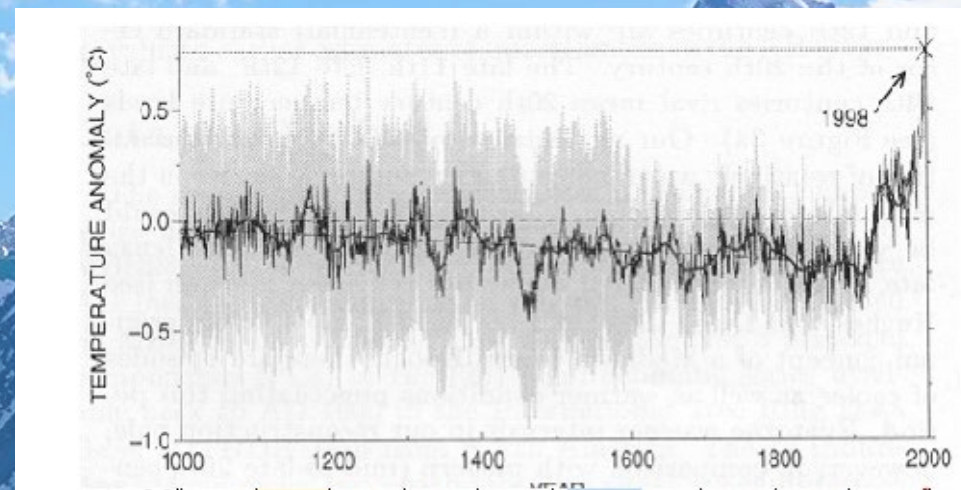


**Варвохронология современных
осадков приледникового озера
Кучерлинское (Горный Алтай)**

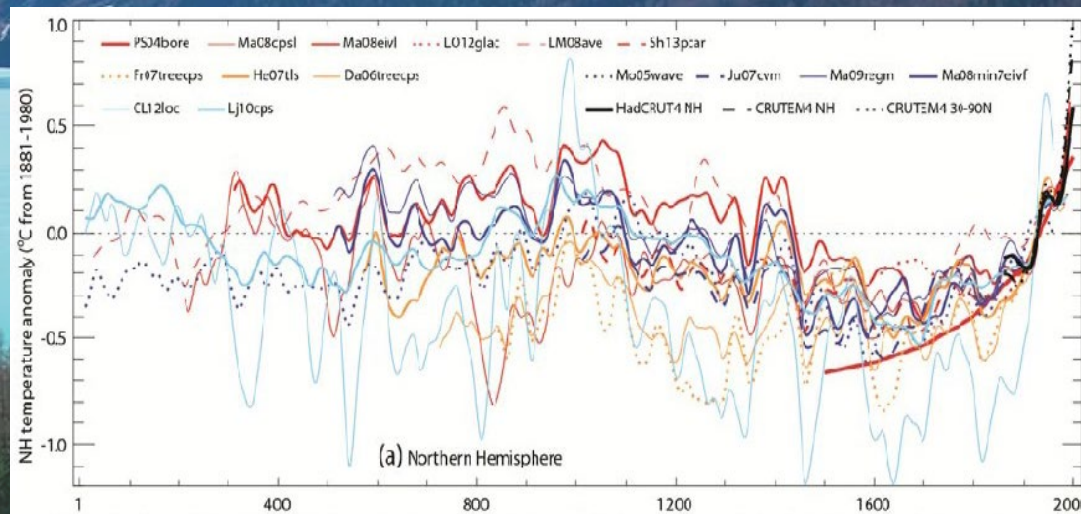
**Авторы: Новиков В.С., Дарьин А.В., Бабич В.В.
ИГМ СО РАН**

Актуальность

Обеспокоенность по поводу глобального изменения климата и его последствий для природы и деятельности человека, оказывает давление на науку в целях разработки моделей и прогнозов будущих климатических изменений.

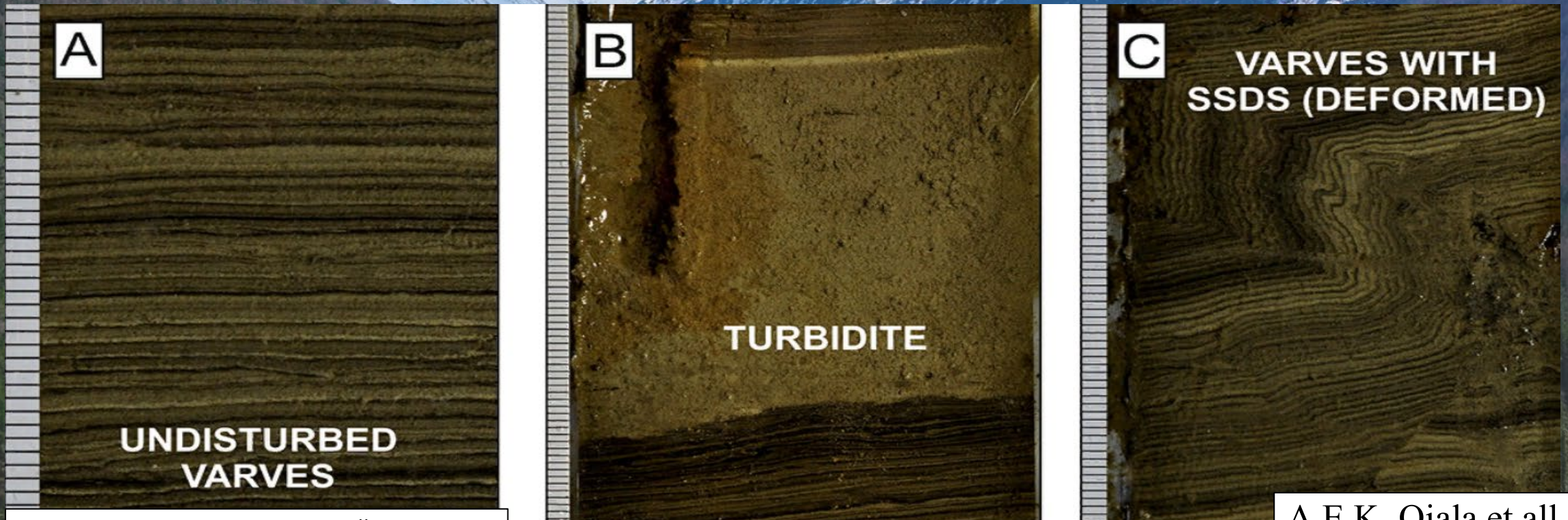


(Mann, 1999)



IPCC 2013

Варв – годичный цикл алеврито-глинистых отложений приледниковых и солёных водоёмов, состоящих из двух или более слоёв - тонкого зимнего и более крупнозернистого летнего.



