

*А. Л. Бейзель*

## **Обоснование необходимости выделения морских изотопных циклов (МИЦ) наряду со стадиями (МИС)**

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,  
г. Новосибирск, Российская Федерация  
e-mail: beiselal@ipgg.sbras.ru

**Аннотация.** Четвертичные отложения Западной Сибири характеризуются циклическим строением, отражающим закономерное чередование эпох похолоданий и потеплений. В них хорошо выделяются четыре основных типа цикличности, независимых друг от друга по методике своего выделения: один океанический – изотопно-кислородные стадии (МИС), и три континентальных – стратиграфические горизонты, речные террасы и лессово-почвенно-криогенные комплексы (ЛПКК). В этом наборе только террасы являются полными циклами, тогда как остальные представлены полуциклами, соответствующими эпохам оледенений или межледниковий отдельно. Для целей эффективного использования арсенала методов циклического анализа и разработки в перспективе единой модели цикличности необходимо выделить полные циклы среди всех разновидностей, и прежде всего в изотопно-кислородной кривой. В связи с этим предлагается выделить МИЦ – морские изотопные циклы, отличающиеся от стадий своими объемом и границами. Рубежи циклов имеют физическую природу, и с ними совпадают многие геологические, палеогеографические и другие события. В качестве примера рассматривается соотношение МИЦ с ЛПКК.

**Ключевые слова:** четвертичный период, цикличность, морские изотопные циклы, лессы, почвы, криогены

*A. L. Beisel*

## **Justification of the need to distinguish marine isotope cycles (MIC) along with stages (MIS)**

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,  
г. Новосибирск, Российская Федерация  
e-mail: beiselal@ipgg.sbras.ru

**Annotation.** Quaternary deposits of Western Siberia are characterized by a cyclic structure, reflecting the regular alternation of periods of cooling and warming. They clearly distinguish four main types of cyclicity, independent of each other in the method of their identification: one oceanic - oxygen isotope stages (MIS), and three continental - stratigraphic horizons, river terraces and loess-soil-cryogenic complexes (LSCC). In this set, only the terraces are complete cycles, while the rest are represented by half-cycles corresponding to glacial or interglacial periods separately. In order to effectively use the arsenal of cyclic analysis methods and develop a unified cyclicity model in the future, it is necessary to identify complete cycles among all varieties, and primarily in the oxygen isotope curve. In this regard, it is proposed to distinguish MICs - marine isotope cycles, which differ from stages in their volume and boundaries. The boundaries of cycles are of a physical nature, and many geological, paleogeographic and other events coincide with them. As an example, the ratio of MIC to LPCC is considered.

**Keywords:** quaternary, cyclicity, marine isotope cycles, loess, soils, cryogens

## *Введение*

Четвертичные отложения Западной Сибири представляют собой весьма сложную систему в масштабе времени и пространства, когда на чередование теплых и холодных эпох во времени накладывается площадная контрастная широтная климатическая зональность и не менее контрастные меридиональные речные долины и водоразделы. Это деление в полной мере отражено в «Унифицированной стратиграфической схеме ...» [1] (УРСС-2000). Также общая структура и стратиграфия квартера Западной Сибири представлены в работах: [2 – 6] и др.

В настоящей работе четвертичные отложения Западной Сибири рассматриваются в аспекте их циклического строения. По этой теме также имеется ряд работ [7 и др.], однако эта тема далеко не раскрыта, особенно с учетом современных разработок по изотопно-кислородной шкале. В указанных отложениях представлены от 4 до 10 разных типов цикличности, слабо увязанных друг с другом. Среди них можно назвать стратиграфические горизонты, морские изотопные стадии (МИС), речные террасы, лессово-почвенно-криогенные комплексы (ЛПКК), а также морские трансгрессии и регрессии, катафлювиальные циклиты Горного Алтая, сиквенсы и некоторые другие.

Выясняется, что не все указанные типы представлены полными циклами. Специалисты-четвертичники в своей работе предпочитают иметь дело с отдельными фазами, отвечающими потеплениям либо похолоданиям. Среди них полными циклами являются только речные террасы и сиквенсы. Остальные – это так называемые полуритмы, в том числе изотопные стадии, претендующие на роль ведущего параметра в разработке стратиграфических схем нового поколения. Между тем методика циклического анализа требует приведения всех типов к «единому знаменателю», т.е. выделения везде полных циклов, а также, что немало важно, – определения начала и окончания цикла в каждой их разновидности. Последнее бывает не всегда очевидно. Здесь мы рассмотрим главным образом изотопные стадии и ЛПКК.

