

Смольский И.И., Иванова А.А. Реконструкция палеоклимата в Западной Сибири за последние 50 тыс. лет на основании изменения инсоляции / В сб. Материалы Пятой конференции геокриологов России. МГУ имени М.В. Ломоносова, 14-17 июня 2016 г. Т. 2. Часть 5. Региональная и историческая геокриология. Часть 6. Динамическая геокриология. Геокриологические процессы и явления. Часть 7. Литогенетическая геокриология (криолитогенез). - М.: "Университетская книга", 2016, с. 233-240.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАЛЕОКЛИМАТА В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 50 ТЫС. ЛЕТ НА ОСНОВАНИИ ИЗМЕНЕНИЯ ИНСОЛЯЦИИ

И.И. Смольский¹, А.А. Иванова^{1,2}

¹Институт криосферы Земли СО РАН, г. Тюмень, Россия; JSmulsky@mail.ru

²Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия;

annaandruhovna@gmail.com

RECONSTRUCTION OF WESTERN SIBERIA PALEOCLIMATE OVER THE PAST 50 THOUSAND YEARS ON THE BASIS OF INSOLATION CHANGES

J.J. Smulsky¹, A.A. Ivanova^{1,2}

¹Institute of Earth Cryosphere of SB RAS, Novosibirsk, Russia; JSmulsky@mail.ru

²Tyumen State University, Tyumen, Russia; annaandruhovna@gmail.com

Новые решения проблем, составляющих Астрономическую теорию изменения палеоклимата, привели к колебаниям инсоляции с амплитудой в 7-8 раз большей по сравнению с прежними решениями. Они совпадают с колебаниями климата в позднем плейстоцене. На основании инсоляции проведена реконструкция палеоклимата в Западной Сибири за 50 тыс. лет.

New solutions of the problems, that are included in the astronomical theory of paleoclimate change, have led to fluctuations in insolation with an amplitude of 7-8 times greater than previous solutions. They coincide with climatic variations in during the Late Pleistocene. The paleoclimate in West Siberia have been reconstructed on the basis of insolation for 50 thousand years.

1. Введение

Астрономическая теория изменения палеоклимата основывается на решении трех проблем: 1) как изменяется орбита Земли; 2) как изменяется плоскость экватора Земли или ее ось вращения; 3) как изменяется количество солнечного тепла на поверхности Земли, т.е. ее инсоляция, в зависимости от параметров: эксцентриситета e орбиты Земли; угла ее наклона ε к плоскости экватора; угла φ_{pp} между перигелием орбиты и восходящим узлом γ . Все эти проблемы решены по-новому [1] - [3]. В результате были получены большие колебания оси вращения Земли: от 16.7° до 31° , тогда как по прежним решениям ось Земли колебалась от 22.26° до 24.32° [1]. То есть, амплитуда колебаний оси Земли увеличилась в 7 раз. Во столько же раз увеличились колебания инсоляции.

Таблица 1. Экстремумы летней инсоляции Q_s^{65N} и инсоляционные периоды за 50 тысяч лет назад (т.л.н.).

T , т.л.н.	4.16	15.88	31.28	46.44
Тип экстремума	max	min	max	min
Q_s^{65N} , ГДж/м ²	5.97	5.36	7.43	4.72
Инсол. периоды	O_1	I_1	2_1	3_1
Границы периодов, т.л.н.	0-6.86	6.86-22.08	22.08-39.5	39.5-53.8
Последние события в плейстоцене	Оптимум Голоцена	Сарганское оледенение	Каргинское потепление	Ермаковское оледенение

В табл. 1 приведены четыре экстремума летней инсоляции Q_s^{65N} на широте 65° Северного полушария за последние 50 тысяч лет [4]. Потепления отмечены как максимумы (max), а похолодания – как минимумы (min). Границы инсоляционных

периодов O_1 , I_1 , 2_1 , и 3_1 определены при пересечении летней инсоляции Q_s^{65N} со средним ее значением. Первый небольшой оптимум инсоляции обозначен как O_1 .

