

Keywords:

muksun, population continuum, semi-anadromous fishes, the optimal strategy of reproduction, glaciers, last glacial maximum, glaciation, Zyryanskoe, Ermakovskoe, Sartan, transgression, Sanchugovskaja, Kazantsevskaja, Boreal, Karginская, Flanders, middle and upper Pleistocene, pre-Holocene Angara Megatsunami

Особенности геологической эволюции полупроходной ихтиофауны сибирских рек

DOI

Д-р биол. наук, профессор **Н.Д. Гайденок** – Сибирский федеральный университет (СФУ), г. Красноярск

@ ndgay@mail.ru

PECULIARITIES OF THE GEOLOGICAL EVOLUTION OF SEMI-ANADROMOUS FISHES OF SIBERIAN RIVERS DURING THE MIDDLE AND UPPER PLEISTOCENE

N. Gaydenok, Doctor of Sciences, Professor – Siberian State University, ndgay@mail.ru

This paper describes the evolutionary, ecological, and geological peculiarities of the muksun continuum's structure in the rivers of Siberia during the Middle and Upper Pleistocene.

В работе рассматривается описание эволюционных, экологических и геологических особенностей структуры континуумов муксуна рек Сибири на протяжении Среднего и Верхнего Плейстоцена. Показана их связь с оптимальной стратегией воспроизводства.

ВВЕДЕНИЕ

Исследование особенностей геологии Четвертичного Периода, на первый поверхностный взгляд не имеющее никакого отношения к ихтиологии, тем не менее более чем напрямую связано с проблемой повышения эффективности эксплуатации полупроходных видов ихтиофауны гидрографии реки, а именно – как использовать природу, многообразие стад и генезис становления Верхних, Средних и Нижних Нерестилищ определенного вида для достижения оптимальной устойчивой политики промысловой эксплуатации.

Положение дел заключается в том, что между оптимальной устойчивой

политикой промысловой эксплуатации нескольких прудов, где продукция достигается только за счет биоконверсии сухих кормов, как правило, иностранного производства, и в силу последнего имеющая «ненулевую стоимость», и популяционного континуума гидрографической сети протяженностью в несколько тысяч км, где продукция определяется только солнечной инсоляцией и гравитацией, лежат существенные финансовые, организационные и научные различия.

Например, на Нижнем Плесе Верхнего Течения Енисея, главная часть которого занята Нижним бьефом Красноярского водохрани-

Ключевые слова:

муksун, популяционный континуум, полупроходная ихтиофауна, оптимальная стратегия воспроизводства, ледники, последний ледниковый максимум, оледенение, зырянское, ермаковское, сартанское, трансгрессия, санчуговская казанцевская, бореальная, каргинская, фландрская, средний и верхний плейстоцен, предголоценовое ангарское Мегацунами

лица, продукция доминанта зообентоса – амфипод – в прибрежной зоне достигает 40-60 ккал/м² [9]. Она практически не используется ихтиофауной, ввиду отсутствия, из-за пресса браконьерства, в ихтиоценозе реофильных бентофагов – речного сига и осетровых.

Организация рыбного хозяйства позволила получить, здесь по самым скромным подсчетам, 1 т/км/год речного сига и осетровых, без каких бы то ни было затрат на корма. Однако, ввиду «незащищенности от хищений», ввиду большого периметра возможность практически дармовой деликатесной продукции не получила должной реализации.

В первой части исследования [12] рассмотрена структура внутривидовых континуумов муксуна рек Сибири. При этом обнаружился ряд нерешенных вопросов касающихся, как общности видового состава, включая и продукционные показатели, по которым енисейский муксун наиболее близок к ленскому [17], так и локализации ядер нерестилищ (яровая раса) енисейского и ленского муксуна приблизительно на одних и тех же широтных участках Енисея и Лены – 100 км южнее и 300 км севернее Северного Полярного Круга (рис. 1).

Нерестилища озимых рас енисейского и ленского муксуна также находятся примерно на одном широтном участке – В Енисее в Нижнем Плесе Среднего Течения между реками Подкаменная и Нижняя Тунгуска; в Лене – в ее притоке Вилуе – от его устья почти до плотины Вилуйского водохранилища.

В плане локализации ареалов нагула справедливо оказывается содержимое вышеизложенного.

Об этом упоминал еще П.Л. Пирожников [18]: «Нерестилища муксуна Лены и Енисея находятся примерно на одной географической широте».

В Оби муксун нерестится в Верхнем Течении от устья р. Кеть до г. Камень-на-Оби (XIX век), заходя в р. Томь до г. Кемерово.

Тазовский муксун нерестится в верховьях р. Таз, на одной широте со Средними нерестилищами енисейского муксуна, при дистанции 100-200 км.

Локализация нерестилищ обского и тазовского муксуна выше Южной границы Верхних нерестилищ, как в Лене, так и в Енисее обусловлена наличием заморных зон в указанных реках – нерестилища лежат выше ее.

Причины рассмотренной аналогии ареалов енисейского и ленского муксуна следует искать в географической особенности – они находятся на одном широтном участке Среднесибирского Плоскогорья, но с западной и восточной сторон.

Географическая близость нерестилищ енисейского и тазовского и, как следствие, обского муксуна, в свою очередь, обусловлена принадлежностью к Западно-Сибирской низменности.

При этом енисейский муксун, как и прочая полупроходная ихтиофауна Енисея, обладает следующей особенностью – не заходит в придаточную систему Енисея, в силу доминирования лимнологической природы.

Исключением здесь является р. Хантайка, где нерестилища были уничтожены сооружением Хантайской ГЭС. Кроме того, исключение в данном случае представляет карская (ленская) ряпушка, которая нерестится помимо р. Хантайка также в р. Курейка и рр. Яра и Танама.

Интересным являются также особенности нерестовой миграции полупроходного вида сиговых – омуля,

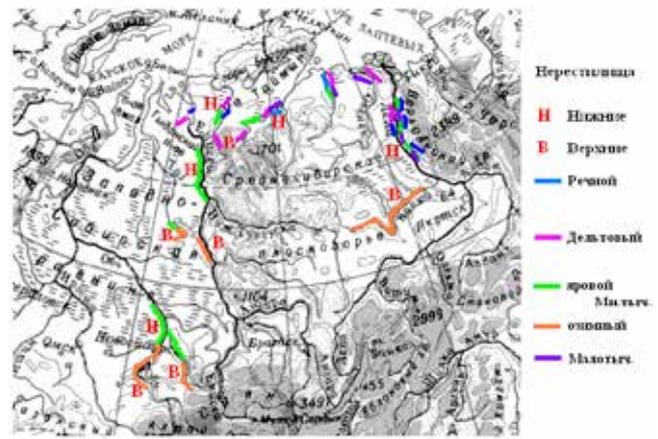


Рисунок 1. Локализация нерестилищ и районов регистрации внутривидовых форм муксуна Сибирских Рек

Figure 1. Localization of spawning grounds and registration areas of muksun intraspecific forms in Siberian Rivers

который, образуя Гьданское, Енисейской и Пясинское стада, за исключением локальных стад, нерестится в Енисее, не заходя при этом в Обь и Пясины.

Если в отношении Оби это явление можно в какой-то мере объяснить гидрохимическим феноменом Замора, то в Пясины такой преграды нет. В то же время имеются существенные различия между, как видовым, так внутривидовым составом Пясины и Хатанги [12].

