

# История становления и современное состояние секвенс-стратиграфии

Лебедев М.В.

ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень, Россия  
mvlebedev2@tnnc.rosneft.ru

## Аннотация

История секвенс-стратиграфии включает два основных этапа: синтетический и аналитический. В синтетический этап заложены ее основы, построена общая модель бассейна как последовательность системных трактов и секвенсов. В аналитический этап входит интенсивное изучение всех составляющих новой целостности — секвенса. В настоящее время структурная часть секвенс-стратиграфии разработана в полной мере. По мнению автора, противоречива ее стратиграфическая часть. Преодоление противоречия видится в идеях советских геологов о геосистемной природе стратонов и их границ.

## Материалы и методы

Основной метод исследования — анализ с диалектических позиций основополагающих работ по секвенс-стратиграфии. Анализируемые материалы — это различные теоретические объекты (понятия, закономерности, модели и т.д.), составляющие современную концепцию секвенс-стратиграфии.

## Ключевые слова

секвенс-стратиграфия, геосистемный подход, фаціальное несогласие, фаціальная серия

## Для цитирования

Лебедев М.В. История становления и современное состояние секвенс-стратиграфии // Экспозиция Нефть Газ. 2024. № 7. С. 12–19.  
DOI: 10.24412/2076-6785-2024-7-12-19

Поступила в редакцию: 13.09.2024

GEOLOGY

UDC 551.7.022 | Original Paper

## The history and the current state of sequence stratigraphy

Lebedev M.V.

“Tyumen petroleum research center” LLC, Tyumen, Russia  
mvlebedev2@tnnc.rosneft.ru

## Abstract

The history of sequence stratigraphy includes two main stages: synthetic and analytical. During the synthetic stage its foundations and a general model of the basin as a succession of systems tracts and sequence are established. During the analytical stage all the components of the sequence were intensively studied as the new integrity. Currently, the structural component of the sequence stratigraphy has been fully developed. But its stratigraphic component is controversial. Overcoming the contradiction is seen by using the Soviet geologist's ideas about the geosystem nature of stratigraphic units and their boundaries.

## Materials and methods

The main method of research is an analysis from the dialectical point of view of the fundamental studies on sequence stratigraphy. The analyzed materials are various theoretical objects (concepts, patterns, models, etc.) that make up the modern concept of sequence stratigraphy.

## Keywords

sequence stratigraphy, geosystem approach, facial unconformity, facial series

## For citation

Lebedev M.V. The history and the current state of sequence stratigraphy. Exposition Oil Gas, 2024, issue 7, P. 12–19. (In Russ).  
DOI: 10.24412/2076-6785-2024-7-12-19

Received: 13.09.2024

## Введение

Как следует из [1–3], в настоящее время секвенс-стратиграфия является основной методологией исследования фаціального строения осадочных бассейнов. Ее также можно рассматривать как составную часть новой геосистемной парадигмы геологии [4]. Секвенс-стратиграфия в последнее время интенсивно развивается и в России [5–11]. Именно поэтому представляет интерес рассмотреть с диалектических позиций историю ее становления как геосистемной дисциплины для оценки современного состояния и определения возможной тенденции развития.

В основу настоящего изложения легло диалектическое представление о процессе познания как единстве анализа и синтеза, содержание которого изложено ниже в соответствии с авторским пониманием работы А.С. Казеннова [12].

В развитии любой науки существует предварительный этап, который условно можно назвать предмодельным. В этот период представители различных направлений познания объекта накапливают, синтезируют, анализируют и вновь синтезируют различные знания о нем в соответствии с их целями. При этом накопленные знания, как правило, находятся

в багаже различных научных дисциплин и не увязаны между собой.

И вот на каком-то этапе в результате творческого озарения возникает идея, позволяющая по-новому обобщить все имеющиеся об объекте знания в единую систему и определить новые пути его познания. Возникает новая модель объекта, открывающая новое направление его исследования. Это этап синтеза.

Возникновение новой модели как нового целого приводит к бурному росту исследований в данной области, направленных на различение частей этого вновь возникшего

целого и их углубленное исследование именно как составных частей этого целого. Это этап анализа.

По мере роста новых знаний неизбежно нарастает противоречие между ними и первоначальной синтезирующей идеей по причине ее объективной ограниченности. Так наступает кризис научного направления.

Кризис этот разрешается посредством нового синтеза — возникновения новой модели объекта, что вновь позволяет интерпретировать все его известные свойства и отношения посредством вновь понятой сущности.

Разделы, посвященные истории становления секвенс-стратиграфии, имеются в основных учебных руководствах, например [7, 11, 13–16]. Приведенные в них данные стали одной из основ настоящего исследования.

По мнению автора, в истории становления секвенс-стратиграфии со значительной долей условности можно выделить предмодельный, синтетический и аналитический этапы развития. Условность такого выделения заключается в том, что синтез — это практически мгновенное озарение, а основное время исследователей всегда посвящено аналитической работе. Поэтому здесь под синтетическим этапом подразумевается период создания новой целостности, а под аналитическим этапом — период ее аналитического исследования.

#### Предмодельный этап

Согласно упомянутым выше историческим обзорам, к предмодельному этапу можно отнести:

- исследования циклического строения осадочных толщ;
- исследования причин седиментационной циклическости;
- исследования природы стратиграфических границ.

Непосредственным предшественником секвенс-стратиграфии стали работы Л.Л. Слосса с соавторами, в которых была опубликована стратиграфическая концепция секвенсов — масштабных осадочных комплексов, ограниченных региональными стратиграфическими несогласиями и прослеженных в пределах всего Северо-Американского кратона.

#### Синтетический этап

По мнению автора, синтетический этап развития секвенс-стратиграфии начался в конце 60-х годов и закончился в конце

80-х годов XX века. Основанием для его выделения является то, что в тот период путем синтеза всех имеющихся в то время знаний произошло обретение нового целого — секвенс-стратиграфической модели осадочного бассейна, описывающей его как вертикальную последовательность секвенсов, состоящих из системных трактов.

Знаковыми вехами этапа были:

- публикация в 1977 году сборника работ «Seismic stratigraphy – applications to hydrocarbon exploration» под редакцией Ч.Е. Пейтона;
- публикация в 1988 году сборника работ «Sea-level changes: an integrated approach» под редакцией С.К. Wilgus, B.S. Hastings, H. Posamentier, J.C. Van Wagoner, C.A. Ross, C.G. St.C. Kendall.

Соответственно, в синтетическом этапе можно выделить два подэтапа:

1. Сейсмостратиграфический (условно с конца 60-х годов по 1977 год);
2. Собственно секвенс-стратиграфический (условно с 1977 года по конец 80-х годов XX века).

#### Сейсмостратиграфический подэтап

Основы секвенс-стратиграфии как геосистемной дисциплины были заложены в сейсмостратиграфический подэтап ее развития на базе следующей синтетической идеи.

В результате взаимодействия эвстатики, тектоники и поступления осадков в бассейнах седиментации формировались циклические последовательности секвенсов — стратиграфических подразделений, ограниченных стратиграфическими несогласиями, коррелятивными несогласиями и представляющих собой закономерные латеральные ряды фаций.

Эта идея породила следующие самые важные, по мнению автора, результаты рассматриваемого подэтапа.

