

Министерство образования и науки Российской Федерации, Российская
Академия наук, Воронежский университет

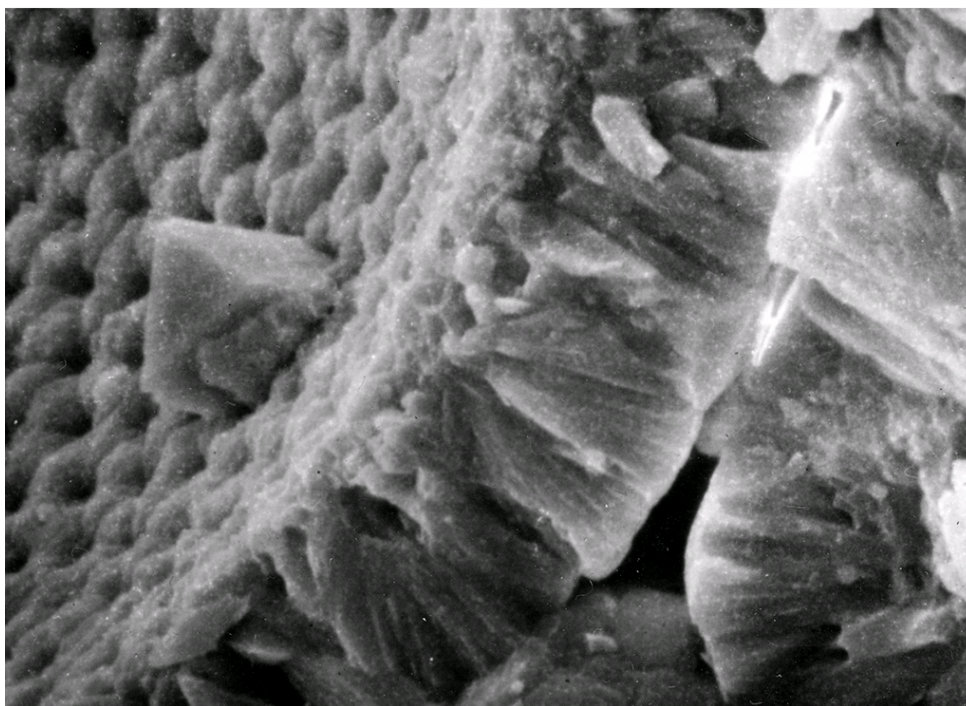
Научно-исследовательский институт геологии

Труды

Выпуск 27

Э.Л. Школьник, Е.А. Жегалло, С.Ю. Маленкина, А.Д. Савко, Г.Н. Батулин, Н.В.
Гореликова, Ю.В. Шувалова, А.А. Краснов

Типизация фосфатных желваков и ассоциированных фосфатных фрагментов мезозоя Восточно-Европейской платформы, их сравнение с современными и некоторыми одновозрастными аналогами (по результатам электронно-микроскопического изучения).



Воронеж, 2004

УДК 553.64

Э.Л. Школьник (ДВГИ ДВО РАН), Е.А. Жегалло (ПИН РАН), С.Ю. Маленкина (ИЛ РАН), А.Д. Савко (ВГУ), Г.Н. Батулин (ИО РАН), Н.В. Гореликова (ИГЕМ РАН), Ю.В. Шувалова (ПИН РАН), А.А. Краснов (“Агроэко”). Типизация фосфатных желваков и ассоциированных фосфатных фрагментов мезозоя Восточно-Европейской платформы, их сравнение с современными и некоторыми одновозрастными аналогами (по результатам электронно-микроскопического изучения). Учебное пособие. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2004. – 79 с.

Изучена в сканирующем электронном микроскопе по оригинальной методике значительная коллекция широко известных фосфатных желваков и часто сопровождающих их фосфатных фрагментов из мезозойских отложений разных районов Восточно-Европейской платформы с целью выделения различающихся типов и их классификации. Как объекты сравнения исследованы фосфатные желваки с современных шельфов Намибии и Перу-Чили, мела Актюбинского бассейна (Казахстан) и палеогена Воронежской антеклизы. Комплекс установленной биоты в мезозойских желваках платформы оказался вполне аналогичным известному набору фоссилий из микрозернистых и зернистых фосфоритов Мира близкого возрастного диапазона, что указывает на высокую степень идентичности органического мира в эпохи фосфатогенеза. Реально различия свелись к существенному признаку - желваки отличаются лишь варьирующей насыщенностью терригенным материалом, которого практически мало или нет в пластовых фосфоритах. Таким образом, фосфатные желваки определяются как фосфатные накопления в условиях значительного поступления терригенного материала, разубоживающего биогенную седиментацию, почти абсолютно доминирующую при формировании пластовых фосфоритов. Книга представляет собой учебное пособие, предназначенное для студентов, аспирантов и магистров по специализации «Литология».

Ил. 121. Библиогр. назв. 41.

Научный редактор – д. г.-м. н. Э.А. Еганов. (ОИГГиМ СО РАН)

Рецензенты: д. г.-м. н., профессор Ю.А. Киперман
д. г.-м.н., профессор В.Т. Фролов

ISSN 1605-5833

Воронежский государственный университет, 2004

UDK 553/64

E.L.Shkol'nik (DVGI DVO RAN), G.N/Baturin (IO RAN), N.V.Gorelikova (IGEM RAN), E.A.Zhegallo (PIN RAN), A.A.Krasnov ("Agroeco"), S.Yu.Malenkina (IL RAN), A.D.Savko (VGU), Yu.V.Shuvalova (PIN RAN). ypization of the phosphate subconcretional forms and associated phosphate fragments of the Mesozoic of the Eastern European platform, their comparison with the present and some synchronous analogues (after the results of the electronic-microscopic study). Training appliance. Voronezh: VSU Publishing House, 2004. - 79 p.

The considerable collection of the wide-known phosphate subconcretional forms and associated phosphate fragments of the Mesozoic of the Eastern European platform different regions is studied for differing of different types and their classification on a base of an original method of the electronic microscopy. The phosphate subconcretional forms of the Namibia and Peru-Chile recent shelves, Cretaceous of the Aktyubinsk basin (Kazakhstan) and Paleogene of the Voronezh anteclise are investigated as the objects of comparison. Complex of the identified biota of the Mesozoic subconcretional forms of the Platform is found utterly analogous to known community of fossils from the micro-grained and grained world-wide phosphorites of almost the same time interval; it indicates the high degree identity in the organic environment in the phosphatogenesis epochs. Real differences belong to only essential attribute - the phosphate subconcretional forms differ from the beds of phosphorites after the terrigenous matter saturation (beds of phosphates are free from it). Thus the phosphate subconcretional forms are determined as the phosphate accumulations under conditions of the considerable terrigenous matter supply, that diminish the role of the biogenous sedimentation – it is almost utterly dominant in the bed of phosphorites forming. Book is the training appliance targeted to the students, post-graduates and master in the speciality "Lithology".

121 figures, 41 references.

Science editor – Dr. geol.-mineral. sci. E.A.Eganov (OIGG i M SO RAN)

Reviewers: Dr. geol.-mineral. sci., professor Yu.A.Kiperman

Dr. geol.-mineral. sci. , professor V.T.Frolov

ISSN 1605-5833

Voronezh state university, 2004

ОГЛАВЛЕНИЕ

От редактора.....	4
Введение.....	6
Глава 1. Фосфатные желваки мезозоя Восточно-Европейской платформы: пространственное распределение, тектоническая приуроченность, стратиграфия, литология, фации вмещающих отложений (краткий очерк).....	13
1.1. Волго-Уральский фосфоритоносный бассейн.....	14
1.2. Восточно-Европейский фосфоритоносный бассейн.....	16
1.3. Генезис мезозойских фосфоритов Восточно-Европейской платформы.....	19
Глава 2. Типизация фосфатных желваков и ассоциированных образований мезозоя Восточно-Европейской платформы по характеру слагающих их основную массу фосфатизированных органических остатков.....	23
2.1. Обоснование схемы типизации желваков и ассоциированных с ними образований.....	23
2.2. Характеристика типов желваков и ассоциированных с ними образований.....	25
2.2.1. Карбонатно-кремневая группа.....	25
2.2.2. Кремневая группа.....	27
2.2.3. Известковая группа.....	30
2.2.4. Смешанная группа.....	31
2.2.5. Группа фосфатных песчаников.....	33
Глава 3. Фосфатные желваки некоторых других регионов и их сравнение с желваками Восточно-Европейской платформы.....	36
3.1. Краткая характеристика фосфатных желваков Актюбинского бассейна.....	36
3.2. Фосфатные желваки палеогена Воронежской антеклизы.....	37
3.3. Фосфатные желваки современных океанских шельфов Юго-западной Африки и Перу-Чили.....	39
3.4. Фосфатные конкреции венда Подолии, не аналогичные фосфатным желвакам мезозоя Восточно-Европейской платформы.....	41
Глава 4. Анализ полученных данных. К модели формирования фосфатных желваков.....	44
Заключение.....	49
Литература.....	51
Подписи к электронномикроскопическим снимкам.....	54
Электронномикроскопические снимки.....	60

Введение

Изучение осадочных пород, экзогенных руд на современном уровне невозможно себе представить без применения электронной микроскопии, благодаря использованию которой значительно расширились и углубились наши знания не только о составе, строении пород и руд. Кроме того, существенно изменились и представления об условиях их формирования. Тенденция к расширению использования методов электронной микроскопии отчетливо прослеживается в самое последнее время в связи с вовлечением в сферу интересов литологии и палеонтологии микробиальных фоссилий, играющих значительную роль в седиментации. Световая микроскопия все чаще становится, хотя и необходимой, но промежуточной стадией исследований. За рубежом начинают использоваться все новые типы электронных микроскопов, часто с высокоточными микрозондовыми, рентгеноструктурными и другими приставками. Все это означает, что будущие исследователи, выпускники высшей школы, должны быть готовыми к тому, что в своей последующей деятельности они наверняка столкнутся с необходимостью оценки результатов электронно-микроскопических исследований или непосредственного проведения таких исследований. Предлагаемая вниманию читателя книга должна на конкретных примерах показать, как проводятся специализированные исследования с использованием электронной микроскопии и интерпретируются их результаты.

Характеристики общих принципов устройства и технических возможностей электронных микроскопов имеются во всех современных учебниках по литологии и методикам изучения осадочных пород и руд, что позволяет нам здесь на них не останавливаться. Конкретные же принципы и методы изучения различных типов пород почти не сообщаются. Эти сведения обычно разбросаны по отдельным публикациям отечественных и зарубежных исследователей, сравнительно мало доступны для широких кругов специалистов и студентов. Учитывая эти обстоятельства, группа сотрудников РАН и Воронежского университета, имеющая многолетний опыт изучения фосфатных пород, в том числе и уникальный в электронном микроскопе, решила на примере фосфатных желваков мезозоя Европейской части России показать как технические приемы, так и реальные результаты масштабного исследования этих специфических геологических образований. Эта специальная работа и предлагается вниманию заинтересованных читателей, прежде всего, готовящихся по программе магистров студентам.

Весьма любопытным представлялось провести сравнение на основе единой методики фосфатных желваков Восточно-Европейской платформы с фосфатными желваками из других регионов, а также с современными, образующимися по сути на наших глазах. В результате удалось создать картину, характеризующую строение желваков на громадной территории, аналогов которой нет в мире. Возможности издания ограничили представление полученной информации, поэтому публикуется всего 120 оригинальных микрофотографий из многих сотен выполненных. Заинтересованные коллеги, при обращении к авторам, смогут с ними ознакомиться.

Теперь мы можем непосредственно обратиться к теме исследований, начиная с рассмотрения общей картины изучения фосфатных желваков из мезозойских отложений Восточно-Европейской платформы, месторождения которых были и остаются объектами промышленного интереса. Фосфатные желваки или, как их часто называют, конкреции из мезозойских отложений, с разной степенью детальности изучаются с середины XIX века на Восточно-Европейской платформе и выделяются во всех существующих отечественных классификациях фосфатных руд [10, 29]. Многочисленные их исследователи едины в том, что это типичные образования сравнительно мелководных, обширных эпиконтинентальных морей, имевших ограниченные связи с океанами. Предполагается, что желваковые фосфориты должны существенно отличаться от наиболее богатых микрозернистых, зернистых фосфоритов Мира, обычно формирующихся все же на океанических шельфах.

Классической областью распространения таких фосфатных желваков является мезозойские отложения платформы, однако, и в западных регионах Европы в разновозрастных отложениях распространены фосфатные желваки, что указывает на исключительно широкое региональное развитие такого типа фосфатогенеза. В центральной части России цементированные разности фосфатных желваков (“курский самород”) использовались для мощения дорог, и лишь в 50-х годах 19-ого столетия была установлена их важная практическая сущность (удобрение), и началось полуторовековое изучение.

Первая классификация желваков была разработана А.Н. Энгельгардтом еще в 1888 г. Он предложил выделять: 1-кварцево-песчаные (до 50% кварцевого песка и до 15% P_2O_5); 2-глауконит-песчаные, где частично место кварца занимают глауконитовые зерна, до 20-25 % P_2O_5 ; 3-без песка, плотные, с содержанием P_2O_5 до 30%. Значительный вклад в изучение фосфатных желваков платформы внесли геологи Комиссии по изучению фосфоритов (1908-1919 г.г.), в которой, в частности сотрудничали Я.В. Самойлов, А.Д. Архангельский, П.Н. Чирвинский и другие известные специалисты. Именно в эти годы были отмечены признаки замещения фосфатом, по крайней мере, некоторых фрагментов желваков.

Я.В.Самойлов [25] развивал идеи о важной роли биоса в фосфатогенезе и применительно к желвакам. Он связывал обогащение илов фосфором с массовой гибелью, прежде всего, планктонных организмов при встрече холодных и теплых течений. Обычное присутствие остатков фосфатизированной макро- и микрофауны, флоры в желваках считалось важным доказательством, но отложение фосфора представлялось все же химическим. С начала господства представлений А.В.Казакова [13] о чисто химическом осаждении фосфата фосфоритов из наддонной воды, применительно к желвакам предполагалось высаживание фосфата в узко локальных участках, где достигались его значительные концентрации. Параллельно развивавшаяся Г.И. Бушинским [6, 7] биохимическая гипотеза, в основных чертах повторяла идеи Я.В.Самойлова, но не оперировала такой позицией, как массовая гибель организмов.