Вышеперечисленные и другие особенности полупроходной ихтиофауны рек Сибири требуют детального анализа геологической истории сибирского региона и составляют предмет настоящего исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалами послужили результаты ихтиологических и геологических исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрим особенности геологической истории Сибири, где, согласно обширным геологическим исследо-

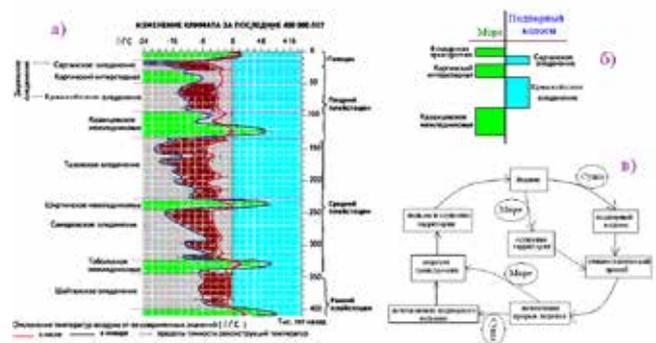


Рисунок 2. Периодика геологических событий. Заимствован из <https://национальныйатлас.рф/cd2/26-27/26-27.htm> с дополнениями

Figure 2. Periodicity of geological events. Adapted from <https://nationalatlas.rf/cd2/26-27/26-27.htm> with additions

ваниям на протяжении последних 400 тысяч лет назад происходила, с довольно строгой периодикой (рис. 2.а), последовательность следующих циклов (рис. 2.в).

Здесь, согласно геологической литературе, наиболее значимым Оледенением было Самаровское и приуроченная к нему (как правило, последующая) Санчуговская Трансгрессия (~ 230 тысяч лет назад), которая определила локализацию жилых подвидов нельмы и осетра Оби и Енисея [7; 9]. Следующим по значимости было Тазовское Оледенение и Казанцев-

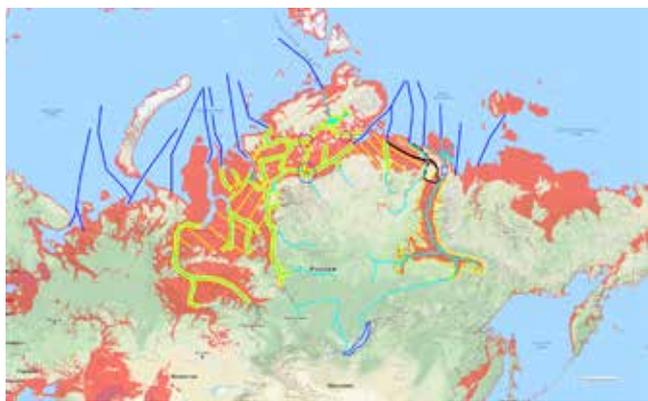


Рисунок 3. Положение подпорных водоемов во период 130 – 0 тысяч лет назад. Обозначения: Красный фон – затопление территории Евразии при уровне моря в 100 м; Линии – Синяя – Палео-русла рек до изобаты 100 м; Желтая + Зеленая – протяженность подпорных водоемов в начале и конце Ермаковского Оледенения (рис. 8); Черная – Палео-русла Лены; Фиолетовые круги – объединение гидрографии рек Северо-Сибирской низменности во время Казанцевской и Каргинской (~ 40 тысяч лет назад) трансгрессий (желтая штриховка)

Figure 3. The position of retaining reservoirs in the period 130 - 0 thousand years ago. Red background - flooding of the territory of Eurasia at sea level of 100 m; Lines: Blue - Paleo-riverbeds up to isobaths 100 m; Yellow + Green - the length of retaining reservoirs at the beginning and end of the Ermakovsky Icing (Fig. 8); Black - Paleo-beds of the Lena; Purple circles - a combination of hydrography of the North Siberian rivers' lowland during the Kazantsevskaya and Karginy (~ 40 thousand years ago) transgressions (yellow hatching)

ская Трансгрессия (~ 125 тысяч лет назад и 100 м над уровнем моря). Затем шли две стадии Зырянского Оледенения – первая стадия Ермаковское (рис. 8) и Каргинская Трансгрессия (~ 40 тысяч лет назад и 50 м над уровнем моря) и вторая стадия Сартанское и Фландрская Трансгрессия (~ 4-2 тысячи лет назад до 10 м над уровнем моря) (рис. 10). Здесь стоит подчеркнуть тот факт, что высоты упомянутых трансгрессий даны с учетом тектонических поднятий – Таймырский полуостров. В тех областях, где тектоники не было (Северный берег Тазовской Губы) высоты ограничены 30-40 м.

Картину рассматриваемых геологических событий покажем на карте затопления территории Земли для 100 м над уровнем моря (рис. 3). И хотя данная карта отражает современную тектоническую обстановку, ряд наиболее значимых тектонических событий, для решения исследуемой проблемы, будет рассмотрен ниже.

В плане конкретной значимости стадий Зырянского Оледенения геологический мир разделился на два лагеря, ведущих дискуссию о том какая стадия имела большие масштабы Ермаковская или Сартанская.

Геологическими исследованиями с 1960 г. показана убедительная значимость Ермаковской стадии. Причем, здесь одним из краеугольных аргументов в пользу далеко не тотального, как на рисунке 4, распространения Сартанского Ледника является факт обнаружения Ю.В. Михалевым [15] реликтовой ледовитоморской рогатки из пресноводного озера Кета (бассейн р. Пясины) (рис. 5). Она также обнаружена в Большом Хантайском и Глубоком и прочих Путоранских озерах, в озере Таймыр.

Причем исследования [7; 24] с одной стороны показывают тот факт, что Сартанский Ледник на Путорана затронул только западную часть озера Кета, оставив восточную не тронутой, где ледовитоморская рогатка, обитающая в настоящее время в солонатоводной области Енисейского Залива и попавшая в это озеро во время Каргинской трансгрессии, пережила Сартанское Оледенение, а с другой – подтверждают «сетчатый характер» Оледенения – ледник, занимающий всю северную часть Евразии, не может избирательно воздействовать на озера, а должен покрывать всю территорию.

Ввиду того, что озера западных склонов Путораны лежат в интервале высот 30-60 м над уровнем моря и само Плато испытывает подъем со скоростью 1-1,5 см/год, то рогатка могла беспрепятственно попасть сюда во время Каргинской трансгрессии и, посредством последующей тектоники, теперь обитает в указанных высотах.

Если при анализе истинности геологической ситуации, показанной на рисунках 3 и 4, подходить не с позиций гляциопуризма (довольно широкая номенклатура типов Оледенения), отражающего структурный феномен, а с функциональных – банального факта «наличие/отсутствие» любого типа льда, то ситуация, показанная на рисунке 4, может быть вполне корректной, где, кроме структуры, присутствует не только феномен динамической системности, но и реально существовавшие подпорные озера в центре Среднесибирского Плоскогорья.

Иначе говоря, очертания восточного края Ермаковского Оледенения между Анабарским Нагорьем и Верхоянским Хребтом, представленные на рисунке 4, где располагался массив тех или иных типов льда с проективным покрытием меньше 100%, более корректны, чем на левой части рисунка 8, о чем имеются сведения в работах [4; 21], что добавлено в виде зеленой прерывистой линии в левой части рисунка 8.

Стоит учесть факт наличия пассивных ледников, образующих фрактальные скопления в пространстве от Таймыра до Чукотки [6], в силу того, что в реальности, при росте ледникового щита, идет не сплошной фронт волны (диссипативная структура), а некая фрактальная линия, где острова льда затем сливаются в сплошную поверхность.



Рис. 38. Пассивные ледники Евразийского севера в период последнего ледникового максимума
1 – горный бассейн; 2 – плато; 3 – ледниковый хребт; 4 – горные ледники; 5 – пассивные ледники

Рисунок 6. Пассивные Ледники по [6, рис. 38]

Figure 6. Passive Glaciers according to [6, Fig. 38]

Поэтому сведения, содержащиеся в литературе и говорящие об отсутствии сплошного ледникового щита восточнее Таймыра, не следует понимать, как подтверждение отсутствия в данной области всех типов льда вообще, – пассивное оледенение там представлено довольно ярко [5, рис. 38] (рис. 6).

Действительно, для ихтиологии более важен факт наличия/отсутствия подпорного водоема, а не тип льда его образующий – активный или пассивный, покровный или сетчатый и т.д.

В связи с этим уровень Ленско-Виллойского озера – 228 м над уровнем моря, принятый М.Г Гросвальдом, является явно ошибочным – за него приняты уровни отдельных подпорных озер, образованных пассивными ледниками на Подкаменной и Нижней Тунгусках и их многочисленных притоках [5].

