

Цилиндровидно-полигональные биокосные тела из верхнего мела и палеоцена в Среднем и Нижнем Поволжье

А.В. Иванов*

В разрезах верхнего мела (сантон, кампан) и палеоцена (сызранская свита) Поволжья встречены макроскопические (длиной до одного метра при диаметре до нескольких дециметров) образования цилиндровидно-полигональной формы, различно ориентированные в слое и залегающие в виде смещённых фрагментов. Вмещающие отложения представляют собой ритмочапки мергельно-силицитового или алевро-глино-силицитового состава. В поперечном сечении тел наблюдается концентрически-зональное строение: наличие кремнизированного цилиндрического ядра, окаймленного поясом кольцевидных участков брекчирования и развития систем зеркал скольжения. Характерны проявления опаловой минерализации и зонального ожелезнения. Объекты рассматриваются в контексте эволюции включающих их геоэкосистем как продукт взаимодействия процессов седиментации, флюидотранспорта (прежде всего дегазации) и деятельности живого вещества в условиях зон с активной геодинамической историей. Результаты изучения тел позволяют детализировать региональную историю геоэкосистем, а также привнести новые данные для развития нелинейно-флюидодинамической концепции геологического слоя (оболочки).

Ключевые слова: цилиндровидно-полигональные тела, биокосные тела, флюидотранспорт, геодинамические трансформации, верхний мел, палеоцен, Среднее и Нижнее Поволжье.

Ссылка для цитирования: Иванов А.В. Цилиндровидно-полигональные биокосные тела из верхнего мела и палеоцена в Среднем и Нижнем Поволжье // Жизнь Земли. 2026. Т. 48, № 3. С. 361–375. DOI: 10.29003/m5449.0514-7468.2026_48_3/361-375. Поступила 09.08.2026 / Принята к публикации 02.09.2026

Cylindrical polygonal bioinert bodies from the Upper Cretaceous and Paleocene in the Middle and Lower Volga region

A.V. Ivanov^{1,2,3}

¹ Lomonosov Moscow State University (Earth Science Museum),

² Institute of Geography RAS, Moscow

³ Tambov State Technical University

Macroscopic formations (up to one meter in length and up to several decimeters in diameter) of cylindrical polygonal shape were found in sections of the Upper Cretaceous (Santonian, Campanian) and Paleocene (Syzran Formation) of the Volga region, they are oriented in various directions within the layer and occurring as displaced fragments. The host sediments consist of rhythmically bedded sequences of marly siliceous or siltstone clay siliceous composition. A concentrically zonal structure is observed in cross section of the bodies – the presence of a silicified cylindrical core bordered by a belt of ring shaped brecciation areas and the development of slip surface systems. Manifestations of opaline

* Иванов Алексей Викторович – к.г.-м.н., в.н.с., Музей земледелия МГУ, с.н.с., Институт географии РАН, доцент, Тамбовский государственный технический университет, ivanovav@igras.ru, ORCID: 0000-0003-2788-0215.

mineralization and zonal iron deposition are characteristic. The objects are considered in the context of the evolution of the geoecosystems that include them, as a product of the interaction of sedimentation processes, fluid transport, and the activity of living matter in zones with an active geodynamic history. The results of studying the bodies make it possible to refine the regional history of geoecosystems and also provide new data for the development of the nonlinear fluidodynamic concept of the geological layer (shell).

Keywords: *cylindrical polygonal bodies, bioinert bodies, fluid transport, geodynamic transformations, Upper Cretaceous, Paleocene, Middle and Lower Volga region.*

For citation: Ivanov, A. V., "Cylindrical polygonal bioinert bodies from the Upper Cretaceous and Paleocene in the Middle and Lower Volga region", *Zhizn Zemli [Life of the Earth]* 48, no 3, 361–375 (2026) (in Russ., abstr. in Engl.). DOI: 10.29003/m5449.0514-7468.2026_48_3/361-375.

Введение. Верхнемеловые и палеоценовые отложения Среднего и Нижнего Поволжья литолого-фациально весьма разнообразны: от песчано-галечных до карбонатно-кремнистых разностей. Их состав, стратиграфия и комплексы ископаемых остатков разносторонне изучаются более двух веков. Результаты отражены в обширном массиве как специальных, так и обобщающих работ [2, 5, 12, 14, 19, 21 и др.].

На протяжении последних более чем 20 лет нами производится фиксация и отбор необычных тел цилиндровидно-полигональной формы в сечении, имеющих длину до 1 м и диаметр до первых дециметров (**рис. 1а, б**). На сегодняшний день имеется около 500 фрагментов тел из более чем 20 верхнемеловых и палеоценовых разрезов. Обнаружить описания и (или) изображения аналогичных образований в литературе по Поволжскому и иным регионам пока не удалось. Некоторые сведения о рассматриваемых объектах приводились нами ранее. Так, в статье в журнале «Отечественная геология» сказано: «На западе Саратова (карьер в районе пос. Поливановка) А.В. Иванов обнаружил систему трубчатых халцедон-опаловых тел диаметром до 0,5 м концентрически-зонального строения, различной (от крутой до субгоризонтальной) ориентировки» [11, с. 59]. Приводится изображение разреза местонахождения Разбойщина с графическим выделением трещиноватости и ряда разноориентированных в нескольких слоях цилиндровидно-полигональных тел (с. 60, рис. 4г), а также фото цилиндровидно-полигонального тела в слое, которое позиционируется авторами как «трубка с брекчией» [11, с. 60, рис. 4д].