В понимании общих условий формирования желваков заметную роль сыграли представления Н.М.Страхова [32], в частности, разделение гумидного и

аридного типов литогенеза по характеру присущих им различных фосфоритов. При этом отмечается приуроченность фосфатных желваков к гумидным областям, существенно платформенным или близким структурам, важная роль привноса фосфора речным стоком с континентов. Собственно поступление фосфора в осадок, его концентрация и осаждение практически постулировались аналогично картине, предложенной Г.И. Бушинским. Может быть, более четкие высказывания касались только возможности медленного роста желваков с постепенным “захватом” окружающего песка новыми порциями осаждающегося фосфата.

Взгляды А.В.Казакова и Н.М.Страхова до недавнего времени в значительной степени принимались почти всеми исследователями фосфатных желваков платформы. И это кажется достаточно удивительным, поскольку реально в руках, по крайней мере, некоторых исследователей были исключительно важные факты, указывающие на исключительную роль не фосфатного осаждения, а замещения. Так, еще в начале 70-х годов прошлого века В.И. Фоминский (неопубликованные, фондовые материалы) предлагал такую классификацию петрографических типов желваков для мезозойских отложений северо-восточной части Днепровско-Донецкой впадины: 1) глинистые (10-30% нерастворимого остатка), подразделяющиеся по наличию большей частью фосфатизированных остатков на радиоляриевые и диатомовые; 2) песчанистые, с двумя подтипами - сильно песчанистые (до 75% терригенных зерен) и слабо песчанистые (до 20-25% терригенных зерен).

В свою очередь, сильно песчанистые желваки подразделяются на радиоляриевые, диатомовые, фораминиферовые, кокколитовые, водорослевые и промежуточные разновидности, а слабо песчанистые - на кокколитовые и кокколитофораминиферовые. И хотя обычно заметную часть желваков составлял не структурированный, однородный фосфат (естественно, обычно по наблюдениям в оптическом микроскопе), тем не менее столь массовое распространение замещенных в разной степени фосфатом разнообразных биологических структур должно было бы обратить на себя внимание, чего, однако, не произошло.

Выделение глинистых типов фосфатных желваков характерно почти для всех предложенных их классификаций, по-видимому, основано на недоразумении. Как уже давно показали А.И.Смирнов с коллегами [28], основной, скольконибудь заметной примесью, определяющей присутствие в фосфоритах Al_2O_3 , являются не обычные глинистые частицы, а глауконит. Это хорошо коррелируется с обычными средними содержаниями глинозема, не превышающими 1-2%, лишь изредка достигающими 7%.

В первой половине 80-х годов прошлого века началось последовательное изучение фосфатных желваков региона с применением как растрового [14], так затем и сканирующего электронных микроскопов [12, 23]. Эти пионерные работы показали еще более массовое присутствие в фосфатной части, в том числе и в неструктурированной по наблюдениям в оптический микроскоп, различных фосфатизированных органических остатков, в том числе, и микробных форм. В генетическом отношении последнему факту иногда придавалось исключительное значение [12] как указателю образования фосфата желваков при уча-

стии микроорганизмов. Вместе с тем, фосфатному замещению аналогично подвергались как и рядом находящиеся, так и самостоятельно развитые скопления диатомей, радиолярий, фораминифер и других форм.

М. И. Карпова [14] подробно рассмотрела фосфатные желваки северо-восточных районов платформы и выделила три их группы: высокофосфатные, среднефосфатные и низкофосфатные конкреции. Во всех них были описаны остатки как микрофауны, так и фрагменты раковин аммонитов, моллюсков, костей, растений, фосфатизированных в разной степени. Она полагала, что фосфатизация проходила в илах, обогащенных изначально коллоидальными формами фосфора. Поэтому, конкреции возникали как сильно обводненные гелевые стяжения.

Фосфатных желваки Центрального Черноземного района в первой половине 90-х годов были детально изучены А.Д.Савко, В.И. Беляевым и С.В. Мануковским [24], которые также представили и результаты своих исследований желваков в растровом электронном микроскопе. Ими же было отмечено присутствие в различной степени фосфатизированных диатомовых водорослей, фораминифер, кремнистых губок, кокколитофорид, фрагментов мшанок, костных остатков, древесины, а также бактериоподобных форм. Вместе с тем, этими авторами выделены различные глобулярные, колломорфные, кристалломорфные и другие структуры, предполагавшие химическое осаждение или перекристаллизацию фосфатов. В соответствии с классификацией В. Полянина предложены такие типы фосфатных желваков: органогенно-литогенные, литогенные и зоофитогенные. Образование первых предполагалось в раннем диагенезе при массовом захоронении в илах микроостатков и частичном замещении их фосфатом. Зоофитогенный тип образован остатками губок, раковин моллюсков и копролитами. Собственно же литогенный тип формируется из существенно кластических илов, с цементирующим фосфатом, обычно скрытокристаллического, микрозернистого или крустификационного строения.

В последние годы были высказаны новые предположения об исключительной роли бактерий в образовании фосфоритов вообще, и фосфатных желваков Егорьевского месторождения в частности, на основе внешней, визуальной аналогии микросгустков фосфата в желваках с бактериальными сгустками-конкрементами в полостных и выводных протоках организмов [26].

В последнее время так же интенсивно изучала желваки Центральных районов платформы, в том числе с использованием СЭМ, С.Ю. Маленкина [16-18], которой получены многочисленные доказательства исключительно широкого присутствия в желваках фосфатизированных органических остатков, часть из которых приведена в настоящей работе. Аналогичные данные в последние годы стали сообщаться постоянно [21, 37], и собственно вылились в начало настоящего исследования.

Заканчивая краткий обзор изучения мезозойских фосфатных желваков платформы, хотелось бы напомнить, что в англоязычной геологической литературе желваки (nodules), в том числе и фосфатные, считаются большей частью вторичными образованиями, возникающими в результате постседиментационно-

го замещения первичной породы. Для полноты картины различий в представлениях о причинах формирования фосфатных желваков отметим, что исключительно многочисленные и большей своей частью находящиеся в положении *in situ* фосфатные желваки триасовых отложений Верхояно-Колымской складчатой области, Омолонского и Охотского массивов представляют ни что иное, как локальные скопления органических остатков, отчетливо замещенные фосфатом [35]. Варьирующая примесь терригенного материала совершенно аналогична вмещающей желваки породе. Здесь уместно заметить, что в литературе по рассматриваемому региону примеры, конкретных описаний фосфатных желваков, находящихся *in situ*, немногочисленны. Они имеются в публикациях С.Ю. Маленкиной [17], Т.И. Степановой [30], работе А.Д. Савко с соавторами [24] при характеристике второго фосфатного слоя Полпинского месторождения.

Наличие резко противоположных взглядов на природу фосфатных желваков, в том числе и таких представлений, которые существенно отличаются от развиваемых некоторыми из авторов настоящей работы идей о формировании зернистых и микрозернистых фосфоритов [36], стимулировало начало предлагаемого исследования. Одной из его главных целей и являлось выяснение действительной природы того преобладающего фосфата, который слагает основную часть фосфатных желваков и, в отличие от фосфатизированных макроостатков, может быть изучен только с применением СЭМ.

Поскольку уже на первой стадии исследования стали вырисовываться резкие различия в комплексах фосфатизированных органических остатков, слагающих разные желваки, стало возможным, используя эти отличия, типизировать или классифицировать изученные желваки, подобно тому, как это было сделано В.И. Фоминским (см. выше) еще в начале 70-х годов, но без применения СЭМ. В результате стало возможным предложить новый, более полный вариант такой классификации, в котором учтены практически все присутствующие в желваках комплексы фосфатизированных органических остатков.

Анализ материалов предшествующих работ позволил обратить внимание на некоторую неопределенность выделения в рассматриваемом регионе желваков как специфической формы обособления в той или иной степени фосфатизированного, сравнительно небольшого фрагмента осадочной породы. Прежде всего, это связано с тем, что, как отмечалось, практически не было описаний желваков, находящихся *in situ*, в непосредственно подстилающих отложениях, откуда они, по идее должны были быть вымыты для сгущения и концентрации, хотя ссылки на такие слои, например, верхнекембрийские или альбские имеются (см. ниже). Когда желваки сложены скоплениями остатков бентоса, например, губками или аммонитами, пелециподами и т.п., то еще можно допускать, с определенной долей сомнения, что мы имеем дело с первично ограниченными по размерам эллиптическими желваками, каких исключительно много, например, на Северо-Востоке России в триасовых и юрских отложениях [35].

Другая ситуация, когда выделяемые желваки сложены исключительно планктонными организмами - нано-фораминиферовыми, диатомово-радиоляриевыми комплексами или состоят из угловатых, окатанных фрагментов

фосфатных пород без бентосных организмов и макроостатков. Скорее, они должны изначально отвечать слоевым, линзовидным, достаточно крупным обособлениям в соответствующих осадках. Таким образом, исходные образования, которые послужили материалом для формирования рассматриваемых желваков, вероятнее всего были различными по размерам и морфологии сформированных накоплений, что нужно учитывать при генетических построениях.

Материал. Исследования в рамках настоящей работы было начато с небольшой, но интересной коллекции ГИГХС, представленной В.П. Перовой. В дальнейшем использовались личные коллекции, собранные частью авторов настоящей монографии. Несколько образцов желваков Уколовского месторождения представил В.М. Турлычкин. Авторы допускают, что изучением, видимо, охвачены не все существующие в природе разновидности желваков мезозоя платформы, но, надеемся, что значительная часть из имеющихся. Они были бы благодарны коллегам, которые смогли бы представить для изучения и публикации иной дополняющий материал.

Методика. Изучение фосфатных желваков выполнено на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) Cam-Scan-4 в ПИН РАН в 2000-2003 гг. Е.А.Жегалло, Э.Л.Школьником, С.Ю.Маленкиной, Г.Н.Батуриным, Ю.А.Шуваловой. По разработанной за многие годы методике изучения фосфатных пород в СЭМ из образцов вырезались тонкие (толщиной около 5 мм) пластинки, использовались и прозрачные шлифы, не покрытые покровными стеклами, либо изучались свежие сколы породы. Для отчетливо неоднородных желваков лучше использовать прозрачные, непокрытые шлифы, которые можно делать с использованием канадского бальзама, но лучше на эпоксидной смоле.

Изучаемые поверхности слегка протравливались слабыми растворами соляной или уксусной кислот (концентрация 2-10%). Для каждого типа фосфорита необходимо опытно подбирать время травления, обычный минимум до 2 мин., максимум обычно 10 мин., в редких случаях - до 15-20 мин. Для карбонатных разновидностей выбирался более щадящий режим. После протравливания препараты промывались проточной водой не менее 15 мин. для шлифов, но надо было следить, чтобы шлиф не отклеился от предметного стекла, для пластинок – 30 мин.

При работе с микроанализатором лучше пользоваться пластинками, а напыление производить углеродом. Для серийных известных образцов возможно напыление золотом, что дает значительно более высокое качество микрофотографий. Разумнее начинать изучение в СЭМ с небольших увеличений, с общего вида породы, а затем последовательно и постепенно переходить к большим увеличениям, выбирая характерные фрагменты породы, фотографируя и записывая комментарии к ним.

Методику, разработанную при изучении фосфатных пород в СЭМ, с определенными изменениями можно адаптировать к изучению других пород, но, например, реактивы для травления могут быть совершенно другим. Для бокситов, в частности, применять лучше всего щелочи.

Благодарности. Авторы считают своим приятным долгом выразить свою благодарность всем лицам, предоставившим материал для изучения, а также Л.Т.

Протасевичу, благодаря превосходной работе которого удалось эффективно и качественно обеспечить работу СЭМ, и А.В. Мазину, сделавшему микрофотографии. Следует отметить поддержку настоящим исследованиям со стороны директора ПИН РАН, член-корресподента РАН А.Ю. Розанова, за что авторы искренне признательны и благодарны.

Работа была выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ №№ 02-04-48-94, 03-05-64499.

Глава 1. Фосфатные желваки мезозоя Восточно-Европейской платформы: пространственное распределение, тектоническая приуроченность, стратиграфия, литология, фации вмещающих отложений (краткий очерк).

Фосфатные желваки широко распространены в мезозойских отложениях Восточно-Европейской платформы в пределах России и в общем локализованы на значительной площади, простирающейся от предгорных структур западного склона Урала на востоке до границы с Белоруссией на западе, и от Днепровско-Донецкой и Рязано-Саратовской впадин на юге до поднятий фундамента перед Балтийским щитом на севере (рис. 1) на общей площади около 420 тыс. км².