Новое определение секвенса [17]. В 1963 году Слосс определил стратиграфические секвенсы как литолого-стратиграфические единицы более высокого ранга, чем группа, мегагруппа или супергруппа, которые прослеживаются в пределах обширных территорий континентов и ограничиваются несогласиями межрегионального масштаба [17]. В соответствии с новым определением секвенс стал пониматься как стратиграфическая единица, сложенная согласной последовательностью генетически взаимосвязанных слоев, и ограниченная в кровле и подошве несогласиями

либо соответствующими им согласными поверхностями [17]. Как указано в [15], введение понятия «коррелятивное согласие» отмечает момент рождения современной секвенс-стратиграфии. Можно добавить, что введение этого понятия знаменует рождение секвенс-стратиграфии именно как геосистемной дисциплины, поскольку для стратиграфического подразделения была предложена составная граница, различные части которой выделились по разным признакам. Соответственно, их корреляция возможна только на основе принципа хронологической взаимозаменяемости признаков — геосистемного принципа С.В. Мейена [18].

Под стратонами геосистемной природы понимаются сложные геологические тела, сформированные в эволюционные этапы развития древних геосистем и ограниченные следами геосистемных перестроек [18]. Судя по рисунку 8 в [19], осадочные секвенсы тогда представлялись как закономерные латеральные ряды фаций, образованные в результате эволюционной миграции системы седиментационных обстановок и ограниченные следами геосистемных перестроек (рис. 1). Исходя из этого, их следует рассматривать как стратоны геосистемной природы.

Факторы контроля осадконакопления [19]. В основе секвенс-стратиграфии лежит следующее фундаментальное положение, разработанное в рассматриваемый подэтап — типы напластования осадочных толщ (проградационный, ретроградационный, аградационный) определяются взаимодействием эвстатики, тектоники и поступления осадков.

Введение понятия «системный тракт». Понятие «системный тракт» было введено в 1977 г. Л.Ф. Брауном-мл. и У.Л. Фишером [20]. Системный тракт — это связка одновременно сформированных осадочных систем. Так со ссылкой на их работу определено данное понятие в [21]. Поэтому системные тракты можно понимать как латеральные ряды фаций [22], то есть геологические тела, сформированные в периоды эволюционного развития древних геосистем и ограниченные следами геосистемных перестроек (рис. 2). Следовательно, их, как и осадочные секвенсы, можно рассматривать как стратоны геосистемной природы.

#### Секвенс-стратиграфический подэтап

В этот подэтап сейсмостратиграфия эволюционировала в секвенс-стратиграфию благодаря синтезу сейсмических данных с данными скважин и обнажений [15].

Секвенс-стратиграфия — это изучение взаимоотношений осадочных горных пород в рамках хроностратиграфического каркаса, в котором последовательность отложенных циклическая и образована генетически взаимосвязанными осадочными телами (секвенсами и системными трактами) [21]. По мнению автора, данный подэтап был обусловлен дальнейшим развитием ранее сформулированной синтетической идеи, которая приобрела следующий вид.

В результате взаимодействия эвстатики, тектоники и поступления осадков в бассейнах седиментации формировались циклические последовательности секвенсов — стратиграфических подразделений, ограниченных стратиграфическими несогласиями, коррелятивными несогласиями и представляющих собой закономерные вертикальные последовательности нескольких латеральных рядов фаций — системных трактов.

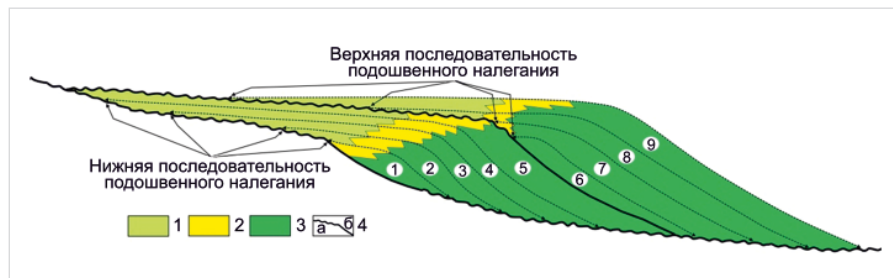


Рис. 1. Фациально-стратиграфическая структура осадочных секвенсов (на основе рис. 8а из [19]) — секвенсы в сейсмостратиграфический подэтап рассматривались как латеральные ряды фаций: 1 — неморские прибрежные осадки, 2 — морские прибрежные осадки, 3 — морские осадки, 4 — границы секвенса: а — стратиграфические несогласия, б — коррелятивные согласия

Fig. 1. Facial-stratigraphic structure of depositional sequences (based on fig. 8a from [19]) — sequences in the seismostratigraphic sub-stage were considered as lateral series of facies: 1 — non-marine coastal deposits, 2 — marine coastal deposits, 3 — marine deposits, 4 — sequence boundaries: a — stratigraphic unconformity, b — correlative conformity

Внутренняя структура секвенса. Сутью обновленной синтетической идеи стало осознание более сложного строения секвенсов, чем считалось ранее, и интеграция понятий осадочного секвенса и системного тракта в единую концепцию (рис. 3), по-новому описывающую фациально-стратиграфическую структуру осадочных бассейнов [21–24].

Классики секвенс-стратиграфии сохранили определение системного тракта как латерального ряда фаций, данное Брауном и Фишером [23] и [21]. Но они сформулировали собственное его понимание: «Мы используем термин «системный тракт» для обозначения трех подразделений в пределах каждого секвенса: нижний (lowstand), трансгрессивный (transgressive) и верхний (highstand) системные тракты в секвенсе первого типа и системный тракт края шельфа (shelf-margin), трансгрессивный и верхний системные тракты в секвенсе второго типа» [23]. Новое понимание системных трактов сопровождалось новыми критериями их выделения: «системные тракты объективно определяются на основе типов ограничивающих поверхностей, их положением внутри секвенса, типами напластования парасеквенсов и пакетов

парасеквенсов; системные тракты также характеризуются геометрией и фациальными ассоциациями» [23]. Таким образом, системные тракты в рассматриваемый подэтап имели двойственную интерпретацию. Во-первых, определялись они как латеральные ряды фаций. Во-вторых, понимались они как составные части секвенсов с определенным типом напластования парасеквенсов. При этом специальное обсуждение вопроса, будут ли геологические тела с проградационным, ретроградационным и аградационным типами напластования одновременно и латеральными рядами фаций, автору пока найти не удалось.

Стратиграфическое значение секвенс-стратиграфических поверхностей. Одним из главных результатов сейсмо-стратиграфического подэтапа было обоснование стратиграфической значимости границ секвенсов [17]. Поскольку в то время считалось, что главным фактором, контролирующим осадконакопление, является эвстатика, секвенсы рассматривались как стратоны глобального ранга, позволяющие выполнять межбассейновую корреляцию [25]. В собственно секвенс-стратиграфический под-

этап была обоснована стратиграфическая значимость границ составляющих их парасеквенсов и пакетов парасеквенсов. Границы парасеквенсов (поверхности затопления) понимались как поверхности, отделяющие более молодые слои от более древних [23], то есть как изохронные в структурном смысле. При этом явных указаний на стратиграфическую значимость границ системных трактов в цитированной литературе автору статьи найти пока не удалось.

Основы секвенс-стратиграфической методологии. Приведем обширную цитату, определяющую существующую в то время методологию изучения осадочных толщ на основе принципов секвенс-стратиграфии: «Секвенсы и их границы разбивают осадочные образования на генетически взаимосвязанные тела, ограниченные поверхностями, имеющими хроностратиграфическое значение. Эти поверхности обеспечивают каркас для корреляции и картирования. Интерпретация системных трактов обеспечивает каркас для предсказания фациальных взаимоотношений внутри секвенса. Пакеты парасеквенсов, парасеквенсы и их ограничивающие поверхности далее подразделяют секвенс и системные тракты на более мелкие генетические единицы для детального картирования, корреляции и интерпретации обстановок осадконакопления» [23].

Сформулированная методология открыла новые возможности познания фациально-стратиграфической структуры осадочных бассейнов, что привело к бурному росту исследований в данной области.