Фотографические изображения отдельных образцов публиковались в ряде музейных путеводителей и каталогов. Достаточно обширная (более 30 экз.) коллекция фрагментов тел и сопровождающих ископаемых остатков из местонахождения Разбойщина хранится в НОЦ «Музей естествознания Саратовского ГТУ» (экспозиционный зал «Синергетика геосистем», экспозиция «Сложная жизнь простого пласта – флюидопроводящие системы геологических тел» [7, фото на с. 27]) (**рис. 2**). Изображение фрагмента тела, хранящегося в Музее землеведения МГУ, можно видеть в путеводителе и каталоге совместных экспозиций Музея естествознания Саратовского ГТУ имени Ю.А. Гагарина и Музея землеведения МГУ, в котором образец позиционируется как «неотектонические трубчатые образования с выраженной концентрической зональностью и брекчированным контуром (сантонские отложения Елишано-Сергиевской флексуры, г. Саратов)» [9, с. 89]. Ряд образцов передан для аналитических исследований в лабораторию ВИМС [10] и на геологический факультет МГУ. Основной массив собранных материалов хранится в фондах научно-просветительской экспедиции «Флотилия плавучих университетов» (ФПУ).

Местонахождения и геологическая позиция объектов. Известные местонахождения цилиндровидно-полигональных тел расположены в Ульяновском, Самарском и Саратовском Поволжье (**таблица**). При этом прослеживается определённая текто-



a



б

Рис. 1. Расположение цилиндрично-полигональных тел в слое мергеля: **a** – «пучок» разноориентированных тел; **б** – фрагментированное тело общей длиной около 1 м в разрезе (заметно закономерное смещение фрагментов). Местонахождение: Разбойщина, верхний сanton. Длина геологического молотка около 25 см.

Fig. 1. Location of cylindrical polygonal bodies in a marl layer: **a** – a “cluster” of differently oriented bodies; **б** – a fragmented body with a total length of about 1 m in the section (a regular shift of the fragments is noticeable). Location: Razboyshchina, Upper Santonian. The length of the geological hammer is about 25 cm.



Рис. 2. Фрагменты цилиндровидно-полигональных биокосных тел из местонахождений Разбойщина и Поливановка (Школа) в экспозиции Музея естествознания Саратовского ГТУ (экспозиционный зал «Синергетика геоекосистем»). Фото 2018 г.

Fig. 2. Fragments of cylindrical polygonal bioinert bodies from the Razboyshchina and Polivanovka (School) localities, on display at the Museum of Natural Science of Saratov State Technical University (exhibition hall “Synergetics of Geoecosystems”). Photo of 2018.

ническая приуроченность к геодинамически изменённым зонам: флексурам, крыльям брахиантклиналей и др.

Стратиграфически тела в разрезах местонахождений встречаются в верхнесантонском, кампанском и палеоценовом интервалах. Наблюдается нечёткая фациальная приуроченность. Так, верхнесантонские образования во всех местонахождениях извлечены из мергельно-алевро-силицитовых ритмопачек с подчинёнными прослоями глин и песчаников (мезинолапшиновская свита) (см. рис. 1а), кампанские – из мергельно-глино-силицитовых ритмопачек (ардымская свита), палеоценовые – из алевро-силицитовых ритмопачек (сызранская свита) (рис. 3а, б). В качестве общего признака разрезов можно назвать неравномерное прокремнение пород по напластованию, а также в пределах одного слоя. О некоторой исключительности можно говорить по местонахождению Новодевичье, где тело обнаружено в мел-мергельной толще.

Наиболее продуктивным из известных на сегодняшний день является местонахождение Разбойщина, представляющее собой небольшой каменный карьер и систему прилегающих закопшек и оврагов на северо-западе Саратова. Тектоническая приуроченность к Елшано-Сергиевской флекуре обусловила значительное (около 40 градусов) падение слоёв, благодаря чему возможно наблюдение с послойным изучением обширной части интервала сантон-кампанских отложений. Карьер активно разрабатывался в начале XXI века; периодический отбор пород осуществляется до сих пор, что способствует обнажённости стенки. При этом наблюдается всё более интенсивное несанкционированное заполнение карьера смешанными отходами.

Таблица. Стратиграфическое и географическое распределение собранных материалов

Местонахождение	Стратиграфический уровень	Место хранения отобранных образцов
Мезино-Лапшиновка (Саратовское Поволжье)	сантон	Фонды экспедиции «Флотилия плавучих университетов» (ФПУ) (Саратов)
Песчаный Умет (Саратовское Поволжье)	сантон	Фонды ФПУ
Саратов (Торговый центр)	сантон	Фонды ФПУ
Саратов (Завокзальное ущелье)	сантон	Музей землеведения МГУ, Музей естествознания Саратовского ГТУ, ИТИГ РАН (Хабаровск), ВИМС, Фонды ФПУ
Поливановка (Разъезд)	сантон	Фонды ФПУ
Поливановка (Школа)	сантон	Фонды экспедиции ФПУ
Разбойщина (Саратов)	сантон, кампан	Музей землеведения МГУ, Музей естествознания Саратовского ГТУ, ИТИГ РАН (Хабаровск), ВИМС, геологический факультет МГУ, Фонды ФПУ
Новодевичье (Самарское Поволжье)	сантон (?)	Музей естествознания Саратовского ГТУ
Саратов (Седьмая дачная)	кампан	Музей естествознания Саратовского ГТУ, Фонды ФПУ
Кологривовка (Саратовское Поволжье)	палеоцен	Фонды ФПУ
Юнгеровка (Саратовское Поволжье)	палеоцен	Фонды ФПУ
Бобровка (Саратовское Поволжье)	палеоцен	Музей землеведения МГУ, Фонды ФПУ
Сокол (Саратов, трасса на аэродром)	палеоцен	Фонды ФПУ
Новоульяновск (Ульяновское Поволжье)	палеоцен (?)	Музей естествознания Саратовского ГТУ