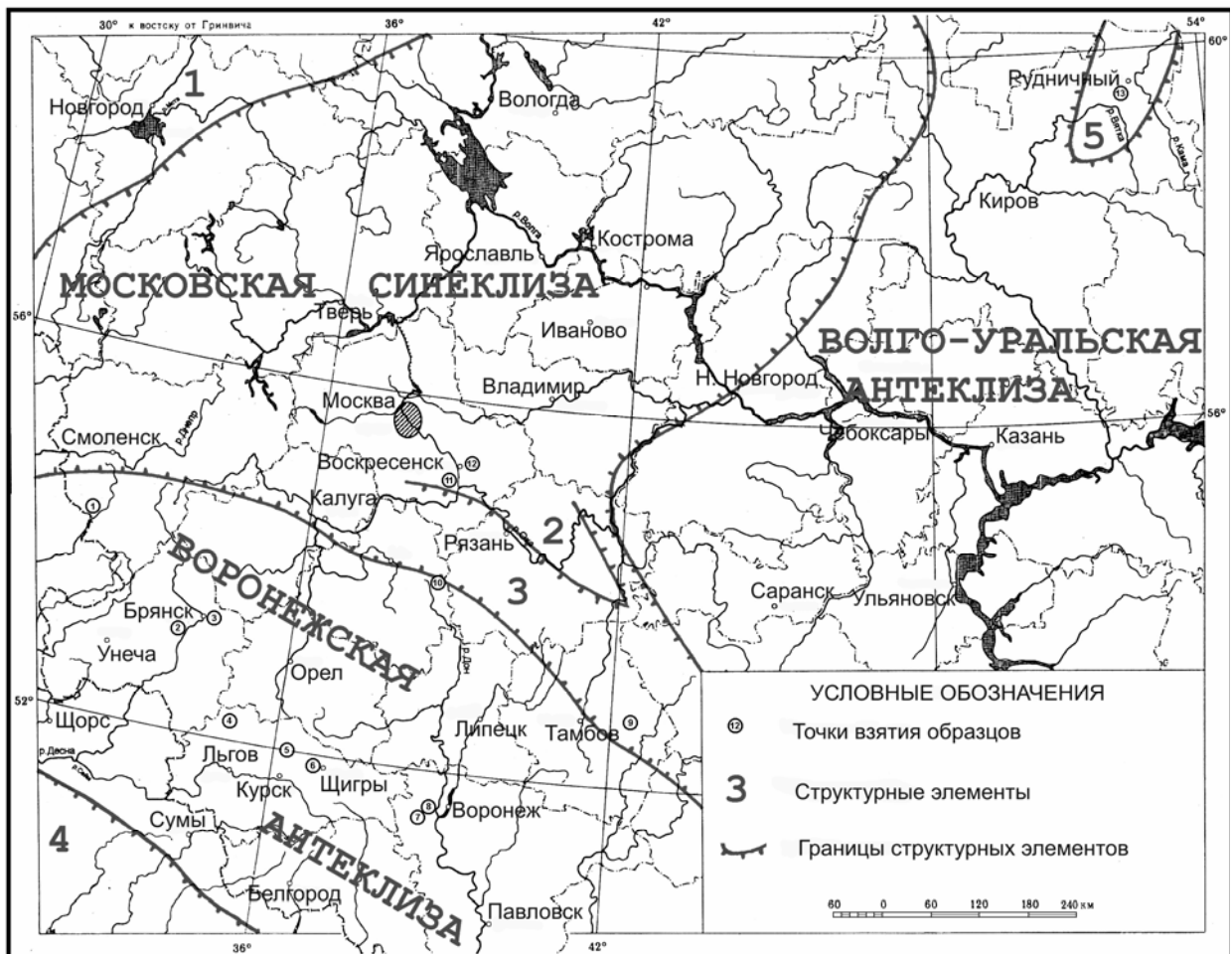


Рис. 1. Структурные элементы: 1 - Ладожская моноклинал Балтийского щита; 2 - Тумско-Шатурский выступ Московской синеклизы; 3 - Пачелмский или Рязано-Саратовский авлакоген; 4 - Днепровско-Донецкий авлакоген (Украинская синеклиза); 5 - Коми-Пермьяцкий свод;

Точки взятия образцов: 1 - Сожское месторождение; 2 - обнажение Полужье; 3 - Полпинское месторождение; 4 - Дмитриев-Львовское месторождение; 5 - Свободинское месторождение; 6 - Щигровское месторождение; 7 - Латнетское месторождение; 8 - обнажение Ендовище; 9 - Кимовское месторождение; 10 - Северское месторождение; 11 - Егорьевское месторождение; 12 - Вятско-Камское месторождение.

Поскольку фации и структуры мезозойского чехла платформы в заметной степени отражают структуры фундамента, последние явно влияли на седиментацию в мезозойских бассейнах. Тектонической особенностью наиболее крупных месторождений фосфатных желваков таких, как Егорьевское, Вятско-Камское и месторождений Центральных районов России, является приуроченность к погребенным выступам и сводам кристаллического фундамента (конседиментационным поднятиям), осложняющим склоны антеклиз и синеклиз (см. рис. 1) что было впервые показано М.Х. Махлиной [20]. Так, площадь Егорьевского месторождения расположена над погребенным Тумско-Шатурским выступом гранитно-метаморфического фундамента Волго-Уральской антеклизы (Подмосковная зона поднятий), отделенным зоной разломов от Подмосковного и Пачелмского грабенов.

Вятско-Камский фосфатноносный район приурочен к Коми-Пермяцкому погребенному своду кристаллического фундамента Вятско-Камской антеклизы. Месторождения Центральных районов России отражают ряд поднятий осевой зоны Воронежской антеклизы (из которых наиболее крупные Щигровское и Павловское), а также структурных валов ее северо-восточного обрамления (Рязано-Саратовская седловина). На связи месторождений желваковых и зернистых фосфоритов с конседиментационными структурами указывается в работе [24]. Анализ палеотектонических условий эпох накопления фосфатных желваков дает важные основания для расшифровки условий формирования месторождений постоянно связанных с положительными структурами фундамента платформы II и более высоких порядков.

В постмезозойское время нередко происходило дальнейшее прогибание территории уже сформированных месторождений и в современном общем структурном плане часть из них расположена в пределах впадин: Московской, Вятско-Камской, склонах Днепровско-Донецкой и Рязано-Саратовской. Этим именно объясняются существовавшие представления о приуроченности платформенных месторождений фосфатных желваков к впадинам, синеклизам и подобным отрицательным элементам тектонического рельефа [9, 10], хотя это далеко не всегда так.

Мезозойские фосфатные желваки Восточно-Европейской платформы приурочены к двум стратиграфическим уровням: верхнеюрско-нижнемеловому и верхнемеловому. Соответственно некоторые исследователи, прежде всего А.В.Ильин [40], выделяют два фосфатогенерирующих бассейна - Волго-Уральский (ВУБ) для позднеюрского-раннемелового времени с субмеридиональной ориентировкой и её субширотный позднемеловой на Восточно-Европейский (ВЕБ) (см. рис.1).

1.1. Волго-Уральский фосфоритоносный бассейн

Типичными примерами верхнеюрских-нижнемеловых месторождений фосфатных желваков (т.н. глауконит-терригенной фосфоритоносной формации) являются Егорьевское и Вятско-Камское месторождения.

Егорьевский фосфоритоносный район расположен в 80-90 км к юго-востоку от Москвы. Продуктивная толща здесь залегает на глинах оксфорда и образована двумя фосфоритовыми слоями - нижним и верхним, разделенными слабо фосфатноносными кварц-глауконитовыми песчано-глинистыми породами. Нижний, базальный среднетитонский фосфоритовый слой мощностью 0,15-0,3 м сложен перемытыми фосфоритовыми желваками и гальками (содержащими до 25% P_2O_5), размером 1-10 см, с многочисленными фосфатизированными ископаемыми макроостатками, погруженными в темные глинистые кварц-глауконитовые пески или песчаные глины.

Верхний, верхнетитонско-берриасский, фосфоритовый слой имеет мощность 0,3-2,5 м. В нижней части он представлен шероховатыми, неправильной формы желваками фосфоритов, размерами от 3 до 7 см, нередко сцементированными в плиту, погруженными в темные глинистые пески. В верхней части он состоит из черных глин с конкрециями железистых фосфоритов, большим количеством ядер фосфатизированных макроостатков и прослоями железисто-фосфоритовых песчаников, содержащих железистые оолиты, сидерит и пирит и переходящих в фосфоритные плиты. Фосфатные желваки этого слоя содержат до 20-22% P_2O_5 . Часто в них встречаются фосфатизированные раковины аммонитов, бухий, многочисленные остатки радиолярий, фораминифер и других организмов, составляющих иногда до 60-70% их объема [14].

Фосфатноносная толща перекрывается кварцевыми песками валанжина, глинами баррема и четвертичными отложениями. В целом отмечается закономерное увеличение ее мощности в северном и северо-западном направлениях от 1,5 до 8,0 м за счет погружения карбонового рельефа основания. Наблюдаются заметные различия в мощности, строении и распространении нижнего и верхнего слоев по площади, при довольно постоянном литологическом составе продуктивной толщи, и неравномерное распределение органических остатков в ней.

Среди фосфатных желваков на основе визуальных и оптико-микроскопических оценок по размерности терригенной примеси обычно выделяли глинистые, алевритовые, песчаные, глинисто-песчаные и глинисто-алевритовые разновидности. По минеральному составу нефосфатных компонентов определялись [30] следующие разновидности желваков (типы руд): кварцевые, глауконитовые, кварц-глауконитовые, глауконит-кварцевые, кварц-глауконит-сидеритовые и кварц-глауконит-железистые (последние две разновидности встречаются только в верхнем слое). На основе сочетания этих признаков - размерности и состава устанавливались различные фации, например: песчаная кварцевая, песчаная глауконитовая, глинисто-песчаная и другие. Собственно же рудная часть - фосфатная, не учитывалась, поскольку считалась одинаковой.

Вятско-Камский фосфоритоносный район находится в междуречье верховьев рек Вятки и Камы, в 220 км к северо-востоку от г. Вятки. Фосфатные желваки здесь залегают в сплошном, довольно однообразном на очень большой площади валанжинском фосфоритоносном слое мощностью 0,5-1,9 м, подсти-

лаемом верхнететонскими серыми известковистыми глинами с прослоями мергеля. В основании продуктивной серии здесь залегает базальный, бухиевый (или “ауцелловый”) слой, переполненный фосфатизированными ядрами бухий, аммонитов, белемнитов, местами сцементированных в плиту, мощностью 0,1-0,9 м. Промышленный (“желвачный”) слой состоит из шероховатых, овальной формы фосфатных желваков размером до 20-25 см в поперечнике, погруженных в мелкозернистые кварц-глауконитовые пески. В свою очередь он подразделяется на 2-3 продуктивных прослоя, между которыми залегают пески и алевриты. Перекрывается желвачный слой неоккомскими черными глинами.

Фосфатные желваки содержат от 16 до 28% P_2O_5 . В них также присутствует масса фосфатизированных остатков фораминифер, радиолярий, спикул губок, фрагментов древесины, суммарно составляющих до 60-70% объема породы [14]. Визуально и оптической микроскопией среди фосфатных желваков различают глинистые, алеврито- и песчано-глинистые, кварц-глауконитовые и глауконит-кварцевые, а также песчано-алевритовые глауконитовые разности. В. А. Поляниным [23] продуктивные слои выделены в фосфорит-глауконитовую формацию со следующими фациями: ауцелловых фосфоритов и фосфоритовой плиты, мелководных конкреционных фосфоритов, сравнительно глубоководных кварц-глауконитовых алевролитов.

Охарактеризованные месторождения и продуктивная серия менее значительных месторождений и проявлений близкого стратиграфического положения обычно объединяют в Волжский (или Волго-Уральский) фосфатноносный бассейн, ориентированный в субмеридиональном направлении. Для него характерна ассоциация верхнеюрских-нижнемеловых фосфатноносных слоев с подстилающими черными юрскими аргиллитами. Это в сочетании с некоторыми геохимическими особенностями фосфоритов, возможно, указывает на сравнительно восстановительные обстановки осадконакопления и заметно отличает их от условий формирования верхнемеловых фосфатноносных слоев. Принципиально важным, однако, является определение первично фосфатогенерирующей толщи, перемины пород которой и сформировали современные продуктивные слои, судя по характеру обломочного материала в желваках вряд ли это черные углеродистые аргиллиты.

1.2. Восточно-Европейский фосфоритноносный бассейн

Восточно-Европейский бассейн (ВЕБ), продолжающийся в Западную Европу [40,], представлен верхнемеловыми фосфоритами (в объемах обычно выделяемой фосфоритноносной глауконит-карбонатной формации) развит преимущественно в Центральных районах Европейской части России, располагающихся в пределах Воронежской антеклизы. К этому бассейну относятся также район месторождения «Центральное» и более мелкие проявления в Тамбовской области (см. рис.1). Но все это лишь фрагменты весьма крупного субширотного). Здесь отличие от ВУБ смежные с фосфатными фациями комплексы преимущественно карбонатные (песчий мел), отчасти трепела и опоки.

На территории Воронежской антеклизы продуктивна, в основном, сеноманская толща, хотя фосфоритные желваки встречаются и ниже, в подстилающих, близких по облику и составу альбских отложениях. Известны также и неокомские фосфатные желваки, слагающие как маломощные базальные горизонты, так и присутствующие в виде отдельных конкреций и проблематичных фосфатизированных органических остатков [34]. Однако все они не имеют промышленного значения. Наиболее крупные месторождения сеноманского возраста - Полпинское, Подбужское, Трухачевское, Слободско-Которецкое, Свободинское, Щигровское.

Характерной особенностью продуктивного горизонта сеноманских глауконит-кварцевых песков является присутствие фосфатных желваков по всему разрезу в рассеянной или концентрированной форме. Размер отдельных желваков варьирует от 0,5 до 15 см, иногда присутствуют сростки из нескольких желваков, существенно более крупные по размеру. Сгруженные желваки в количестве от 40 до 90% объема песков образуют от одного до нескольких тонких прослоев, которые иногда венчаются цементированным слоем (плитой). Полный разрез продуктивной толщи имеет трехчленное строение [6, 24].

Нижний фосфатноносный слой представлен галечником базального типа, мощностью 0,05 - 0,3 м, образованным, в основном, за счет переотложения подстилающих альбских фосфатных желваков, погруженных в грубо- и крупнозернистые пески. Содержание P_2O_5 в нем достигает 12-16%. Слой местами расщепляется на 2-3 прослоя и выклинивается на участках с отсутствием подстилающих слабо фосфатноносных альбских отложений.

Средний фосфатноносный слой (0,2-0,6 м) отделен от нижнего прослоем мелкозернистых песков мощностью 1-3 м и образован неправильной формы песчанистыми желваками. Местами он образует два-три самостоятельных прослоя, а иногда цементирован фосфатным, глинисто-карбонатно-фосфатным, реже кремнистым цементом в плиту. Содержание P_2O_5 в нем - от 7 до 13%.

Верхний фосфатноносный слой (0,3-0,5 м) отделяется от среднего разнозернистыми песками с примесью карбонатов мощностью в 1-3 м. Он представлен шероховатыми, слабо окатанными фосфоритовыми желваками, нередко образующими сростки или даже плиту, погруженными в сильно известковистые, плохо сортированные пески мелкой и средней размерности, иногда цементированные в песчаники карбонатным цементом. Содержание P_2O_5 в нем составляет 13-17%. Перекрываются сеноманские отложения, главным образом, туронским писчим мелом, часто сильно песчанистым в нижней части, а изредка и мергелями сантона.

