау	557,00	15,00
Печерская зона	Новая	565,00	8,00
Большеземельная зона	26-Е. Каряга	567,00	36,00
Большеземельная зона	26-Е. Каряга	561,00	12,00
Большеземельная зона	26-Е. Каряга	518,00	8,00
Большеземельная зона	26-Е. Каряга	558,00	22,00
Печерская зона	гнейсы микулкинской серии	1233,90	7,40
Печерская зона	гнейсы микулкинской серии	1180,10	4,10
Печерская зона	гнейсы микулкинской серии	1839,70	9,20
Печерская зона	гнейсы микулкинской серии	1338,80	7,50
Печерская зона	гнейсы микулкинской серии	1950,00	10,00
Печерская зона	гнейсы микулкинской серии	1782,60	9,50
Полярнай Урал	приустьевые части рек Большая и Малая Пидерцелха	356,00	2,00
Полярнай Урал	приустьевые части рек Большая и Малая Пидерцелха	455,00	2,00

Полярнай Урал	приустьевые части рек Большая и Малая Пидерцелха	473,00	2,00
Полярнай Урал	приустьевые части рек Большая и Малая Пидерцелха	536,00	3,00
Полярнай Урал	приустьевые части рек Большая и Малая Пидерцелха	536,00	2,00
Полярнай Урал	приустьевые части рек Большая и Малая Пидерцелха	537,00	3,00
Полярнай Урал	приустьевые части рек Большая и Малая Пидерцелха	537,00	4,00
Полярнай Урал	приустьевые части рек Большая и Малая Пидерцелха	542	3,00
Полярнай Урал	приустьевые части рек Большая и Малая Пидерцелха	543,00	2,00
Полярнай Урал	приустьевые части рек Большая и Малая Пидерцелха	544,00	3,00
Полярнай Урал	приустьевые части рек Большая и Малая Пидерцелха	581,00	2,00
Полярнай Урал	приустьевые части рек Большая и Малая Пидерцелха	620,00	2,00
Полярнай Урал	приустьевые части рек Большая и Малая Пидерцелха	1279,00	11,00
Полярнай Урал	приустьевые части рек Большая и Малая	1409	6,00

	Пидерцелха		
Полярнай Урал	приустьевые части рек Большая и Малая Пидерцелха	1471,00	12,00
Полярнай Урал	приустьевые части рек Большая и Малая Пидерцелха	1536,00	9,00
	Массив мыса Большой Румяничный	608,00	
Ижма зона	Массив мыса Большой Румяничный	616,00	4,60
Ижма зона	Массив мыса Большой Румяничный	622,00	8,10
Ижма зона	Массив мыса Большой Румяничный	609,00	4,10
Ижма зона	Массив мыса Большой Румяничный	610,00	3,10
Ижма зона	Массив мыса Большой Румяничный	612	3,60
Ижма зона	Массив мыса Большой Румяничный	615,00	2,50
Ижма зона	Массив мыса Большой Румяничный	619,00	2,20
Ижма зона	Массив мыса Большой Румяничный	610,00	2,20
Ижма зона	Массив мыса Большой Румяничный	611,00	1,90
Ижма зона	Массив мыса Большой Румяничный	612,00	1,70
Ижма зона	Массив мыса Большой Румяничный	617,00	4,60
Ижма зона	Массив мыса Большой Румяничный	619,00	1,80
Ижма зона	Массив мыса Большой Румяничный	615,00	7,70
Ижма зона	Массив мыса Большой Румяничный	614	7,80

Ижма зона	Массив мыса Большой Румяничный	612,00	8,10
Ижма зона	Массив мыса Большой Румяничный	625,00	9,60
Ижма зона	Массив мыса Большой Румяничный	614,00	8,00
Ижма зона	Массив мыса Большой Румяничный	618,00	7,90
Ижма зона	Массив мыса Большой Румяничный	613,00	8,10
Приполярный Урал	Народинский массив	548,00	6,00
Приполярный Урал	Народинский массив	544,00	3,00
Приполярный Урал	Народинский массив	518,00	10,00
Приполярный Урал	Народинский массив	515,00	8,00
Приполярный Урал	Маньхамбовский массив	574,00	8,00
Приполярный Урал	Маньхамбовский массив	505,00	4,00
Приполярный Урал	Маньхамбовский массив	508,00	19,00
Приполярный Урал	Маньхамбовский массив	522,00	6,00
Полярный Урал	Сядатаяхинский массив	521,30	2,00
Полярный Урал	Сядатаяхинский массив	522,90	5,00
Полярный Урал	Сядатаяхинский массив	513,30	1,70
Полярный Урал	Сядатаяхинский массив	512,30	3,30
Полярный Урал	Сядатаяхинский массив	507,30	6,30



Печерская зона	Малопатокский массив	606,00	0,00
Печерская зона	Малопатокский массив	496,00	
Печерская зона	Малопатокский массив	506,00	
Печерская зона	Малопатокский массив	508,00	

Список Литературы:

1. В.Л. Андреичев. Эволюция фундамента Печерской плиты по изотопно-геохронологическим данным. 2010 г.
2. N.B. Kuznetsova, E.A. Belousov, A.S. Alekseev and T.V. Romanyuk. New data on detrital zircons from the sandstones of the lower Cambrian Brusov Formation (White Sea region, East-European Craton): unravelling the timing of the onset of the Arctida–Baltica collision. 2014 г.