В непосредственной близости от данной точки расположен также крупный известный заброшенный карьер по добыче сеноманских песков, ныне практически утративший свою обнажённость [6, 15]. Интервал сеномана и низов сантона изучался здесь в процессе полевых работ в 1990-е гг. и в начале XXI века автором совместно с Е.В. Поповым, Е.М. Первушовым, В.Б. Сельцером (геологический факультет Саратовского ГУ), З.А. Яночкиной, Т.Ф. Букиной, Е.Ф. Ахлестиной (НИИ геологии при Саратовском ГУ), А.Г. Олферьевым (Палеонтологический институт РАН). Коллекционные материалы ископаемых остатков и проб фосфоритов были переданы на кафедру исторической геологии и палеонтологии, а также кафедру геоэкологии СГУ; результаты отражены в фондовых отчётах (Фонды НИИ геологии при СГУ).

С первых лет разработки каменного карьера автором осуществляется мониторинг верхнесантонского интервала разреза с послойными сборами ископаемых остатков и цилиндровидно-полигональных тел. Разрез изучался также с позиций неотектоники специальным отрядом экспедиции «Флотилия плавучих университетов» в 2016 г.



a



б

Рис. 3. Цилиндровидно-полигональные тела из алевро-силицитовой ритмопачки палеоцена (сызранская свита), местонахождение Бобровка, сборы 2026 г.: *a* – фрагмент тела в осыпи (длина геологического молотка 33 см); *б* – поперечный скол тела – видна округленно-полигональная форма и сильная ожелезнённость «стенки» (размер образца около 10 см).

Fig. 3. Cylindrical polygonal bodies from an aleurosilicate rhythmite unit of the Paleocene (Syzran Formation), Bobrovka locality, 2026 sampling: *a* – fragment of a body in a scree (the length of the geological hammer is 33 cm); *б* – a cross section of the body: a rounded polygonal shape and strong iron staining of the “wall” are visible (the sample size is about 10 cm).

при участии А.А. Коковкина (Институт тектоники и геофизики РАН, Хабаровск) и В.А. Елифанова (СНИИГГИМС, Новосибирск) [10, 11]. Цилиндровидно-полигональные тела встречены на разных уровнях верхнесантонских и нижнекампанских отложений. Однако массовая встречаемость тел характерна лишь для самого нижнего уровня (низа верхнего сантона) (см. рис. 1а, б).

Постоянный мониторинг местонахождения Разбойщина по мере перманентной разработки карьера и выветривания его стенок позволил осуществить обширные сборы тел различной степени «зрелости» и фрагментарности, а также сопровождающих

минеральных образований и ископаемых остатков. Уникальность местонахождения определяется: а) возможностью продолжительных масштабных послойных сборов (за счёт падения слоёв обеспечивается значительная доступность разреза по вертикали, а обнажённость составляет десятки метров по латерали); б) возможностью полного раскопа и извлечения фрагментированных конкретных тел и, следовательно, стадийных тафономических полевых наблюдений. Детальные работы именно на этом разрезе в течение более 20 лет дали основную массу наиболее показательного материала и информации по особенностям строения и генезиса изучаемых образований.

Особенности морфологии и состава тел. Наблюдения в слоях разных местонахождений позволяют говорить не просто о единичных телах, а о системах тел: нами встречены «пучки» (см. рис. 1а), двойные формы с «восьмерками» в сечении и т. п. Морфология отдельного тела обладает рядом особенностей, отражающих уникальность рассматриваемых образований. При наиболее распространённой размерности до 1 м длины данные тела ни разу не были встречены в ненарушенном цельном виде. Находки, как правило, представляют собой серию смещённых относительно друг друга в слое фрагментов длиной 0,1–0,5 м, различно ориентированных в слое. Тафономические наблюдения при раскопках тел в местонахождении Разбойщина и попытки последующей реконструкции показали, что изначально данные образования были ориентированы субвертикально и диагонально суженным концом вниз (см. рис. 1б). Наблюдения же положения палеоценовых тел показали их преимущественно субгоризонтальную ориентировку в слое.

Форма поперечного сечения – округлённо-многоугольная, что, собственно, и позволяет представить общую форму образований как цилиндровидно-полигональную. В сечении наиболее сложно построенные «зрелые» образования обнаруживают сложное зональное строение (рис. 4а, б), имеющее индивидуальные черты у каждого экземпляра. Но схематически зональность можно представить следующим образом: от центра последовательно выделяются следующие концентрические слои:

1. Цилиндрическое ядро – центральная объёмная зона тела, сложенная изменённой породой слоя. Здесь часто наблюдается неравномерное усиленное прокремнение, а также нарушение сплошности системой трещин, залеченных опаловидным веществом, иногда с формированием мелких «жеод» (например, ряд палеоценовых образцов из местонахождения Бобровка).