Продуктивная толща в целом не выдержана по площади [16, 24], некоторые слои расщепляются, выпадают из разреза, либо сливаются друг с другом, изменяется их мощность, насыщенность желваками фосфоритов, а также мощность песков, разделяющих фосфатноносные слои. В северо-западных и, частично, центральных районах Воронежской антеклизы она представлена наиболее полно всеми тремя слоями. Общая мощность фосслоев здесь составляет 0,45-1,5 м, мощность продуктивной толщи - от 0,5 до 18 м. Юго-

западный склон антеклизы, напротив, характеризуется довольно слабой фосфатноносностью. В краевых частях бассейна и, в отдельных случаях, на поднятиях (район г. Павловска) сеноман представлен лишь маломощным (0,2 м) фосфоритовым галечником.

Выделяются следующие основные типы фосфатноносных разрезов сеноманских отложений [16]:

1. Наиболее полный трехчленный разрез, с одной-двумя плитами и несколькими прослоями желваков, характерен для центральных частей обширных конседиментационных поднятий типа Брянско-Калужского, Железногорского, Щигровского сводов.

2. Полный трехчленный разрез представлен 3-5 прослоями фосфатных желваков, но без плиты; имеется на склонах поднятий и прогибов, например, Фатежского.

3. Неполный разрез, когда выпадает либо нижний базальный слой, сложенный фосфатным галечником, либо верхний, иногда присутствует плита; развит на склонах прогибов и впадин типа Оршанской.

4. Наличие маломощного фосфатного галечника нижнего или верхнего слоя, развит лишь на наиболее приподнятых частях сводов и краевых частях бассейна (например, г. Павловск, мощность слоя всего 0,2м).

5. Отсутствие четко выраженных слоев фосфоритов, наличие рассеянных желваков в апт-альбской вмещающей толще, значительная её мощность, плохая сортировка песков, формируется во впадинах и центральных частях прогибов типа Деснянского.

Визуально и с использованием оптической микроскопии различаются два типа фосфатных желваков: пелитоморфные и песчанистые. Первые сложены фосфатной массой с пелитоморфной структурой, содержащей незначительную песчаную примесь (3-15%), вторые - либо слабопесчанистые (15-50% объема желвака) или сильно песчаные (до 50-65% и более объема), т.е. по существу являющиеся песчаниками с фосфатным заполнением. Пелитоморфные разделяются на кремнистые и известковистые по первичному составу присутствующих фосфатизированных биологических остатков (обломков скелетов губок, раковин радиолярий, диатомей, кокколитов, фораминифер). Встречаются также первично фосфатные остатки - обломки чешуи, зубов и костей рыб и рептилий, а также фрагменты фосфатизированной древесины. Песчанистые фосфориты содержат аналогичные органические остатки, но их тем меньше, чем больше в них терригенной составляющей.

В рассматриваемом регионе можно выделить следующие фосфатноносные фации: 1-фацция мелководных сгруженных фосфатных желваков (подводных отмелей и банок); 2-фацция рассеянных желваков, более глубоководная - склонов поднятий; 3-прибрежная фацция фосфоритовых галечников и другие фации.

К северо-востоку и востоку от рассмотренных районов концентраций желваков расположен ряд верхнемеловых месторождений Тамбовской и Воронежской областей, также относящихся к ВЕБ. Самое крупное и известное

из них – Центральное, находится в 60 км к востоку от г. Тамбова. В его строении выделяются сеноманский и сантонский фосфатоносные слои, которые разделяются поверхностью размыва. Средние содержания P_2O_5 в этих слоях достигает 14%. Нижний, сеноманский, фосфоритоносный слой мощностью 2-15 м сложен слабоокатанными фосфоритовыми желваками и окатанными гальками, размером до 1-2 см в поперечнике, иногда фосфатными зернами. В основании часто развит слой, обогащенный фосфатными остатками макрофауны (т.н. “акулий горизонт”). Вмещающими являются мелкозернистые глауконит-кварцевые пески. Желваки, зерна встречаются, как в рассеянном виде, так и образуют прослои мощностью до 5 см и содержат 9-15% P_2O_5 . Кроме того, нижний слой содержит промышленные концентрации минералов титана и циркония, в основном, в верхней части.

Верхний, сантонский фосфоритоносный слой образован преимущественно непереотложенными (инситными) фосфатизированными органическими остатками. Это т.н. “губковый горизонт” мощностью 0,2-2 м, состоящий из прижизненных скоплений колоний карбонатных губок (губковые луга), содержащих до 20-25% P_2O_5 , погруженных в тонкозернистые глауконит-кварцевые пески с примесью глинистого вещества. Присутствуют и фосфатные желваки, среди которых выделяются пелитоморфные и песчанистые разновидности. Для первых характерен базальный тип заполнения с устойчивым преобладанием фосфата над терригенными зернами. Встречаются так же фрагменты фосфатизированных скелетов губок, иногда целые кубки размером в 15-20 см, спикулы, фосфатизированные кусочки древесины, коры, кокколиты, фораминиферы, радиолярии, а также мелкие фрагменты костей, зубов рыб. Перечисленные компоненты могут быть включены в фосфоритовые конкреции, но большей частью рассеяны в массе песков [16, 34]. Здесь можно выделить следующие фосфатоносные фации: фация песков с рассеянными желваками; титан-циркониевых россыпей с рассеянными желваками и прослоями желваков; фация прослоев желваков; фосфоритовых галечников; фация инситной фосфатизации (фосфатизированные губковые колоний - “губковый горизонт”) и др.

1.3. Генезис мезозойских фосфоритов Восточно-Европейской платформы

Анализ геологической обстановки, литологии и фаунистических сообществ продуктивных интервалов мезозоя Восточно-Европейской платформы показывает, что для всех них наиболее характерной была обстановка относительно мелководного седиментационного бассейна нормальной солености. Для обширных, типично эпиконтинентальных морей преобладающие глубины не превышали обычно 50-100 м с доминирующими мелкопесчаными фациями. Органический мир был достаточно разнообразным, включал как планктонные (диатомеи, кокколиты, фораминиферы, радиолярии), так и бентосные организмы (разные отряды губок, бактериальные маты,

моллюски и т.п.). Также встречается ихтиофауна (рыбы), но в целом терригенная седиментация преобладала.

В бассейны вносились в массовом количестве и фрагменты древесины, что, видимо, указывает (учитывая их общие параметры) на развитие и островной суши, большей частью относительно недолговечной. Биологические продуценты, видимо, были основой для развития фосфатогенерирующих процессов, с которыми явно конкурировала терригенная седиментация. Сравнительная зрелость терригенного материала указывает на развитие на прилегающей суше довольно интенсивных процессов выветривания, длительность транспортировки, видимо, системой рек, причем с поставкой часто именно в интервалы формирования собственно желваков. Процессы гальмеролиза на дне морского бассейна привели к формированию глауконитсодержащих песков. Подводное выветривание возможно при замедленных темпах седиментации, благоприятных для образования желваков *in situ*. Мелководность морского бассейна даже при небольших колебаниях уровня моря определяла переотложение желваков и образование их скоплений.

Формирование в осадках инситных фосфатных желваков происходило в условиях преобладающей седиментации - смешенной, терригенной и биогенной, при ослабленном придонном гидродинамическом режиме. К сожалению, несмотря на более чем 100-летнюю историю изучения фосфатных желваков мезозоя Восточно-Европейской платформы, в доступной литературе примеров конкретного описания таких разновидностей мало, поскольку обычно речь шла только о более или менее переотложенных формах. С.В. Маленкина [17] в самое последнее время привела примеры инситных фосфатных желваков, заполнив этот пробел в описаниях.

Вместе с тем, присутствие продуктивных, высококонденсированных слоев из переотложенных желваков несомненно свидетельствует о непостоянстве гидродинамического режима бассейна, при усилении которого на дне происходили размывы слоев с инситными фосфатными желваками. Отмечаются различные масштабы выноса нефосфатного материала, степени обработки и накопления желваков. При смене пассивного гидродинамического режима на активный освобождались уже литифицированные желваки, а вмещающие их осадки оставались рыхлыми. Механическое перераспределение и степень сгущения в прослой зависели от объема переработанных осадков и желваков, интенсивности перемылов, их продолжительности, возможно, и от многократности смен гидродинамических режимов. В зоне пляжа формировались фосфатные галечники в условиях волнового воздействия на осадок. Они также могли образоваться при интенсивных придонных течениях, когда выносился глинисто-песчаный материал.

При частых сменах режима близко располагавшиеся желваки могли цементироваться новой фосфатизацией, образуя сростки, линзы, а местами слои - фосфатные плиты [18]. В условиях прекращения осадконакопления могли формироваться [40] близкие к хардгаундам (твердое дно) образования. Изменения гидродинамического режима могли вызываться различными

причинами: влиянием тектонических подвижек дна, эвстатическими колебаниями уровня моря. Приуроченность известных месторождений к положительным структурам кристаллического фундамента определяет и влияние последних на развитие процессов перемива слоев инситных фосфоритов и образование конденсированных слоев. Это, видимо, предполагает их тектоническое воздымание, а соответственно уменьшение глубин, возрастание волнового воздействия, что и приводило к перемивам, при уменьшении общей поставки терригенного материала из-за локальности поднятий. Такие обстановки наиболее адекватны волновым режимам мелководных подводных плато, удаленным от берега отмелям, банкам и т.п. [40]. В соседние впадины сносились рассеянные желваки, где формировались лишь редкие локальные прослои.

Вместе с тем, для каждого из стратиграфических уровней фосфатогенеза характерны и свои определенные специфические черты. Так, в позднеюрско-раннемеловое время в Волго-Уральском бассейне отлагались не только глауконитоносные алевритовые пески, но и углисто-глинистые битуминозные, с сидеритом, шамозитом осадки, известковые глины и песчанистые мергели [40]. Развитие разнообразного и обильного органического мира - пелеципод, аммонитов, белемнитов, кремнистых губок, многочисленной микрофауны - фораминифер, радиолярий свидетельствует о благоприятных для биоса условиях вблизи дна, хотя в ассоциирующих фациях распространены углеродистые осадки, обогащенные сидеритом, шамозитом, анкеритом, сульфидами. Это может указывать на возникновение участками заметно восстановительных условий, особенно во впадинах, где увеличивается мощность осадков. Периодическая активизация гидродинамического режима приводила к перемивам инситных слоев с желваками, сгуживанию последних по стандартной схеме.

Для верхнемелового времени в Восточно-Европейском бассейне по сравнению с Волго-Уральским более типичными были несколько иные седиментационные обстановки: многочисленные, обширные (площадью до сотен км²) консеквентные конседиментационные динамичные поднятия кристаллического фундамента так же обеспечивали формирование высококонденсированных слоев, часто сложного строения, обусловленного их расщеплением, слиянием, выклиниванием, появлением фосфоритовых плит. Инситное фосфатообразование, установленное к настоящему времени, не очень значительно и преимущественно связано с фацией губковых зарослей.

В сеноманское время, на которое приходится максимум фосфатонакопления, в рассматриваемом регионе были характерны обстановки относительно мелководного седиментационного бассейна нормальной солености, и наличие повышенных количеств кислорода в придонных его частях (широкое развитие бентосных сообществ), гидродинамический режим переменной активности. Вместе с тем, довольно значительная доля планктонных, явно не прибрежных форм, говорит о крупных размерах бассейна, развитии определенных приповерхностных течений. Инситное

фосфатонакопление, установленное к настоящему времени, однако, не столь значительно и преимущественно связано с фацией губковых зарослей. Широкое развитие этой фации, как, например, в формации Фосфория, США [36] обеспечивает весьма масштабное фосфатонакопление.

Важный интерес представляет причины формирования желваков *in situ*. С.Ю. Маленкина [17] впервые привела сравнительно полные описания подобных, непереотложенных желваков в сеномане Воронежской антеклизы. Она связывает их формирование с участками сильной биотурбации и относительно интенсивным заполнением ходов организмов биологическим материалом. Вероятно, однако, что это не единственная причина локального обогащения осадка (обычно песчанистого) биологическим материалом, на что указывает присутствие инситных желваков, окаймленных чистым писчим мелом. Нередко в желваках платформы присутствуют почти целые скелеты кремнистых губок в ассоциации с остатками планктона, что может указывать на развитие локальных губковых “полей”, которыми мог задерживаться погружающийся планктон. Микробиальные организмы часто прямо развиваются по различным органическим накоплениям. Определяющую роль при фосфатонакоплении могли играть и небольшие банки моллюсков, локальные скопления мертвых аммонитов. Подобные ситуации известны и в мезозойских отложениях Северо-Востока России [35]. В общем же, вне зависимости от конкретных причин, инситные желваки рассматриваются как часть осадка, относительно обогащенного различным набором органических остатков.

Глава 2. Типизация фосфатных желваков и ассоциированных образований мезозоя Восточно-Европейской платформы по характеру слагающих их основную массу фосфатизированных органических остатков

2.1. Обоснование схемы типизации желваков и ассоциированных с ними образований

Возможности СЭМ устанавливать принадлежность органических остатков, слагающих основную массу желваков (заметно слабее достижимые при использовании оптического микроскопа), позволяют значительно более точно и почти однозначно показать, что фосфатная часть желваков так же, как это было установлено применительно к зернистым фосфоритам [36], представлена, в подавляющей части, различными органическими остатками, замещенными фосфатом. Это позволяет вслед за В.И. Фоминским [34] разделять желваки не только по присутствию того или иного терригенного материала, например, зерен кварца, глауконита и т.п., но и различных органических остатков, таких, как кремнистые или карбонатные губки, фораминиферы, диатомеи и т.д. И всё это со значительно большей полнотой, благодаря использованию возможностей СЭМ. Очевидно, что раскрытие спектра органических остатков, слагающих желваки, весьма информативно для решения корреляционных проблем, восстановления палеообстановок седиментации желваков и т.п. С другой стороны, если устанавливается, что практически вся фосфатная компонента (исключая ката- и метапреобразования) желвака представляет исключительно фосфатные репликации по биологической матрице, то не остается места для гипотез о прямом химическом осаждении такого фосфата.