Параллельно оледенениям и трансгрессиям происходили и (гляцио)прогибы и подвиги земной коры), значимость которых особенно велика в районе Средне-сибирского плоскогорья и несуществующего с 1959 г. озера Байкал – теперь это Иркутское водохранилище.

Тектонические процессы сыграли довольно значимую роль в обмене ихтиофауной между Байкалом и Енисеем, Байкалом и Леной, и исчезновением подпорного Ленского озера (рис. 3).

Географические образы наиболее значимых элементов этих циклов, существенным образом определивших особенности функционирования популяционных континуумов муксуна Сибирских рек, показаны на следующих иллюстрациях:

1. Казанцевской (Бореальной, временная привязка - рис. 2) трансгрессии, когда бассейны Великих рек Сибири и Европейской части России были связаны единым водным пространством (рис. 7).

2. Фландрской трансгрессии (рис. 8), когда произошла фиксация границ Нижних Нерестилиц муксуна рек Сибири.

Рассмотрим конкретную реализацию стадий Зыряновского Оледенения Ермаковской (рис. 9 и 10) и Сартанской (рис. 12), в соответствии с работами [33; 34]. Для начала и конца Ермаковского Оледенения показано наличие подпорных озер.

Из сравнения Таймыро-Хатангской области, показанной на рисунке 9 и выделенной зеленым контуром,

с картой прогноза затопления территории планеты, при повышении уровня моря на 50 м (рис. 10 правая часть – голубой контур), отчетливо видна некорректность отражения наличия подпорного водоема в рассматриваемой области (рис. 10).

Наличие разветвленной системы заливов подпорного водоема в Таймыро-Хатангской области обеспечивает возможность обеспечения ихтиофауной в Обь-Ленском секторе Голарктики.

Однако для Сартанской стадии в работах [33; 34] нет иллюстрации для подпорного озера. Но в тексте работы цитируемые авторы не отрицают возможность наличия подпорного озера в Сартан, оговаривая его «кратковременный характер»: «The ice advance that reached the NW-coast of Taimyr has been explained as a result of surging from the higher parts of the ice sheet at its Barents-Kara Sea interflue north of Novaya Zemlya (Alexandersson et al., 2002). Accordingly, this event could have been very short-lived and the ice masses may have blocked the northward flow of water from the Yenissei and Ob rivers for only a brief interval. Traces of such a glacial surge from the west may actually correspond with some inferred ice marginal

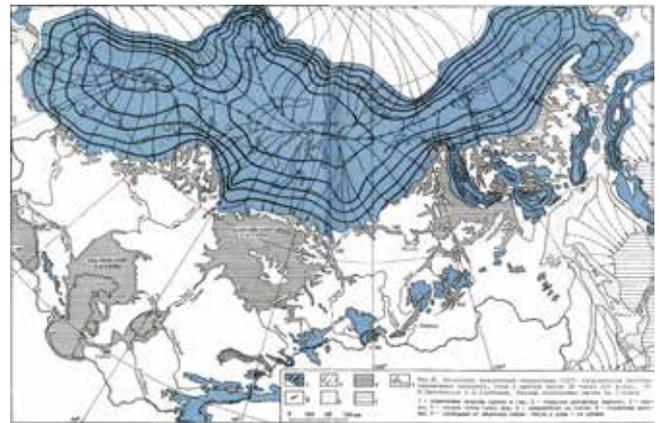


Рисунок 4. Положение ледников и подпорных водоемов во период Последнего Ледникового Максимума [13]

Figure 4. The position of glaciers and retaining reservoirs during the Last Glacial Maximum [13]



Рисунок 5. Реликтовая рогатка Кравчука Figure 5. The relic Kravchuk fourhorn sculpin



Рисунок 7. Положение береговой линии арктических морей во времена Казанцевской трансгрессии (~ 125 тысяч лет назад)

Figure 7. The position of the coastline of the Arctic seas during the Kazantsev transgression (~ 125 thousand years ago)

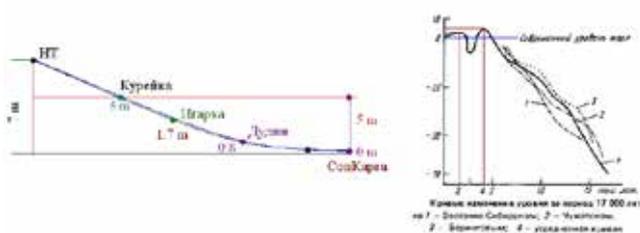


Рисунок 8. Динамика уровня моря в Сартане и Голоцене (правая часть) по [13]

Figure 8. Sea level dynamics in Sartan and Holocene (right side) according to [13]

features on the shelf identified by Stein et al. (2002) and Polyak et al. (2002)».

В качестве возможной реконструкции «Неотрицания возможности наличия подпорного озера» в Постсартанский период [33] воспользуемся результатами исследований из работы [25], где показаны границы подпорного озера на начало Голоцена – 9,8 тысяч лет назад (рис. 12).

Ввиду того, что высоты территории, примыкающие к Сибирским Увалам, существенно выше уровней, соответствующих Верхним (Южным) границам акватории подпорного озера на Оби и Енисее, мы скорректируем акваторию из цитируемой работы, в соответствии с верхними уровнями высот границ, (синяя линия), за ее пределами – суша (рис. 12). Сравнение локализации Фландрской трансгрессии (рис. 8) и выполненной коррекции показывает их практически эквивалентность.

Итак, по рисункам 1, 3, 7, 9 отчетливо наблюдается следующий факт – границы, как подпорных водоемов, так и трансгрессий на Енисее за исключением Фландрской трансгрессии (рис. 4) практически все локализованы в окрестности устья Подкаменной Тунгу-

ски. Причину данного феномена можно обнаружить в работе [2], которую он видит в неотектонических процессах: «...что регрессивная эрозия и аккумуляция рек, вызванная изменениями главного базиса эрозии, распространяется лишь в нижних отрезках речных долин. На это же указывал К.К. Марков [1948, стр. 174]: «Нижний базис эрозии реки совсем не определяет фактический ход эрозии на протяжении всей речной долины».

Очевидное предположение о том, что процессы эрозии и аккумуляции осадков протекают в реке регрессивно, к долине Енисея неприменимо или применимо лишь в незначительной мере. По нашим представлениям, образование террас Енисея связано, главным образом, с новейшими вертикальными движениями земной коры, вследствие которых продольные уклоны, а вместе с ними и скорости течения, испытывали изменения на всем протяжении реки или, по крайней мере, на большей ее части, что обусловило одновременное обновление процессов эрозии и аккумуляции на различных отрезках долины.

Эти соображения и фактические данные позволяют считать, что все одномерные террасы Енисея являются разновозрастными. Четвертая и вторая надпойменные террасы, в отличие от других, развивались трансгрессивно, распространяясь от среднего течения к низовьям, по мере отступления самаровского и зырянского ледников.

В продольном строении долины Енисея намечаются две области, резко отличные друг от друга по своим тектоническим особенностям: область воздыманий – выше Подкаменной Тунгуски и область погружений – ниже по течению реки. В области воздыманий сохранились все надпойменные террасы, причем шестая, пятая и четвертая террасы – цокольные. Вниз по течению число террас последовательно уменьшается. Одновременно происходит постепенное погружение цоколя и аллювия верхних и средних террас, которые в разрезе перекрываются все более молодыми образованиями (рис. 13).

Конкретизация Самаровского Оледенения, как генератора IV террасы Енисея, совпадающей по уровням высот с уровнем Мансийского озера на рисунке 3, создает необходимость эквивалентности «Последнего Ледникового Максимума» данному Оледенению. Т.е. еще более увеличивает возраст – до 220-250 тысяч лет назад.

Здесь стоит отметить сходство картины террас Оби, Енисея и Лены – действительно, во всех реках есть участки воздыманий и опусканий. На Лене граница между ними проходит ниже устья Вилюя; на Оби – ниже устья Томи.