Общепринятые изотопные стадии выделяются на формальной основе и их рубежи по определению не совпадают ни с какими геологическими и другими событиями [8]. В связи с этим разными авторами предпринимались попытки выделения изотопных циклов, однако автором использован новый подход в выделении границ циклов по точкам минимумов кривой. Для целей единства классификации предлагается выделять изотопно-кислородные циклы (МИЦ), под которыми понимаются отрезки кривой от одного минимума до другого. МИЦ могут использоваться совместно с МИС, и они успешно дополняют друг друга.

Теоретическая и практическая значимость выделения МИЦ заключается в том, что они позволяют различать события, произошедшие в точках минимума кривой, когда температура среды экстремально низкая и еще практически не изменяется, от событий на рубежах смены стадий, обусловленных непосредственно потеплениями или похолоданиями. Эти два класса событий имеют явно различную природу – тектоническую и климатическую.

Еще надо отметить, что любой анализ четвертичной системы в большей или меньшей степени зависит от точки зрения авторов на происхождение лессов. Эта проблема затрагивает практически любые аспекты исследований квартера, в том числе цикличность. Данная тема требует отдельной статьи, и поэтому здесь не рассматривается. Тем не менее для лучшего понимания дальнейшего изложения необходимо сказать, что автор придерживается водноосадочной модели лессогенеза. Пролетан большой путь от безоговорочной поддержки эоловой концепции под влиянием авторитета И.А. Волкова, до разработки собственной импульсной концепции отложения лессов в результате фладстримов и катафлювиальных выносов. Аргументов в пользу субваквального генезиса лессов собрано достаточно. Здесь стоит привести самый, пожалуй, убедительный из них, и который еще никто не называл – это ровные почвы. В условиях отсутствия слоистости почвенные горизонты выдают рельеф поверхности лессов во время седиментации, и этот рельеф ровный как стол. Непостижимым образом от внимания исследователей ускользает тот факт, что данное свойство совершенно нехарактерно для эоловых отложений. Такие поверхности могут образоваться только в водной среде. Вообще равнинный рельеф должен входить в определение лессов.

### *Обсуждение*

Основой для работы послужили собственные исследования автора на разрезах Иртыша, Чановской депрессии, Новосибирского Приобья в разные годы (1980-е и с 2018 гг.) [9, 10], а также многочисленные литературные данные. Новые возможности изучения земной поверхности открылись в связи с появлением в 2015 г. сервиса Google-maps. В частности, с его помощью успешно осуществлялся поиск новых карьерных выработок, с последующими выездами для изучения разрезов (в сотрудничестве с Е.С. Соболевым). В последние годы складывается такая ситуация, при которой обилие информации позволяет проводить исследования дистанционно, с помощью переинтерпретации массива данных.

В методическом плане автором используются наработки прежних лет по сиквенс-стратиграфии, фациально-циклическому анализу и методам геофизических исследований скважин в интервале от верхнего докембрия до кайнозоя включительно по территории Сибири и смежных регионов. Попутно отметим, что океаническая изотопно-кислородная кривая [11] в принципе ничем не отличается от обычной каротажной диаграммы.

Морской изотопный цикл – это полный цикл колебаний изотопной кривой от одной точки минимума до другой (рис. 1). В этом качестве он не сводится к объединению смежных теплой и холодной изотопных стадий, поскольку границы у них разные. Точки раздела стадий, как известно, устанавливаются делением отрезков кривой между ее экстремумами пополам.

Границы МИЦ находятся внутри холодных стадий. При прохождении кривой через точку минимума температура практически не меняется. С точки зрения хронологии разница между началом МИЦ и началом последующей МИС невелика – эти точки сближены во времени. Однако именно на границе МИЦ происходят знаковые события – начало терминации, смена трендов от похолодания к

потеплению, заложение речных террас, отложение лессов и т.д. – все то, что в литературе приписывается смене стадий. Имеются все основания полагать, что события на границах изотопных циклов имеют в своей основе тектоническую природу, а изменения на границах стадий – климатическую.