Мировое распределение опубликованных и рецензированных работ по варвным осадкам на 2015 год

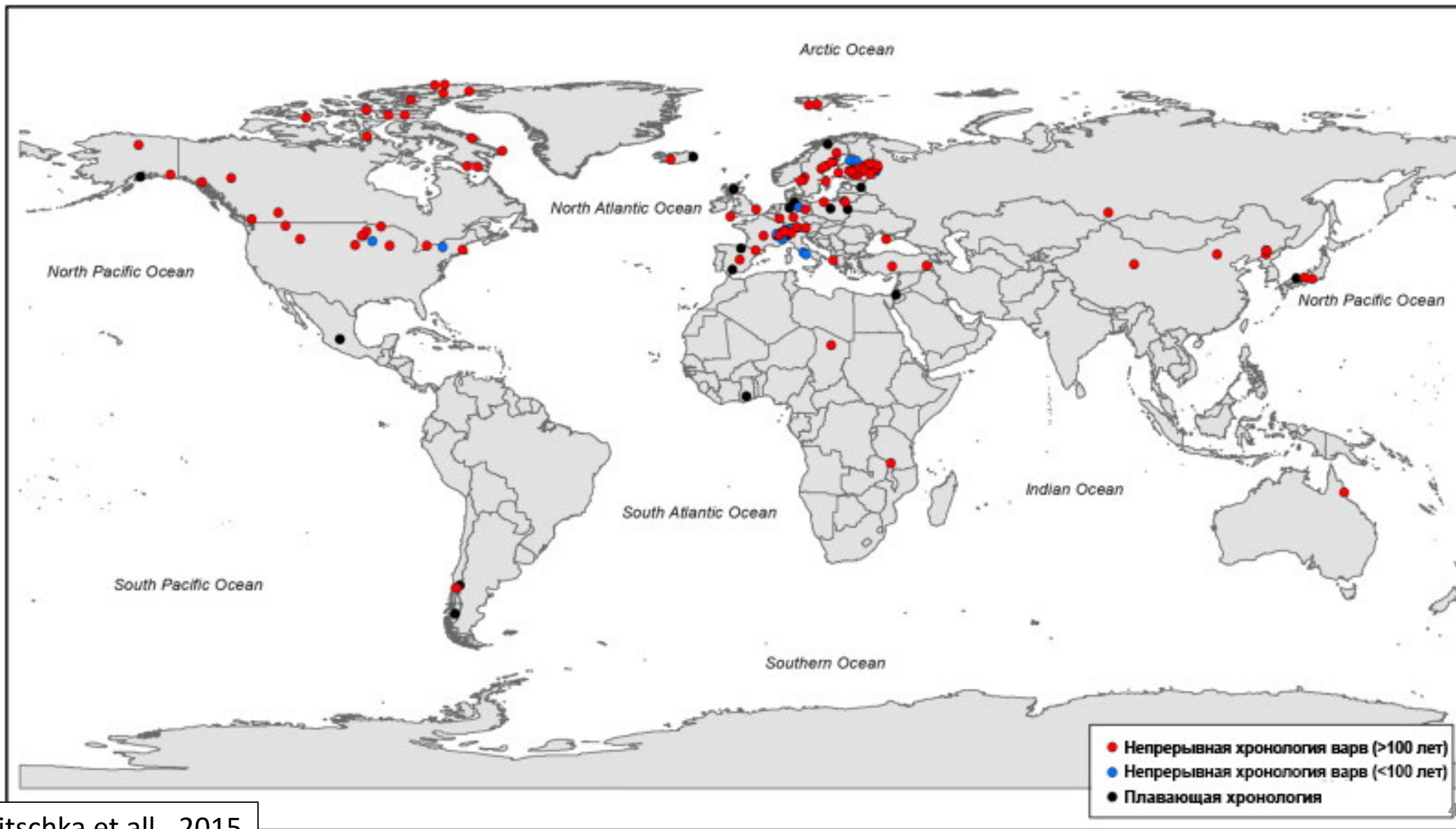


Схема образования донных осадков

Контролирующие факторы

Геология (стабильный)

Климат (переменный)

Влияние человека

коренная порода
геоморфология
морфология озера
растительность

инсоляция
атмосферные осадки
испарение

загрязнение
землепользование
строительство

Процессы

Атмосферные поступления

**Речной сток, снос
терригенного материала**

пыль
пыльца
вулканический пепел
аэрозоли

минеральные частицы
органический материал
растворенные компоненты

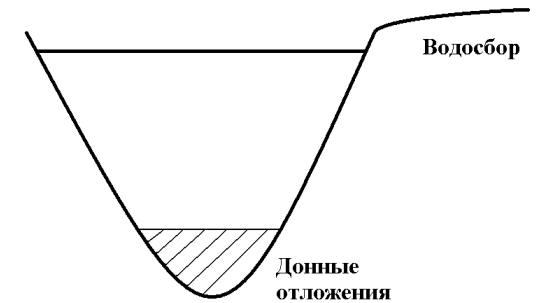
allochthonous
autochthonous

оползни
турбидиты
взмучивание

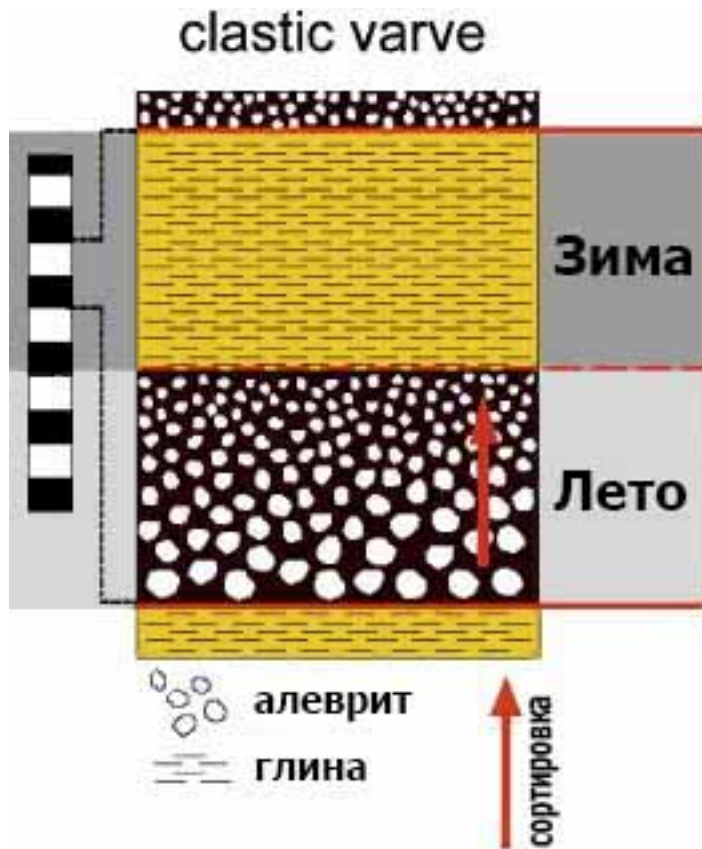
Озерные процессы

- 1 внутренняя продуктивность
- 2 химическое осаждение
- 3 распад, разложение
- 4 биотурбация, растворение
- 5 диагенетические процессы