И если обратится к рисунку 1, то здесь становится вполне очевидным тот факт, что границы Верхних Нерестилиц на Оби, Енисее и Лене (в ее притоке – Вилюе) приурочены именно к рубежам участков воздыманий и опусканий.

Геологическими процессами, а именно – неотектоникой, связаны такие события, как прекращение стока Байкала в Лену и реализация его в Ангару, так и исчезновение подпорного Ленско-Вилюйского озера (рис. 3).

Реализация стока Байкала в Ангару, согласно работе [31], происходило дважды – в виде Мегацунами

в периоды 125 и 11,8-13,4 тысяч лет назад. Кроме того, в работе [15] приводится еще один период стока 50-60 тысяч лет назад.

Приведем описание этих событий на Байкале, согласно дайджесту <http://www.vesti14.ru/2018/11/12/sibirskie-uchenye-na-bajkale-byli-egatsunami/>, построенному на работе [29]: «До того, как образовался Ангарский сток, выход воды с Байкала происходил через Пра-Манзурку в Лену. В том месте, где сейчас вытекает Ангара (рис. 14), был горный массив, который перекрывал путь воде озера (и это несмотря на то, что его уровень был на 200 м выше, чем сегодня, почти полностью оказались затоплены Баргузинская и Туркинская впадины).

Однако примерно 125 тысяч лет назад произошло очень сильное землетрясение. На дно Байкала сошла крупная оползневая пластина и открыла сток в Ангару. Образовался 100-метровый перепад воды, который начал по-новому формировать долины, вода поднялась, стала затекать в притоки.

Такие землетрясения в этом месте, провоцировавшие дальнейшее опускание оползневой пластины, случались и позже, последнее ~ 11,8-13,4 тысяч лет назад, тогда перепад воды мог быть 40-60 метров».

Но, если вернуться к рисунку 2, где показана периодика геологических событий, то сразу становится очевидной сопряженность периодов Мегацунами с периодами либо конца оледенений, либо непосредственно следующими за оледенениями – гляциопрогибы.

В получение представления о масштабах события дадим следующие величины: объем воды, поступившей в Ангару и далее в Енисей, при перепаде в 50 м, составляет 1586,1 км³; объем воды, содержащейся во всех водохранилища Ангаро-Енисейского Каскада ГЭС – 391,6 км³ или ¼ от объема Мегацунами.

Современный среднемноголетний расход воды через долину в истоке Ангары, вид которой довольно схож с пейзажем Красноярской ГЭС, при ее ширине в ~ 1000 м равен 2000 м³/с (рис. 14). Тогда для средней высоты перепада в 50/2 м и скорости $(2gH)^{1/2} = 22,14$ м/с составляет 553681 м³/с. В соответствии с этим расходом воды, для сброса 1586,1 км³ необходимо 33,16 суток.

Приведем его более скромную копию (масштаб ~ 2.51·10⁻⁵%), где показан сброс паводковых вод с плотины Красноярского водохранилища в 2006 г., при расходе ~ 12000 м³/с со скоростью падения ~ 45 м/с (рис. 15).

Физическая реализация сброса представляет собой гигантскую форсунку, вырабатывающую пену (подъем капель до 130 м), где гибнет практически вся ихтиофауна.

О географическом следе Мегацунами на Ангаре красочно говорит фрагмент карты места впадения Ангары в Енисей (рис. 17).

Итак, Мегацунами на Ангаре происходило трижды: первый раз 125 тысяч лет назад, во время казанцевской трансгрессии (рис. 7), начала Каргинской (60 – 50 тысяч лет назад) и в предголоценовский период 11,8-13,4 тысяч лет назад [29] в конце таяния Сарганского Ледника (рис. 11).

В результате вышеуказанного Мегацунами со средней высотой в 25 м и длящегося 33 суток, вне всяких сомнений произошел вынос практически всей (за исключением разве, что жилой формы рыб придаточной сети и заноса туда единичных экземпляров полупро-

ходной) ихтиофауны Енисея, как, например, в озера Верховьев Пясины, которые лежат на высоте «от 30 м» над уровнем моря.

Кроме того, если учесть тот факт, что высота тундры по линии «Вход Тазовской Губы – озера Верховьев Пясины» в качестве «среднеминимальных» значений

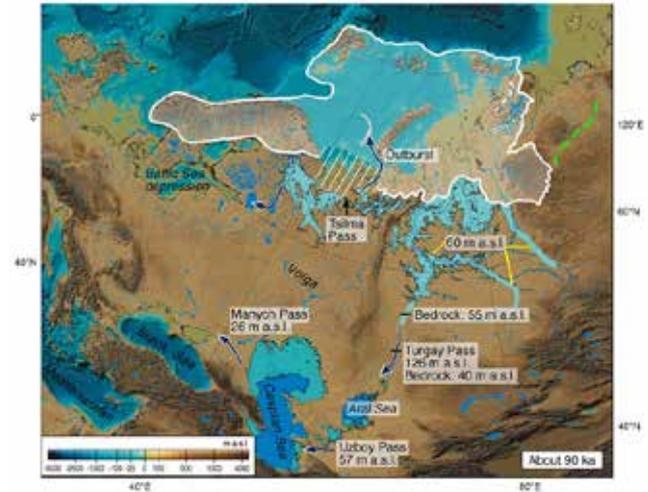


Рисунок 9. Ледник и подпорный водоем 60 тысяч лет назад [33]. Зеленая штриховка – коррекция южной границы по [3]

Figure 9. Glacier and retaining reservoir 60 thousand years ago [33]. Green hatching - correction of the southern border according to [3]



Рисунок 10. Затопленные территории при превышении моря на 45 м [33] и при 50 м (инет, открытый доступ)

Figure 10. Flooded areas when the sea is 45 m higher [33] and at 50 m

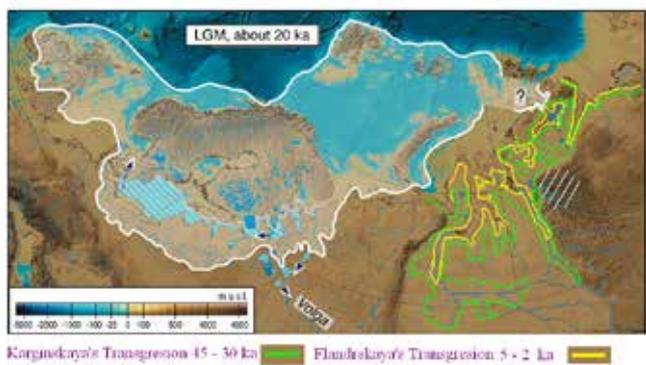


Рисунок 11. [33] с дополнениями по границам трансгрессий

Figure 11. [33] with additions along the boundaries of transgressions

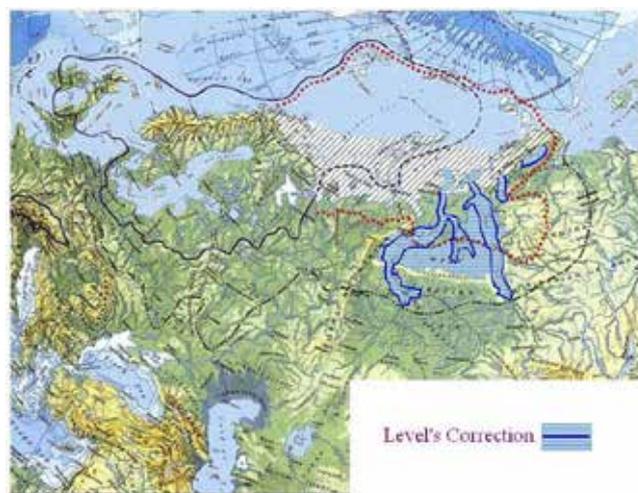


Рисунок 12. Реконструкции подпорного озера в Постсартанский период

Figure 12. Reconstruction of the retaining lake in the Post-Sartan period

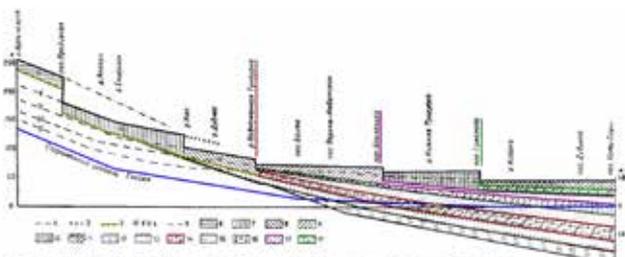


Рисунок 13. Схема террас Енисея [2]

Figure 13. Scheme of the Yenisei terraces [2]

равна 20-30 м, то в результате Мегацунами произошла инвазия енисейской ихтиофауны в гидрографию сектора «Обская Губа – Пяси́на» с вершиной в русле Енисея (~ 69°N). Затем, когда произошла обратная (вторичная) инвазия полупроходной ихтиофауны из

бассейнов других рек, то, в соответствии с низким уровнем кормовой базы Енисея, уже не возникла необходимость нерестовой анадромии в правобережные притоки и Верхнее Течение Енисея.