В таблице 2.1. приведена разработанная на основе выполненных исследований схема типизации фосфатных желваков и некоторых ассоциирующих с ними фосфатных же образований мезозоя Восточно-Европейской платформы. Она нуждается в некоторых пояснениях и комментариях. В основу ее положен принцип выделения разновидностей по преобладающим в основной массе желвака микроорганизмам или фрагментам лишь некоторых макроорганизмов - исключительно разных губок, но без учета сравнительно крупных макроостатков таких, как аммониты, двустворки и т.п., присутствие которых не было определяющим или важным для типизации, вследствие обычно незначительной роли в сложении желвака. При этом они учитывались, как фосфатизированные органические остатки, т.е. как аналогично подвергшиеся процессу фосфатного замещения и не более.

Выделение типов основывалось: на количественном, важных в породообразующем значении, содержании (от 10-15% объема и выше) остатков конкретной группы организмов – радиолярий губок, диатомей, фораминифер, микробиальных форм и т.п., слагающих фосфатную часть желвака. Естественно, также учитывались масштабы присутствия терригенных обломочных зерен - кварца, реже плагиоклаза, слюд и, соответственно, глауконита, который, вероятно, чаще представляется обломочным, в меньшей степени аутигенным, инситным.

Таблица 2.1.

Типы фосфатных желваков и ассоциированных образований мезозоя Восточно-Европейской платформы по характеру слагающих органических остатков

Группы (по составу органических остатков). Подгруппы (по характеру залегания).	Тип	Подтип	Основная характеристика. Количество терригенного материала, глауконита и характер органических остатков.
Карбонатно-кремневая группа.	I	а	Сравнительно богатый (здесь и ниже- мало или почти нет терригенных частиц и /или глауконита). Преобладают фораминиферы, спикулы и фрагменты скелетов кремневых губок. Базис – микробиальные скопления.
		б	Заметное присутствие терригенных частиц и/или глауконита. Остальное, как в п/типе а.
Кремневая группа.	II	а	Сравнительно богатый. Преобладают радиолярии, диатомеи, спикулы и фрагменты скелетов кремнистых губок. Базис – микробиальные скопления.
		б	Заметное присутствие терригенных частиц и/или глауконита. Остальное, как в п/типе а.
	III	а	Преобладают радиолярии и диатомеи. Базис - микробиальные скопления.
		б	Заметное присутствие терригенных частиц и глауконита. Остальное, как в п/типе а.
Обломочная подгруппа.	V	а	Сравнительно богатый. Из окатанных и угловатых зерен спонголита Базис - спикулы и фрагменты скелета кремневых губок, а также, вероятно, радиолярии, микробиальные скопления.
Карбонатная группа	VI	а	Сравнительно богатый, почти без терригенного материала, глауконита. Фораминиферы, кокколиты, фрагменты раковин других форм. Базис – микробиальные скопления.
Инситная подгруппа.	VII		Колонии карбонатных губок
Смешанная группа (из разных органических остатков).	VIII		Сравнительно богатые. Состоят из микробиального мата.
	IX		Сравнительно богатые. Присутствие копролитов (?). Базис - микробиальные скопления.
	X		Фрагменты древесины.
	XI		Фрагменты костей позвоночных.
Группа фосфатных песчаников с разными органическими остатками (менее 50% объема), иногда заметно измененные.	XII	а	Микробиальные скопления.
		б	Спикулы, фрагменты скелетов кремневых губок, микробиальные скопления
		в	Фораминиферы, кокколиты, микробиальные скопления
		г	Диатомеи, радиолярии, микробиальные скопления.
		д	Спикулы, фрагменты скелета кремневых губок, радиолярии, микробиальные скопления.
		е	Спикулы, фрагменты скелетов кремневых губок, фораминиферы, микробиальные скопления.
		ж	Доминирующие кристификационные каемки (оболочки).

Кроме того, выделены различия желваков, содержащие особые выделяющиеся компоненты: зерна фосфатных пород, предположительно - копролиты. Мы посчитали необходимым выделить в отдельные типы и фосфатизированные фрагменты древесины, изначально фосфатные фрагменты костных остатков позвоночных, поскольку они широко распространены и часто являлись практически важным продуктом обогащения.

Как значительный элемент инситуальных продуктов фосфатизации выделен тип карбонатных губок, хотя и нешироко распространенный. В конечном счете, на основе всех указанных принципов определились группы типов желваков - по преобладанию организмов с известковым или кремневым составом раковин, скелета - кремнистых, известковых и сочетающих кремневые и известковые формы. Еще одной основой для разделения желваков, естественно были количественные соотношения в них фосфатного и не фосфатного компонентов. Поэтому выделены в возможных случаях сравнительно богатые фосфатом желваки и разной степени бедные; с относительно малой долей присутствия терригенных зерен и глауконита и весьма значительной - уже собственно песчаники с фосфатным цементом - точнее, с биологическим заполнением, испытавшем фосфатное замещение.

Таким образом, мы были вынуждены пойти на некоторую неоднородность классификационных принципов, естественно приравливаясь к реальным условиям формирования и распространения фосфатных желваков и близких к ним по форме иного рода фосфатных обособлений.

Перейдем к рассмотрению конкретных характеристик выделенных разновидностей.

2.1. Характеристика типов желваков и ассоциированных с ними образований

2.2.1. Карбонатно-кремневая группа.

Включает только один тип желваков, состоящий из фосфатизированных (не всегда полностью) первично известковых раковин фораминифер и спикул, фрагментов скелетов кремневых губок. Между ними распространены различные бактериальные формы, составляющие, как бы базис раковинного и скелетного материала.

I тип

Этот тип установлен на Егорьевском, Вятско-Камском, Латнетском и Кимовском месторождениях. В рамках его выделяются два подтипа - "а" и "б" по соотношению фосфатной (органической) части с обломочными терригенными зернами кварца, реже полевых шпатов и/или зернами глауконита. В подтип "а" выделяются наиболее богатые фосфатом, соответственно и органическим остатками различия. В них терригенного материала и глауконита очень мало или почти нет. В подтипе "б" нефосфатных компонентов заметно больше, но сум-

марный объем их не превышает 15-20%. Подобный принцип выделения подтипов использован и ниже, для ряда других типов желваков.

Общее строение желвака *подтипа "а"* Вятско-Камского месторождения в СЭМ дано на фиг. 1, а более детально - на фиг. 2. Из анализа их видно, что спикулы губок, раковины небольших планктонных (?) фораминифер распределены достаточно хаотично и погружены в довольно плотный базис. Участками встречаются фрагменты скелетов кремневых губок (фиг. 3). Естественно, все они полностью или, в меньшей степени, только отчасти, замещены фосфатом с сохранением тончайших деталей строения, как и почти все органические остатки в ниже рассматриваемых желваках и ассоциированных с ними образованиях. Это позволяет в дальнейшем, во избежание повторений, постоянно на это обстоятельство не ссылаться, но читатель должен знать, что не обнаружены, хотя бы частично, нефосфатизированные органические остатки.

Некоторые фораминиферы имеют тонкие фосфатные крустификационные оболочки с внешней стороны раковин. Эти, несомненно, вторичные образования возникали в поровом пространстве, отчасти способствовали его заполнению и цементации породы (фиг. 4). Однако, главную роль в сложении пространства между раковинами, частями губок играли различные микробиальные образования, например те, что изображены на фиг. 5. Здесь, вероятно, развиты цианобактериальные маты. Следует отметить, что в желваках встречаются и микроостатки неясного систематического положения (фиг. 6), но обычно количество их невелико и серьезного породообразующего значения они не имеют.

Несомненно, желваки претерпели определенные диагенетические и, возможно, катагенетические преобразования, о чем, наряду с присутствием крустификационных каемок, говорят развитые, например, в раковинах фораминифер превосходные кубические кристаллы сульфидов железа (фиг. 7).

В расположенном почти в 700 км от Вятско-Камского, Егорьевском месторождении установлены весьма близкие фосфатные желваки, общее представление о которых дает фиг. 8. Достаточно любопытным является присутствие в них раковинок фораминифер, внутренняя полость которых выполнена грубо губчатой (в своем масштабе) тканью, вероятнее всего, фосфатизированной цитоплазмой (фиг. 9). Это может свидетельствовать об исключительно быстрой фосфатизации, буквально моментальной после попадания таких фораминифер в осадок. В то же время, это и указатель на небольшие глубины соответствующего моря, при которых до поступления на дно мягкие ткани фораминифер не успевали разложиться.

Иногда на фрагментах кремневых губок наблюдаются скопления кокковидных форм минерализованных бактерий (фиг. 10). В основной массе, между различными раковинами, спикулами, фрагментами скелетов губок, достаточно широко распространены нитчатые микробиальные формы (фиг. 11), но наиболее широко распространены сгустки кокковидных и овальных форм (фиг. 12). Аналогичный подтип желваков установлен и на Латнетском месторождении (фиг. 13). Здесь после травления проявились субориентированные, видимо, па-

лочковидные структуры, вытравленные не полностью в организме неясного систематического положения (фиг. 14).

Следует отметить, что количественные соотношения между фораминиферами и фрагментами кремневых губок широко варьируют, особенно, на Егорьевском месторождении, где распространены сравнительно крупные фрагменты губок (фиг. 15). Однако, развитие в базисном пространстве между фораминиферами и губками микробиальных форм остается неизменным (фиг. 16).

Подтип "б" первого типа развит, в частности, на Кимовском месторождении. Зерна кварца и глауконита постоянно встречаются даже на небольшой площади снимка (фиг. 17). Так же широко развиты в массе желвака микробиальные формы - кокковидные, одиночные и слившиеся в гроздья (фиг. 18). Довольно часты несколько измененные фрамбоидальные скопления пирита, частично уже в окристаллизованных участках (фиг. 19). Изменения в желваках проявлены и в появлении вытянутых правильных кристаллов апатита в многочисленных порах породы (фиг. 20).

Желваки первого типа, таким образом, сложены комбинацией из планктонных и бентосных организмов. Возможна интерпретация их изначального образования, как результат развития скорее ограниченных губковых, колоний, "лугов", в зарослях которых аккумуляровался и фораминиферовый планктон. Развитие микробиального сообщества стимулировалось столь плотной биомассой. Объем желвака мог стать центром фосфатизации, поскольку выделялся степенью концентрации органического вещества - матрицы для фосфатного замещения. Подток фосфора в эту область начинался с момента уменьшения внутренних концентраций после расхода на замещение, по принципу выравнивания концентраций. Вероятно, такая палеофациальная ситуация была наиболее благоприятной и относительно частой, вследствие чего рассмотренный тип желваков распространен на наиболее крупных и сравнительно более богатых месторождениях региона.

2.2.2. Кремневая группа.

Темно-серые, до темно-коричневых желваки этого типа, широко варьируют по размерам от 0,5 до 15 см в поперечнике. Включает одну подгруппу и три типа. В собственно кремневой группе (два типа) желваки включают разнообразные, преимущественно мелкозернистые, плохо сортированные зерна кварца, глауконита, чешуйки слюды (в основном, мусковита), редко полевые шпаты и тяжелые минералы. Желваки этих типов обычно встречаются в нижних и средних фосфатноносных слоях сеномана Центральных районов России.

II тип.

Подтип "а". Содержит до 3-15% примеси терригенного материала и глауконита. В большом количестве присутствуют скелеты радиолярий, створки диатомей, спикулы и фрагменты скелетов кремневых губок, различной степени замещения и сохранности (фиг. 21). Распределение их незакономерное, местами сгустковое, участками рассеянное, как и терригенной примеси. Фрагменты скелетов губок обычно имеют более крупные размеры в сравнении с другими ком-

понентами (фиг. 22). В СЭМ видны мельчайшие детали строения губок, радиолярий, диатомей с полной или частичной фосфатизацией. Местами видна заметная коррозия раковин, вплоть до полного растворения, остаются лишь их отпечатки или выполнение полостей. Между раковинами видны трубчатые или кокковидные образования микробиального характера. Вероятнее всего, это признаки микробиального мата, местами несколько раскристаллизованного. К ним же относятся, вероятно, нечетко оформленные глобулярные частицы в несколько микрон, веретенovidные частицы длиной от 0,2 до 2-3 мкм. Кристаллитовый фосфат также слагает некоторые части органических остатков внутри частично раскристаллизованных диатомей.

Желваки этого подтипа обычно встречаются в нижних и средних фосфатоносных слоях разрезов Полужье, Грязь (Сожское месторождение), Злыдино (Дмитриев-Льговское месторождение), Дубовец (Свободенское месторождение) и Щигры сеномана Центральных районов России. В Щиграх они присутствуют и в плите.

Подтип "б" отличается только присутствием до 15-50% терригенной примеси и глауконита, также неравномерно распределенной. Примеси мелкозернистые, иногда разнозернистые, часто с плохой сортировкой, текстура беспорядочная (фиг. 23). Такие желваки встречаются обычно в нижних слоях и плитах разрезов Стайки, Грязь, Ендовище, Злыдино, Дубовец и Щигры.

III тип.

Подтип "а" соответственно с небольшой примесью нефосфатных зерен, при неравномерном распределении радиолярий и диатомей, в разной степени замещенных фосфатом (фиг. 24). Микрозернистый фосфат встречен лишь при некоторой раскристаллизации раковин. Обломочный материал преимущественно мелко- и тонкозернистый. Аутигенный глауконит достигает заметно больших размеров, иногда его обособления, как бы растворяются в окружающем фосфате, имеют нечеткие края и по ним фосфатируются. В СЭМ и даже в оптический микроскоп можно видеть все стадии замещения скелетов, например, радиолярий - частичное или полное (фиг. 25). В диатомеях, из-за меньших размеров и худшей сохранности такие явления можно наблюдать только в СЭМ (фиг. 26). Матрикс между раковинами и нефосфатными зернами выглядит, как и в предыдущем типе.

Такие желваки обычно встречаются в нижних и средних фосфатоносных слоях в таких разрезах как Полпино, Злыдино, Дубовец, ниже плиты в Щиграх, иногда в виде небольших скоплений и в других разрезах.

Подтип "б" также отличается относительно повышенным содержанием терригенной примеси, кварца и глауконита, неравномерно распределенной, преимущественно мелкозернистой. Эти желваки встречаются в нижнем фосфатоносном прослое в разрезах Дубовец, Злыдино, ниже плиты в Щиграх, в плите разрезов Грязь и Ендовище. Также, как и в подтипе "а" между зернами распространены аналогичные остатки микрофауны (фиг. 27, 28).