### Резюме

В сеймо-стратиграфический подэтап развития секвенс-стратиграфии в результате рождения новой синтетической идеи, связывающей факторы контроля седиментации со строением осадочных толщ, были заложены ее основы как геосистемной дисциплины. Для осадочных бассейнов была предложены новые модели, описывающие их как



Рис. 2. Схематическое изображение сеймо-стратиграфических единиц — системных трактов (на основе рис. 4 из [20]): T1–T5 — опорные временные поверхности, I–V — сеймо-стратиграфические единицы — системные тракты  
Fig. 2. Schematic representation of seismostratigraphic units — systems tracts (based on fig. 4 from [20]): T1–T5 — reference time surfaces, I–V — seismostratigraphic units — systems tracts

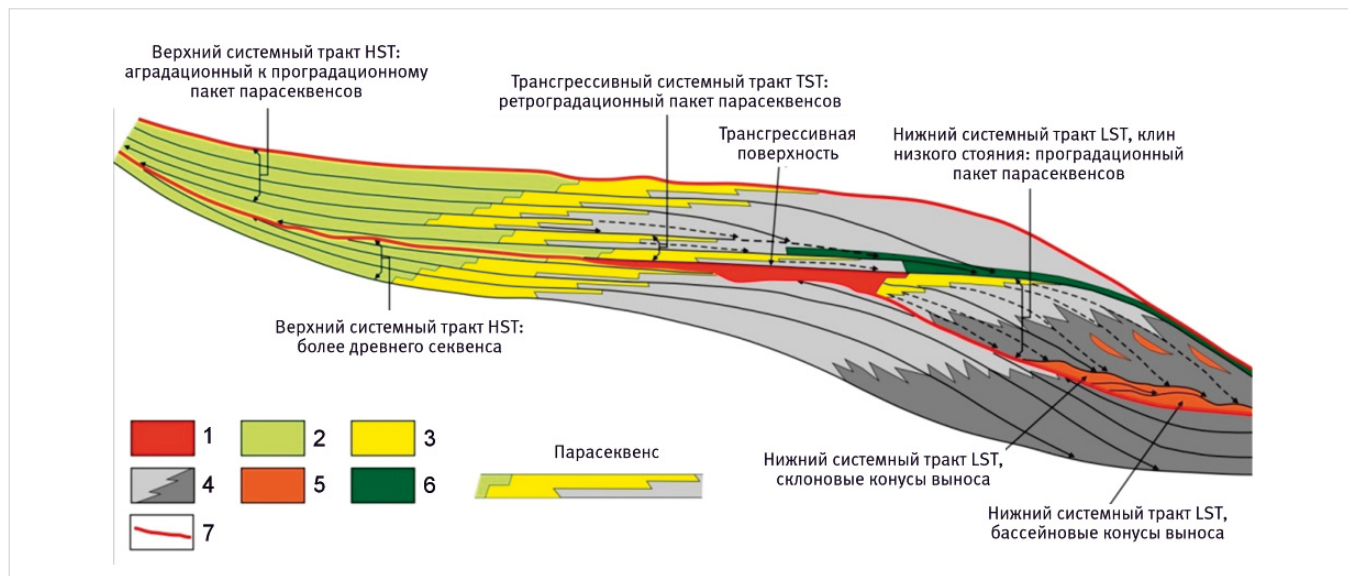


Рис. 3. Внутренняя структура осадочного секвенса (на основе рис. 2 из [23]): 1 — флювиальные или эстуариевые песчаники в пределах врезанных долин, 2 — песчаники и глинистые отложения прибрежной равнины, 3 — мелководноморские песчаники, 4 — шельфовые и склоновые глинистые отложения и тонкозернистые песчаники, 5 — песчаники подводных конусов выноса и распределительных каналов, 6 — конденсированные отложения, 7 — граница секвенса  
Fig. 3. The internal structure of the depositional sequence (based on fig. 2 of [23]): 1 — fluvial or estuarine sandstones within incised valleys, 2 — coastal-plain sandstones and mudstones, 3 — shallow-marine sandstones, 4 — shelf and slope mudstones and thin sandstones, 5 — submarine-fan and levee-channel sandstones, 6 — condensed-section deposits, 7 — sequence boundary

циклическую последовательность секвенсов — латеральных рядов фаций, ограниченных несогласиями и коррелятивными согласиями (рис. 1), или как последовательности системных трактов — латеральных рядов фаций, ограниченных опорными временными поверхностями (рис. 2).

В секвенс-стратиграфический подэтап в результате дальнейшего развития синтезирующей идеи была завершена разработка геосистемных основ секвенс-стратиграфии. Новая модель стала описывать осадочный бассейн как циклическую последовательность секвенсов — сложных геологических тел, ограниченных стратиграфическими несогласиями и коррелятивными согласиями. При этом каждый секвенс уже рассматривался как закономерная вертикальная последовательность системных трактов — латеральных рядов фаций, сформированных в результате миграции систем седиментационных обстановок в определенные этапы эвстатического цикла, и выделяемых по типам напластования парасеквенсов.

#### Аналитический этап

По мнению автора, аналитический этап секвенс-стратиграфии начался в конце 80-х годов XX века и продолжается до настоящего времени. Основание для его выделения — это углубленное изучение всех элементов секвенс-стратиграфической концепции как составных частей нового целого, обретенного в предшествующий синтетический этап.

В составе аналитического этапа также можно выделить два подэтапа, условно названные модельным и модельно-независимым:

- модельный подэтап начался в конце 80-х годов XX века и закончился в 2009 году с публикацией статьи О. Satuneanu с соавторами "Towards the standardization of sequence stratigraphy" [1]. Данная статья, по мнению автора, ознаменовала начало нового модельно-независимого подэтапа;
- модельно-независимый подэтап соответственно начался в 2009 году и продолжается в настоящее время.

#### Модельный подэтап

Основным содержанием модельно-го подэтапа стал углубленный анализ

внутреннего строения секвенса как новой сложной геосистемы — закономерной последовательности системных трактов. Ключевой вопрос при этом — что анализировать? По-видимому, в теоретических основаниях секвенс-стратиграфии отсутствовали представления советских геологов о стратонах как следах эволюции древних геосистем и их границах как следах революционных перестроек [26, 27, 18]. Поэтому основное внимание исследователей было сосредоточено на свойствах секвенсов, вытекающих из их циклической природы, а именно на циклической смене депозиционных трендов и типов напластования осадочных толщ [28].

Системные тракты стали определяться как геологические тела со специфическим типом напластования, связанным с миграциями береговой линии (т.е. с форсированной регрессией, нормальной регрессией, трансгрессией) [15, р. 165 со ссылкой на (Posamentier and Allen, 1999)]. Границы системных трактов — это секвенс-стратиграфические поверхности [15]. Секвенс-стратиграфия стала позиционироваться как изучение изменений в депозиционных трендах в ответ на изменения в аккомодации и седиментации в масштабе от индивидуальных депозиционных систем до осадочных бассейнов в целом [15].

Углубленное изучение типов напластования осадочных толщ и их цикличности дало следующие основные результаты:

- выделение нового системного тракта стадии падения уровня моря FSST [29–33];
- конструирование различных моделей секвенсов: осадочного секвенса II, III, IV; генетического секвенса, T-R секвенса [3, fig. 1, 2].

Следует особо отметить, что эти результаты были получены в ходе напряженных дискуссий между различными «школами» секвенс-стратиграфии, защищавшими свои модели и критикующими модели оппонентов (например, [28]).