Моменты наступления экстремумов инсоляции и их амплитуда совпали с последними событиями в плейстоцене: Ермаковским и Сартанскими ледниковыми периодами, Каргинским потеплением между ними и оптимумом Голоцена [4]. Эти события позднего плейстоцена приведены в табл. 1.

2. Основания и критерии реконструкции палеоклимата

В результате изучения разными специалистами палеоклимата выработано согласованное представление о его эволюции в Западной Сибири в позднем плейстоцене [5] - [7]. В значительной мере совпадает их мнение о двух последних оледенениях в Западной Сибири, которое представлено на карте из работы Svendsen et al [6] (см. рис. 1). Сплошной и пунктирной линией 1 показана граница оледенения в поздний Вейхелий, эквивалентный Сартанскому оледенению [6]. Согласно другим авторам, в частности М.Г. Гросвальду [5], граница оледенения в Западной Сибири проходила восточнее. Она примерно показана точками 2. Ледниковый щит в средне-раннем Вейхелии, который эквивалентен Ермаковскому оледенению, имел по Svendsen et al [6] восточную границу отмеченную точками 2. По М.Г. Гросвальду [5] граница Ермаковского оледенения в Западной Сибири проходила восточнее и южнее, которую можно представить штрихпунктирной линией 3. Этой линией 3 Svendsen et al [6] показали предел оледенения в Европе и Западной Сибири, который мог быть в Четвертичном периоде по мнению разных авторов. В рассматриваемой далее реконструкции палеоклимата будем ориентироваться на вышеотмеченные границы оледенений.

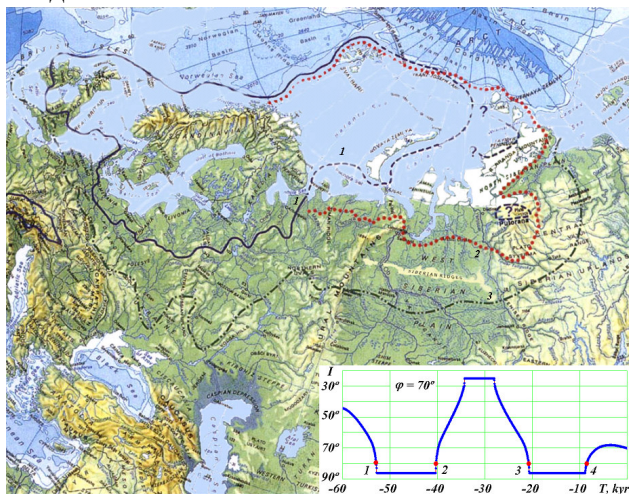


Рис. 1. Границы Сартанского и Ермаковского оледенений по Svendsen et al [6] (линии 1, 2, и 3) и оледенение Западной Сибири в момент времени 52.9 т.л.н. Белым цветом показаны территории покрытые ледником; внизу на графике инсоляции в эквивалентных широтах $I(T)$ на широте $\varphi = 70^\circ$ точкой 1 отмечено время этого события, когда достигается $I = 80^\circ$; Т – время в тыс. лет (кыр) от 30.12. 1949 г.

Изменения инсоляции рассчитываются за 200 т.л.н. с помощью программы Insl2bdEn.mcd [2], которая имеется в свободном доступе: <http://www.ikz.ru/~smulski/Data/Insol/>. Здесь мы будем использовать изменение летней инсоляции во времени $Q_s(T)$, а также изменение инсоляции в эквивалентных широтах $I(T)$ на разных широтах. На графике $I(T)$ на рис. 1 показано изменение инсоляции в эквивалентных широтах на широте $\varphi = 70^\circ$. Она рассчитывается следующим образом. Если в эпоху T летняя инсоляция на широте φ была такая, как в современную эпоху $T = 0$ на широте φ_0 , то инсоляция в эквивалентных широтах будет $I = \varphi_0$. Из графика видно, что начиная с $T = 0$ до $T = -5$ кыр эквивалентная широта I уменьшается, т.е. становится теплее на широте $\varphi = 70^\circ$. Затем примерно до $T = -8$ кыр эквивалентная широта I увеличивается почти до 90° , т.е. на широте $\varphi = 70^\circ$ становится так холодно, как сейчас на полюсе ($I = 90^\circ$). Далее идет нижний горизонтальный участок, который отмечает эпохи, когда было холодней, чем сейчас на полюсе. А верхний горизонтальный участок

графика отмечает время, когда инсоляция в эпоху T летом больше чем в экваториальной зоне в современную эпоху $T = 0$.