Озерные
осадочные
записи



Модель идеального варва



Sturm and Lotter, 1995

Скорость седиментации является величиной, обратной устойчивости системы, и определяется законом Стокса:

осаждение частиц зависит от их размеров, в первую очередь осаждаются более крупные, затем более мелкие частицы.

$$v_{\text{пр}} = \frac{2}{9} \frac{r^2 g (\rho' - \rho)}{\mu}$$

$v_{\text{пр}}$ – скорость седиментации

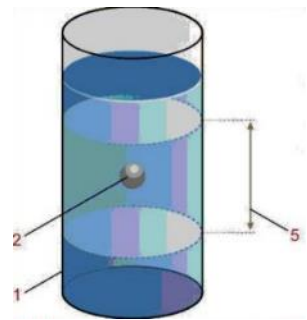
r – радиус частиц фазы

ρ' и ρ –

плотность жидкости и вещества шарика

g – ускорение свободного падения

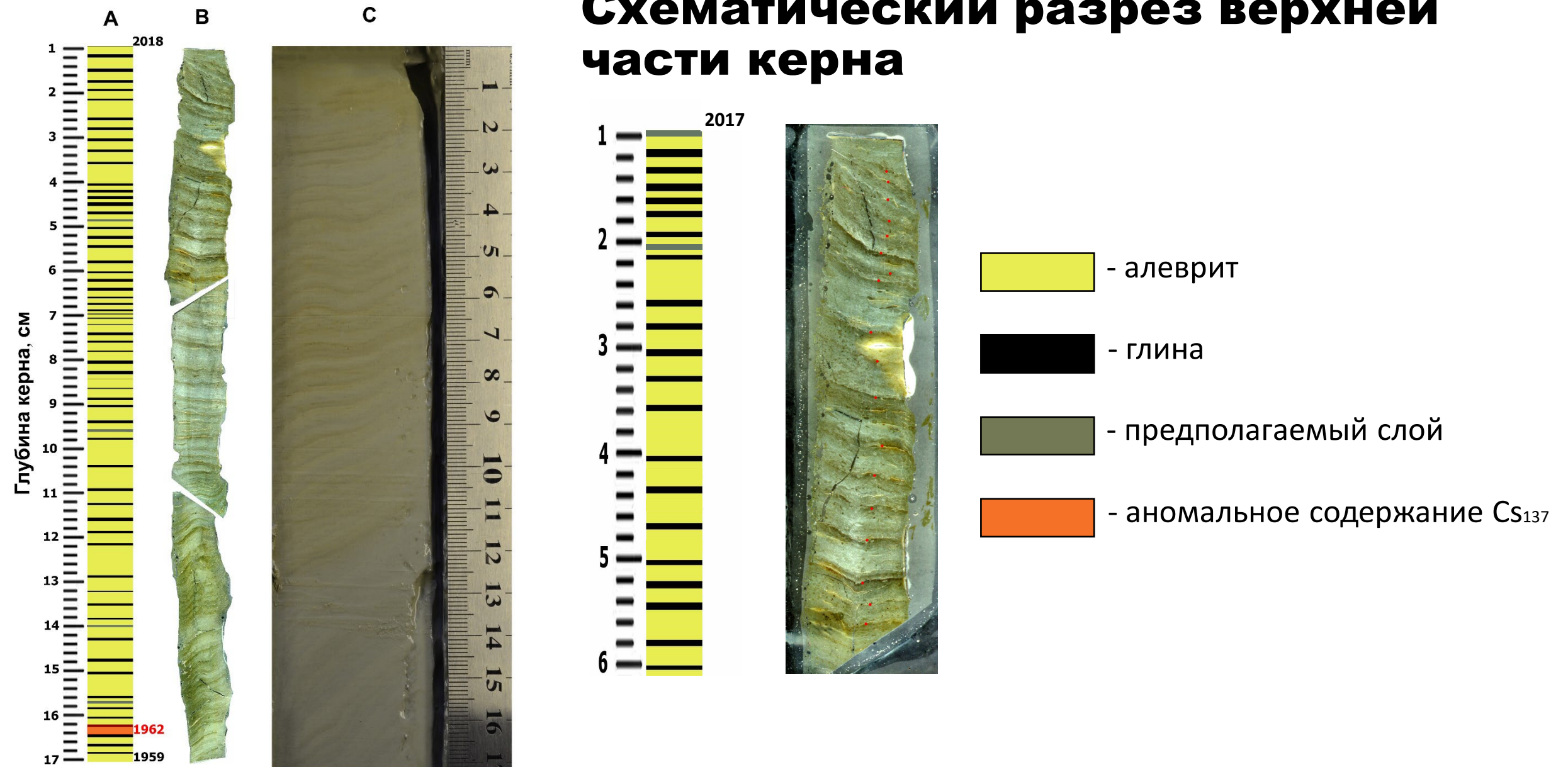
μ – вязкость среды



Размер обломков (мм)	Рыхлые отложения	
	Обломки окатаны	Обломки не окатаны
0,001-0,01	Глина	
0,01-0,1	Алеврит (лесс)	
0,1-2	Песок	