2. Стенка трубы – пространство, обрамляющее цилиндрическое ядро. Детальное строение «стенки трубы» можно наглядно видеть на примере сантонских экземпляров из разреза местонахождения Разбойщина как наиболее сложно построенных и показательных. При значительной развитости «стенки трубы» (у некоторых экземпляров толщина стенки сопоставима с радиусом «цилиндра») она может быть сложена различно: от слоя силицита с трещиноватостью, залеченной опалом, до полноценной брекчии на опаловом цементе вплоть до базальной его стадии и формирования мелких полостей с кристаллами. При этом в разрезе собственно «стенки трубы» может наблюдаться своя внутренняя сложная концентрическая зональность и ритмичность – чередование слоёв (подзон) разной кремнистости, трещиноватости и брекчированности (см. рис. 5а). У экземпляров с неразвитой стенкой цилиндрическое ядро отделено от вмещающей породы концентрическим контактом, часто с повышенной кремнистостью, кольцевой системой трещиноватости и зеркалом скольжения.

3. Вмещающая порода слоя – иногда в непосредственной близости от тела наблюдаются концентрация трещин, локальные зеркала скольжения, неравномерное усиление прокремнения, ожелезненности и обохренности.



a



б

Рис. 4. Морфология поперечного сечения цилиндрично-полигонального тела: *a* – концентрическое зональное строение (длина геологического молотка 33 см); *б* – вариант сильной выраженности брекчированности и развитости опалового цемента в одной из концентрических зон. Местонахождение: Разбойщина, верхний сантон.

Fig. 4. Morphology of a cross section of a cylindrical polygonal body: *a* – concentric zonal structure (the length of the geological hammer is 33 cm); *б* – a variant with pronounced brecciation and well developed opal cement in one of the concentric zones. Location: Razboyshchina, Upper Santonian.

В *продольном разрезе* цилиндричность многих экземпляров нарушена – тела представляют собой систему неправильно-конических элементов, вложенных друг в друга, разграниченных системами зеркал скольжения и зонами брекчирования (см. рис. 1б).

Особым элементом являются *зеркала скольжения*, системы которых часто наблюдаются на контактах концентрических зон (подзон) (**рис. 5б**) посредством чётких борозд по внешнему контуру породы цилиндрического ядра либо по опаловому заполнителю кольцевой системы трещин. Борозды зеркал на контактах разных зон одного экземпляра



a



б

Рис. 5. Особенности строения «стенки» цилиндровидно-полигонального тела: **a** (вверху) – различная брекчированность и опализованность по концентрическим зонам (размер образца около 20 см); **б** (внизу) – вид внутренней поверхности «стенки» с выраженным продольным зеркалом скольжения со следами сильной опализованности и ожелезнённости (размер образца около 10 см). Местонахождение: Разбойщина, верхний сантон.

Fig. 5. Features of the structure of the “wall” of a cylindrical polygonal body: **a** – varying brecciation and obduction along concentric zones (sample size about 20 cm); **b** – appearance of the inner surface of the “wall” with a pronounced longitudinal slip surface showing traces of strong obduction and iron enrichment (sample size about 10 cm). Location: Razboyshchina, Upper Santonian.

могут быть прямолинейными, ориентированными вертикально параллельно, но могут быть смещены относительно друг друга и даже быть изогнутыми, отражая, вероятно, деформации кручения тела.

В массивах цилиндровидно-полигональных тел ископаемые остатки нами не встречены. Возможно, это связано с общей редкостью и неравномерным рассеянием фоссилий по слоям в изученных разрезах. Тем не менее, есть основания полагать наличие *взаимосвязи тел с живым веществом* в процессе формирования и говорить об их в той или иной мере биокосном характере. Особого внимания заслуживают следы жизнедеятельности организмов, сконцентрированные в локальные ихнофациальные проявления (**рис. 6**),



Рис. 6. Поперечный скол цилиндрично-полигонального биокосного тела: видны неравномерно проявленные следы биотурбирования во всех концентрических зонах. Местонахождение: Разбойщина, верхний сanton, сборы 2024 г.

Fig. 6. Transverse chip of a cylindrical polygonal bioinert body: unevenly manifested traces of bioturbation are visible in all concentric zones. Location: Razboyshchina, Upper Santonian, collected in 2024.

наиболее ярко наблюдаемые в сantonских образцах. Они представлены однотипными ходами илоедов, сложенными породой слоя (что выделяет их благодаря светлому облику, особенно на фоне тёмных прокремненных участков), имеющими червеобразную форму и размеры в первые миллиметры в диаметре и первые сантиметры в длину. Такие ходы отмечены во всех концентрических зонах (подзонах) тел и демонстрируют неравномерное рассеяние с возможной некоторой концентрацией к центру.