При реконструкции палеоклимата по изменению инсоляции будем использовать следующие критерии.

1. Если на широте φ инсоляция в эквивалентных широтах упала до $I = 80^\circ$, то ледник начал образовываться на этой широте.
2. Если после ледникового максимума на широте φ инсоляция в эквивалентных широтах увеличилась до $I = 80^\circ$, то начинается таяние ледника.
3. Если инсоляция в эквивалентных широтах повысилась до $I = 70^\circ$ на широте φ , то ледник деградировал на этой широте.
4. Озера-моря образуются при перекрытии ледником стока рек в Ледовитый океан.
5. Территории затапливаются водой в соответствии с их высотными отметками.
6. Озера-моря начинают уменьшаться при освобождении стока рек в Ледовитый океан.
7. При таянии ледников Гренландии и Антарктиды уровень Ледовитого океана повышается, и он наступает на берег.
8. Реконструируемые события должны согласовываться с палеоклиматическими данными.

3. Предпоследний ледниковый максимум или Ермаковское оледенение

Как видно из табл. 1, инсоляционный период 3_1 , связанный с Ермаковским похолоданием, начался 53.8 т.л.н. Через 900 лет в эпоху 52.9 т.л.н. на широте 70° инсоляция в эквивалентных широтах достигла величины $I = 80^\circ$. В соответствии с первым критерием, льдом покрываются полностью Новая Земля, частично полуострова Ямал и Таймыр. На рис. 1 белым цветом показаны территории покрытые ледником. Внизу на графике инсоляции в эквивалентных широтах $I(T)$ на широте $\varphi = 70^\circ$ точкой I отмечено время $T = 52.9$ т.л.н. этой эпохи.

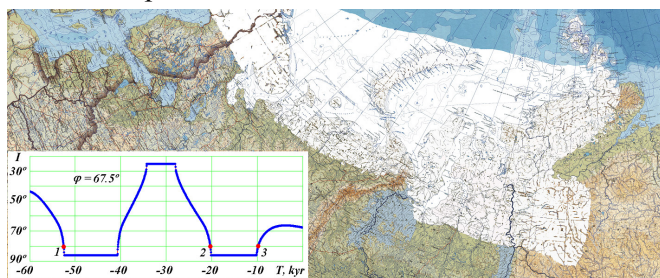
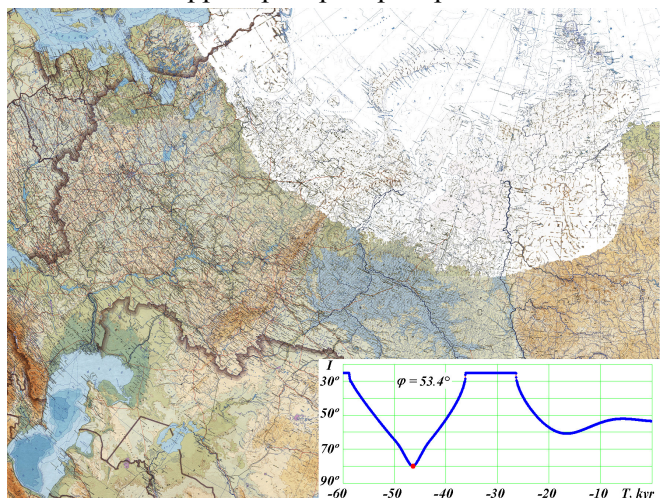


Рис. 2. Оледенение Западной Сибири в момент времени 52.6 т.л.н. На графике инсоляции в эквивалентных широтах $I(T)$ на широте $\varphi = 67.5^\circ$ точкой I отмечено время этого события, когда $I = 80^\circ$. Здесь и далее оледенение в европейской части территории не показано.