Несмотря на использование выше средних величин, для осознания особенностей действия Мегацунами на ихтиофауну и интродукцию беспозвоночной фауны, необходимо ориентироваться на максимальную величину перепада, которая делает возможным переброс водных масс из одного речного бассейна в другой. Действительно, байкальские амфиподы распределены в Енисее от Верхнего Течения до Енисейской Губы, а байкальские полихеты регистрируются в северо-западной части Дельты Енисея – Дерябинский Енисей.

В начальный период Мегацунами, высота волны даже в период ~ 12 тысяч лет назад составляет 50 м (в период ~ 125 тысяч лет назад – 100 м), а высоты водоразделов, как это сказано выше, составляют 20-40 м.

Далее, если сравнить протяженность нерестовой анадромии, не только муксуна, но прочей полупроходной ихтиофауны Енисея, к основным (Нижним) нерестилещам ~ 600 км (рис. 1), с протяженностями нерестовых анадромий Оби и Лены 2000-3000 км, то сразу вырисовывается аналогия между Енисеем и более мелкими тундровыми реками – Пясиной, Хатангой, Анабаром и т.д., имеющими аналогичную протяженность нерестовой анадромии полупроходной ихтиофауны (рис. 1).

Однако, тектонические процессы проявили себя не только на Байкале - согласно работам (Большаянов и др., 2013, Правкин и др., 2018, Baranskaya e.a., 2018) в результате тектонической деятельности в период с 27.6 – 3.0 тлн окончательно исчез подпорный Вилюйско – Ленский водоем (рис. 3), площадь которого была в несколько раз больше площади Байкала.

Положение дел с данным водоемом представляет большой интерес с научных позиций – с одной стороны существует серия Пра – Дельт Лены, высоты которых соответствуют уровням трансгрессий (рис. 16), с другой – отсутствие сведения о находках морской бентической эпифауны (моллюски), не только на соответствующих уровнях трансгрессий высотам, но и вообще как таковых в бассейне Лены и, с третьей факт непрерывного существования – даже между оледенениями и трансгрессиями обусловлен таким биомаркером, малотычинковый муксун (Гайденок, 2020), который является сугубо якутским эндемиком и мог сохраниться только в подпорном водоеме.

Объяснением сему противоречию служит личное сообщение Д.Ю. Большаянова о том, что в осадках бассейна Лены обнаруживаются морские диатомеи. Данное сообщение позволяет сделать уверенный вывод о том, том что водообмен Лена – Море шел через порог переменной высоты (рис. 16) которая падала во времени и остановилась во время Фландрской трансгрессии — Всемирный потоп по библии — на 3 – 10 м в БС. При этом морской фитопланктон свободно проходил а бентосная эпифауна – моллюски — нет.

Причиной всему этому, как уже сказано выше, есть тектонические процессы территории — правая часть Ленской Трубы поднимается, левая, наоборот, опускается (Большаянов и др., 2013) И поскольку данный водоем лежит в пределах одной рифтовой системы с оз. Байкал, он в целом представляет его аналог.

Далее, ввиду того, что тектонические процессы происходят с достаточно высокой скоростью, пусть даже в виде серий, то нельзя абсолютно исключить факт наличия Мегацунами при прорыве «Ленской Трубы».

Здесь стоит обратить внимание на тот факт, что как последнее ангарское Мегацунами, так и исчезновение подпорного Вилуйско-Ленского водоема произошло практически в Сартанский период.

Другим примером влияния горно-ледниковых подпорных озер на ихтиофауну являются двое Тоджинских подпорных озер, первое из которых существовало согласно работе [4] и Периодике геологических событий (рис. 2), во время Казанцевского Потепления (исчезло не позднее $20\,400 \pm 200$ лет назад) и второе – в предголоценовый период и в Голоцене – $11\,810 \pm 60 - 1220 \pm 70$ лет назад.

Здесь легко прослеживается сопряженность периода существования второго Тоджинского подпорного озера и третьей стадии Ангарского Мегацунами – имеется общая дата предголоценовый период 11,8 тлн [31] в конце таяния Сартанского Ледника (рис. 11).

В рассматриваемом случае биоиндикатором геологических событий служит копепода *Heteroscope borealis* (Fischer 1851), роль которой в функционировании современной экосистемы Енисея – терминальный планктонный хищник, служащий пищей для глубоководной ихтиофауны, возможные пути проникновения рассмотрены в работе [11].

Статус индикатора горно-ледниковых подпорных озер *Heteroscope borealis* (Fischer 1851) *H. borealis* вполне закономерно присвоить, на основании сопряженности ее ареалов распространения южнее Северного Полярного Круга [29] и локализации рассматриваемых водоемов [13] (рис. 18). Из последней иллюстрации явно видно, что в 3-х из 4-х локализаций подпорных озер обнаруживается *H. borealis*.

Причем, три из которых 4-х локализаций подпорных озер относятся к горно-ледниковым и одно – оз. Лохтоткурт, расположенное в Нижней Оби в Октябрьском р-не ХМАО, по правому берегу Обь, между пос. Игрим и пос. Приобье на южной конечности «Большого Двубья», несколько ниже Ханты-Мансийска, где, согласно работе [1] обнаружена *H. borealis*, к былым океаническим – Мансийское озеро – а ныне пойменно-террасным (рис. 11, рис. 12).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Теперь рассмотрим вопрос о взаимодействии внутривидовых континуумов муксуна рек Сибири на протяжении геологической циклики в период 250 – 0 тысяч лет назад (рис. 2).

Здесь, согласно работе [13], при наличии ледников и трансгрессий, ихтиофауна могла сохраниться только в подпорных озерах и притоках, впадающих в них. Особую роль, о которой упоминал еще Ю.С. Решетников [22; 23] играл Вилуйско-Ленский водоем, являющийся рефугиумом сиговых, и где сохранилось наибольшее подвидовое разнообразие муксуна.

Во время подпорных озер, предшествующих Санчуговской, Казанцевской и Каргинской Трансгрессиям, когда соединялись бассейны сибирских рек (рис. 3, фиолетовые овалы и желтая штриховка и палео-русла), в Пясино, Енисей, Гыду и Обь вторично из Лены попали ленская (карская) ряпушка, три подвида ленского мук-



Рисунок 14. Исток Ангары (рельефный аналог плотины Красноярского водохранилища)

Figure 14. The source of the Angara (relief analogue of the dam of the Krasnoyarsk reservoir)



Рисунок 15. Современная «Енисейская реализация» ~ $2,51 \cdot 10^{-5}\%$ образа (профиль и план) Мегацунами на Ангаре в период 11,8-13,4 тысяч лет назад

Figure 15. The modern "Yenisei implementation" ~ $2,51 \cdot 10^{-5}\%$ of the image (profile and plan) by Megatsunami on the Hangar in the period 11.8-13.4 thousand years ago



Рисунок 16. Динамика высоты порога Ленской Трубы

Figure 16. Dynamics of threshold value for Lena pipe

суна, ленский осетр, известный в Енисее, как «костер», выдаваемый за гибрид осетра и стерляди [19]; произошла дифференциация стад ледовитоморского омуля.