Новое понимание секвенс-стратиграфических поверхностей как границ, на которых происходит смена типов напластования осадочных толщ, позволило переосмыслить их стратиграфическую значимость [15]. Различные типы напластования порождаются различными типами миграции береговой линии, которые в свою очередь, контролируются взаимодействием эвстатика,

тектоники и интенсивности поступления осадков. Из перечисленных факторов только эвстатика имеет глобальный характер, тектоника и поступление осадков могут существенно изменяться от места к месту. Соответственно смена типов миграции береговой линии может происходить от места к месту в разное время. Указанное обстоятельство обеспечивает диахронность всех секвенс-стратиграфических поверхностей внутри осадочного секвенса, выделенных на основе типов напластования (табл. 1).

#### Модельно-независимый подэтап

В 2009–2011 гг. благодаря творческой активности О. Satuneanu, объединившего усилия больших авторских коллективов, вышли три статьи, положившие, по мнению автора, начало новому модельно-независимому подэтапу развития секвенс-стратиграфии [1–3, 34]. Было отмечено, что она не имеет своего стандартизированного кодекса или свода правил вследствие отсутствия консенсуса между различными «школами». Поэтому в этот подэтап углубленному анализу подверглись уже сами основания секвенс-стратиграфической концепции. Было установлено, что общими для всех подходов являются [1]:

- основополагающие концепции типов вертикального напластования, ограничения слоев, аккомодации, изменения относительного уровня моря, траекторий береговой линии;
- понимание системных трактов как генетических единиц, связанных с различными типами миграций береговой линии — форсированно-регрессивным, нормально регрессивным (при высоком и низком относительном уровне моря), трансгрессивным;
- понимание секвенс-стратиграфических поверхностей как границ различных генетических типов осадков (генетических единиц);
- модельно-независимый алгоритм интерпретации: разбиение осадочных разрезов на генетические единицы (системные тракты), ограниченные секвенс-стратиграфическими поверхностями.

Данные положения составили новую модельно-независимую платформу секвенс-стратиграфии, позволяющую ее рассматривать как целостную научную систему

Табл. 1. Степень и причины диахронности основных секвенс-стратиграфических поверхностей (на основе рис. 7.31 из [15])  
Tab. 1. The degree and causes of diachrony of the main sequence stratigraphic surfaces (based on fig. 7.31 of [15])

Секвенс-стратиграфические поверхности		Степень диахронности в крест береговой линии	Степень диахронности вдоль береговой линии
Событийные	Коррелятивное согласие	(1) Скорость переноса осадков	(2) Скорость прогибания
	Базальная поверхность форсированной регрессии	(1) Скорость переноса осадков	(2) Скорость прогибания
	Поверхность максимальной регрессии	(1) Скорость переноса осадков	(3) Скорость прогибания и скорость седиментации
	Поверхность максимального затопления	(1) Скорость переноса осадков	(3) Скорость прогибания и скорость седиментации
Стадиальные	Субазральное несогласие	(3) Скорость форсированной регрессии	(2) Скорость прогибания
	Эрозионная поверхность морской трансгрессии	(3) Скорость трансгрессии береговой линии	(3) Скорость прогибания и скорость седиментации
	Эрозионная поверхность морской регрессии	(3) Скорость форсированной регрессии	(2) Скорость прогибания

Степень диахронности: (1) — низкая (ниже разрешающей способности биостратиграфического и радиохронологического методов); (2) — от низкой до высокой; (3) — высокая (потенциально в пределах разрешающей способности биостратиграфического и радиохронологического методов)

Degree of diachroneity: (1) — low (i.e., below the resolution of biostratigraphy or radiometric resolution); (2) — low to high; (3) — high (i.e., potentially within the biostratigraphic or radiometric resolution)

(рис. 4). Они же положены в основу модельно-независимой методологии секвенс-стратиграфии [3, fig. 19]:

1. Наблюдение: фации, контакты, ограничения слоев, типы напластования;
2. Построение секвенс-стратиграфического каркаса — секвенс-стратиграфические поверхности и системные тракты.

При этом к модельно-зависимому выбору отнесены:

1. Выбор поверхностей, которые будут использованы как границы секвенсов.
2. Прослеживание специфических типов секвенсов.

Иными словами, сутью новой методологии стало выявление в осадочном разрезе

всех секвенс-стратиграфических поверхностей и всех системных трактов независимо от предполагаемой исследователем модели секвенса.

### Резюме

В модельный подэтап формирования секвенс-стратиграфии происходило углубленное изучение типов напластования осадочных толщ и их цикличности. Были установлены новый форсированно-регрессивный тип напластования и новый системный тракт, новые типы секвенсов. Системные тракты стали пониматься как геологические тела с различными типами напластования, а секвенс-стратиграфические поверхности — как их границы.

Последнее привело к закономерному выводу о диахронности всех секвенс-стратиграфических поверхностей. В конце модельного подэтапа секвенс-стратиграфия представляла собой множество конкурирующих подходов (или моделей) с запутанной или даже противоречивой терминологией [1].

В модельно-независимый подэтап в результате анализа основ секвенс-стратиграфии были разработаны ее модельно-независимая платформа и модельно-независимая методология, превратившие ее в единую научную систему.

### Современное состояние секвенс-стратиграфии

В настоящее время секвенс-стратиграфия является ведущим направлением исследований в рамках геосистемного подхода к изучению внутреннего строения осадочных бассейнов. Ее геосистемная суть заключается в логической увязке представлений об основных факторах контроля седиментации (эвстаике, тектонике, поступлении осадков) с представлениями о фациально-стратиграфической структуре осадочных толщ. Ядро секвенс-стратиграфической методологии на современном этапе — это понятие о типах напластования (stratal stacking patterns). На его основе определяются основные элементы секвенс-стратиграфической модели: секвенс-стратиграфические поверхности и системные тракты. В рамках секвенс-стратиграфии накоплен огромный опыт прогнозов фациального строения осадочных образований. Таким образом, в настоящее время структурная часть секвенс-стратиграфии (т.е. представление о распространении в геологическом пространстве осадочных тел с различными типами напластования) уже разработана в полной мере.

Вопросы вызывает ее стратиграфическая часть. В синтетический этап методология секвенс-стратиграфии заключалась в изучении фациальной структуры осадочных бассейнов в рамках стратиграфического каркаса, образованного изохронными (т.е., отделяющими более молодые слои от более древних) границами секвенсов (рис. 1) и парасеквенсов (рис. 3). Впоследствии под секвенс-стратиграфическими поверхностями стали пониматься границы смены типов напластования. Это привело к закономерному выводу о диахронности всех секвенс-стратиграфических поверхностей внутри осадочного секвенса (табл. 1). Иными словами, в аналитический этап вновь полученные представления о границах системных трактов (основных объектов фациального моделирования) пришли в противоречие с изначальной синтетической идеей.

### Возможное направление развития

Причина упомянутого противоречия, вероятно, заключена в конфликте между первоначальным пониманием системных трактов как латеральных рядов фаций и способом их выделения в разрезах по типам напластования. Попробуем обосновать данную мысль.