В эпоху 52.6 т.л.н., когда инсоляция в эквивалентных широтах достигла величины $I = 80^\circ$ на широте $\varphi = 67.5^\circ$, оледенение территории распространяется до этой широты (рис. 2). При этом сток рек Оби, Пура, Таза и Енисея в Северный Ледовитый океан перекрыт [5]. В устьях рек образуются пресноводные озёра.



В эпоху 52.6 т.л.н., когда инсоляция в эквивалентных широтах достигла величины $I = 80^\circ$ на широте $\varphi = 67.5^\circ$, оледенение территории распространяется до этой широты (рис. 2). При этом сток рек Оби, Пура, Таза и Енисея в Северный Ледовитый океан перекрыт [5]. В устьях рек образуются пресноводные озёра.

Рис. 3. Оледенение Западной Сибири в момент времени 46.4 т.л.н. В эту эпоху на широте $\varphi = 53.4^\circ$ инсоляция $I = 80^\circ$, т.е. оледенение может достигнуть этой широты. На графике инсоляции $I(T)$ точкой отмечено время этого события.

В момент максимального похолодания 46.4 т.л.н. инсоляция

в эквивалентных широтах достигла величины $I = 80^\circ$ на широте 53.4° . Как видно из графика $I(T)$ на рис. 3 это происходит кратковременно. Поэтому широта 53.4° является предельной, на которой может наступить оледенение. Примерно на этой широте проводят максимальную границу оледенения Гросвальд М.Г. [5] и Svendsen J.I. и др. [6] (см. рис. 1).

Во время максимального похолодания 46.4 т.л.н. на рис. 3 показано распространение воды по Западно-Сибирской равнине до высоты 68-69 м над уровнем моря. Так по Енисею она дошла до Енисейска (58° с. ш.), по Оби – практически до Томска, по Иртышу – до Омска, по Ишиму – до Ишима, а по Тоболу – до Кургана. Исследователи выделяют Мансийское и Енисейское озера [5], [7]. Первое занимает часть Западно-Сибирской равнины южнее Сибирских Увалов, а второе располагается в долине Енисея.

После минимума инсоляции 46.4 т.л.н. рост ледникового щита продолжался до 40.3 т.л.н., когда инсоляция на широте 70° не достигла значения $I = 80^\circ$ (см. т. 2 на графике $I(T)$ рис. 1). В эпоху 40.1 т.л.н. инсоляция в эквивалентных широтах достигает значения $I = 70^\circ$ на широте 67.5° . В соответствии с критерием 3 территория до этой широты освобождается от ледника. В связи с этим мощность озер на Западно-Сибирской равнине увеличивается. Севернее Сибирских увалов образуется Пуровское озеро. Оно совместно с Мансийским и Енисейским сливаются и образуют озеро-море Западной Сибири (рис. 4).

Для определения границ распространения водоемов с помощью общедоступной программы «Google Earth» определялись высоты местности. На рис. 4 точками отмечены минимальные высоты над уровнем моря в ближайшей окрестности рек и древних водоемов.