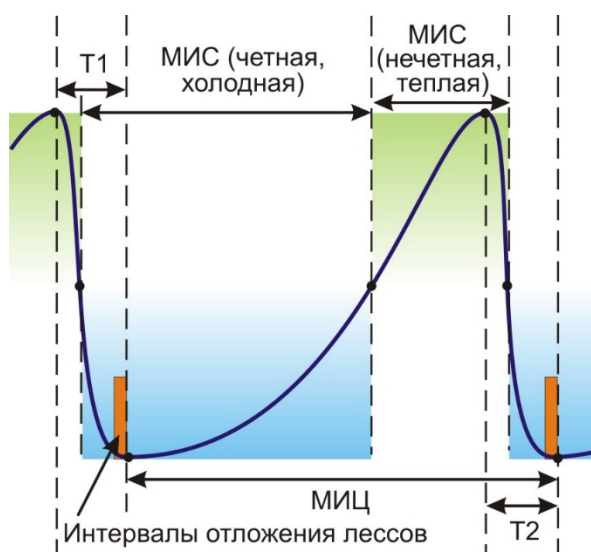


Рис. 1. Принципиальная схема выделения морского изотопного цикла (МИЦ) и его соотношение со стадиями (МИС) и терминациями (Т) на изотопно-кислородной кривой, а также предполагаемые интервалы отложения лессов

### Обсуждение

С самой общей точки зрения, на водоразделах в четвертичных разрезах мы должны наблюдать только почвы и криогенные горизонты (КГ) на фоне минимальной седиментации, отвечающие чередованию теплых и холодных эпох. Однако в дело вмешиваются лессовые пачки, которые залегают между почвами и КГ. Кроме того, как будет показано ниже, криогены залегают также между лессами и почвами, что требует своего объяснения.

В качестве реального воплощения климатических циклов в естественных разрезах автору наиболее близки лессово-почвенно-криогенные последовательности, как самые доступные для наблюдений. Увязка их с изотопной кривой, а также с речными террасами представляет собой актуальную научную задачу. Ранее они назывались лессово-почвенными или лессово-почвенно-криогенными циклами. Выяснилось, однако, что на самом деле эти объекты вообще не являются циклами, вследствие чего теперь предпочтительнее называть их лессово-почвенно-криогенными комплексами (ЛПКК).

Многие авторы в своих работах сопоставляют почвы с теплыми стадиями, а лессы – с холодными, занимая их практически целиком. Криогоризонтам практически не остается места – они отмечаются в виде узких полосок вне масштаба в кровле интерстадиальных почв. По мнению автора, такая конструкция есть сильное упрощение действительности. Данная точка зрения проистекает из мо-

дели эолового происхождения лессов. Темп эолового накопления осадков априорно очень низкий, и поэтому для него отводят максимально возможное время. То же самое демонстрирует и УРСС-2000 [1]. По авторской модели накопление лессовых покровов происходит быстро – в результате катафлювиальных потоков и фладстримов, имевших место в максимумы оледенений. Тем самым они связываются с рубежами МИЦ.

В пользу такой точки зрения говорит характер заполнения морозобойных трещин, развитых в кровле почв на водоразделах и пойменных отложений террас в речных долинах. Данные трещины выполнены исключительно материалом перекрывающих лессовых покровов [6, 12, 13 и мн. др.]. Это говорит о том, что в моменты перекрытия трещины были заполнены льдом. Они не могли быть «зияющими трещинами усыхания» по И.А. Волкову [4]. С другой стороны, если бы заполнение было результатом действия талых вод из ледников арктической зоны, то многолетняя мерзлота в умеренных широтах успела бы оттаять, а криоструктуры – деформироваться и заполниться вторичным материалом. В реальности псевдоморфозы по жильным льдам в кровле почвенных горизонтов имеют очень хорошую сохранность и заполнены лессом. Это означает, что они захоронялись в условиях вечной мерзлоты, а заполнялись лессом уже потом, по наступлении теплой стадии. Данный пункт рассматривается автором как главный аргумент в плане отнесения отложения лессов к максимумам похолоданий.

Что же происходит после отложения лессовых пачек? Вода фладстримов стекает, ландшафты «обсыхают», и лессовые покровы вновь подвергаются действию экстремальных морозов. Как следствие, должны появиться новые криодеформации. Наблюдаем ли мы их в разрезах? Сколько угодно – такая ситуация является скорее правилом, чем исключением. Имеются в виду системы трещин по поверхности лессов в основании почвенных горизонтов, выполненные, в отличие от рассмотренных выше, гумусом. Они предельно наглядно показаны в многочисленных работах В.С. Зыкиной и др. авторов. Называют их языками-затеками, космами и пр. [6]. Пример таких структур показан на рис. 2. Здесь показано чередование горизонтов псевдоморфоз по морозобойным клиньям и трещинам, заполненным либо гумусом, либо лессами, в двух удаленных разрезах: Бачатский карьер (Кемеровская обл.) [6] (А) и Александровский карьер (Курская обл.) [14].