Осадочные бассейны — это результаты развития геосистем прошлого. В соответствии с законами диалектики [35, 36] такое развитие можно представить как последовательность эволюционных этапов, в течение которых плавно меняются параметры геосистем и моментов их скачкообразных перестроек. Согласно С.В. Мейену [18], в течение эволюционных этапов формируются стратиграфические подразделения (стратоны), а в моменты

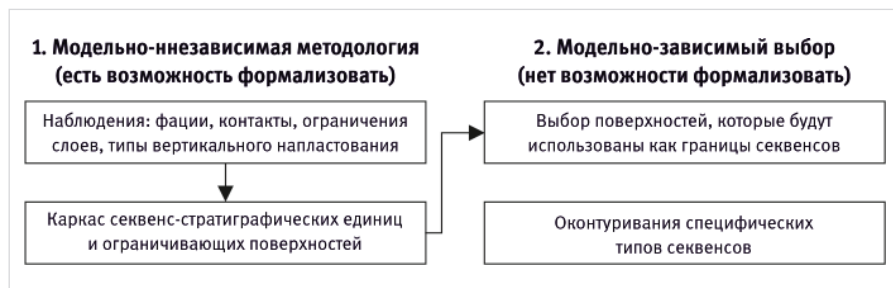


Рис. 4. Алгоритм секвенс-стратиграфической интерпретации как сочетание модельно-независимой методологии и модельно-зависимого выбора (на основе рис. 19 из [3])  
Fig. 4. Algorithm of sequence stratigraphic interpretation as a combination of model-independent methodology and model-dependent choice (based on fig. 19 of [3])

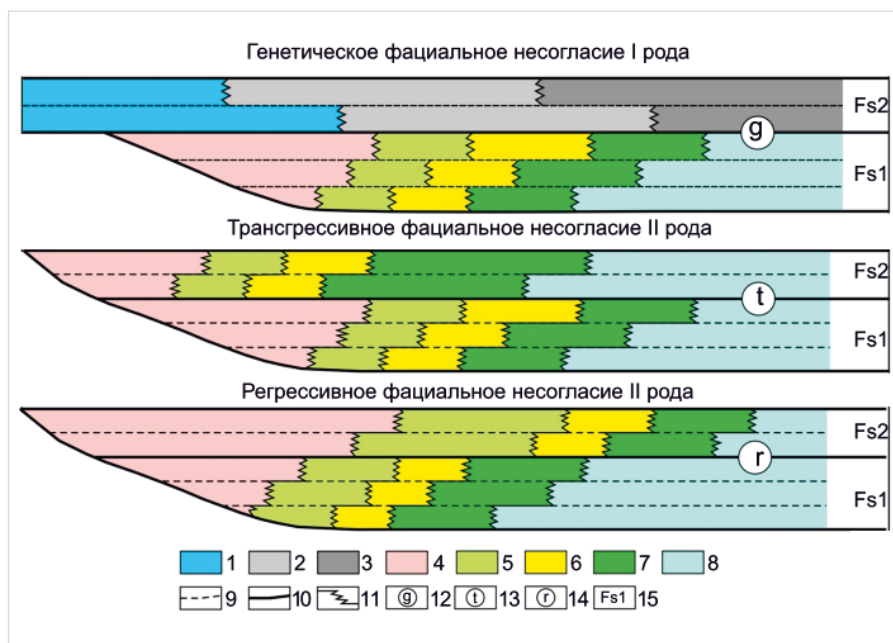


Рис. 5. Фациальные несогласия и фациальные серии в осадочных бассейнах (на основе рис. 2.4, 2.5 из [37]). Фации эвапоритового бассейна: 1 — карбонатная, 2 — сульфатная, 3 — галитовая. Фации эпиконтинентального морского бассейна: 4 — аллювиальных песчаников; 5 — песчано-глинистых отложений лагун — прибрежной равнины; 6 — прибрежно-морских песчаников; 7, 8 — соответственно глинистых и карбонатных отложений морского бассейна. Границы: 9 — фациально-согласные границы слоев; 10 — изохронные (в структурном смысле) границы — фациальные несогласия; 11 — диахронные (в структурном смысле) границы фаций. Фациальные несогласия: 12 — генетическое, 13 — трансгрессивное, 14 — регрессивное; 15 — фациальные серии  
Fig. 5. Facial unconformities and facial series in sedimentary basins (based on fig. 2.4, 2.5 from [37]). The facies of the evaporate basin are: 1 — carbonate, 2 — sulfate, 3 — halite. Facies of the epicontinental marine basin: 4 — alluvial sandstones; 5 — sandy-mud deposits of the lagoon — coastal plain; 6 — coastal-marine sandstones; 7, 8 — mud and carbonate deposits of the marine basin, respectively. Boundaries: 9 — facially conformable boundaries; 10 — isochronous (in a structural sense) boundaries — facial unconformities; 11 — diachronous (in a structural sense) boundaries of facies. Facial unconformities: 12 — genetic, 13 — transgressive, 14 — regressive; 15 — facial series

перестроек геосистем — их изохронные границы. Если в качестве древних геосистем рассматривать системы седиментационных обстановок, то результатами их эволюционного развития будут латеральные ряды фаций. Границы таких рядов, обусловленные скачкообразными перестройками седиментационных систем, были открыты Н.Б. Вассоевичем [26, 27] и названы им мутационными.

Развивая указанные представления, автор предложил новую модель осадочного бассейна, описывающую его как вертикальную последовательность фациальных серий — геологических тел, ограниченных фациальными несогласиями [37]. Фациальные несогласия — это изохронные геологические границы, возникшие в результате скачкообразных перестроек седиментационных систем. Они могут быть I и II рода (рис. 5):

- фациальные несогласия I рода обусловлены качественным изменением седиментационных систем (например, сменой терригенной системы на эвапоритовую);
- фациальные несогласия II рода связаны в основном с событийными (по А.Л. Бейзелю) трансгрессиями и регрессиями;
- основным признаком фациальных несогласий является контакт в разрезе фаций, не соседствующих по латерали.

Фациальные серии как геологические тела, ограниченные соседними фациальными несогласиями, являются латеральными рядами фаций (рис. 5). Иными словами, фациальная серия — это формальным образом определенный аналог понятия «системный тракт» в первоначальном понимании Л.Ф. Брауна мл. и У.Л. Фишера [20]. Следовательно, для того, чтобы разбить секвенс на системные тракты в первоначальном понимании, надо выделить в его разрезе фациальные несогласия — стратиграфические границы, сформированные в моменты скачкообразных перестроек седиментационных систем. Такие границы будут изохронными в структурном смысле (гладкими, без зубцов),

т.е. отделяющими более молодые фации от более древних. Вместо этого секвенсы стали разбивать на геологические тела с определенным типом напластования (stratal stacking patterns), которые имеют диахронные границы. В результате скачкообразная составляющая развития седиментационных систем, в основном определяющая формирование стратиграфического каркаса осадочных толщ, на формальном уровне знания в секвенс-стратиграфии оказалась утерянной.

Итак, О. Satuneanu в [34] отметил, что секвенс-стратиграфия значительно улучшилась с 1970-х годов, пройдя путь от концептуальной (model-driven) методологии, основанной на гипотезе о доминирующей роли эвстатики в формировании секвенсов, к эмпирической (data-driven) методологии, опирающейся на локальные данные без каких-либо предположений относительно факторов, контролирующих секвенс-стратиграфическую структуру осадочных толщ. Там же [34] приведены основные вехи развития секвенс-стратиграфии, использованные как материал для проведенного анализа. Из него следует, что будущее секвенс-стратиграфии как геосистемной дисциплины может быть связано с введением в ее теоретические основания идей С.В. Мейена, Н.Б. Вассоевича и других исследователей о геосистемной природе стратонов и их границ как результатов скачкообразных перестроек седиментационных систем [18, 26, 27]. В рамках этой идеи возможно рассмотрение системного тракта как сложного геологического тела, ограниченного генетическими фациальными несогласиями [37, 38], то есть имеющего свою фациальную структуру (рис. 6). Определенные таким образом системные тракты в общем случае не являются латеральными рядами фаций, поскольку в их составе могут быть трансгрессивные и регрессивные фациальные несогласия II рода (см. TST и FSST на рис. 6). Латеральными рядами фаций являются составляющие их фациальные серии [37, 38].

Следует особо подчеркнуть, что конфликт между представлениями о седиментации как об эволюционно-революционном процессе, порождающем фациальные серии и фациальные несогласия, и практикой секвенс-стратиграфии отсутствует [38]. Фациальные несогласия можно видеть в классических моделях секвенсов (см., например, TST на рис. 3).