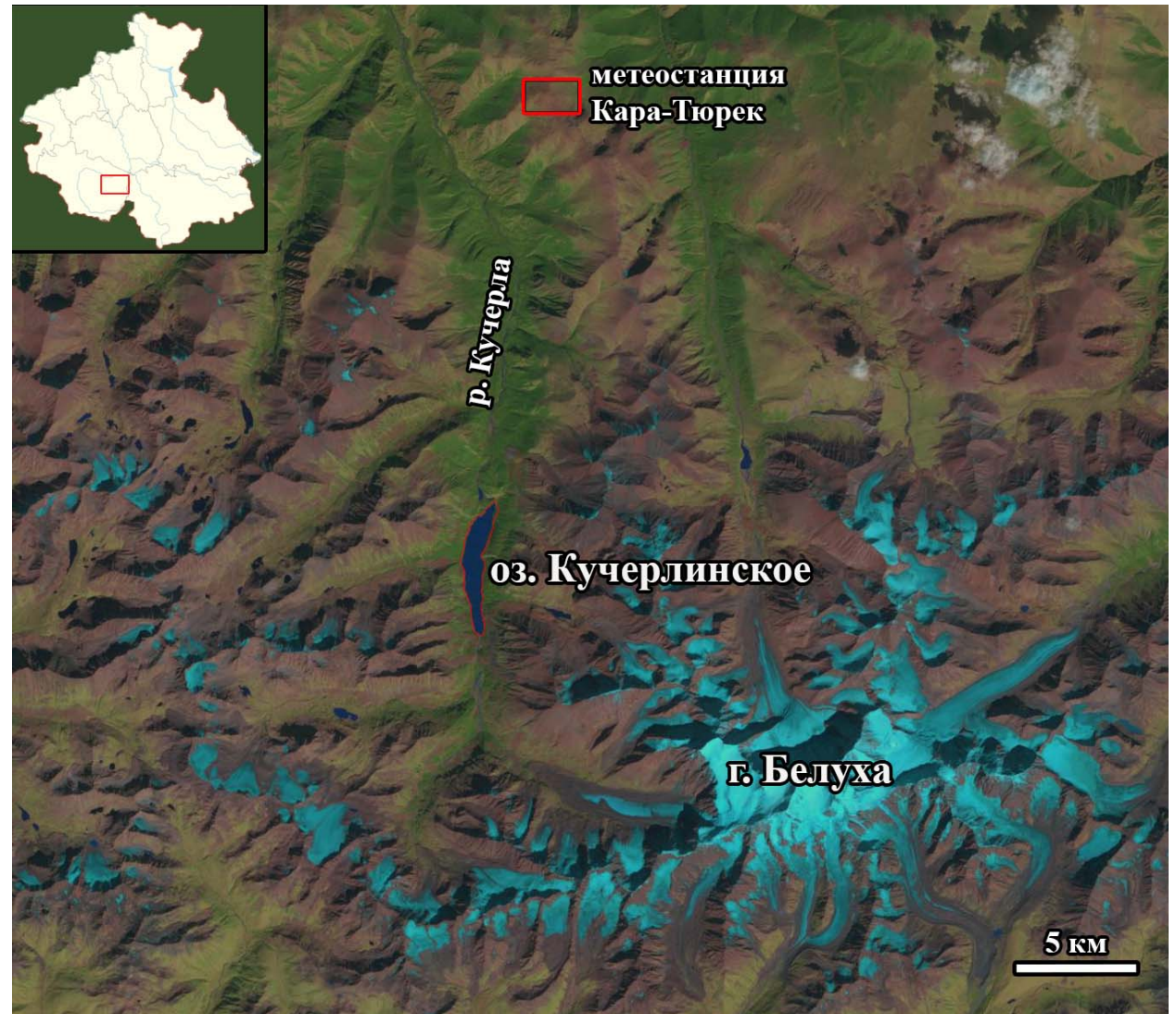
Классификация обломочных горных пород

Схематический разрез верхней части керна



А – схематический разрез керна, В – шлифы, С – вскрытый керна вдоль оси отбора.

- Цель проводимых исследований – создание точной временной шкалы на временном интервале для которого имеются данные метеонаблюдений (1940 – 2017гг.), и построение трансферных функций, количественно связывающих литолого-геохимические данные о составе датированных слоев донного осадка с региональными метеоданными метеостанции Кара-Тюрек.



Территория исследования

Озеро Кучерлинское расположено на северном склоне Катунского хребта, оно имеет ледниковое происхождение, и подпружено мощным конечно-моренным комплексом.

Расположено на высоте 1790 м над уровнем моря. Длина озера составляет 5 км, ширина – 1 км, максимальная глубина достигает до 45 м.

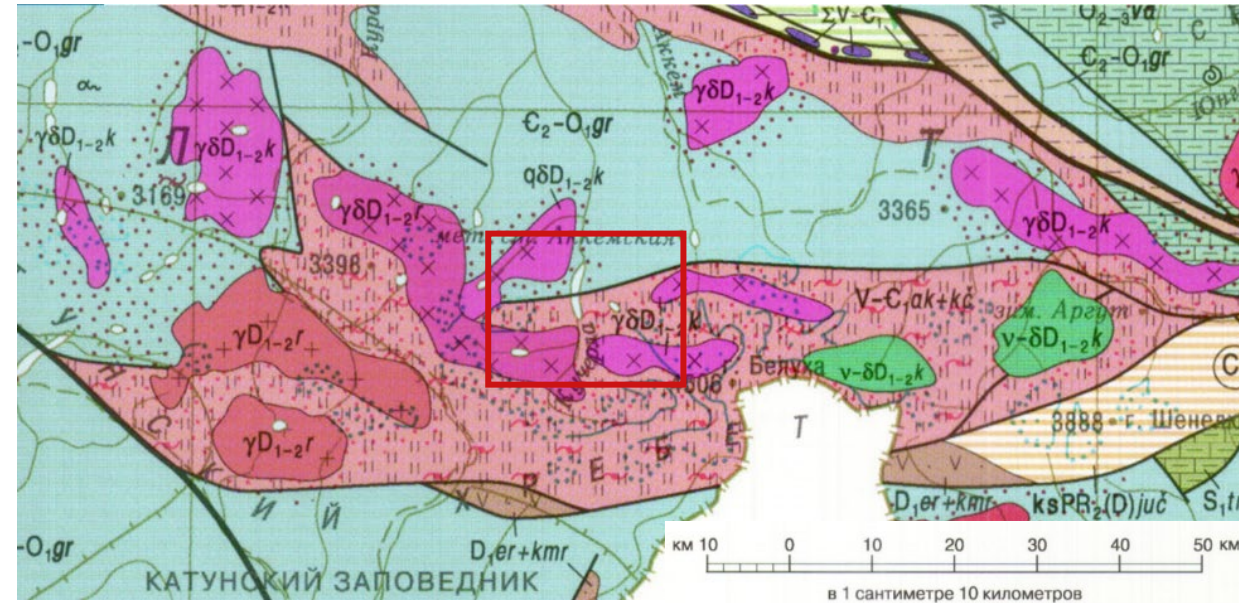
Кучерлинское озеро расположено в котловине, которая замкнута с запада и востока вершинами высотой от 2700 до 3200 м, а с юга и севера - моренами различных этапов отступления Кучерлинского ледника.



Геологическое положение

Кучерлинское озеро расположено в пределах каледонского складчатого сооружения Горного Алтая. В водосборном бассейне озера залегают раннепалеозойские песчаники и сланцы горно-алатайской серии, интродуцированные массивами гранитоидов.

Современный горный рельеф является результатом неотектонической активизации, а озеро имеет моренно-подпрудное происхождение.