IV тип.

Этот тип желваков характерен исключительным развитием в нем спикул или чаще фрагментов скелетов кремневых губок, находящихся в микробиальном базисе. По соотношению фосфатной и терригенной (с глауконитом) составляющих он также подразделяется на два подтипа.

Подтип "а" развит, в частности, на Егорьевском месторождении. Здесь в нем хаотично смешаны различные фрагменты губок, реже отдельные спикулы, без каких-либо признаков ориентировки (фиг. 29-31). Иногда отдельные довольно крупные участки вообще кажутся сплошной, несколько разрушенной губковой колонией, но обычно все же хорошо различаются разные фрагменты скелетов, а так же микробиальное заполнение, в котором есть много мелких обломков скелетов (фиг. 30). Встречаются очень редкие фрагменты организмов неясного систематического положения. Губковые "луга" - обычные биотопы в морях и океанах на разных глубинах, на различных широтах. И формирование фосфатных желваков по скоплениям остатков кремневых губок - достаточно обычный процесс, как для собственно желваков (например, см. работу [35]), так и других типов фосфатных накоплений. Фосфатизация губковых накоплений, например, исключительно характерна для зернистых фосфоритов формации Фосфория, США [36], а первые массовые фосфатизированные кладбища губок известны уже в кембрийском Каратауском бассейне [36].

При прочих равных условиях для масштабного развития процесса, прежде всего, необходимо широкое развитие мощных кремнево-губковых накоплений, подобных тому, что реализовалось в формации Фосфория и в Каратау. В мезозое Восточно-Европейской платформы ничего подобного нет, хотя, видимо, локальные поселения губок были довольно часты, как по разрезу, так и по латерали бассейна. Соответственно они могли продуцировать обычно только небольшие желваки. Это означает, что фактическая биологическая продуктивность, по крайней мере, губкового бентоса мезозойских бассейнов платформы была меньшей.

Сравнительно близкие желваки развиты и в Центральных районах России, в нижних фосфатоносных слоях разрезов Злыдино, Щигры и плитах Ендовища и Павловска. В них также большое количество спикул и фрагментов скелетов кремневых губок, местами они только из них и состоят (фиг. 32). Иногда губки подвергаются частичному растворению, вокруг спикул нарастают фосфатные корки. Фрагменты скелетов, окатанные и остроугольные, размером до десятков см. Они часто хорошо выделяются светлой окраской (фиг. 33) Относительно широко развит и микрокристаллический фосфат, отчасти слагающий фрагменты скелетов губок, отчасти выделяющийся на поверхности спикул.

Подтип "б" также отличается только повышенным содержанием терригенной примеси и глауконита, неравномерным их распределением. Желваки этого подтипа встречены в нижнем фосфатоносном прослое разреза Дубовец и на Егорьевском месторождении (фиг. 34).

Обломочная подгруппа

V тип.

Этот тип желваков, установленный только на Егорьевском месторождении, является достаточно близким к четвертому, но содержит совершенно иной, не отмечавшийся выше элемент - явно обломочные, от угловатых до полуокатанных, несомненно переотложенные фосфатные зерна, образованные фосфатизированным спонголитом (фиг. 35 и 36). Эти зерна погружены в заполняющую массу из спикул, фрагментов скелетов кремневых губок (фиг. 37), очень редких радиолярий (фиг. 38), а также организмов неясного систематического положения (фиг. 39). Изредка встречаются обособления фрамбоидального пирита (фиг. 40), скорее всего микробиального происхождения.

Появление желваков столь оригинального строения достаточно удивительно. Обломки фосфатизированных спонголитов поразительно похожи на фосзерна зернистых фосфоритов формации Фосфория, США [36]. В фосфорийском разрезе, где хорошо выражены весьма протяженные пачки кремней, по сути представляющих слои спонголита кремневых губок *Demospongia*, появление фосфатных зерен -пеллет из спонголита неудивительно. Но наличие таких зерен в желваках рассматриваемого района, возможно, свидетельство того, что в некоторых случаях формировались, может быть и ограниченно, слоеподобные, линзовидные тела спонголита, которые быстро фосфатизировались, а затем перемывались до стадии тонкого песка, но не образовывали слои, а разносились и попадали вновь в губковые скопления. Последние после отмирания также фосфатизировались и, таким образом, желваки пятого типа образованы губковыми скоплениями двух этапов фосфатизации, причем первый отвечал стадии фосфатизации слоев отложений спонголитов.

Изложенное позволяет полагать, что в некоторых случаях в мезозойских отложениях платформы литогенетические процессы почти достигали условий, необходимых для формирования стандартных зернистых фосфоритов. Недостаточная интенсивность биологической продуктивности, вероятно, была главным ограничивающим фактором.

2.2.3. Известковая группа.

Желваки чаще пелитоморфные, коричневато-серые до светло-коричневых и темных, массивные, неслоистые, рыхлые и крепкие. Размер от 0,5 до 5 см в поперечнике. Обломочная примесь представлена зернами кварца, глауконитом, чешуйкам мусковита, реже полевыми шпатами, но иногда полностью отсутствует. Размерность терригенных зерен различная, преимущественно средне- и мелкопесчаная. Фосфориты этой группы встречаются преимущественно в верхних фосфатоносных слоях сеномана и в сантоне Центральных районов.

VI тип.

Подразделяется на два подтипа, при ведущем признаке - массовом присутствии раковин фораминифер и кокколитов. Подтип «а» выделяется по практическому отсутствию терригенного материала, глауконита (фиг. 41), широкому присутствию, наряду с раковинами фораминифер, кокколитов, и фрагментов

карбонатных раковин неясного систематического положения (фиг. 42). В основной массе, скорее всего, присутствуют и микробиальные формы. Такие желваки развиты в сантоне на Полпинском месторождении.

Подтип «б» состоит из раковин фораминифер и кокколитов, различной степени фосфатизации и сохранности; распределение их беспорядочное, местами сгусткоподобное, местами рассеянное, как и терригенной примеси - кварца и глауконита. Раковины фораминифер более крупные и часто хорошо видны даже в оптическом микроскопе. В СЭМ (фиг. 43) четко видны детали строения фораминифер, кокколитов, степень их фосфатизации (фиг. 44-45). Между раковинами в основной массе много трубчатых и кокковидных форм, участками переходящих в губчатые формы, вероятно, продукты разрушения микробиальных матов. Местами широко развиты крустификационные каемки из радиально-лучистого фосфата.

Такие желваки обычно встречаются в верхних фосфатоносных слоях в разрезах Выгоничи, Городец, Бетово, Дубовец, Ендовище (в сурке и вблизи неё).

VII тип.

К седьмому типу желваков отнесены фосфатизированные колонии карбонатных губок и их фрагменты (фиг. 46-47), обычно ассоциированные с желваками на Центральном месторождении. Они распространены не значительно, однако, сам факт присутствия в разной степени фосфатизированных скелетов известковых губок достаточно интересный, потому что зерна из фосфатизированных карбонатных губок весьма широко распространены во многих зернистых фосфоритах мира, начиная с среднекембрийского бассейна Джорждина Австралии и до мел-эоценовых фосфоритов Северной Африки и Ближнего Востока, также Колумбии [38]. Это делает их биотопы массового развития весьма благоприятными, при наличии прочих необходимых условий, для формирования масштабного фосфатогенеза. Конечно, в рассматриваемом регионе не приходится говорить об очень широком распространении известковых губок, что может служить указанием на незначительный фосфатогенез.

Таким образом, по ряду независимых показателей мезозойские отложения платформы несут только примеры наличия тех или иных благоприятных признаков для фосфатогенеза, но весьма негативно отличаются, прежде всего, явно недостаточными масштабами развития позитивных биоценозов, в целом, недостаточными масштабами биологической продуктивности, реальному уровню которой и соответствуют реальный фосфатогенез.

2.2.4. Смешанная группа.

В эту группу достаточно условно объединены довольно разные, по строению основной массы желваки, а также ассоциированные фосфатные образования.

VIII тип.

Этот тип желваков достаточно широко распространен, хотя далеко не доминирует. Он установлен на Кумовогорском месторождении, в нижних фосфа-

тоносных слоях в Злыдино, Грязи, в первом и втором слоях в Дубовце. Эти желваки, в основном, сложены микробиальным матом. Существует некоторая неопределенность при выделении этого типа. Дело в том, что, по крайней мере отчасти, различные бактериальные структуры развиваются за счет лизиса эвкариотных организмов и неоднократно наблюдались случаи развития на них микроорганизмов и следы разрушения. Поэтому, возможно, в некоторых случаях, те части желваков, которые сейчас сложены микробиальными остатками, изначально состояли из совершенно других организмов.

Для желваков с Кумовогорского месторождения характерно явно неравномерное, сгустковое сложение (фиг. 48). При большем увеличении (с травлением) видны (фиг. 49) сплетения тонких, но длинных нитей цианобактерий или гифов грибов (?). Еще большее увеличение (фиг. 50) показывает развитие небольших кокков, дипло- и тетракокков.

В Центральном районе такие желваки, наблюдаемые в СЭМ, также содержат трубчатые и сфероидальные формы микробиального облика. Полые трубки круглого сечения диаметром 1-5 мкм являются скорее всего трихомами цианобактерий (фиг. 51). В других сечениях видны скопления кокковидных форм диаметром 0,5-1 мкм, иногда с остатками гликокаликса (фиг. 52). На поверхности некоторых зерен кварца внутри желвака можно наблюдать сложно переплетенные полые трубчатые формы переменного диаметра в 2-5 мкм, представляющие, вероятно, фосфатные псевдоморфозы по бактериям, выросшим на них местами (фиг. 53). Первичная структура микробиального мата местами утрачена за счет поздней раскристаллизации.

IX тип.

В желваках, наряду с обычными компонентами присутствуют образования неясного генезиса, возможно, копролиты. В существенно фосфатной массе с незначительной примесью терригенного тонкопесчаного материала и глауконита встречаются преимущественно радиолярии и диатомеи, иногда спикулы, в различной степени замещенные фосфатом. Овальные, отчетливо более темные обособления - копролиты (?) неравномерно распределены. Их внутреннее строение недостаточно понятное, более темный цвет, видимо, связан с повышенными содержаниями тонкодисперсного органического вещества (фиг. 54, 55). Если это так, то мы несомненно имеем дело с копролитами небольших организмов, возможно, рыб или зоопланктона. Границы их и вмещающего фосфата часто нечеткие, но отличия определяются концентрацией органического вещества. Желваки этого типа обычно встречаются в нижних фосфатоносных слоях разрезов Грязи, Злыдино, в верхнем желвачном прослое в сурке, в разрезе Дубовец, на Егорьевском месторождении (фиг. 56, 57).

X тип.

В этот тип объединяет фрагменты фосфатизированной древесины, поскольку они иногда исключительно широко распространены, почти не уступая в развитии обычным желвакам, например, в Щиграх. Обычно черные, темносерые обломки отчетливо проявляют в СЭМ клеточные структуры растений, ино-

гда видимые и в оптический микроскоп (фиг.58-60). Такие фрагменты часто встречаются и в разрезах Полпино, Павловск, Добрунь, Грязь.

XI тип.

Фрагменты костей позвоночных - отдельный тип. Они характерны и для желваков, но часто встречаются и самостоятельно, в виде обломков различных размеров. Их биогенная структура хорошо просматривается во всех случаях (фиг. 61, 62).

2.2.5. Группа фосфатных песчаников.

XII тип.

Этот тип фосфатных желваков является, видимо, наиболее распространенным в регионе, но одновременно и наименее богатым по содержанию фосфора, поскольку до 80-90% объема желвака составляют терригенные зерна и/или глауконит. Выше мы уже обращали внимание на участие в сложении желваков и фосфатных зерен микрозернистых и зернистых фосфоритов одних и тех же органических остатков, что, очевидно, указывает на определенную схожесть некоторых существенных факторов их образования. В условиях поступления обильного терригенного и иного, не органического материала, и очевидного подавления биогенной седиментации просто невозможно ожидать значительного богатого фосфатонакопления.

В рассматриваемом типе желваков установлено присутствие представителей многих, если не всех, органических остатков, встреченных в описанных выше типах. Это говорит об их принципиальной близости и, возможно, реально существует непрерывный ряд от желваков, почти не содержащих примеси терригенных и глауконитовых зерен, к желвакам, в которых до 90% объема составляют такие частицы. В данном типе встречаются небольшие участки, в которых количество терригенных зерен и глауконита заметно понижено и не превышает 30-40% площади, соответственно, остальную часть слагают фосфатизированные в разной степени органические остатки.

Вместе с тем, при высоких содержаниях нефосфатных компонентов трудно представить резкое отграничение таких желваков от вмещающего осадка, разве что последний вообще не содержал органических остатков. Поэтому, если не будут получены иные данные, следует полагать, что, по крайней мере, рассматриваемые желваки представляли небольшие части осадка, в которых изначально, по разным причинам, весьма незначительно накапливались органогенные остатки. Конечно, такая седиментация была достаточно быстрой, как и быстро последовавшая фосфатизация. В условиях рыхлой, несцементированной массы осадка относительно литифицированные желваки могли легко отделяться, перемещаться и в разной степени сгуживаться.

Подразделяются желваки на типы по биокомпонентам, при содержаниях терригенного материала и глауконита более 50%. По размерам последних они чаще относятся к песчаным и, значительно реже. Преобладает разномзернистый, плохо сортированный средне- и мелкозернистый песчаный материал, совсем

редок - мелкозернистый, хорошо отсортированный. Фосфат, естественно, выступает как результат заполнения пор, значительно реже, небольшими участками, как базальный, хотя ясно, что это не цемент. Однако, очень широкое развитие получили крустификационные каемки вокруг терригенных зерен, отчетливо развивающиеся в результате раскристаллизации фосфатизированных органических остатков. Подтипы выделяются по преобладающим фосфатизированным органическим остаткам в заполнении между терригенными зернами, глауконитом:

подтип "а" - микробиальные скопления (фиг. 63, 64),

подтип "б" - спикулы, фрагменты скелета кремневых губок, микробиальные скопления (фиг. 65),

подтип "в" - фораминиферы, кокколиты, микробиальные скопления (фиг. 66),

подтип "г" - диатомеи, радиолярии, микробиальные скопления (фиг. 67),

подтип "д" - спикулы, фрагменты скелета кремневых губок, радиолярии, микробиальные скопления (фиг. 68),

подтип "е" - спикулы, фрагменты скелета кремневых губок, фораминиферы и микробиальные скопления (фиг. 69),

в особый *подтип "ж"* выделены желваки, с резко преобладающим фосфатом в виде крустификационных каемок на зернах (особенно частые в Злыдино, Щиграх, Стайках, Грязи) (фиг. 70-72).