## Итоги

Автором в истории секвенс-стратиграфии были выделены три этапа: предмодельный, синтетический и аналитический.

В предмодельный этап происходило накопление данных о строении и процессах формирования осадочных бассейнов.

В синтетический этап путем синтеза всех имеющихся в то время знаний произошло обретение нового целого — секвенс-стратиграфической модели осадочного бассейна, описывающей его как вертикальную последовательность секвенсов, состоящих из системных трактов.

В аналитический этап происходило углубленное изучение всех элементов секвенс-стратиграфической концепции как составных частей нового целого.

В настоящее время секвенс-стратиграфия является ведущим направлением исследований в рамках геосистемного подхода к изучению внутреннего строения осадочных бассейнов. Ее структурное направление уже разработано в полной мере. Вопросы вызывает стратиграфическое направление — вновь полученные представления о диахронности границ системных трактов пришли в противоречие с изначальной синтетической идеей.

## Выводы

- Разрешение выявленного противоречия видится путем введения в теоретические основания секвенс-стратиграфии идей Н.Б. Вассоевича, С.В. Мейена и других исследователей о геосистемной природе стратонов и их границ.

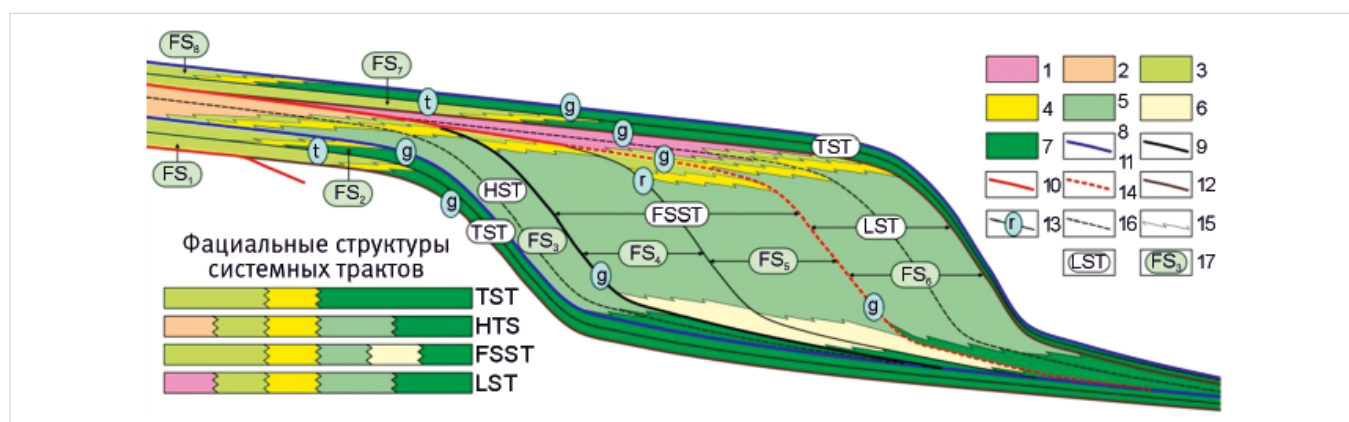


Рис. 6. Возможный вариант секвенс-стратиграфической модели осадочного бассейна.

Фаши: 1 — аллювия ветвящихся русел, 2 — аллювия меандрирующих русел, 3 — углисто-глинистых отложений лагуны, прибрежной равнины, 4 — прибрежноморских песчаников, 5 — глинисто-алевритовых отложений шельфа, склона, 6 — песчаников глубоководных конусов выноса, 7 — трансгрессивных и бассейновых отложений. Границы: 8 — поверхность максимального затопления MFS, 9 — базальная поверхность форсированной регрессии BSFR; 10 — стратиграфическое несогласие SU; 11 — коррелятивное согласие CC; 12 — поверхность максимальной регрессии MRS; 13 — фациальные несогласия: g — генетическое фациальное несогласие I рода; t — трансгрессивное фациальное несогласие II рода; r — регрессивное фациальное несогласие II рода; 14 — фациально-согласные границы; 15 — диахронные границы фаций; 16 — системные тракты; 17 — фациальные серии

Fig. 6. A possible variant of the sequence stratigraphic model of the sedimentary basin.

Facies: 1 — alluvium of braided channels, 2 — alluvium of meandering channels, 3 — coal-mud deposits of lagoons, coastal plain, 4 — coastal sandstones, 5 — mud-siltstone deposits of shelf, slope, 6 — sandstones of deep-sea fans, 7 — transgressive and basin deposits. Boundaries: 8 — maximum flooding surface MFS, 9 — basal surface of forced regression BSFR; 10 — stratigraphic unconformity SU; 11 — correlative conformity CC; 12 — maximum regressive surface MRS; 13 — facies unconformities: g — a genetic facies unconformity of the I kind; t — transgressive facies unconformity of the II kind; r — regressive facies of the II kind; 14 — facies-conformable boundaries; 15 — diachronic facies boundaries; 16 — systems tracts; 17 — facies series

- Конфликт между представлениями о седиментации как об эволюционно-революционном процессе, порождающем фациальные серии и фациальные несогласия, и практикой секвенс-стратиграфии отсутствует — фациальные несогласия можно видеть в классических моделях секвенсов. Поэтому вполне возможно, что в будущем эти представления станут частью рассматриваемой дисциплины.