$\gamma\delta D_{1-2}f$ $\gamma D_{1-2}kb$ $\gamma D_{1-2}kb$

C_2-O_1gr

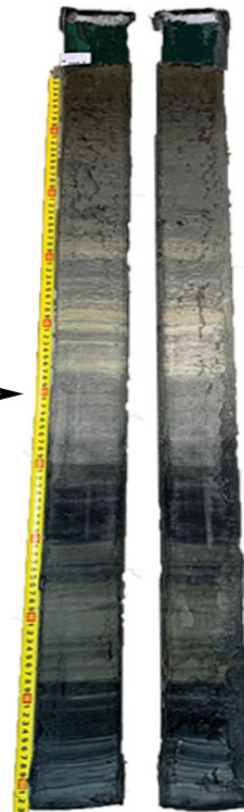
$V-C_1ak+kch$

Рахмановский и кубадринский комплексы. Гранодиориты и меланограниты биотитовые, изредка с роговой обманкой, нередко порфировидные рахмановского, гранодиориты и меланограниты биотитовые порфировидные, массивные и гнейсовидные ($\gamma\delta kb$) кубадринского комплексов; граниты и меланограниты биотитовые, иногда двуслюдяные, нередко порфировидные массивные или огнейсованные кубадринского, граниты биотитовые порфировидные и лейкограниты биотитовые, редко двуслюдяные и мусковитовые (γr) рахмановского комплексов; лейкограниты биотитовые и двуслюдяные кубадринского комплекса.

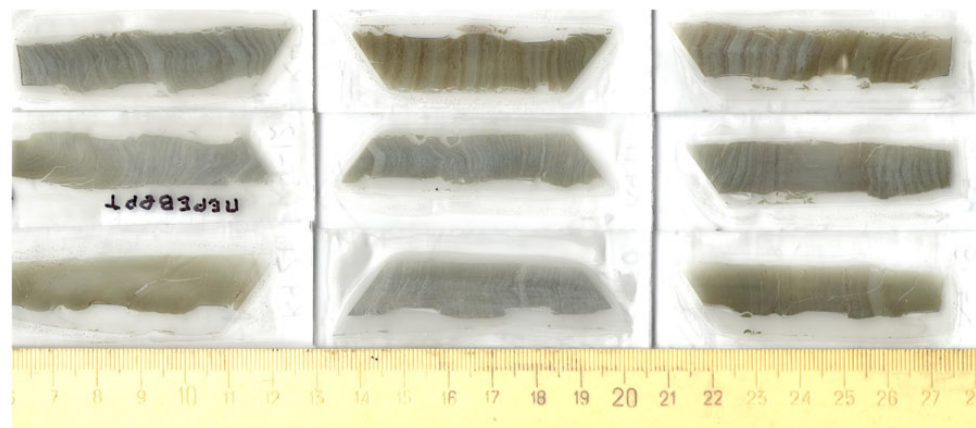
Кембрийская система, средний отдел – ордовикская система, нижний отдел, тремадокский ярус. Горноалтайская серия. Ритмично переслаивающиеся зелено- и лилово-серые песчаники, алевролиты, глинистые сланцы, местами гравелиты, конгломераты, линзы пестрых кремней, яшмоидов, гематитокварцитов, олистостром (более 2500 м).

Вендская система-кембрийская система, нижний отдел, томмотский ярус. Аккемская и кучерлинская свиты объединенные ($ak+kch$). Низы разреза – зелено-темно-серые известковистые песчаники и алевролиты (аккемская свита – 200 м), выше – ритмично переслаивающиеся зелено- и лилово-серые песчаники и алевролиты, с прослоями красноцветных яшмоидов, кремнистых сланцев, высокотитанистых базальтов (кучерлинская свита – 1300 м).

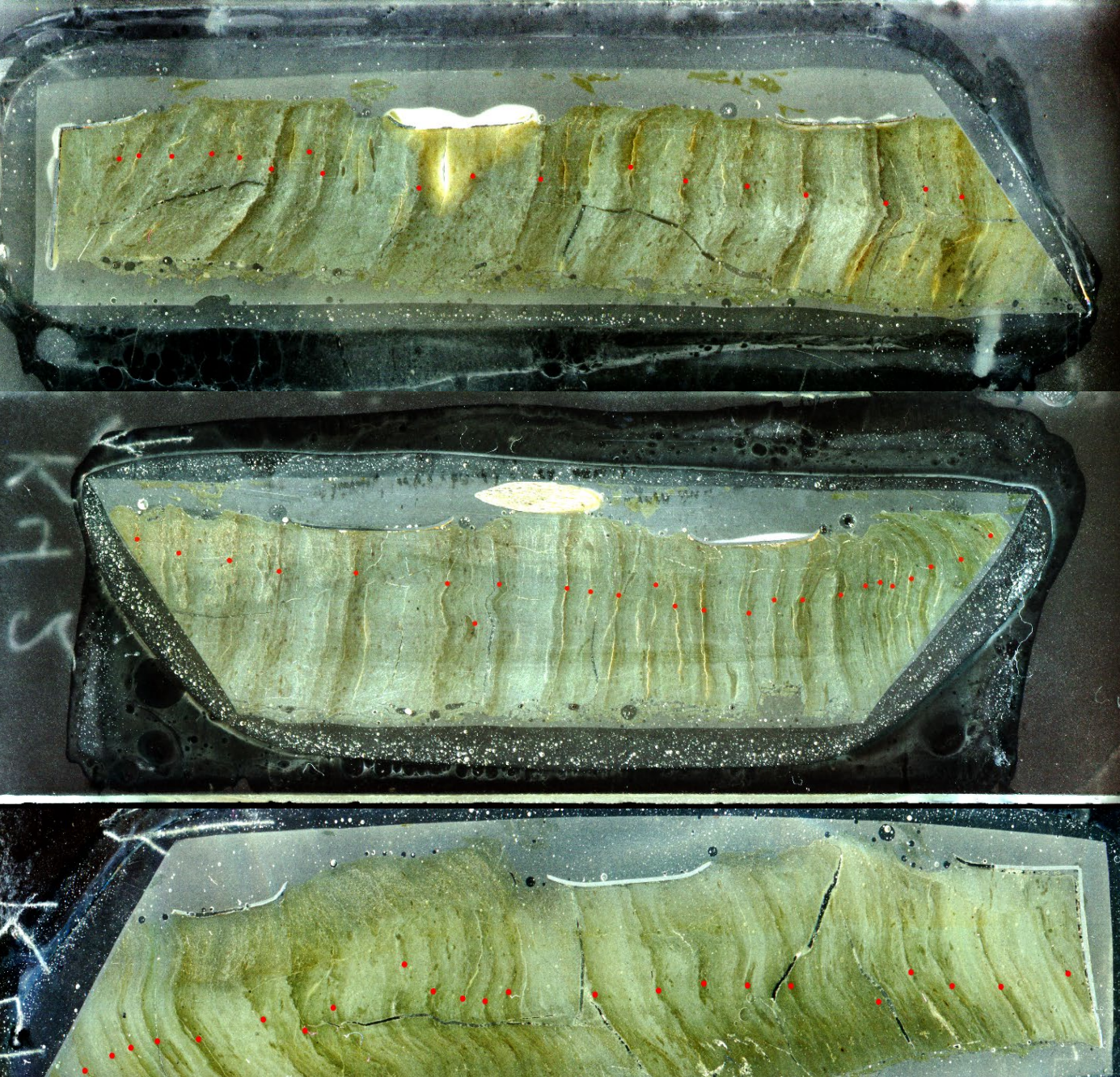
Пробоотбор и пробоподготовка



В марте 2018 г. был отобран керн длиной 1,12 м. В процессе пробоотбора особое внимание обращалось на сохранность верха керна и ненарушенность границы вода-осадок.