Таблица 2.2.

Типы фосфатных желваков встречающихся в верхнеюрских-нижнемеловых месторождениях

А.1 "а" - Егорьевское, Вятско-Камское месторождения; **"б"** - Кимовское месторождение.

Б.П "а" - Егорьевское, Вятско-Камское месторождения; **"б"** - Вятско-Камское месторождение.

IV "а", "б" - Егорьевское месторождение.

Б-1.V - Егорьевское месторождение.

Г.VIII - Кумовогорское месторождение.

X - Вятско-Камское месторождение.

XI - Встречаются повсюду, в виде фрагментов различного размера, довольно часто.

Типы фосфатных желваков встречающихся в верхнемеловых месторождениях

А.1 "а" - Латнетское, Сожское месторождения; **"б"** - Сожское месторождение.

Б.П "а" - Полужье, Грязь, Злыдино, Дубовец: нижние и средние слои, Щигры: нижний слой и плита; **"б"** - Стайки, Грязь, плита; Злыдино, Дубовец, Щигры: нижний слой.

III “а” - Полпино: нижний продуктивный пласт; Злыдино, Дубовец: нижние и средние слои; слой ниже плиты в Щиграх; **“б”** - Злыдино, Дубовец: нижний прослой желваков; Ендовище, Грязь: плита; слой ниже плиты в Щиграх.

IV “а”- Ендовище, Павловск: плита; Злыдино, Щигры: нижний слой; **“б”**- Дубовец, нижний слой.

V.IV - верхние фосфатоносные слои Центральных районов: Выгоничи, Городец, Бетово, Дубовец, Ендовище и др.

VII - Центральное месторождение.

G.VIII - Злыдино: нижняя плита; Грязь: нижний слой; Дубовец: первый и второй слои.

IX - Грязь, Злыдино: нижние слои; Дубовец: верхний прослой желваков в сурке.

X - Щигры, Полпино, Павловск, Добрунь и Грязь.

XI - Встречаются повсюду, в виде фрагментов различного размера, довольно обильно.

D.XII - нижние и средние фосфатоносные слои месторождений Центральных районов.

XII “в” - верхние фосфатоносные слои различных месторождений Центральных районов.

XII “ж” - фосфатные плиты различных месторождений Центральных районов, например: Злыдино, Щигры, Стайки, Грязь.

Завершая характеристику установленных разновидностей фосфатных желваков и ассоциированных фосфатных образований мезозоя Восточно-Европейской платформы, мы посчитали необходимым отметить, что недавно С.Ю. Маленкина [18] осуществила изучение в СЭМ образцов фосфатных плит, довольно часто присутствующих на месторождениях желваковых фосфоритов платформы. Получены принципиально аналогичные факты о характере их строения - фосфатизированные биологические компоненты и продукты их раскристаллизации являются несущей основой довольно твердых плит, но содержащих, кроме терригенного материала, и обычные неинситные желваки. Они большей частью соответствуют по соотношению ведущих компонентов желвакам XII типа. Однако, попытка считать верхние части плит аналогами хардграундов в классическом смысле этого слова кажется весьма сомнительной некоторым авторам монографии, поскольку одним из характерных морфологических признаков хардграундов прежде всего являются массовые ходы илоедов, сверлильщиков, особенно снизу, присутствие полигональных трещин и только отдельных фосфатизированных участков. Насколько известно такие свойства не характерны для твердого дна месторождений платформы. Что касается самой верхней части твердого дна - “поливы” явно необходимы дальнейшие исследования.

Глава 3. Фосфатные желваки некоторых других регионов и их сравнение с мезозойскими желваками Восточно-Европейской платформы

Представлялось весьма важным и интересным сравнить результаты выполненного изучения в СЭМ мезозойских желваков Восточно-Европейской платформы с изучением желваков мезозойского возраста некоторых регионов, а также с фосфатными желваками на современных шельфах Намибии и Перу - Чили. Последнее казалось особенно весьма любопытным, поскольку неоднократно в отечественной и зарубежной литературе высказывались мнения о несоответствии современного фосфатогенеза древнему. По принятой методике были изучены современные желваки шельфов Намибии и Перу-Чили, а так же в небольшом объеме желваки Актюбинского бассейна, палеогена платформы. Представляется, что сравнение всех полученных данных позволит читателю получить достаточно полную картину о сходстве и различии столь разных по месту и времени формирования желваков.

3.1. Краткая характеристика фосфатных желваков Актюбинского бассейна

В качестве первого объекта сравнения рассматриваются фосфатные желваки Актюбинского фосфоритоносного бассейна, расположенного в западной части Казахстанского Урала, в пределах республики Казахстан, в междуречьи Эмбы и Урала. Этот бассейн изучался, начиная с 20-х по 80-ые годы прошлого столетия, в результате был построен Чилисайский комбинат.

Тектонически бассейн принадлежит к краевому прогибу Восточно-Европейской платформы, т.е. отчасти является продолжением мелового бассейна платформы (ВЕБ), в несколько иной тектонической обстановке.

Залежи фосфатных желваков развиты преимущественно от низов сантона до низов палеогена, хотя небольшие проявления встречаются, начиная с сеномана [11, 15]. При заметной фациальной изменчивости наиболее продуктивны сантон-нижнекампанские отложения.

Желваки формируют обогащенные слои, часто плиты, обычно приуроченные к существенно алеврито-песчаным слоям, реже глинистым и относительно повышено карбонатным. По составу присутствующей терригенной примеси в желваках (часто с глауконитом) так же выделяются глинистые, алевро-глинистые, алевритовые и песчаные разновидности. Песчаные разновидности подразделяются на группы по размерности зерен. В фосфоритах отмечено присутствие остатков белемнитов, губок, зубов акул, изредка раковин пелеципод, а также бентосных фораминифер.

По содержанию фосфора желваки в среднем бедные, обычно в пределах 7-12% P_2O_5 . Интересно, что по наблюдениям в световом микроскопе зафиксированы факты замещения карбонатных скелетных остатков фосфатом [15]. Области накопления желваков также приурочены к поднятиям фундамента прогиба, причем наиболее максимальные концентрации желваков - к наиболее воз-

вышенным их частям [11]. Фосфоритоносный бассейн определяется как эпиконтинентальный, сравнительно мелководный, вблизи развитой суши - мощного поставщика обломочного материала (главным образом, кварца, фрагментов кремневых пород).

Таким образом, многие типовые особенности геологической ситуации, литологии, характера желваков в Актюбинском бассейне вполне адекватны таковым для мезозойских желваков на Восточно-Европейской платформе.

Естественно, не предполагалось какого-нибудь значительного изучения в СЭМ желваков Актюбинского бассейна, важно было получить в общем сравнительный материал. Вид обычного желвака бассейна в СЭМ приведен на фиг. 73 - обломочные фрагменты кварца, кремней в разной степени фосфатизированной массе. При большом увеличении (фиг. 74) в ней видны фосфатизированные остатки кремневых губок, радиолярий(?) в микробиальных скоплениях - вполне обычная для желваков платформы картина. Необычными, неустановленными ранее нами и неизвестными из литературы, являются некоторые образования, которые кратко охарактеризуем ниже.

Фрагмент биоморфа неясного систематического положения приведен на фиг. 75 и 76, а на фиг. 77 показан его ЭДС. Довольно толстая фосфатная оболочка этого фрагмента и присутствие подчиненного кремнезема, возможно, указывающего на кремневый состав частично замещенной раковины (?). Еще более любопытны вполне округлые в сечении формы, похожие на сечения раковин, но внутреннее их заполнение при большем увеличении (фиг. 78) оказывается переплетением, скорее всего, цианобактерий. Еще более показательна такая же картина на фрагменте такого образования (фиг. 79). Есть сечения и из тонкопористой фосфатизированной ткани (фиг. 80 и 81). Возможно, все это остатки раковин, пораженных бактериальной экспансией, разрушением. Масса фосфата между всеми заметными, выделяющимися подобными обособлениями скорее всего состоит из разных микробиальных биоморфоз (фиг. 82).

Даже при самом общем первом рассмотрении можно полагать, что нет принципиальных отличий фосфатных желваков мезозоя Восточно-Европейской платформы от желваков Актюбинского бассейна. Однако, специальное, полное изучение их в СЭМ может принести достаточно много частных новых фактов.

3.2. Фосфатные желваки палеогена Воронежской антеклизы

Вторым объектом для сравнения желваки эпиконтинентального морского бассейна, располагавшегося в южной части Воронежской антеклизы, представлявшей собой в палеогеновое время северо-восточное крыло Украинской (Днепровско-Донецкой) синеклизы. Здесь палеоген представлен всеми отделами, а фосфориты приурочены к базальным толщам верхнего палеоцена (сумская серия) и эоцена (каневская, бучакская и киевская свиты).

Фосфориты верхнего палеоцена представляют собой базальный слой (0,2-0,8 м) в основании палеогеновых отложений, сложенный желваками светло-коричневого цвета разнообразной формы и размера (до 0,5 см), сгруппированными в

глауконит-кварцевом песке. В отдельных случаях отмечается фосфоритовый горизонт мощностью до 25-30 см в средней части сумского разреза. Этот горизонт представляет собой зеленовато-серый глауконит-кварцевый песок, переполненный галькой темно-коричневого песчанистого фосфорита размером 2-5 см. Гальки сумского возраста имеют округлую, шарообразную, несколько приплюснутую и вытянутую форму, хорошо отполированную поверхность и образовались, по-видимому, в зоне пляжа.

Иногда в средней части разреза наблюдаются песчанистые желваки зеленовато-серого цвета, округлой и гроздевидной формы. Мощность этого горизонта 15 см. Выше него в кварц-глауконитовом песке встречаются только беспорядочно рассредоточенные желваки.

В основании каневской свиты в глауконит-кварцевом песке (0,-0,3 м) рассеяны гальки глинистого фосфорита размером до 5-6 см в диаметре. Сходный горизонт выделяется и в основании бучакской свиты, но в нем помимо глинистых фосфоритных желваков отмечаются глинисто-песчаные и фосфатизированные ядра пелеципод. Наиболее же мощным (до 1,5 м) является базальный горизонт киевской свиты. Он развит практически повсеместно в поле распространения палеогеновых отложений и на контакте с подстилающими меловыми отложениями содержит обильную рассеянную в глауконит-кварцевом песке или сгруженную в фосслой гальку кремнелых глинистых фосфоритов размером от 2 до 10 см и крупные зерна кварца. В случае залегания киевских пород на бучакских песках отмечаются желваки песчанистых фосфоритов, чёрные кремешки и кварцевый гравий. Одновременно, как правило, увеличивается мощность обогащённой фосфоритами базальной толщи.

В ряде случаев наблюдается размыв бучакских песков вплоть до базального слоя и залегание киевских фосфоритов на бучакских. В таких ситуациях обычно образуются мелкие фосфоритовые месторождения. Формирование фосфоритовых слоев происходило в условиях активной гидродинамической среды мелководно-морских бассейнов. Среди размываемых в палеогене меловых пород наиболее обогащены фосфатами глинисто-карбонатные отложения сантона, где в верхней части разреза, где развиты образования губкового горизонта. Поэтому повышенные концентрации фосфоритов в палеогеновых толщах связаны с площадями их залегания на сантонских породах.

Изучены два образца из киевских отложений Суджанского (обр. 1006А) и Львовского (обр. 328А) районов Курской области. Общий вид их приведен на фиг. 83 и 84. Обращает внимание отсутствие сколько-нибудь заметных количеств терригенных зерен и глауконита, в сравнительно однородной массе видны только темные пустоты от растворенных остатков раковин. В них, в частности, видны либо близко не определимые органические остатки (фиг.85), либо, вероятно, остатки губок (фиг. 86), но в основной части много остатков фораминифер (фиг. 87), хотя они все же заметно разрушены, возможно, отчасти при бактериальном разложении.

Эти фосфатные образования весьма напоминают желваки из нижнего фосфоритового слоя Полпинского месторождения [24], хотя возможно отлича-

ются присутствием наряду с фораминиферами и остатков кремнистых губок. Следует отметить, что желваки этого фосслоя были вымыты из нижележащих альбских темных глин. Почти полное отсутствие терригенного обломочного материала, во всяком случае подобного тому, что характерно для преобладающей части желваков мезозоя платформы, объясняется формированием палеогеновых фосфоритовых горизонтов за счёт размыва верхнемеловых глинисто-карбонатных пород, содержащих включения фосфоритовых желваков. Они образовались на значительных глубинах, куда не поступал терригенный материал. Здесь весь осадок был пропущен через кишечник илоедов и обогащен органикой и фосфором.

3.3. Фосфатные желваки современных океанских шельфов Юго-западной Африки и Перу-Чили.

На современных шельфах юго-западной Африки (Намибии, ЮАР и Анголы) и Перу-Чили распространены фосфатные желваки и зерна неоген-четвертичного возраста, включая современные [3, 4]. Они ассоциируют с био-генно-терригенными осадками: алевроглинистыми и карбонатными илами, обогащенными органическим веществом и содержащими обломки костей рыб и морских млекопитающих. Фосфатные зерна преимущественно мелкопесчаной размерности, имеют обычно округлую или овальную, реже угловатую формы. Конкреции (желваки, 0,5-10 см) разнообразны по формам, включая изометричные, уплощенные и цилиндрические. Желваки, в основном, фосфатные с переменным количеством терригенных обломочных зерен, фосфатизированных органических остатков и пирита. Обломочный материал представлен окатанными и угловатыми зернами, главным образом, кварца (10-100 мкм), содержание которых варьирует в широких пределах. В одних частях желваков они могут отсутствовать, в других образуют плотные скопления (фиг. 88, 89).