## Литература

- Catuneanu O., Abreu V., Bhattacharya J.P. et al. Towards the standardization of sequence stratigraphy. *Earth-science reviews*, 2009, Vol. 92, issue 1–2, P. 1–33. (In Eng).
- Catuneanu O., Bhattacharya J.P., Blum M.D. et al. Thematic Set: Sequence stratigraphy: common ground after three decades of development. *First Break*, 2010, Vol. 28, issue 1, P. 21–34. (In Eng).
- Catuneanu O., Galloway W.E., Kendall C.G.St.C. et al. Sequence stratigraphy: methodology and nomenclature. *Newsletters on Stratigraphy*, 2011, Vol. 44, issue 3, P. 173–245. (In Eng).
- Маргулис Л.С. Секвенсная стратиграфия в изучении строения осадочных чехлов // Нефтегазовая теория. Теория и практика. 2008. № 3. 26 с. URL: [http://www.ngtp.ru/rub/2/37\\_2008.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/2/37_2008.pdf) (дата обращения 01.09.2024).
- Балдин В.А., Игошкин В.П., Мунасыпов Н.З. и др. Стратиграфия юрско-меловых отложений на северо-востоке Западной Сибири по результатам секвенс-стратиграфического анализа // Геофизика. 2021. № 3. С. 2–17.
- Балдин В.А., Игошкин В.П., Мунасыпов Н.З. Региональная секвенс-стратиграфическая модель строения верхнеюрско-неокомских отложений всей Западной Сибири как основа для эффективного освоения трудноизвлекаемых запасов ачимовской толщи и баженинов // Геофизика. 2022. № 4. С. 46–57.
- Габдуллин Р.Р., Копаевич Л.Ф., Иванов А.В. Секвенсная стратиграфия. М.: МАКС Пресс, 2008. 113 с.
- Ершов С.В. Секвенс-стратиграфия берриас-нижнеаптских отложений Западной Сибири // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 7. С. 1106–1123.
- Сподобаев А.А., Нежданов А.А., Меркулов А.В. Результаты секвенс-стратиграфического анализа отложений ачимовской толщи на Ямбургском нефтегазоконденсатном месторождении // Экспозиция Нефть Газ. 2018. № 2. С. 22–27.
- Жемчугова В.А., Рыбальченко В.В., Шарданова Т.А. Секвенс-стратиграфическая модель нижнего мела Западной Сибири // Георесурсы. 2021. Т. 23. № 2. С. 179–191.
- Зорина С.О. Секвенс-стратиграфия. (Материалы к лекциям. Практические занятия). Казань, 2016. 65 с.
- Казеннов А.С. Диалектика как высший метод познания. СПб: Политехнический университет, 2011. 94 с.
- Emery D., Myers K.J. (Eds.) *Sequence Stratigraphy*. Oxford: Blackwell Science, 1996, 297 p. (In Eng).
- Posamentier H.W., Allen G.P. *Siliciclastic sequence stratigraphy: concepts and applications*. SEPM society for sedimentary geology, 1999, Vol. 7, 210 p. (In Eng).
- Catuneanu O. *Principles of sequence stratigraphy*. Elsevier, 2006, 375 p. (In Eng).
- Miall A.D. *The geology of stratigraphic sequences*. Springer, 2010, 522 p. (In Eng).
- Митчем мл. Р.М., Вейл П.Р., Томпсон III С. Сейсмостратиграфия и глобальные изменения уровня моря. Часть 2. Осадочный комплекс как основная единица при стратиграфическом анализе // Сейсмическая стратиграфия. Использование при поисках и разведке нефти и газа. М.: Мир, 1982. С. 108–126.
- Мейен С.В. Введение в теорию стратиграфии. М.: Наука, 1989. 216 с.
- Вейл П.Р., Митчем мл. Р.М., Томпсон III С. Сейсмостратиграфия и глобальные изменения уровня моря. Часть 2. Относительные изменения уровня моря по береговому подошвенному налеганию // Сейсмическая стратиграфия. М.: Мир, 1982. С. 127–159.
- Браун Л.Ф., Фишер У.Л. Сейсмостратиграфия и глобальные изменения уровня моря. Часть 2. Сейсмостратиграфическая интерпретация осадочных систем в бассейнах зон раздвижения и рифтов на примере акватории Бразилии // Сейсмическая стратиграфия. М.: Мир, 1982. С. 381–456.
- Posamentier H.W., Jervey M.T., Vail P.R. Eustatic controls on clastic deposition I – conceptual framework. Sea-level changes: an integrated approach. SEPM Special Publication, 1988, Vol. 42, P. 109–124. (In Eng).
- Дополнения к Стратиграфическому кодексу России. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. 112 с.
- Van Wagoner J.C., Posamentier H.W., Mitchum jr. R.M. et al. An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. Sea-level changes: an integrated approach. SEPM Special Publication, 1988, Vol. 42, P. 39–46. (In Eng).
- Posamentier H.W., Vail P.R. Eustatic controls on clastic deposition II. Sequence and systems tract models. Sea-level changes: an integrated approach. SEPM Special Publication, 1988, Vol. 42, P. 125–154. (In Eng).
- Вейл П.Р., Митчем мл. Р.М., Томпсон III С. Сейсмостратиграфия и глобальные изменения уровня моря. 4. Глобальные циклы относительных изменений уровня моря // Сейсмическая стратиграфия. М.: Мир, 1982. С. 160–183.
- Вассоевич Н.Б. К изучению слоистости осадочных горных пород // Литологический сборник. Л.-М.: 1948. С. 24–34.
- Вассоевич Н.Б. Слоистость и фации // Известия АН СССР. Сер. геол. 1949. № 2. С. 129–132.
- Embry A.F. Transgressive-regressive (T-R) sequence stratigraphy. Sequence stratigraphic models for exploration and production. Gulf Coast SEPM Conference Proceedings, Houston. 2002. SEPM Society for Sedimentary Geology, 2002, P. 151–172. (In Eng).
- Ainsworth R.B. Marginal marine sedimentology and high resolution sequence analysis; Bearpaw-Horseshoe Canyon transition, Drumheller, Alberta. *Bulletin of Canadian petroleum geology*, 1994, Vol. 42, issue 1, P. 26–54. (In Eng).
- Christie-Blick N. Onlap, offlap, and the origin of unconformity-bounded depositional sequences. *Marine Geology*, 1991, Vol. 97, issue 1–2, P. 35–56. (In Eng).
- Posamentier H.W., Allen G.P., James D.P. et al. Forced regressions in a sequence stratigraphic framework: concepts, examples, and exploration significance. *American association of petroleum geologists bulletin*, 1992, Vol. 76, issue 11, P. 1687–1709. (In Eng).
- Hunt D., Tucker M.E. Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tract: deposition during base level fall. *Sedimentary Geology*, 1992, Vol. 81, issue 1–2, P. 1–9. (In Eng).
- Plint A.G., Nummedal D. The falling stage systems tract: recognition and importance in sequence stratigraphic analysis. *Geological society London special publications*, 2000, Vol. 172, issue 1, P. 1–17. (In Eng).
- Catuneanu O. Model-independent sequence stratigraphy. *Earth-Science Reviews*, 2019, Vol. 188, P. 312–388. (In Eng).
- Зотов А.Ф., Миронов В.В., Разин А.В. *Философия*. М.: Академический Проект; Трикста, 2004. 688 с.
- Данильян О.Г., Тараненко В.М. *Философия*. М.: Эксмо, 2005. 512 с.
- Лебедев М.В. Основы фациального моделирования осадочных бассейнов. Тюмень: ТИУ, 2021. 164 с.
- Лебедев М.В. Фациальные несогласия и фациальные серии в секвенс-стратиграфии // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2018. № 6. С. 24–32.

## ENGLISH

### Results

The author identified three stages in the history of sequence stratigraphy: pre-model, synthetic and analytical. During the pre-model stage, data on the structure and processes of formation of sedimentary basins were accumulated. In the synthetic stage, by synthesizing all the knowledge available at that time, a new integrity was acquired – the sequence stratigraphic

model of the sedimentary basin, describing it as a vertical succession of sequences consisting of systemic tracts. During the analytical stage, a thorough study of all the elements of the sequence stratigraphic concept as components of a new integrity took place. Currently, sequence stratigraphy is the leading geosystem approach to the study of the internal structure of sedimentary basins. Its structural

component has already been fully developed. The stratigraphic component raises questions - the newly obtained idea about the diachroneity of the systems tracts boundaries have come into conflict with the original synthetic idea.

### Conclusions

- The resolution of the revealed contradiction is seen by introducing the ideas of N.B. Vassoevich, S.V. Meyen and other researchers about

the geosystem nature of stratigraphic units and their boundaries into the theoretical foundations of sequence stratigraphy.

- There is no conflict between the concept of sedimentation as an evolutionary-revolutionary process that generates facial series and facial unconformities, and the practice of sequence stratigraphy – facial unconformities can be seen in classical models of sequences. Therefore, it is quite possible that this concept will become part of the sequence stratigraphy.