Кроме того, налицо убывание подвидов, по мере удаления от Ленско-Хатангского бассейна, – в Лене, Хатанге и Пясины (с Путоранскими озерами) – 4 подвидов; в Енисее – 3; в Оби – 1 или 2, если считать речного/широкотелого в тундровых озерах [12].

Механизмом сообщения между Ленским и Енисейским бассейном был путь вдоль северных склонов Анабарского и Путоранского Нагорий, где в период морской трансгрессии, как Казанцевской, так и Каргинской, была, как минимум, некоторая солоноватоводная область, из которой проникали в горные озера среднетычинковые подвиды муксуна, которые обитают там в настоящее время.

Определенным подобием Анабарско-Путоранского пути был северный путь вдоль отрогов гор Бырранга, дополнительно связывающий Хатангу и Пясины.

Однако здесь можно привести серьезный контраргумент – в настоящее время либо рассматриваемый

обмен «теряется в общей массе», либо его объемы крайне незначительны до такой степени, что его можно считать отсутствующим.

Тем не менее, обмен полупроходной ихтиофауны через прибрежную зону арктических морей даже в настоящее время нельзя исключить, в соответствии с такими экспериментальными фактами: в послевоенные годы (1946-1950 гг), т.к. в период 1941-1945 гг промысел в Баренцевом и Карском моря практически отсутствовал, в уловах ряпушки в Енисейском заливе обнаруживали малопозвонковую сельдь из Печерского моря, находящегося в западном направлении за 1100-1300 км.

Итак, выше рассмотрены особенности геологической эволюции полупроходной ихтиофауны Сибирских Рек на протяжении Среднего и Верхнего Плейстоцена. Результаты данного анализа позволяют более содержательно подойти к решению проблемы – «Какую природу несет за собой дифференциация Нерестилиц – коллизия хомминга и экономии анадромной энергии или здесь присутствуют более тонкие экологические механизмы», что является задачей следующей стадии исследований.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

- Алешина О.А., Козлова Л.А., Усламин Д.В. Зональное распределение зоопланктона в пресных озерах западной сибирей (на примере тюменской области) // Вест. Тюм. Унив. 2012. № 12. – С. 148-159
- Aleshina O.A., Kozlova L.A., Uslamin D.V. Zonal'noe raspredelenie zooplanktona v presnykh ozerakh zapadnoj sibirii (na primere tyumenskoj oblasti) // Vest. Tyum. Univ. 2012. № 12. – Pp. 148-159
- Альтер С.П. К истории формирования долины Енисея. Доклады института географии Сибири и Дальнего Востока. Выпуск 8. Иркутск. 1965. – С. 38-44.
- Al'ter S.P. K istorii formirovaniya doliny Eniseya. Doklady instituta geografii Sibiri i Dal'nego Vostoka. Vypusk 8. Irkutsk. 1965. – Pp. 38-44.
- Андреева С.М. Зырянское оледенение на севере средней Сибири // Известия АН СССР. Серия географическая. 1978. № 5. – С. 72-79
- Andreeva S.M. Zyryanskoe oledeniye na severe srednej Sibiri // Izvestiya AN SSSR. Seriya geograficheskaya. 1978. № 5. – Pp. 72-79
- Аржанников С.Г., Алексеев С.В., Глызин А.В., Кулагина Н.В., Игнатова, Л.А. Орлова. Динамика развития природной среды в конце плейстоцена и голоцене западной части Тоджинской Впадины (Восточная Тува) // Геология и геофизика, 2010, т. 51, № 2. – с. 206-221
- Arzhannikov S.G., Alekseev S.V., Glyzin A.V., Kulagina N.V., Ignatova, L.A. Orlova. Dinamika razvitiya prirodnoj sredy v konce plejstotsena i golocene zapadnoj chasti Todzhinskoy Vpadiyny (Vostochnaya Tuva) // Geologiya i geofizika, 2010, V. 51, № 2. – Pp. 206-221
- Архипов С.А., Астахов В.И., Волков И.В., Волкова В.С., Паньчев В.А. Палеогеография Западно-Сибирской Равнины в максимум позднезырянского оледенения. – Новосибирск: Наука, 1980. – 109 с.
- Arhipov S.A., Astahov V.I., Volkov I.V., Volkova V.S., Panychev V.A. Paleogeografiya Zapadno-Sibirskoy Ravniny v maksimum pozdnezryanskogo oledeniya. – Novosibirsk: Nauka, 1980. – 109 p.
- Большаинов Д.Ю. Пассивное оледенение Арктики и Антарктиды
- Bolshyanov D.YU. Passivnoye oledeniye Arktiki i Antarktidy
- Большаинов Д.Ю., Антонов О.М., Федоров Г.Б., Павлов М.В. Оледенение плато Путорана во время последнего ледникового максимума // Известия Русского Географического общества. Том 139. 2007, Выпуск 4. – с. 47-61.
- Bolshyanov D.YU., Antonov O.M., Fedorov G.B., Pavlov M.V. Oledeniye plato Putorana vo vremya poslednego lednikovogo maksimuma // Izvestiya Russkogo Geograficheskogo obshchestva. Vol. 139. 2007, Issue 4. – Pp. 47-61.
- Гайденок Н.Д., Исаева О.М., Чмаркова Г.М. Структура популяционного континуума нельмы *Stenodus leucichthys nelma* (Geldenstadt, 1772) Енисея // Рыбное хозяйство 2011. № 1. – С 65-69.
- Gajdenok N.D., Isaeva O.M., Chmarkova G.M. Struktura populyacionnogo kontinuumu nelmy *Stenodus leucichthys nelma* (Geldenstadt, 1772) Eniseya // Rybnoye hozyajstvo 2011. № 1. – P 65-69.

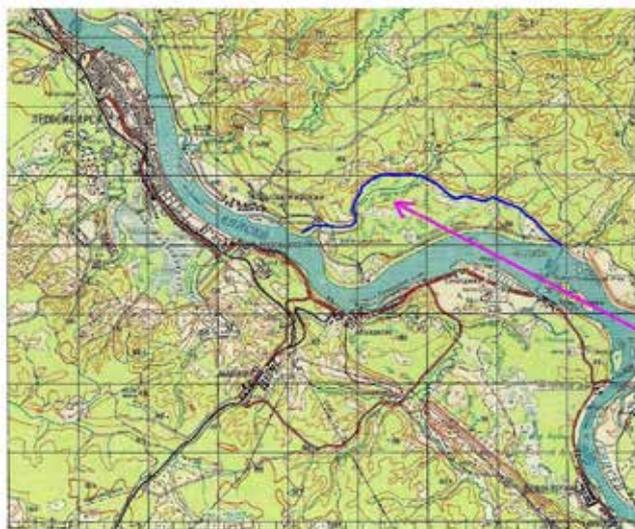


Рисунок 17. Фрагмент карты впадения Ангары в Енисей

Figure 17. A map of the confluence of the Angara into the Yenisei (fragment)

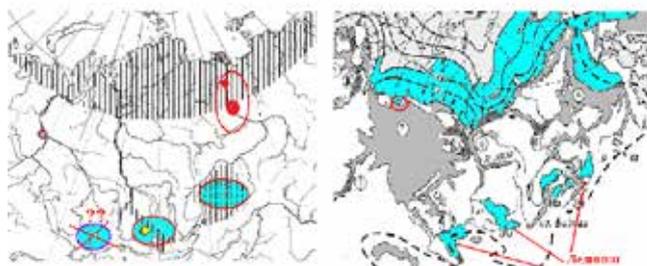


Рисунок 18. Сопряженность локализации подпорных озер и ареалов распространения *Heteroscope borealis* (Fischer 1851) в Голарктике

Figure 18. The localization of retaining lakes and habitats of *Heteroscope borealis* (Fischer 1851) in the Holarctic