Горизонты мерзлотных трещин развиты в кровле каждой почвы и каждого лесса. Главное их отличие очевидно: первые заполнены лессом из вышележащего слоя, а вторые – гумусом из вышележащей почвы. Интересен тот факт, что первые криогоризонты включены специалистами во все схемы расчленения разрезов и сводные диаграммы, а вторые игнорируются [7]. Причина такого разного отношения непонятна, тем более, что те же авторы отмечают, что «появление языков-затеков соответствует этапу вторичного преобразования почвы в условиях холодного влажного климата» [6, с.114].

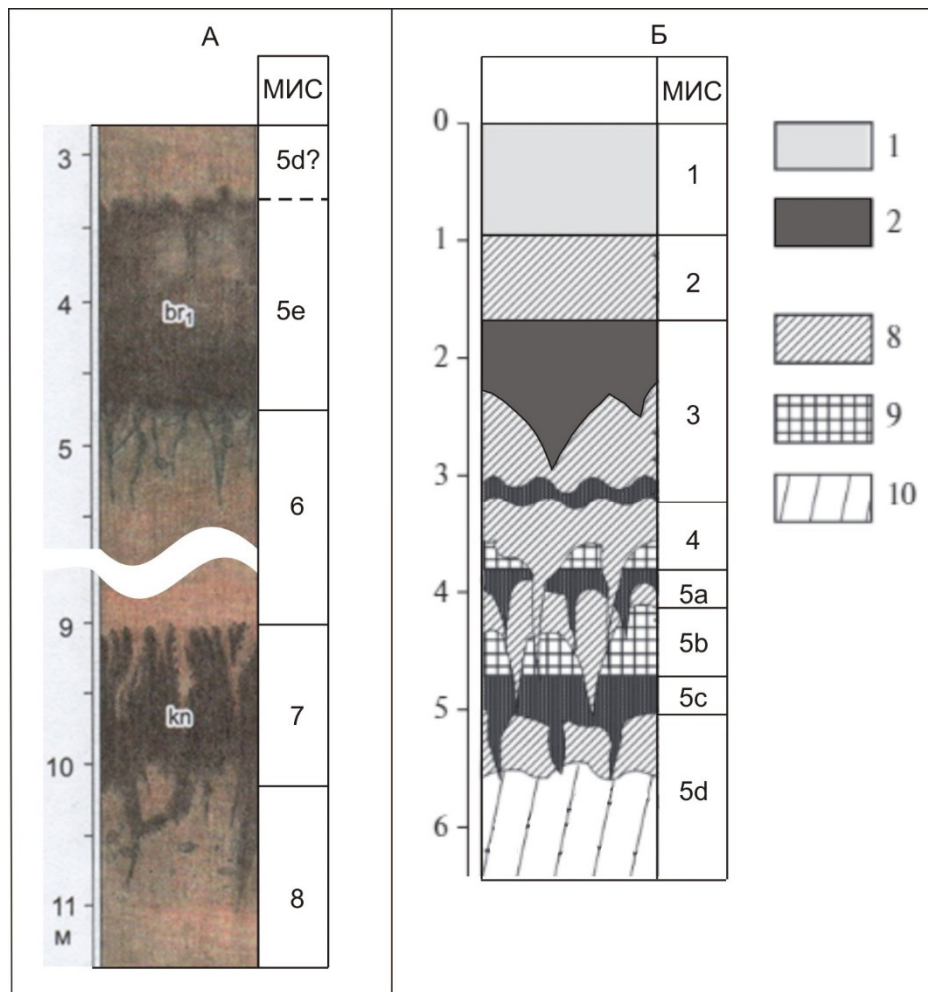


Рис. 2. Чередование этапов седиментации, криогенеза и почвообразования в позднем плейстоцене в двух удаленных разрезах: Бачатский карьер (Кемеровская обл.) [6, с изменениями] (А) и Александровский карьер (Курская обл.) [14, с сокращениями] (Б). Условные обозначения: 1 – голоценовый чернозем; 2 – палеопочва; ...; 8 – лесс; 9 – гумусированные педоседименты; 10 – делювиально-солифлюкционные отложения.

Таким образом, лессово-почвенно-криогенный комплекс представляет собой «слоеный пирог» из названных горизонтов. Согласно эвристическим представлениям автора, большую часть времени в этой триаде занимают криогены, затем почвы и на последнем месте – лессы.