Образцы – оптические шлифы донных осадков. Для исследований выделены три интервала из верхней, средней и нижней частей керна.

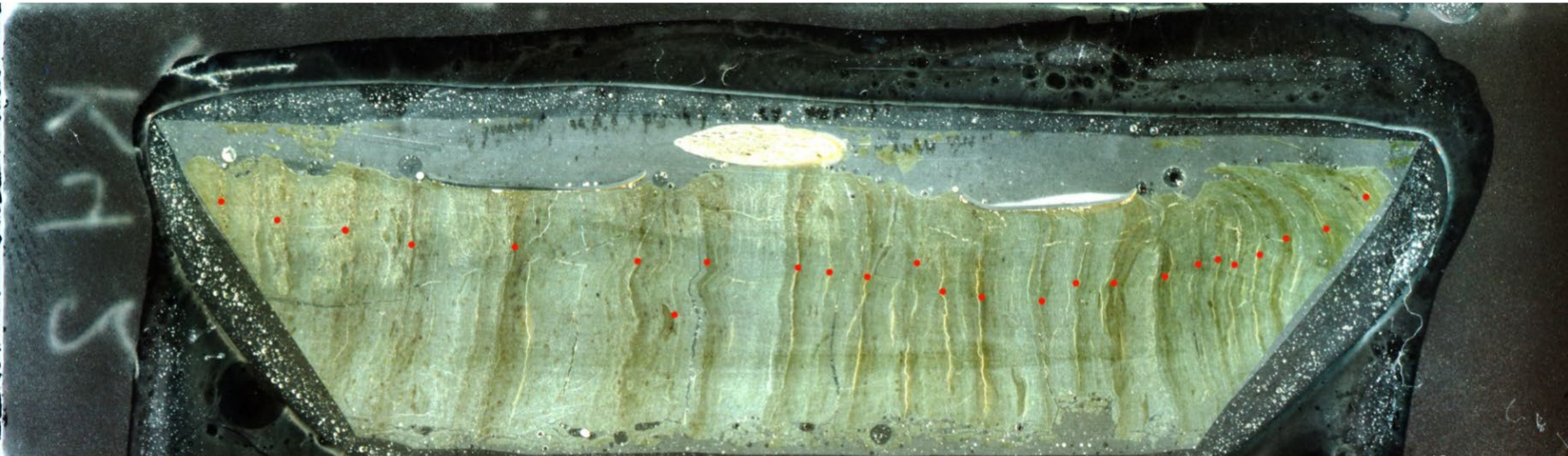


Изготовление твердых препаратов и шлифов :

1. образец влажного керна подвергается шоковой заморозке в жидком азоте
 2. из образцов методом лиофильной сушки при температуре жидкого азота и давлении 3-10 мбар полностью удаляется влага.
 3. образец, сохранивший исходную структуру, пропитывается смесью эпоксидной смолы, отвердителя и ацетона.
- Полимеризация происходит в сушильном шкафу при 60°C в течении 3-4 суток.

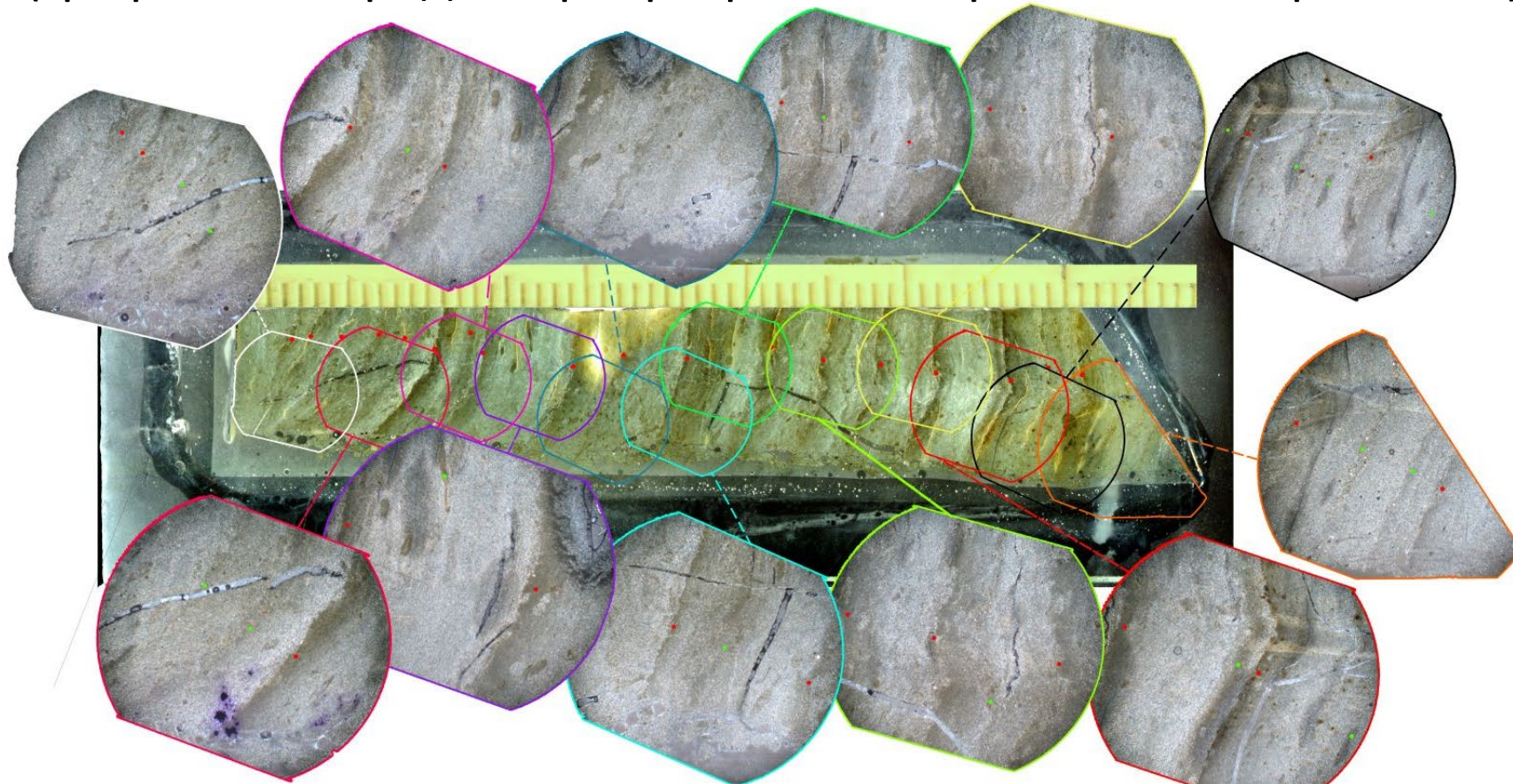
Визуальный подсчет

Летние слои окрашены в белый цвет за счет преобладания в них перетертого обломочного материала, зимние слои окрашены в темный цвет за счет разной структуры осадка и небольшого количества органического вещества. Таким образом, совокупность двух этих соседствующих слоев дает нам в итоге слой-пару, которая и является годичным ритмом.