9. Гайденок Н.Д., Пережилин. А.И. Эколога – промысловая характеристика нижнего бьефа Красноярского водохранилища // Рыбное хозяйство 2013. № 6. – С 70-76
9. Gajdenok N.D., Perezhilin. A.I. Ekologo – promyslovaya harakteristika nizhnego b'efa Krasnoyarskogo vodohranilishcha // Rybnoe hozyajstvo 2013. № 6. – Pp. 70-76
10. Гайденок Н.Д., Чмаркова Г.М. Математическое моделирование динамики осетра Енисея // Рыбное хозяйство 2014. № 3. – С 47-53.
10. Gajdenok N.D., Chmarkova G.M. Matematicheskoe modelirovaniye dinamiki osetra Eniseya // Rybnoe hozyajstvo 2014. № 3. – Pp 47-53.
11. Гайденок Н.Д. Загадка планктонной копеподы *Heteroscope borealis* (Fischer, 1851) экосистемы Красноярского водохранилища // Рыбное хозяйство, 2019, № 5. С. 66-70
11. Gajdenok N.D. Zagadka planktonnoj kopepody *Heteroscope borealis* (Fischer, 1851) ekosistemy Krasnoyarskogo vodohranilishcha // Rybnoe hozyajstvo, 2019, № 5. Pp. 66-70
12. Гайденок Н.Д. Структура внутривидовых континуумов муксуна рек Сибири // Рыбное хозяйство 2020. № 2. – С 51-61.
12. Gajdenok N.D. Struktura vnutrividovykh kontinuumov muksuna rek Sibiri // Rybnoe hozyajstvo 2020. № 2. – Pp. 51-61.
13. Гросвальд М.Г. Оледенение Русского Севера и Северо-Востока в эпоху последнего великого похолодания // Материалы гляциологических исследований. – М.: «Наука», 2009. – Вып. 106. – 152 с.
13. Grosval'd M.G. Oledeniye Russkogo Severa i Severo-Vostoka v epokhu poslednego velikogo pohlodaniya // Materialy glyaciologicheskikh issledovaniy. – M.: «Nauka», 2009. – Issue 106. – 152 p.
14. Дегтяренко Ю.П., Пуминов А.П., Благовещенский М.Т. Береговые линии восточно – арктических морей в позднем плейстоцене и голоцене – В кн. Колебания уровня морей и океанов за 15 000 лет- М.: Наука, 1982. – С. 179-185
14. Degtyarenko YU.P., Puminov A.P., Blagoveshchenskij M.T. Beregovye linii vostochno – arkticheskikh morey v pozdnem plejstocene i golocene – V kn. Kolebaniya urovnya morey i okeanov za 15 000 let- M.: Nauka, 1982. – Pp. 179-185
15. Мац В.Д., Фудзхии Ш., Машико К., Гранина Л.З., Осипов Э.Ю., Ефимова И.М., Климанский А.В. К палеогидрологии Байкала в связи с неотектоникой // Геология и геофизика, 2002, т.43, № 2. – С. 142-154
15. Mac V.D., Fudzhii SH., Mashiko K., Granina L.Z., Osipov E.YU., Efimova I.M., Klimanskij A.V. K paleogidrologii Bajkala v svyazi s neotektonikoj // Geologiya i geofizika, 2002, V.43, № 2. – Pp. 142-154
16. Михалев Ю. В. Особенности экологии реликтовой ледовитоморской рогатки из пресноводного озера Кета (бассейн р. Пясины) // Вопр. экологии, 1962. Т. 5. – С. 137-138.
16. Mihalev YU. V. Osobennosti ekologii reliktovoj ledovitomorskoj roгатki iz presnovodnogo ozera Keta (bassejn r. Pyasiny) // Vopr. ekologii, 1962. V. 5. – Pp. 137-138.
17. Некрашевич Н.Г. К познанию муксуна *Coregonus muksun* (Pallas) р. Енисея // Тр. Биол. Инст. ТГУ.- Томск, 1940. Т. 7. – С. 178-197
17. Nekrashevich N.G. K poznaniyu muksuna *Coregonus muksun* (Pallas) r. Eniseya // Tr. Biol. Inst. TGU.- Tomsk, 1940. V. 7. – Pp. 178-197
18. Пирожников П.Л. О распределении и численности сиговых в реках и эстуарных районах Сибири // Изв. ГосНИИОРПХ. Л., 1967. Т. 62. – С. 6-15
18. Pirozhnikov P.L. O raspredelenii i chislennosti sigovykh v reках i estuarnykh rajonah Sibiri // Izv. GosNIIORRH.L., 1967. V. 62. – Pp. 6-15
19. Подлесный А.В. Осетр (*Acipenser baeri stenorrhynchus* a. Nikolski) р. Енисея // Вопр. Ихт., 1955, вып. 4. – С. 21-40
19. Podlesnyj A.V. Osetr (*Acipenser baeri stenorrhynchus* a. Nikolski) r. Eniseya // Vopr. Iht., 1955, Issue 4. – Pp. 21-40
20. Правкин С. А., Большианов Д. Ю., Поморцев О. А., Савельева Л. А., Молодков А. Н., Григорьев М. Н., Арсланов Х. А. Рельеф, строение и возраст четвертичных отложений долины р. Лены в Якутской излучине // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2018. Т. 63. Вып. 2. – С. 209-229
20. Pravkin S. A., Bolshiyarov D. YU., Pomorcev O. A., Savel'eva L. A., Molod'kov A. N., Grigor'ev M. N., Arslanov H. A. Rel'ef, stroeniye i vozrast chetvertichnykh otlozheniy doliny r. Leny v Yakutskoj izluchine // Vestnik SPbGU. Nauki o Zemle. 2018. V. 63. Issue 2. – Pp. 209-229
21. Пуминов А.П. К истории речных долин в низовьях рек Лены и Оленек. Труды НИИГА. Том 114, 1960, вып. 14. – с. 163-172.
21. Puminov A.P. K istorii rechnykh dolin v nizovyah rek Leny i Olenek. Trudy NIIGA. Vol. 114, 1960, Issue 14. – Pp. 163-172.
22. Решетников Ю. С. Экология и систематика сиговых рыб. - М.: Наука, 1980. – 300 с.
22. Reshetnikov YU. S. Ekologiya i sistematika sigovykh ryb. - M.: Nauka, 1980. – 300 p.
23. Решетников Ю.С. О центрах возникновения и центрах расселения в связи с распределением числа видов по ареалу на примере сиговых рыб // Акт. проблемы совр. ихтиологии. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2010. – С. 62-87.
23. Reshetnikov YU.S. O centrakh vozniknoveniya i centrakh rasseleniya v svyazi s raspredeleniem chisla vidov po arealu na primere sigovykh ryb // Akt. problemy sovr. ihtologii. M.: T-vo nauch. izd. KMK, 2010. – Pp. 62-87.
24. Сарана В.А. Оледенение в западной части плато Путорана в позднем плейстоцене и голоцене // Вестн. моск. ун-та. сер. 5. география. 2017. № 1. – С. 73-81
24. Sarana V.A. Oledeniye v zapadnoj chasti plato Putorana v pozdnem plejstocene i golocene // Vestn. mosk. un-ta. ser. 5. geografiya. 2017. № 1. – Pp. 73-81
24. Sarana V.A. Oledeniye v zapadnoj chasti plato Putorana v pozdnem plejstocene i golocene // Vestn. mosk. un-ta. ser. 5. geografiya. 2017. № 1. – Pp. 73-81
25. Смутьский И.И., Иванова А.А. Опыт реконструкции палеоклимата по изменению инсоляции на примере Западной Сибири в позднем плейстоцене // Климат и Природа, 1 (26), 2018. – С. 3-21
25. Smul'skij I.I., Ivanova A.A. Opyt rekonstrukcii paleoklimata po izmeneniyu insolyacii na primere Zapadnoj Sibiri v pozdnem plejstocene // Klimat i Priroda, 1 (26), 2018. – Pp. 3-21
26. Стрелков С.А. История ландшафтов низовьев Енисея в четвертичный период. – Л. – М.: Изд. ГСМП, 1951. – 150 с.
26. Strelkov S.A. Istoriya landshaftov nizov'ev Eniseya v chetvertichnyj period. – L. – M.: Izd. GSMP, 1951. – 150 p.