Ранее нами с коллегами также были получены некоторые данные о деталях минералого-геохимических особенностях изучаемых тел, которые «сложены тонким пелитоморфным материалом силикатно-глинистого состава с небольшим количеством карбоната, включениями зёрен кварца и полевого шпата. Встречаются также довольно многочисленные оолитовые выделения глауконита, тонкопластинчатые слюды и частично окисленный пирит (и/или марказит)». Кроме того, они «неравномерно обогащены чёрной тонкодисперсной органикой и сцементированы кремнистым агрегатом». По данным РФА, основной составляющей тел является «рентгеноаморфная фаза (опал) с тридимитом и кристобалитом. Присутствуют также кварц, гидрослюды, каолинит, цеолиты (клиноптилолит), не исключено развитие гидроалюмосульфатов (типа ростита)» [10, с. 43].

Интересным представляется факт достаточно широкого распространения опализованных брекчий и систем зеркал скольжения вне цилиндрично-полигональных тел в верхнесantonских и палеоценовых (сызранская свита) отложениях региона. Причём такие образования штокверкового типа размером до 2 м встречены в некоторых рассматриваемых разрезах (см. табл. 1), а также в иных (например, в сantonском разрезе севернее с. Ахмат, Саратовское Поволжье). Наиболее выраженные подобные зоны брекчирования,

встреченные в одном интервале (верхний сантон) с цилиндровидно-полигональными телами, изучены нами в разрезе Саратов (Завокзальное ущелье), где отобраны многочисленные образцы «со следами неотектонической активности территории: видно "зеркало скольжения" по напластованию и система субвертикальной трещиноватости, "залеченная" опаловой минерализацией» [9, с. 89]; изображения некоторых из которых опубликованы ранее [7, фото на с. 26; 8, фото на с. 42]. После изучения серии образцов в ИТИГ РАН и ВИМС данная зона интерпретирована как «штокверк халцедон-кварцевых прожилок с кальцитом и гематитом. В центральной части образца локализуется жеода сложного строения, сложенная кристаллами кальцита, в периферической зоне по стенкам полости – корочка мощностью ~ 3–4 мм кремнистых образований (опал, кристобалит, тридимит, кварц), на поверхности которых локализуются микрокристаллы гематита. Более раннее образование – кварц-опаловый агрегат, затем выделяется кристаллический гематит, а самый поздний минерал, отложение которого, вероятно, связано с остаточными растворами, – кальцит. По данным РФА, здесь среди кремнистых образований предполагается присутствие минеральной фазы со структурным типом коэсита. Эта модификация кремнезёма является очень редким минералом и образуется при очень высоких давлениях, а в случае его уменьшения переходит обратно в кварц (поэтому он сохраняется только при быстром подъёме пород к поверхности в мантийных ксенолитах эклогитов, а также известен в местах падения метеоритов)» [10, с. 44].

Некоторые аспекты формирования тел и истории геоэкосистемы. Зональность строения и вложенность элементов в продольном профиле, развитость систем брекчирования и зеркал скольжения позволяют констатировать достаточно сложную стадийность, событийность и динамичность истории формирования изучаемых цилиндровидно-полигональных тел в контексте развития вмещающей их геоэкосистемы. Ключевыми эволюционными механизмами при этом представляются седиментация, деятельность живого вещества и флюидотранспорт (дегазация, движение кремнистых растворов и др.).

На стадии седиментогенеза и раннего диагенеза происходило формирование вертикальных столбовидных зон кремнизации – транспорта кремнезёма, наличие которого в значительных количествах в позднемеловых и палеогеновых эпиконтинентальных морских бассейнах неоднократно оценивалось [1, 2, 3, 17 и др.]. Важнейшая роль при этом принадлежала процессам самоорганизации осадка, в том числе, вероятно, известному механизму «колец Лизеганга», а также фрактально-ячеистой структуризации (что обеспечило полигональные черты поперечных сечений тел).

Особое значение имело функционирование живого вещества, обусловившее биокосную природу формируемых тел. Как известно, само наличие кремнезёма в бассейне во многом связано с деятельностью организмов [1, 3, 13, 17 и др.]. Нельзя исключать, что некоторые тела были первоначально обозначены как крупные ходы донных роющих организмов, полости которых сыграли роль готовых каналов флюидотранспорта. Скопления ядер небольших ходов илоедов, отмеченные выше для экземпляров из местонахождения Разбойщина, говорят о биотурбированности самих тел и вмещающих отложений вокруг них. Также по данным аналитических исследований образцов из этого местонахождения, проведённых Е.А. Бакай на геологическом факультете МГУ, выявлено наличие $C_{орг}$ в «стенках труб». При этом не обнаружено следов углеводородов в телах (несмотря на близость Елшанского газового месторождения – ныне подземного хранилища газа).

Позднее, после консолидации кремнизированного тела, между ним и вмещающей породой сформировалась зона разуплотнения-трещиноватости, ставшая канализи-

рованной системой при последовавшем внедрении растворов, создавших опаловую матрицу.

Рассмотрение истории геоэкосистемы невозможно вне геодинамического регионального и локального контекста [18, 20, 25]. Это чётко видно на примере изучения разреза Разбойщина, приуроченного к Елшано-Сергиевской флекуре [4, 16, 23, 24 и др.] и границам геоморфоблоков [22]. Представляется, что на неотектонической стадии деформация субстрата и сдавливание с боков способствовали смещению тела вверх, выдавливанию центрального кремнизированного более плотного стержня. Причём движения были значительными в масштабах слоя по силе и амплитуде, а также разнообразными по вектору (наблюдаются серии зеркал скольжения, отражающие в т. ч. деформации кручения). В результате развились системы зон брекчирования и зеркал скольжения в кольцевом пространстве вокруг оформившегося цилиндрического ядра. Наверняка имело место также наложение каскада сейсмособытий с эффектом «встряски» и формированием «узловатого мела», которые, вероятно, провоцировали очередные фазы активности вертикального флюидотранспорта, формирование новых систем кольцевых зон брекчий и зеркал скольжения.