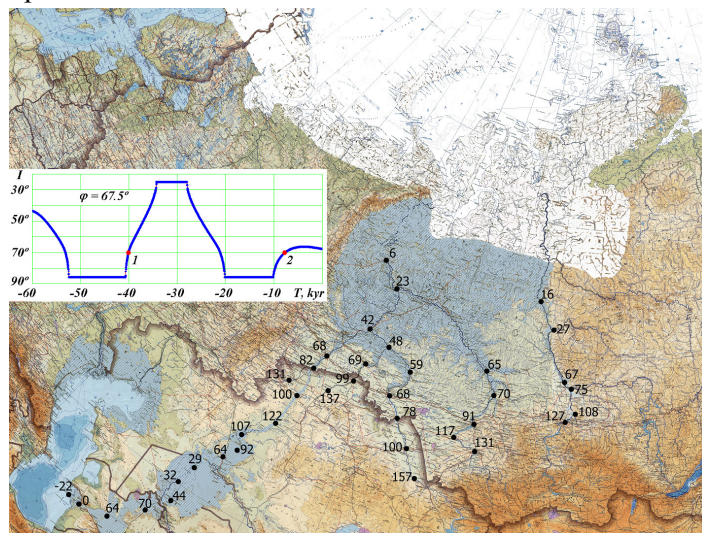


Рис. 4. Оледенение Западной Сибири в момент времени 40.1 т.л.н. Вдоль водотоков числами на карте показаны высоты в м над уровнем моря; На графике инсоляции $I(T)$ на широте $\varphi = 67.5^\circ$ точкой I отмечено время этого события, когда достигается $I = 70^\circ$.

С дальнейшим потеплением начинается таяние ледникового щита и происходит увеличение пресноводного моря до такой степени, что начинается его сток через Тоболо-Тургайский желоб в Туранскую низменность Приаралья и, возможно, с проходами на юге – в Каспийскую низменность. Как видно из рис. 4, современный уровень дна Тургайского желоба преимущественно находится на отметке 100-107 м и не превышает 122 м. Древнее дно желоба покрыто 70-90 м толщей четвертичных отложений, т.е. абсолютная отметка дна составляет 30-40 м [8]. За прошедшие 40 т.л. часть этих отложений пополнились за счет размыва и сноса бортов желоба многочисленными небольшими реками.

Дополнительно отложения на дне желоба пополнились во время Сартанского оледенения. Например, с глубины 75 - 77.5 м скважины 25 км южнее оз. Кушмурун обломок древесины имел возраст 28800 [5]. Из скважины, расположенной 75 км южнее,

с глубины 34 м старичная глина имела возраст 19140 лет. Эти данные свидетельствуют, что высотные отметки дна желоба 40 т.л.н. могли быть порядка 50 м.

Как видно рис. 4, высотные отметки к верховьям рек Енисей, Обь, Иртыш и Ишим превышают даже современную отметку Тоболо-Тургайского желоба в 122 м. Поэтому истечение воды из образовавшегося пресноводного озера-моря могло быть только через этот желоб, когда уровень озера-моря превышал уровень желоба. Об этом имеется много свидетельств. Например, в 15-20 км ниже Новосибирска, в обнажении Красный Яр, на уровне 115 м выходит 8-10-метровая озерная толща, налегающая на горизонт древних почв с укоренившимися пнями с возрастом порядка 28-29 т.л.н. [7]. Это свидетельствует о высотной отметке озера-моря порядка 125 м [7]. Чуть выше был уровень Енисейского озера, которое сообщалось с Мансийским через Кас-Кетскую и Верхнетазовскую сквозные долины. Это озеро достигало уровня 120-130 м, а по другим сведениям, оно поднималось выше 140 м [7].

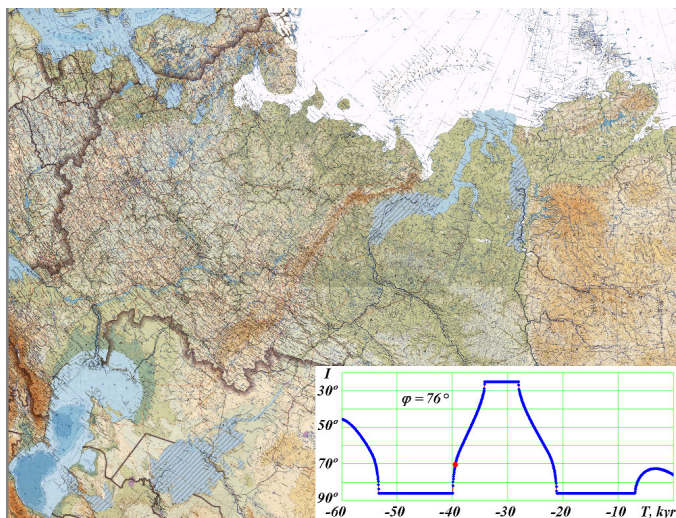
С деятельностью ледника связаны морены, пути перемещения льда (троги), сдвиги, надвиги и прочие дислокации, переносы породы и грунта и множество других процессов. Моренный пояс вдоль возвышенности Сибирские Увалы является самый южный. Его относят к Ермаковскому горизонту [7]. Р.А. Бобков [9] исследовал грунты Сибирских Увалов. Весь валунно-галечный материал в составе толщи Сибирских Увалов имеет изначально ледниковое происхождение, поскольку отличается слабой окатанностью, часто имеет ледниковые шрамы и царапины и не характерен для данной территории.