Методика работ

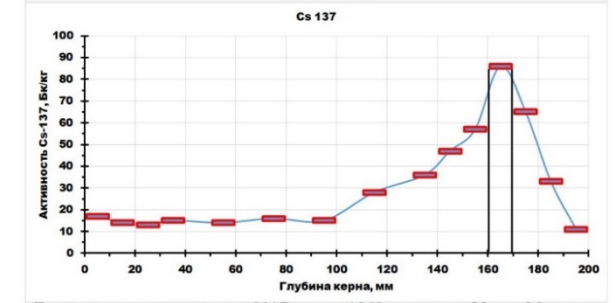
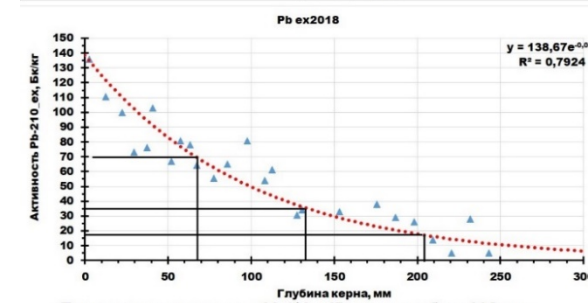
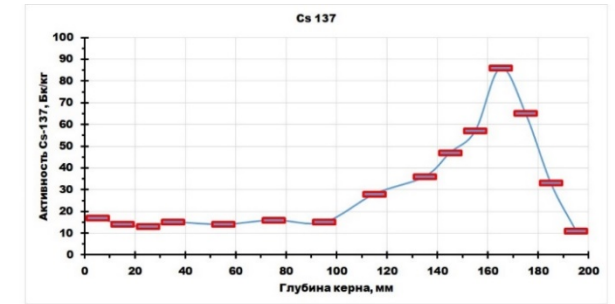
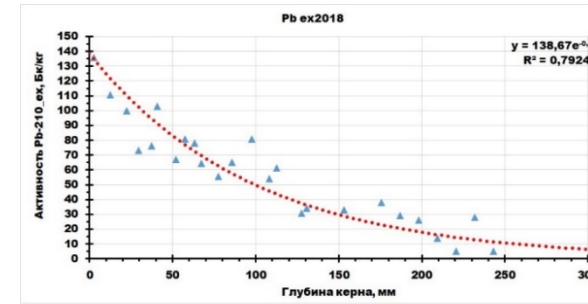
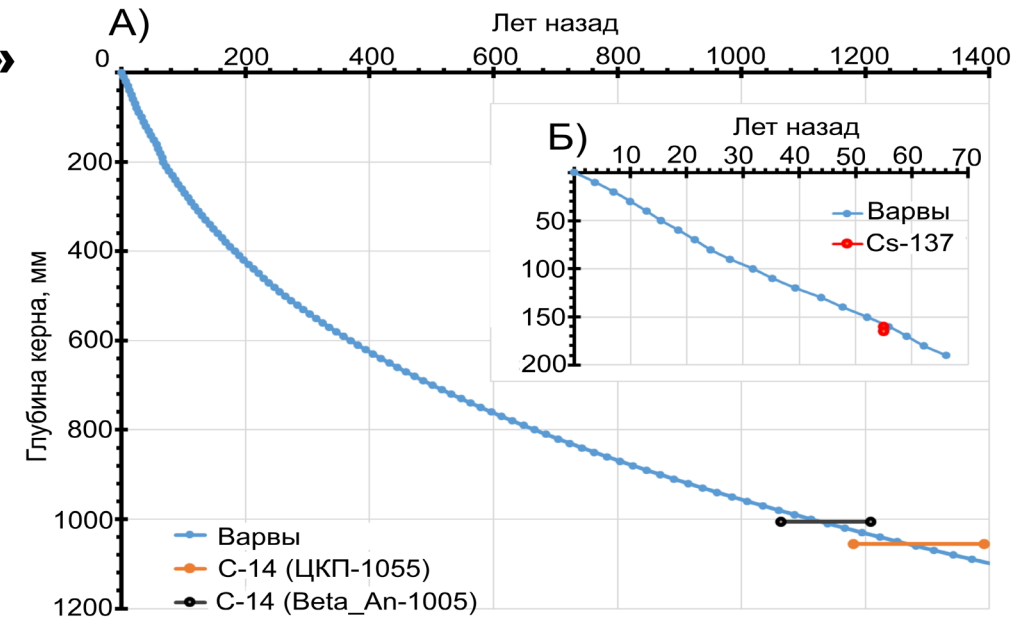
Исследование годовых слоев (выделение границ, подсчет, определение толщины) проводится с использованием современных технических средств визуализации (сканер высокого разрешения, оптический микроскоп с фотофиксацией) и программного обеспечения (графический редактор, программы обработки изображений).



Возрастная модель «глубина керна – возраст слоя»

Для построения возрастной модели первоначальным являлась верификация проведенного визуального подсчета. Благодаря полученным изотопным данным удалось оценить положение максимальной активности Cs-137 в 160-170 мм от границы вода-осадок, что соответствует 1961-62гг. - времени глобальных выпадения после ядерных испытаний на Новоземельском полигоне 1961-62 гг. Данные по подсчету слоев для глубины 165 мм дают 1961 г. ± 4 целиком и полностью совпадает с изотопными данными, что подтверждает наши предположения о годовой природе наблюдаемых слоев.

Полученные графики позволяют получить достаточно точные оценки линейной скорости накопления осадков в исследуемом керне. Для изотопа цезия скорость осадконакопления равна 2,9 – 3,1 мм/год, тогда как датировки по свинцу дают величину 2,5 – 3,2 мм/год.