Рассмотрим упрощенный алгоритм чередования названных элементов. Если обозначить их цифрами: 1 – лесс, 2 – почва и 3 – криоген, то стандартное чередование должно выглядеть так: 1-2-3-1-2-3 и т.д. Смежные лессы и криогены объединяются в единую холодную эпоху, и получается искомое двоичное чередование стадий. Однако, в полных непрерывных разрезах (см. рис. 2) чередование такое: 1-3-2-3-1-3-2-3 и т.д. То есть, каждая почва и каждый лесс перемежаются с криогенами. Такую ситуацию невозможно объяснить с точки зрения чередования стадий. Поэтому исследователи поступают таким образом: прини-

мают за основу криогоризонт в кровле почвы (заполненный лессами), а находящийся в кровле лессов (заполненный гумусом) игнорируют, называя его языками-затеками и пр. (интерпретация автора).

### ***Заключение***

Таким образом, в результате проведенных работ автором выделены морские изотопные циклы (МИЦ) в изотопно-кислородной кривой, имеющие, в отличие от стадий, событийно-обусловленные границы; установлены события особого класса, приуроченные к границам МИЦ; выявлены полноценные криогоризонты между лессовыми пачками и почвами, а также выяснена связь элементов ЛПКК со структурой МИЦ.

### ***Благодарности***

Исследования выполнены при финансовой поддержке программы ФНИ FWZZ-2022-0004 (ИНГГ СО РАН).

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Унифицированная региональная стратиграфическая схема четвертичных отложений Западно-Сибирской равнины // Объяснительная записка / Под ред. В.С. Волковой - Новосибирск: СНИИГГиМС, 2000. - 64 с.; прил.
2. Архипов С.А., Волкова В.С. Геологическая история, ландшафты и климаты плейстоцена Западной Сибири – Новосибирск: НИЦ ОИГГМ СО РАН, 1994. - 105 с.
3. Астахов В. И., Пестова Л. Е., Шкатова В. К. Лёссоиды Российской Федерации: распространение и возраст // Региональная геология и металлогения. – 2021. – № 87. – С. 42–60. DOI: 10.52349/0869-7892\_2021\_87\_42-60.
4. Волков И.А. Позднечетвертичная субаэральная формация. - М.: Наука. -1971. - 254 с.
5. Волкова В.С. Стратиграфия и палеогеография плейстоцена Западной Сибири: современное состояние, проблемы и пути их решения // Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода. – 2009. - № 69. - С. 25-31.
6. Зыкина В.С., Зыкин В.С. Лессово-почвенная последовательность и эволюция природной среды и климата Западной Сибири в плейстоцене. - Новосибирск: Акад. изд-во “Гео”, 2012. - 477 с.
7. Зыкина В.С. Цикличность строения четвертичной толщи субаэральных осадков на основании изучения ископаемых почв в Искитимском районе // Цикличность формирования субаэральных пород. – Новосибирск: Наука, 1979. С. 139-143.
8. Астахов В. И. Четвертичная геология суши: учебное пособие. — СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2020. — 440 с.
9. Бейзель А.Л., Соболев Е.С., Ян П.А. Новые данные по проблеме происхождения гривного рельефа юга Западной Сибири // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XV Междунар. науч. конгр., 22–26 апреля 2019 г., Новосибирск: Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология». Т. 2, № 1. – Новосибирск : СГУГиТ, 2019. С. 3-9.
10. Бейзель А.Л., Кузьмина О.Б., Соболев Е.С., Ян П.А. Новые данные по проблеме происхождения гривно-озерных ландшафтов на юге Западной Сибири // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2022. XVIII Междунар. науч. конгр.: сб. материалов (Новосибирск, 18-20 мая 2022 г.). Новосибирск, СГУГиТ, 2022. – Т. 2, - №1. - С. 56-62.
11. Lisiecki L.E., Raymo M.A. Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic  $\delta^{18}\text{O}$  records // *Paleoceanography and Paleoclimatology*. – 2005. –Vol. 20. - Iss.1. – Pp. 1-17.

12. Балабай Я. Я. Происхождение гривного рельефа Западносибирской низменности // Землеведение. Т. XXXVIII, вып. 1. 1936. – С. 106-122.
13. Сычева С. А. Палеомерзлотные события в перигляциальной области Среднерусской возвышенности в конце среднего и позднем плейстоцене // Криосфера Земли. Т. XVI, No 4, 2012. - С. 45–56.
14. Сычева С.А., Хохлова О.С., Пушкина П.Р. Структура позднеплейстоценового климатического ритма на основе изучения детального почвенно-седиментационного архива внеледниковой области Восточно-Европейской равнины (Александровский карьер) // Стратиграфия. Геологическая корреляция, Т. 29, № 3, 2021. - С. 93-114.

© А. Л. Бейзель, 2024