4. Каргинское межледниковье

Как видно из табл. 1, в эпоху 39.5 т.л.н. начинается Каргинский межледниковый период, который обозначен в табл. 1 как 2_i и длится до 22.08 т.л.н. Этот теплый период характеризуется самой большой инсоляцией $Q_s^{65N} = 7.43 \text{ ГДж/м}^2$ за 200 т.л.н. Продолжается таяние ледника в высоких широтах. Инсоляция в эквивалентных широтах достигает значения $I = 70^\circ$ на широте 76° , которую можно отнести к середине Карского ледникового щита. В соответствии с критерием 3 ледниковые покровы небольшой толщины исчезают на территориях до этой широты. Освобождается сток рек в Ледовитый океан, вследствие чего озеро-море начинает уменьшаться (рис. 5). Его

следы еще остаются в Туранской низменности.

Рис. 5. Конец Ермаковского ледникового периода и начало Каргинского межледниковья в момент времени 39.5 т.л.н. На графике инсоляции в эквивалентных широтах $I(T)$ на широте $\varphi = 76^\circ$ точкой отмечено время этого события, когда $I = 70^\circ$.



Высота Карского ледникового щита достигала 1.5 км [10], поэтому его таяние не завершается при достижении инсоляции значения $I = 70^\circ$ на средней его широте. Оценим

время таяния Карского ледникового щита по времени его образования 52.9 т.л.н. Рост ледника продолжался до 40.3 т.л.н. в течение 12.6 т.л. Если для его таяния потребуется такое же время, то ледниковый щит полностью растает к 27.7 т.л.н. С другой стороны, на северной границе Карского ледникового щита ($\varphi = 80^\circ$ [5]- [6]) инсоляция $I = 70^\circ$

достигается в эпоху 39.3 т.л.н. Поэтому исчезновение Карского ледника по среднему значению может быть отнесено ко времени 33.5 т.л.н.

Итак, в начале Каргинского потепления еще существуют остатки Западно-Сибирского моря. С его деятельностью связаны террасы, озёрные отложения, конусы выноса входящих рек и эрозионные процессы на бортах выводных потоков (спилбеев). По Архипову С.А. [7] казымская пачка Каргинского горизонта (дер. Казым-Мыс, правый берег нижней Оби) простирается по долине Оби до г. Колпашево и бассейна р. Васюган, а также до дер. Липовка на Тоболе. Ее возраст 33 - 31 т.л.н. На нижнем Енисее от г. Игарка до устья Бахты прослеживаются конощельские слои, аналог Казымскому слою с возрастом 33 - 32 т. л. Как правило, это аллювиально-озерные отложения с прослойками торфа.

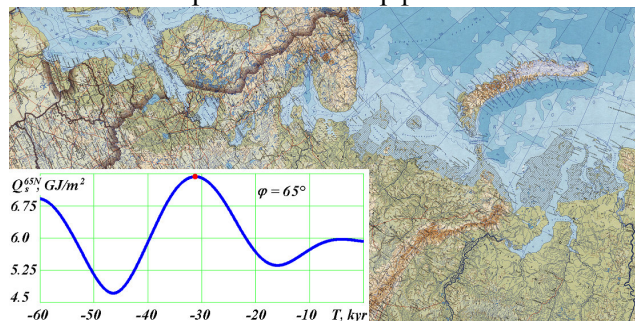


Рис. 6. Теплый период между оледенениями в момент времени 31.28 т.л.н. На графике инсоляции Q_s^{65N} в ГДж/м² точкой отмечено время этого события.