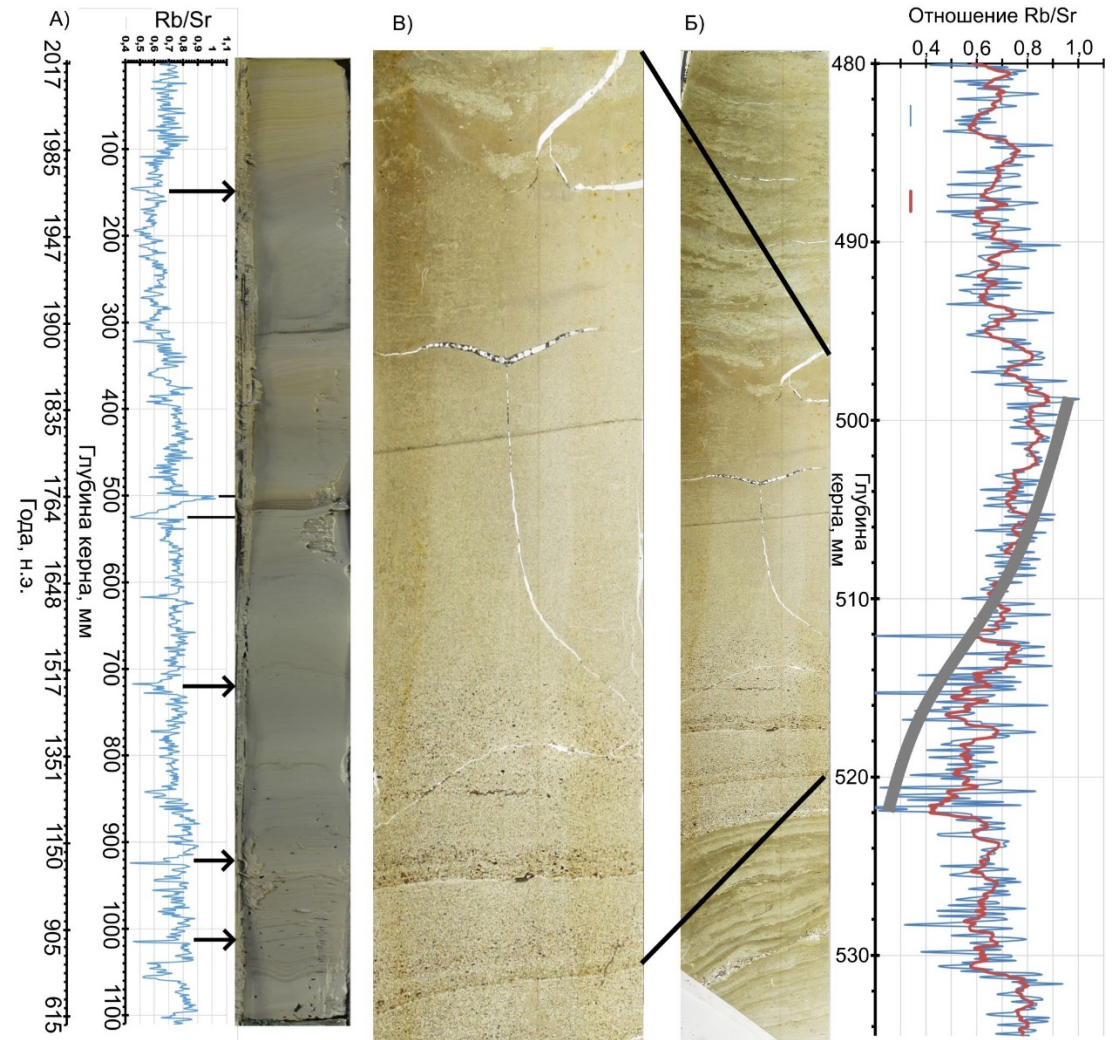
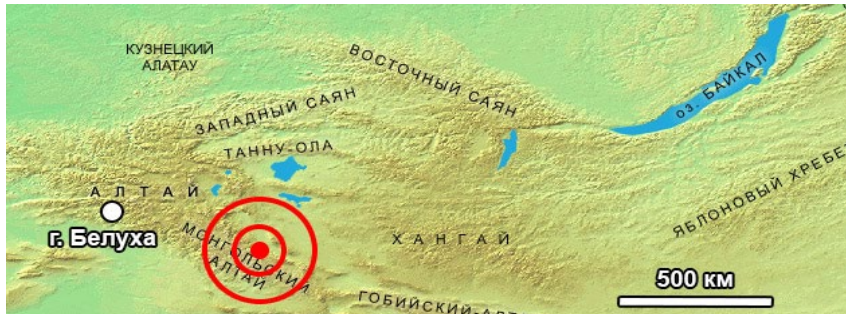
Три периода полураспада 22,4*3 – 67 лет, на глубине 205 мм. Средняя скорость по свинцу = 3,1 мм/год.

Если верх керна датируется 2017 г., то с 1962 г. прошло 55 лет. Максимум активности в интервале 160-165 мм, скорость мин=2,9, макс = 3,0 мм/год.

Профили распределения активности изотопов Cs-137 и Pb-210 в верхней части (200 мм) керна Куч_2018-2.

Поиск следов катастрофических событий.

- Необходимо оценить качество временных рядов литолого-геохимических данных. В процессе осадкообразования возможны нарушения, связанные с резким изменением внешних условий, в первую очередь погодно-климатическими и сейсмическими катастрофическими событиями.
- Событийный след в донных отложениях, связан с нарушением скорости осадкообразования и обусловлен одномоментным вбросом большого количества вещества аллохтонного или автохтонного происхождения в виде оползней или турбидитов. В ритмично-слоистых осадках след катастрофического события выделяется визуально в виде прослоя сильно отличающегося по толщине.
- Такой слой, имеющий мощность более 20 мм, был обнаружен в исследуемом разрезе на глубине 50 см.
- Датировка исследуемого интервала по возрастной модели дает величину в 1764 г.н.э. (рис.26), что в пределах погрешности модели совпадает с датой знаменитого Монгольского землетрясения, произошедшего 9 декабря 1761 года на восточных склонах Монгольского Алтая.



А) – фотография поверхности влажного керна Куч_2018 и профиль распределения отношения Rb/Sr на линейной и временной шкалах. Б) – фотография шлифа Кч-10 (интервал 480-530 мм) и профиль распределения отношения Rb/Sr на линейной шкале. В) – увеличенный фрагмент интервала 496-520 мм шлифа Кч-10.

Обсуждение

- Нахождение геохимических климатических индикаторов, имеющих устойчивую связь с основными метеопараметрами (среднегодовые температуры и атмосферные выпадения), дает основание рассматривать вариации элементного состава по глубине разреза донных осадков, как реакцию на погодно-климатические изменения. При этом размах варьирования содержания большинства породообразующих и микроэлементов на всем интервале керна не выходит за пределы, фиксируемые на интервале калибровки (1940-2016 гг.). Таким образом, можно сделать вывод, что вариации внешних погодно-климатических условий на протяжении последних 1400 лет не отличались принципиально от экстремальных значений последних десятилетий, хотя и проявляют известные глобальные тренды и цикличности.



Спасибо за внимание!