### References

1. Catuneanu O., Abreu V., Bhattacharya J.P. et al. Towards the standardization of sequence stratigraphy. *Earth-science reviews*, 2009, Vol. 92, issue 1–2, P. 1–33. (In Eng).
2. Catuneanu O., Bhattacharya J.P., Blum M.D. et al. Thematic Set: Sequence stratigraphy: common ground after three decades of development. *First Break*, 2010, Vol. 28, issue 1, P. 21–34. (In Eng).
3. Catuneanu O., Galloway W.E., Kendall C.G.St.C. et al. Sequence stratigraphy: methodology and nomenclature. *Newsletters on Stratigraphy*, 2011, Vol. 44, issue 3, P. 173–245. (In Eng).
4. Margulis L.S. Sequence stratigraphy in studying the structure of sedimentary covers. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*, 2008, issue 3, 26 p, URL: [http://www.ngtp.ru/rub/2/37\\_2008.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/2/37_2008.pdf) (accessed: 01.09.2024). (In Russ).
5. Baldin V.A., Igoshkin V.P., Munasyrov N.Z. et al. Stratigraphy of the jurassic-cretaceous deposits in northeast of Western Siberia on the results of sequence-stratigraphic analysis. *Geophysics*, 2021, issue 3, P. 2–17. (In Russ).
6. Baldin V.A., Igoshkin V.P., Munasyrov N.Z. Regional sequence stratigraphic model of the upper jurassic-neocomian deposits structure throughout the Western Siberia as a basis for efficient development of hard-to-recover reserves of the Achimov series and bazhenites. *Geophysics*, 2022, issue 4, P. 46–57. (In Russ).
7. Gabdullin R.R., Kopaevich L.F., Ivanov A.V. Sequence stratigraphy: Textbook. Moscow: MAX Press, 2008, 113 p. (In Russ).
8. Ershov S.V. Sequence stratigraphy of the Berriassian–Lower Aptian deposits of West Siberia. *Russian geology and geophysics*, 2018, Vol. 59, issue 7, P. 1106–1123. (In Russ).
9. Spodobayev A.A., Nezhdanov A.A., Merkulov A.V. Results of the sequence-stratigraphic analysis of the Achimovsky deposits of the Yamburg oil and gas condensate field. *Exposition Oil Gas*, 2018, issue 2, P. 22–27. (In Russ).
10. Zhemchugova V.A., Rybalchenko V.V., Shardanova T.A. Sequence-stratigraphic model of the West Siberia Lower Cretaceous. *Georesources*, 2021, Vol. 23, issue 2, P. 179–191. (In Russ).
11. Zorina S.O. Sequence stratigraphy. (Materials for lectures. Practical exercises). Kazan: 2016, 65 p. (In Russ).
12. Kazennov A.S. Dialectics as the highest method of cognition. St. Petersburg: Polytechnic University, 2011, 94 p. (In Russ).
13. Emery D., Myers K.J. (Eds.) Sequence Stratigraphy. Oxford: Blackwell Science, 1996, 297 p. (In Eng).
14. Posamentier H.W., Allen G.P. Siliciclastic sequence stratigraphy: concepts and applications. *SEPM society for sedimentary geology*, 1999, Vol. 7, 210 p. (In Eng).
15. Catuneanu O. Principles of sequence stratigraphy. Elsevier, 2006, 375 p. (In Eng).
16. Miall A.D. The geology of stratigraphic sequences. Springer, 2010, 522 p. (In Eng).
17. Mitchum jr. R.M., Vail P.R., Thompson III S. Seismic stratigraphy and global changes of sea level. Part 2. The depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis. *Seismic stratigraphy – applications to hydrocarbon exploration*. Moscow: Mir, 1982, P. 108–126. (In Russ).
18. Meyen S.V. Introduction to the theory of stratigraphy. Moscow: Nauka, 1989, 216 p. (In Russ).
19. Vail P.R., Mitchum jr. R.M., Thompson III S. Seismic stratigraphy and global changes of sea level. Part 2. Relative changes of sea level from coastal onlap. *Seismic stratigraphy – applications to hydrocarbon exploration*. Moscow: Mir, 1982, P. 127–159. (In Russ).
20. Brown jr. L.F., Fisher W.L. Seismic stratigraphy and global changes of sea level. Part 2. Seismic stratigraphic interpretation of depositional systems: examples from Brazilian rift and pull apart basins. *Seismic stratigraphy – applications to hydrocarbon exploration*. Moscow: Mir, 1982, P. 381–456. (In Russ).
21. Posamentier H.W., Jervey M.T., Vail P.R. Eustatic controls on clastic deposition I – conceptual framework. *Sea-level changes: an integrated approach*. SEPM Special Publication, 1988, Vol. 42, P. 109–124. (In Eng).
22. Supplements to the stratigraphic code of Russia. St. Petersburg: VSEGEI Press, 2000, 112 p. (In Russ).
23. Van Wagoner J.C., Posamentier H.W., Mitchum jr. R.M. et al. An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. *Sea-level changes: an integrated approach*. SEPM Special Publication, 1988, Vol. 42, P. 39–46. (In Eng).
24. Posamentier H.W., Vail P.R. Eustatic controls on clastic deposition II. Sequence and systems tract models. *Sea-level changes: an integrated approach*. SEPM Special Publication, 1988, Vol. 42, P. 125–154. (In Eng).
25. Vail P.R., Mitchum jr. R.M., Thompson III S. Seismic stratigraphy and global changes of sea level. 4. Global cycles of relative changes of sea level. *Seismic stratigraphy – applications to hydrocarbon exploration*. Moscow: Mir, 1982, P. 160–183. (In Russ).
26. Vassoevich N.B. To the study of the stratification of sedimentary rocks. *Lithological digest. Leningrad-Moscow*: 1948, P. 24–34. (In Russ).
27. Vassoevich N.B. Layering and facies. *Izvestia of the USSR Academy of Sciences. ser. geol.*, 1949, issue 2, P. 129–132. (In Russ).
28. Embry A.F. Transgressive-regressive (T–R) sequence stratigraphy. *Sequence stratigraphic models for exploration and production*. Gulf Coast SEPM Conference Proceedings, Houston. 2002. SEPM Society for Sedimentary Geology, 2002, P. 151–172. (In Eng).
29. Ainsworth R.B. Marginal marine sedimentology and high resolution sequence analysis; Bearpaw-Horseshoe Canyon transition, Drumheller, Alberta. *Bulletin of Canadian petroleum geology*, 1994, Vol. 42, issue 1, P. 26–54. (In Eng).
30. Christie-Blick N. Onlap, offlap, and the origin of unconformity-bounded depositional sequences. *Marine Geology*, 1991, Vol. 97, issue 1–2, P. 35–56. (In Eng).
31. Posamentier H.W., Allen G.P., James D.P. et al. Forced regressions in a sequence stratigraphic framework: concepts, examples, and exploration significance. *American association of petroleum geologists bulletin*, 1992, Vol. 76, issue 11, P. 1687–1709. (In Eng).
32. Hunt D., Tucker M.E. Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tract: deposition during base level fall. *Sedimentary Geology*, 1992, Vol. 81, issue 1–2, P. 1–9. (In Eng).
33. Plint A.G., Nummedal D. The falling stage systems tract: recognition and importance in sequence stratigraphic analysis. *Geological society London special publications*, 2000, Vol. 172, issue 1, P. 1–17. (In Eng).
34. Catuneanu O. Model-independent sequence stratigraphy. *Earth-Science Reviews*, 2019, Vol. 188, P. 312–388. (In Eng).
35. Zotov A.F., Mironov V.V., Razin A.B. Philosophy. Moscow: Academic Project; Triksa, 2004, 688 p. (In Russ).
36. Danilyan O.G., Taranenko V.M. Philosophy. Moscow: Eksmo, 2005, 512 p. (In Russ).
37. Lebedev M.V. Fundamentals of facies modeling of sedimentary basins. Tyumen: TIU, 2021, 164 p. (In Russ).
38. Lebedev M.V. Facial unconformities and facial series in the sequence stratigraphy. *Oil and gas studies*, 2018, issue 6, P. 24–32. (In Russ).

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Лебедев Михаил Валентинович**, д.г.-м.н., эксперт, ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень, Россия  
**Для контактов:** [mvllebedev2@tnnc.rosneft.ru](mailto:mvllebedev2@tnnc.rosneft.ru)

**Lebedev Mikhail Valentinovich**, ph.d. of geologo-mineralogical sciences, expert, “Tyumen petroleum research center” LLC, Tyumen, Russia  
**Corresponding author:** [mvllebedev2@tnnc.rosneft.ru](mailto:mvllebedev2@tnnc.rosneft.ru)