В самое теплое время 31.2 т.л.н. завершается таяние скандинавского и Карского ледниковых щитов. Тают также ледники Гренландии и Антарктиды. Уровень моря поднимается и затопляет низменные побережья (рис. 6). В северной части Западной и Восточной Сибири обнаруживаются следы морских отложений. Например, раковины на восточном Баренцево-Карском побережье и берегах Таймыра и Северной Земли имеют возраст от 24 до 38 т.л.н. [5].

5. Последний ледниковый максимум

Как видно из табл. 1, инсоляционный период I_1 , связанный с Сартанским похолоданием, начался 22.08 т.л.н. После двух тысяч лет непрерывного похолодания, в момент 20.8 т.л.н. инсоляция в эквивалентных широтах (см. т. 3 на рис. 1) достигла величины $I = 80^\circ$ на широте $\varphi = 70^\circ$, оледенение территории распространяется до этой широты. Поэтому картина оледенения территории такая же, как во время 52.9 т.л.н. на рис. 1.

Через 500 лет в момент 20.3 т.л.н. инсоляция в эквивалентных широтах (см. т. 2 на рис. 2) достигла величины $I = 80^\circ$ на широте 67.5° и оледенение распространяется до этой широты. Поэтому картина оледенения территории такая же, как во время 52.6 т.л.н. на рис. 2. В рассматриваемом случае ледник также перекрывает сток рек Оби, Пура, Таза и Енисея в Северный Ледовитый океан. В устьях рек образуются пресноводные озёра.

Этот период с минимумом инсоляции $Q_s^{65N} = 5.36$ ГДж/м² в эпоху 15.88 т.л.н. был теплее Ермаковского оледенения на 12%. Инсоляция в эквивалентных широтах достигла величины $I = 80^\circ$ на широте 61.5° . Но это происходило кратковременно, поэтому широта 61.5° является предельной, до которой могло доходить оледенение. По-видимому, в Западной Сибири, как показано на карте Svendsen J.I. и др. [6] оледенение доходило до широты 65.5° . В этот период сформировался ледниковый рельеф Западной Сибири, в том числе краевые морены в зоне $65.5^\circ - 67^\circ$ с.ш. по южному подножию Салехардских увалов и Хадатейским грядам Тазовского полуострова [7]. После минимума инсоляции на широте 67.5° инсоляция в эквивалентных широтах достигла значения $I = 80^\circ$ в эпоху 9.8 т.л.н. (см. т. 3 на графике $I(T)$ на рис. 2). С этого момента началось интенсивное таяние ледника. И во время 7.76 т.л.н. инсоляция $I = 70^\circ$, что привело к полному исчезновению ледника на этой широте.

Флинт Р.Ф. [10] считает, что разрушение ледникового покрова началось 15 т.л.н. и закончилось 6 т.л.н.

Когда началось таяние ледникового щита крупнейшие северные подводные желоба: Медвежинского, Франц-Виктории, Св. Анны и Воронина отводили ледяные потоки с Баренцево-Карского ледника в ледовитый океан [5]. Колонки, поднятые с глубины 470 м. желоба Франца-Виктория содержали материал морены, покрытый ледниково-морскими илами с возрастом 12.9 т.л.н. и голоценовыми отложениями – 10 т.л.н. Деградация льда в желобе Св. Анны началась около 13 т.л.н. и завершилась к 10 т.л.н. [5].

Ледниковый период Сартанского времени имел меньшую интенсивность, меньшую длительность по сравнению с Ермаковским. Кроме того после него не наступало такое сильное потепление, как после Ермаковского оледенения. Поэтому образовавшееся Мансийское озеро (см. рис. 2) имело меньшие размеры [7].