Безусловно, ряд вопросов по истории тел побуждает к продолжению исследований. Что именно обусловило стадийную активизацию и канализацию флюидотранспорта, насколько локален или регионален этот эффект? Как и когда именно протекала самоорганизация – на стадии седиментогенеза и (или) раннего диагенеза? Каков реальный вклад и особенности метасоматического механизма [10, 11]? Отдельный вопрос: на каком этапе истории геоэкосистемы произошло фрагментирование тел и смещение их фрагментов? Видимо, в истории пласта имела место фаза (несколько фаз) вторичного обводнения и «размокания» породы, что обеспечило возможность скольжения по крылу структуры. Либо это произошло уже на стадии диагенеза при мягком осадке? Но тогда в какой момент произошла консолидация самих тел и каков механизм смещения фрагментов тел относительно друг друга в слое?

Комплексное изучение цилиндрично-полигональных образований не только в качестве «труб дегазации», но и как продуктов более широкого спектра механизмов позволяет получить дополнительную информацию об эволюции слоя как геологического тела и затронуть более общие вопросы эволюции геоэкосистем. После формирования основной породы слоя геоэкосистема претерпевала постоянные изменения с элементами переструктуризации, причём эти процессы работали не только на уровне конкретной породы, но и всей «системы слоя» на протяжении всей «жизни слоя». Для слоя в целом (также как для конкретной породы) целесообразно рассматривать стадии первичного его формирования и последующих изменений (в т. ч. динамически «революционных», кризисных фаз) помимо классического структурно-геологического сценария дислоцирования. «Катагенез слоя» во времени сопряжён с катагенезом породы, но это не один и тот же процесс. Слой, который мы видим в разрезе сегодня, не соответствует своему облику в прошлом на разных стадиях, и те признаки и особенности слоя, по которым его сегодня выделяют при макроописании разреза, были присущи геологическому телу не всегда, а появились в процессе его эволюции.

Это лишний раз говорит о необходимости междисциплинарного подхода к «геобиосистеме слоя», подчёркивает единство геоса и биоса при эволюции объектов литосферы, которые классически позиционируются как «геологические тела». Эволюция пласта как открытой геоэкосистемы представляется постоянно протекающим нелинейным процессом взаимодействия и коэволюции: 1 – собственно литосубстрата,

2 – живого вещества, 3 – флюидодинамической системы, 4 – геодинамико-тектонического контекста.

Так, на примере упоминавшегося выше местонахождения Разбойщина виден уникальный объект геонаследия, в разрезе которого записана история сложнейшей нелинейной геоэкосистемы, развивавшейся в геодинамически нестандартной для платформы ситуации. Эволюция геоэкосистемы продолжается, что требует учёта при планировании антропогенной нагрузки в зонах развития современной урбосистемы или потенциальной урбанизации.

Благодарности и источники финансирования. Материал частично получен в ходе научно-просветительской экспедиции «Флотилия плавучих университетов» (2015–2026). Исследование выполнено при финансовой поддержке государственных заданий Музея земледования МГУ (AAAA-A16-116042010089-2; AAAA-A16-116042710030-7) и Института географии РАН (FMWS-2026-0005).