27. Стрелков С.А. Развитие береговой линии арктических морей СССР в четвертичном периоде – М.: Наука, 1961. – 336 с
27. Strelkov S.A. Razvitiye beregovoy linii arkticheskikh morey SSSR v chetvertichnom periode – M.: Nauka, 1961. – 336 p
27. Strelkov S.A. Razvitiye beregovoy linii arkticheskikh morey SSSR v chetvertichnom periode – M.: Nauka, 1961. – 336 p
28. Устюгов А.Ф. Экологические формы ряпушки реки Енисей // Проблемы экологии, т.3, 1973, Томск. – С. 187-192
28. Ustyugov A.F. Ekologicheskie formy ryapushki reki Enisej // Problemy ekologii, V.3, 1973, Tomsk. – Pp. 187-192
28. Ustyugov A.F. Ekologicheskie formy ryapushki reki Enisej // Problemy ekologii, V.3, 1973, Tomsk. – Pp. 187-192
29. Уфимцев Г. Ф., Щетников А. А. Текли реки из Байкала – инет свободный доступ
29. Ufimcev G. F., Shchetnikov A. A. Tekli reki iz Bajkala – inet svobodnyj dostup
29. Ufimcev G. F., Shchetnikov A. A. Tekli reki iz Bajkala – inet svobodnyj dostup
30. Шевелева Н. Г., Подшивалина В. Н., Мирабдуллаев И. М., Чертопруд Е. С., Лазарева В. И., Баянов Н. Г. Род *Heteroscope Sars 1863* (Copepoda, Calanoida) в России: морфология и распространение // Зоологический журнал, 2020, том 99, № 4, с. 373–393
30. Sheveleva N. G., Podshivalina V. N., Mirabdullaev I. M., Chertoprud E. S., Lazareva V. I., Bayanov N. G. Rod *Heteroscope Sars 1863* (Copepoda, Calanoida) v Rossii: morfologiya i rasprostraneniye // Zoologicheskij zhurnal, 2020, Vol. 99, № 4, Pp. 373–393
30. Sheveleva N. G., Podshivalina V. N., Mirabdullaev I. M., Chertoprud E. S., Lazareva V. I., Bayanov N. G. Rod *Heteroscope Sars 1863* (Copepoda, Calanoida) v Rossii: morfologiya i rasprostraneniye // Zoologicheskij zhurnal, 2020, Vol. 99, № 4, Pp. 373–393
31. Арзханников С.Г., Иванов А.В., Арзханникова А.В., Демонтерова Е.И., Янсен Ж.Д., Преуссер Ф., Каменетский В.С., Каменетский М.В. Catastrophic events in the Quaternary outflow history of Lake Baikal // Earth-Science Reviews 2018, v. 177. – p. 76-113
31. Arzhannikov S.G., Ivanov A.V., Arzhannikova A.V., Demonterova E.I., Jansen J.D., Preusser F., Kamenetsky V.S., Kamenetsky M.B. Catastrophic events in the Quaternary outflow history of Lake Baikal // Earth-Science Reviews 2018, v. 177. – p. 76-113
31. Arzhannikov S.G., Ivanov A.V., Arzhannikova A.V., Demonterova E.I., Jansen J.D., Preusser F., Kamenetsky V.S., Kamenetsky M.B. Catastrophic events in the Quaternary outflow history of Lake Baikal // Earth-Science Reviews 2018, v. 177. – Pp. 76-113
31. Arzhannikov S.G., Ivanov A.V., Arzhannikova A.V., Demonterova E.I., Jansen J.D., Preusser F., Kamenetsky V.S., Kamenetsky M.B. Catastrophic events in the Quaternary outflow history of Lake Baikal // Earth-Science Reviews 2018, v. 177. – Pp. 76-113
32. Баранская А.В., Николе С. Хан Н.С., Романенко Ф.А., Рой К., Пелтиер В.Р., Хортон Б.Р. A postglacial relative sea - level database for the Russian Arctic coast // Quaternary Science Reviews, 2018, v. 199. – p. 188 - 205
32. Baranskaya A.V, Nicole S. Khan N.S., Romanenko F.A., Roy K., Peltier W.R., Horton B.P. A postglacial relative sea - level database for the Russian Arctic coast // Quaternary Science Reviews, 2018, v. 199. – p. 188 - 205
32. Baranskaya A.V, Nicole S. Khan N.S., Romanenko F.A., Roy K., Peltier W.R., Horton B.P. A postglacial relative sea - level database for the Russian Arctic coast // Quaternary Science Reviews, 2018, v. 199. – Pp. 188 - 205
32. Baranskaya A.V, Nicole S. Khan N.S., Romanenko F.A., Roy K., Peltier W.R., Horton B.P. A postglacial relative sea - level database for the Russian Arctic coast // Quaternary Science Reviews, 2018, v. 199. – Pp. 188 - 205
33. Мангеруд Ж., Якобссон М., Александерсон Х., Астакхов В., Кларк Г. К. С., Хенриксен М., Хьорт С., Кринер Г., Лункка Ж.-П., Мюллер П., Мюррей А., Никоиская О., Саарнисто М., Свендсен Ж. И. Ice-dammed lakes and rerouting of the drainage of northern Eurasia during the Last Glaciation // Quaternary Science Reviews. - 2004. -Vo1. – 23.Pp. 1313-1332.
33. Mangerud J., Jakobsson M., Alexanderson H., Astakhov V., Clarke G. K. C, Henriksen M., Hjort C, Krinner G., Lunkka J.-P., Muller P., Murray A., Nikoiskaya O., Saarnisto M., Svendsen J. I. Ice-dammed lakes and rerouting of the drainage of northern Eurasia during the Last Glaciation // Quaternary Science Reviews. - 2004. - V.1. – 23. Pp. 1313-1332.
33. Mangerud J., Jakobsson M., Alexanderson H., Astakhov V., Clarke G. K. C, Henriksen M., Hjort C, Krinner G., Lunkka J.-P., Muller P., Murray A., Nikoiskaya O., Saarnisto M., Svendsen J. I. Ice-dammed lakes and rerouting of the drainage of northern Eurasia during the Last Glaciation // Quaternary Science Reviews. - 2004. - V.1. – 23. Pp. 1313-1332.
33. Mangerud J., Jakobsson M., Alexanderson H., Astakhov V., Clarke G. K. C, Henriksen M., Hjort C, Krinner G., Lunkka J.-P., Muller P., Murray A., Nikoiskaya O., Saarnisto M., Svendsen J. I. Ice-dammed lakes and rerouting of the drainage of northern Eurasia during the Last Glaciation // Quaternary Science Reviews. - 2004. - V.1. – 23. Pp. 1313-1332.
34. Свендсен Ж.И., Астакхов В.И., Большианов Д.Ю., Демидов И., Довдесвелл Ж.А., Гатауллин В., Хьорт С., Хуббертен Х.В., Ларсен Е., Мангеруд Ж., Меллес М., Мюллер П., Саарнисто М., Сигерт М.Д. Maximum extent of the Eurasian ice sheets in the Barents and Kara Sea region during the Weichselian // Boreas. – 1999. – Vol. 28, No 1. – pp. 234-242.
34. Svendsen J.I., Astakhov V.I., Bolshiyarov D.Yu., Demidov I., Dowdeswell J.A., Gataullin V., Hjort C., Hubberten H.W., Larsen E., Mangerud J., Melles M., Muller P., Saarnisto M., Siegert M.J. Maximum extent of the Eurasian ice sheets in the Barents and Kara Sea region during the Weichselian // Boreas. – 1999. – Vol. 28, No 1. – pp. 234-242.
34. Svendsen J.I., Astakhov V.I., Bolshiyarov D.Yu., Demidov I., Dowdeswell J.A., Gataullin V., Hjort C., Hubberten H.W., Larsen E., Mangerud J., Melles M., Muller P., Saarnisto M., Siegert M.J. Maximum extent of the Eurasian ice sheets in the Barents and Kara Sea region during the Weichselian // Boreas. – 1999. – V. 28, No 1. – Pp. 234-242.