8. Оптимум инсоляции в голоцене

Как видно из табл. 1, инсоляционный период O_I , связанный с оптимумом в голоцене, начался 6.86 т.л.н. и продолжается по настоящее время. В эпоху $T = 4.16$ т.л.н. имеется небольшой максимум инсоляции. С минимума инсоляции 15.88 т.л.н. до этого максимума шло непрерывное потепление. Поэтому уменьшались в объеме ледниковые покровы, что приводило к повышению уровня моря и затоплению побережий.

По мнению ряда исследователей [7] оптимум голоцена однозначно проявляется в интервале 9 – 3.3 т.л.н. С конца ледникового периода до оптимума голоцена, т.е. 8 т.л.н. ÷ 5 т.л.н., принято считать, что происходила трансгрессия моря, с 5 т.л.н. и по настоящее время море отступает.

9. Заключение

Выполненные сопоставления инсоляции и палеоклимата за последние 50 тыс. лет показывают, что ход событий в Западной Сибири определяется изменением инсоляции. Предпринятая попытка реконструкции палеоклимата на данном этапе является весьма схематичной. Она позволяет лишь определиться с главной причиной изменения палеоклимата и в пределах нескольких тысяч лет сказать о возрасте палеособытий. В процессе этой работы было введено несколько критериев для определения начала и конца событий. Их выбор, а также величина в дальнейшем будет совершенствоваться. Кроме того, изменения палеоклимата определяется совокупностью многих процессов, которые характерны для каждой территории. Поэтому для полной реконструкции палеоклимата нужно рассматривать действие этих процессов.

Литература

1. **Смульский И.И.** Анализ уроков развития астрономической теории палеоклимата//Вестник Российской Академии Наук, 2013. Т. 83. № 1. С. 31-39. <http://elibrary.ru/item.asp?id=18448265>. doi:10.7868/S0869587313010118
2. **Smulsky J.J. and Krotov O.I.** New Computing Algorithm of the Earth's Insolation//Applied Physics Research, Vol. 6, No. 4; 2014, p. 56-82. <http://dx.doi.org/10.5539/apr.v6n4p56>.
3. **Смульский И.И.** Основные положения и новые результаты астрономической теории изменения климата / Институт криосферы Земли СО РАН. – Тюмень, 2014. – 30 с.: ил: 16.- Библиогр.: 44 назв. - Рус. Деп. в ВИНТИ РАН 30.09.2014, № 258-В2014. <http://www.ikz.ru/~smulski/Papers/OsPoATLP3.pdf>.
4. **Смульский И.И.** Новые инсоляционные периоды и последние похолодания в плиocene / В сб. Арктика, Субарктика: мозаичность, контрастность, вариативность криосферы: Труды международной конференции / Под ред. В.П.Мельникова и Д.С.Дроздова. - Тюмень: Изд-во Эпоха, 2015. - С. 360-363. http://www.ikz.ru/~smulski/Papers/smulsky_J_J2015_03_15c1.pdf.
5. **Гросвальд М.Г.** Оледенение Русского Севера и Северо-Востока в эпоху последнего великого похолодания. Ответственный редактор В.М. Котляков. Москва: Издательство «Наука», 2009. - Институт географии российской академии наук. Гляциологическая ассоциация. Материалы гляциологических исследований. Выпуск 106

6. **Svendsen** J.I., Astakhov V.I., Bolshiyarov D.Yu. et al. Maximum extent of the Eurasian ice sheets in the Barents and Kara Sea region during the Weichselian/Boreas, v. 28, № 1, 1999, p. 234-242.
7. **Архипов** С.А. Хронология геологических событий позднего плейстоцена Западной Сибири. Геология и геофизика, 1997, т. 38, № 12, с. 1863-1884.
8. **Илларионов** А.Г. Тургайский спиллвей. Ижевск, 2013, 103 с.
9. **Бобков** Р.А. Четвертичное оледенение в истории Западной Сибири. / В сб. Арктика, Субарктика: мозаичность, контрастность, вариативность криосферы: Труды международной конференции / Под ред. В.П.Мельникова и Д.С.Дроздова. - Тюмень: Изд-во Эпоха, 2015. - С. 31-34.
10. **Флинт** Р.Ф. История Земли. – М.:”Прогресс”, 1978. – 358 с.