Литература

1. Ахлестина Е.Ф., Курлаев В.И. О составе и генезисе палеогеновых отложений Саратовской и Волгоградской областей // Вопросы геологии Южного Урала и Поволжья. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1979. Вып. 18. С. 119–131.
2. Бондаренко Н.А. Минералого-петрографическая характеристика верхнемеловых пород Саратовско-Волгоградского междуречья Волги и Медведицы // Вопросы стратиграфии и палеонтологии. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1980. Вып. 5. С. 89–107.
3. Васильев В.С. О минералогической природе аутигенного кремнезема в осадочных породах мезозоя и палеогена Нижнего Поволжья // Вопросы минералогии осадочных образований. Львов: Изд-во Львовского ун-та, 1956. Кн. 3–4. С. 292–298.
4. Востряков А.В. Неогеновые и четвертичные отложения, рельеф и неотектоника юго-востока Русской платформы. Саратов: СГУ, 1967. 354 с.
5. Глазунова А.Е. Палеонтологическое обоснование стратиграфического расчленения меловых отложений Поволжья. Верхний мел. М.: Недра, 1972. 204 с.
6. Зозырев Н.Ю., Зозырев Ю.Н. Закономерности размещения и перспективы использования минерально-сырьевой базы твёрдых полезных ископаемых Саратовской области. Саратов: Изд-во «Наука», 2008. 124 с.
7. Иванов А.В., Яшков И.А., Романова Е.Г. Музей естествознания Гагаринского университета. Краткий альбом-путеводитель. Саратов: Изд-во СГТУ, 2019. 77 с.
8. Иванов А.В., Яшков И.А., Плеве И.Р., Смуров А.В., Сочивко А.В., Снакин В.В. Эволюция геоэкосистем Поволжья и Прикаспия: исследования региона в рамках проекта «Флотилия плавучих университетов». Путеводитель и каталог совместной экспозиции Музея естествознания Саратовского ГТУ и Музея земледования МГУ. М.: Изд-во Московского ун-та, 2018. 72 с.
9. Иванов А.В., Яшков И.А., Грачев В.А., Плеве И.Р., Смуров А.В., Сочивко А.В., Снакин В.В. Эволюционная урбанистика Поволжья и Прикаспия в музейном пространстве. Исследования сетей поселений в рамках проекта «Флотилия плавучих университетов». Путеводитель и каталог совместных экспозиций Музея естествознания Саратовского ГТУ и Музея земледования МГУ. М.: Изд-во МГУ; МАКС Пресс, 2020. 100 с.
10. Коковкин А.А., Иванов А.В., Тюленева В.М., Якушина О.А., Раков Л.Т., Яшков И.А. Новые данные о гидротермальном метасоматозе в мелкайнзойских отложениях Средневожского правобережья // Региональная геология и металлогения. 2018. № 75. С. 35–48.
11. Коковкин А.А., Иванов А.В., Тюленева В.М., Яшков И.А. Тектоника, сейсмостектоника и гидротермальный метасоматоз в новейшей структуре Волжского (Саратовско-Камышинского) правобережья: новые данные // Отечественная геология. 2018. № 6. С. 51–66.
12. Леонов Г.П. Палеогеновая система // Геология СССР. Т. XI. Поволжье и Прикамье. М.: Недра, 1967. С. 579–603.
13. Максимова С.В. Биогенные силициты – показатель активизации глубинных разломов // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1978. Т. 53, № 6. С. 152–161.
14. Милановский Е.В. Очерк геологии Среднего и Нижнего Поволжья. М.–Л.: Гос. тех. изд-во нефтяной и горно-топливной литературы, 1940. 275 с.

15. Минерально-сырьевая база строительных материалов Саратовской области и перспективы ее расширения / Под ред. Н.В. Мизинова. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1977. 314 с.
16. Можаровский Б.А. Геологическая история Саратовской котловины // Труды Нижне-Волжского Института краеведения. Т. 3. Саратов, 1929. С. 23–40.
17. Муравьев В. И., Цеховский Ю.Г., Каледа К.Г. и др. Процессы окремнения в палеогеновых песчаниках ВЕП // Литология и полезные ископаемые. 1997. №2. С. 150–162.
18. Никишин А.М., Фокин П.А., Тихомиров П.Л. и др. Четыреста миллионов лет геологической истории южной части Восточной Европы // Очерки по региональной геологии России: Серия аналитических обзоров. Вып. 1. М.: Геокарт, 2005. 388 с.
19. Олферьев А.Г., Алексеев А.С. Стратиграфическая схема верхнемеловых отложений Восточно-Европейской платформы. Объяснительная записка. М.: ПИН РАН, 2005. 204 с.
20. Пролёткин И.В. Методика комплексного изучения новейшей тектоники, трещиноватости и мегатрещиноватости Поволжья с целью районирования территории по условиям захоронения промыслов // Экологические проблемы Волги: тез. докл. конф. Саратов: СГУ, 1989. С. 106–107.
21. Флерова О.В., Гурова А.Д. Новые данные по стратиграфии и палеогеографии верхнемеловых отложений Ульяновско-Саратовского Поволжья и среднего течения Дона // Тр. ВНИГНИ. Вып. 7. 1956. С. 145.
22. Худяков Г.И., Никифоров А.Н. К вопросу о геолого-геоморфологическом строении территории города Саратова // Недра Поволжья и Прикаспия. 2001. Вып. 27. С. 20–24.
23. Четвертичные отложения, рельеф и неотектоника Нижнего Поволжья. Саратов: СГУ, 1978. 184 с.
24. Шебалдин В.П. Тектоника Саратовской области. Саратов: Саратовнефтегеофизика, 2008. 44 с.
25. Anissimov L.A., Vanshin J.V., Tokarsky O.G. Neotectonics and Paleozoic karsts aquifers in the lower Volga region // Proc. Eight Intern. Congress Int. Association for Engineering Geology and the Environment. Canada, 1998. P. 2199–2204.

References

1. Akhlestina, E.F., Kurlaev, V.I., “On the composition and genesis of Paleogene deposits in the Saratov and Volgograd regions”, *Is. of Geology of the Southern Urals and the Volga Region* **18**, 119–131 (1979) (in Russian).
2. Bondarenko, N.A., “Mineralogical and petrographic characteristics of the Upper Cretaceous rocks of the Saratov–Volgograd interfluvium of the Volga and Medveditsa rivers”, *Is. of stratigraphy and paleontology* **5**, 89–107 (1980) (in Russian).
3. Vasiliev, V.S., “On the mineralogical nature of authigenic silica in the sedimentary rocks of the Mesozoic and Paleogene of the Lower Volga region”, *Is. of the mineralogy of sedimentary formations* **3–4**, 292–298 (1956) (in Russian).
4. Vostryakov, A.V., *Neogene and Quaternary deposits, relief and neotectonics of the southeast of the Russian Platform* (Saratov: SSU, 1967) (in Russian).
5. Glazunova, A.E., *Paleontological Substantiation of the Stratigraphic Division of the Cretaceous Deposits of the Volga Region. Upper Cretaceous* (Moscow: Nedra, 1972) (in Russian).
6. Zozyrev, N.Yu., Zozyrev, Yu.N., *Patterns of Distribution and Prospects for the Use of the Mineral Resource Base of Solid Minerals in the Saratov Region* (Saratov: Nauka, 2008) (in Russian).
7. Ivanov, A.V., Yashkov, I.A., Romanova, E.G., *Museum of Natural Sciences of Gagarin University. A short album guide* (Saratov: Publishing House of SSTU, 2019) (in Russian).
8. Ivanov, A.V., Yashkov, I.A., Pleve, I.R., Smurov, A.V., Sochivko, A.V., Snakin, V.V., *Evolution of Geoeosystems in the Volga and Caspian Regions: Research in the Region within the Framework of the “Flotilla of Floating Universities” Project. A guide and catalogue of the joint exhibition of the Museum of Natural Sciences of Saratov STU and the Museum of Earth Science of MSU* (Moscow: Moscow University Press, 2018) (in Russian).
9. Ivanov, A.V., Yashkov, I.A., Grachev, V.A., Pleve, I.R., Smurov, A.V., Sochivko, A.V., Snakin, V.V., *Evolutionary urban studies of the Volga and Caspian regions in museum space. “Floating Universities Fleet” project: settlements networks studies. Guide and catalogue for collaborative exhibitions of Natural History Museum of Saratov STU and Earth Science Museum of MSU* (Moscow: Moscow University Press, MAKS Press, 2020) (in Russian).

10. Kokovkin, A.A., Ivanov, A.V., Tyuleneva, V.M., Yakushina, O.A., Rakov, L.T., Yashkov, I.A., "New data on hydrothermal metasomatism in the Cenozoic deposits of the Middle Volga right bank", *Regional Geology and Metallogeny* **75**, 35–48 (2018) (in Russian).
11. Kokovkin, A.A., Ivanov, A.V., Tyuleneva, V.M., Yashkov, I.A., "Tectonics, seismotectonics and hydrothermal metasomatism in the newest structure of the Volga (Saratov-Kamyshin) Right Bank: new data", *Otechestvennaya geologiya* **6**, 51–66 (2018) (in Russian).
12. Leonov, G.P., "Paleogene system", *Geology of the USSR. The Volga Region and the Kama Region* **XI**, 579–603 (1967) (in Russian).
13. Maximova, S.V., "Biogenic silicites – an indicator of the activation of deep faults", *Bull. MOIP. Geol.* **53** (6), 152–161 (1978) (in Russian).
14. Milanovskiy, E.V., *A sketch on geology of Middle and Lower Povolzh'e* (Moscow; Leningrad, 1940) (in Russian).
15. *The mineral resource base of construction materials in the Saratov Region and the prospects for its expansion* (Saratov: Saratov University Press, 1977) (in Russian).
16. Mozharovsky, B.A., "Geological History of the Saratov Basin", *Proc. of the Lower Volga Institute of Local History* **3**, 23–40 (1929) (in Russian).
17. Muravyov, V.I., Tsekhovskiy, Yu.G., Kaleda, K.G. et al., "Processes of silica replacement in Paleogene sandstones of the East European Platform", *Lithology and Mineral Resources* **2**, 150–162 (1997) (in Russian).
18. Nikishin, A.M., Fokin, P.A., Tihomirov, P.L. et al., "400 million years of geological history of the southern part of Eastern Europe", *Essays on regional geology of Russia. A series of analytical reviews* **1**, 388 (2005) (in Russian).
19. Olferyev, A.G., Alekseev, A.S., *Stratigraphic scheme of the Upper Cretaceous deposits of the East European Platform. Explanatory note* (Moscow: PIN RAS, 2005) (in Russian).
20. Proletkin, I.V., "Methodology for the Comprehensive Study of the Latest Tectonics, Fracturing, and Mega Fracturing of the Volga Region for the Purpose of Zoning the Territory Based on the Conditions for the Disposal of Industrial Wastewater", *Environmental Problems of the Volga: Abstracts of Conference Papers* (Saratov: Saratov State University, 1989) (in Russian).
21. Flerova, O.V., Gurova, A.D., "New data on the stratigraphy and paleogeography of the Upper Cretaceous deposits of the Ulyanovsk–Saratov Volga region and the middle reaches of the Don River", *The works of VNIGNI* **7**, 145 (1956) (in Russian).
22. Khudyakov, G.I., Nikiforov, A.N., "On the issue of the geological and geomorphological structure of the territory of the city of Saratov", *Nedra Povolzhya and Prikaspiya* **27**, 20–24 (2001) (in Russian).
23. *Quaternary deposits, relief and neotectonics of the Lower Volga region* (Saratov: SSU, 1978) (in Russian).
24. Shebaldin, V.P., *Tectonics of the Saratov region* (Saratov: Saratovneftegeofizika, 2008) (in Russian).
25. Anissimov, L.A., Vanshin, J.V., Tokarsky, O.G. "Neotectonics and Paleozoic karsts aquifers in the lower Volga region", *Proc. Eight International Congress International Association for Engineering Geology and the Environment*. Canada, 2199–2204 (1998).