В желваках перуано-чилийского шельфа количество такого материала значительно больше по сравнению с желваками с шельфа юго-западной Африки. Некоторые зерна в желваках обоих районов покрыты тонкой кремневой оболочкой. Иногда такая оболочка облекает несколько зерен (фиг. 90, 91). Био-генный материал представлен остатками опаловых панцирей диатомовых водорослей, карбонатным детритом кокколитов и фораминифер, микробиальными остатками и обломками костей. Большая часть остатков диатомей фосфатизирована с разрушением структуры, но местами сохраняются обломки панцирей с характерным для этой микрофлоры пористым строением (фиг. 92-94). Кокколиты и фораминиферы также подверглись фосфатизации, частичному разрушению, но часть камер в раковинках фораминифер остается незаполненной фосфатом (фиг. 95). Присутствуют и некоторые точно не определимые формы (фиг. 96).

Остатки костей характеризуются параллельно-волокнуистым строением. Имеющиеся в них удлиненные полости заполнены колломорфным(?) фосфатом, благодаря чему кости приобретают массивную слоистую структуру

(фиг.97). К числу органических остатков также относятся прямые и изогнутые фосфатизированные трубчатые образования длиной до 10 мкм и более, диаметром в 1-3 мкм (фиг. 98, 99), скопления которых изредка встречаются в желваках обоих регионов. Видимо, это остатки актиномицет или цианобактерий. Пирит, являющийся постоянным и распространенным компонентом практически всех желваков, образует глобулы размером от менее 1 до 20-30 мкм в диаметре (фиг. 100), а также скопления идиоморфных кристаллитов около 2 мкм в поперечнике. Некоторые крупные глобулы состоят, в свою очередь, из плотно упакованных более мелких глобул одинакового или разного размеров.

Некоторая часть фосфата желваков выглядит как коллоидное вещество, но местами в нем присутствуют сгустковые образования глобулярного облика (фиг. 101). В других участках наблюдаются скопления палочковидных и гантелевидных частиц длиной до 3 мкм, иногда разрозненных, иногда образующих сплошную массу (фиг. 102-104). При увеличении порядка 10000х видно, что некоторые частицы в порах (!) имеют кристалломорфный гексагональный облик (фиг. 105). Происхождение всех этих форм и частиц остается спорным: одни специалисты считают их остатками бактерий по морфологическим признакам, другие придерживаются мнения об их минеральной природе, опираясь на результаты микробиологических исследований вмещающих осадков и экспериментальные работы.

В целом же, каких-либо принципиальных отличий в сложении желваков, изученной их небольшой коллекции с современных шельфов юго-восточной Африки и Перу-Чили, от желваков мезозоя Восточно-Европейской платформы не найдено. И можно с большей долей уверенности полагать, что процесс формирования четвертичных желваков, скорее всего, существенно не отличается от подобного более древнего мезозойского механизма. Этим отвергаются существующие мнения, о якобы серьезных различиях современного и древнего фосфатогенеза, по крайней мере, применительно к образованию фосфатных желваков.

Завершая раздел, посвященный сравнению на электронно-микроскопическом уровне желваков мезозоя Восточно-Европейской платформы с желваками других регионов, в том числе и районов их современного формирования, можно отметить, что строение их обычно вполне одинаковое - варьирующая терригенная примесь + часто глауконит, четкие, различные крупные биоморфозы: фораминиферы, губки, диатомеи, радиолярии, кокколиты, фрагменты костей, неопределимые органические остатки, копролиты, иногда фрагменты фосфатных пород - зерна, также включающие биоморфозы, и часто некоторая заполняющая масса, скорее микробная. Поэтому нет каких-либо объективных оснований считать, что они объединяют различные, в том числе и отличающиеся генетически, образования. Читатель же может реально сравнить представленную аргументацию и сделать собственный выбор, в пользу тех представлений, которые ему кажутся более адекватными наблюдениям.

3.4. Фосфатные конкреции венда Подолии, не аналогичные фосфатным желвакам мезозоя Восточно-Европейской платформы.

До сих пор рассматривались примеры разновозрастных, как однотипных, так и несколько отличающихся желваков из различных регионов. Здесь мы хотели бы остановиться на фосфатных конкрециях, весьма внешне отличных от всего того, что описано выше. Имеются ввиду известные уже более 150 лет и распространенные в бассейне р. Днестр, на Подолии Украины фосфатные конкреции, залегающие в вендских отложениях юго-западного фланга Украинского кристаллического щита Восточно-Европейской платформы. В переотложенном виде они встречаются и в верхнемеловых слоях этого района. Видимо, ни один тип фосфатных конкреций не является столь оригинальным благодаря своему совершенно необычному радиально-лучистому строению, нехарактерному для весьма многочисленных и распространенных в широком возрастном и географическом диапазоне обычных фосфатных желваков. Описания их вошли во многие учебники, и они известны не только в области фосфоритов. И было вполне логичным изучить и эти оригинальные образования в СЭМ, чего не делалось, за одним исключением.

Конкреции сконцентрированы в верхней части вендской нагорянской свиты, в колюсских слоях, состоящих из темно-серых, желтовато-серых тонкослоистых аргиллитов, с редкими прослоями алевролитов, а также известняков [1]. В породах свиты найдены весьма многочисленные органические остатки, включая лентовидные водоросли, ламинаритовые пленки, циано-бактериальные формы, многочисленные акритархи, остатки древнейших кишечнополостных и др. [8].

Фосфатные конкреции шаровидные, иногда слегка уплощенные, диаметром от 2 до 10 см. Слои аргиллитов обтекают их, образуя глазчатую структуру, указывая на раннее затверждение конкреций в мягком илу до его уплотнения. Они распределены на 12-15 уровнях в пределах мощности свиты в 45 м, с интервалами от 0,1-0,2 до 1,0-3,0 м, а в плане максимум до 3 м между соседними конкрециями. Конкреции содержат до 33-36% P_2O_5 , т.е. часто весьма высококачественные, но характерно присутствие карбонатов, сульфидов, включений глинистого вещества, гематита, гипса, кварца. По наиболее детальным исследованиям преобладает радиально-лучистый гидроксил-фторхлорапатит, в пустотах развиты кристаллы широко известного подолита [27].

На основе изучения предварительно протравленных в слабой HCl шлифов и образцов, удалось наметить некоторые особенности, уже на стадии изучения в оптическом микроскопе, на которые ранее не обращалось внимания. Так, уже на фотографиях шлифов в проходящем свете (фиг. 106-108) в сечениях, во-первых видны несколько разные по внутреннему строению конкреции, а во-вторых, именно в сечении, если отвлечься от радиально-лучистого строения, они весьма напоминают строение некоторых строматолитовых построек. В первой разновидности характерно присутствие серповидных обособлений белого цвета, сложенных карбонатом спаритового типа, погруженных в темную

массу близкого к ламинному фосфата с пиритом. Другая разновидность характеризуется меньшим объемом карбонатных выделений, более строгой, жесткой ориентированностью фосфатных ламин.

Единственная известная нам попытка изучения этих конкреций в СЭМ была предпринята Ф.В.Сыромятниковым [33]. Он указал на присутствие в них отдельных овальных образований с внешней мелкозубчатой или шишковидной поверхностью, диаметром в 2-3 мкм, предположительно бактерий. До сих пор, однако, непонятна причина радиально-лучистого строения подольских конкреций, что и заставило авторов продолжить их изучение.

При изучении в СЭМ удалось получить информацию о внутреннем строении этих двух разновидностей фосфатных конкреций - они представляют ансамбль нитчатых, преимущественно непустотелых, слабо изгибающихся, очень удлинённых форм, без признаков поперечных перегородок, явных вздутий и пережимов, толщиной до 20-30 мкм (фиг. 109-113). При большем увеличении видно, что поверхность этих филаментов не ровная, а состоит в свою очередь из массы преимущественно полых мелко столбчатых или кокковидных, почти округлых, видимо, бактериальных форм, размером до 10 мкм (фиг. 114-115). Особый характер имеет строение поверхности пустот, достаточно частых в периферии конкреций, между жгутами нитей. Они сложены шаровидными, часто слившимися образованиями диаметром около 120-150 мкм (фиг. 116-118). Оригинально их внутреннее строение. Всегда имеется внешняя оболочка толщиной в 15-20 мкм и внутренние, часто сливающиеся ядра, состоящие из центростремительно расходящихся трубчатых форм диаметром до 4-5 мкм, длиной 50 мкм (фиг. 119-120). Трудно высказать окончательное суждение, но учитывая фосфатный состав этих форм, скорее всего мы имеем дело с еще одним вариантом фосфатных конкреций по биологическим структурам циано-бактериальной природы.

Полученные данные достаточно определенно свидетельствуют, что фосфатные конкреции венда Подолии представляют биологические образования, очевидно, фосфатизированные, постмортально. Этими биологическими объектами следует считать своеобразные циано-бактериальные строматолитоподобные образования. Об этом говорит как их преобладающее нитчатое строение, ассоциация с группой палочковидных и коккоидных форм микроорганизмов, присутствие выделений карбоната, развитие сульфидов. Нитчатое строение, как известно, весьма характерно для цианобактерий, в том числе и образующих строматолиты, а пучки нитей, например, для таких форм как *Ortonella*, которая веерообразно ветвится под острым углом. Видимо, требуется специальное микробиологическое изучение выявленных форм для точной диагностики.

Более сложной представляется проблема шарообразной формы конкреций при радиальном внутреннем строении. Она может определяться, скорее всего тем, что это были свободно плавающие образования, а не обычные бентосные нарастания, т.е. мы имеем дело с планктонными формами. Собственно, среди цианобактерий довольно много планктонных, однако, шарообразные

формы, да еще столь значительных размеров, до 20 см в диаметре, ни сейчас, ни ранее не были описаны и нам не известны.

Водорослевые «шары», описанные во многих древних отложениях [2], обычно, онкоидного, концентрического строения, поэтому должны были быть определенные условия, которые бы поддерживали в плавучем состоянии такие постройки. Конечно, нитчатые и ассоциирующие формы при жизни не были плотными, а с заметным объемом пустот. Затем, присутствие спаритового карбоната, указания на включения глин в края конкреций, повышенные содержания серы, хлора, развитие скоплений гипса в центрах некоторых конкреций [27]. Известно, что гипсы и циано-бактериальные маты создают весьма тесные прорастания – ансамбли в галофильных обстановках, а широко распространенные радиально-лучистые шаровидные конкреции гипса (и ангидрита) своим строением достаточно гомологичны рассматриваемым конкрециям.

Возможно, в локальные периоды возрастания аридности, когда соленость была достаточной для формирования гипса вблизи поверхности бассейна, имело место совмещение этого процесса с развитием бактериального планктона, что, в конечном счете, приводило к формированию плавающих структур. Их перемещение, особенно вращение при волнениях способствовало росту нитчатых форм во всех направлениях, поскольку они скорее всего были фототрофами. Накопления гипса в этом ансамбле так же должны были поддерживать присущую ему форму, с ростом во всех направлениях, радиальную направленность. В комбинации и могли формироваться шаровидные образования, при значительной роли биологического материала. Понятно, что такие ситуации были ограниченными и локальными. Время формирования даже самых крупных шаров вряд ли могло превышать несколько лет, учитывая, что рост кристаллов гипса в подобных условиях водной среды достигает 5 см в год [22]. Изменение условий (опреснение, например) или достижение определенной массы, приводило к опусканию шаров в ил, развитию фосфатизации, вследствие богатства ила биогенным материалом.

Мы рассмотрели один из возможных вариантов объяснения формирования подольских конкреций. Вероятно, могут быть предложены и другие варианты. Так, М.Б. Бурзин (личное сообщение) полагает, что имел место отрыв обычных галофильных бентосных матов в результате штормов, волнений и продолжение их развития в виде плавающих структур, которые трансформировались в радиально-лучистые. Мы попытались на компьютере смоделировать рассмотренные варианты, но по последнему варианту, без разрывов цельности мата и его искусственного срастания, получить адекватную структуру конкреции не удастся. Авторы были бы благодарны коллегам за представления других вероятных вариантов формирования фосфатных конкреций Подолии.

Глава 4. Анализ полученных данных. К модели формирования фосфатных желваков платформы

В результате изучения многих десятков образцов желваков из различных месторождений и проявлений разных частей платформы удалось получить достаточно статистически выдержанную картину их внутреннего строения и наметить основные их типы, различающиеся соотношением фосфатной и нефосфатной частей, характером фосфатизированных органических остатков, что позволяет на ясной основе считать выделение предложенных типов относительно обоснованным. Понятно, что все эти разновидности просто отражают конкретные условия седиментации, как основы формирования их, и лишь затем фосфатизации и обособления участка осадка, как фосфатного желвака, конкреции

Сравнительное изучение желваков из других регионов: меловых Актюбинского бассейна, верхнего палеогена платформы, а также с современных шельфов Африки и Перу-Чили не показало каких-либо принципиальных отличий на уровнях изучения в СЭМ. И даже редкие разновидности из сеномана Полпинского месторождения имеют аналоги в более молодых отложениях.

Хотя всегда постулировались заметные отличия современного фосфатообразования от древнего, в действительности, каких-либо ощутимых различий нынешних желваков с мезозойскими желваками Восточно-Европейской платформы не устанавливается. И это притом, что современные океанические желваки совершенно очевидно формируются в зонах влияния вдольматерикового апвеллинга. Отсюда можно полагать, что существенных изменений в условиях формирования рассмотренных желваков, по крайней мере, с середины мезозоя по настоящее время не произошло.

Некоторые важные элементы кажутся теперь достаточно ясными. Прежде всего, это касается понимания того, что в своей значительной части фосфат желваков представляет результат замещения различных органических остатков. При этом степень фосфатного замещения не всегда абсолютно полная, отчасти сохраняются и незамещенные части скелетов, тел. Сравнительно редко сохраняются мягкие ткани эвкариотных организмов, микробиальные формы демонстрируют разные степени сохранности. Сохранение тончайших деталей строения в биоморфозах постоянно, что отчетливо фокусирует процесс замещения как исключительно быстрый, особенно, если сохраняются остатки с обитавшими на них бактериальными сообществами. В этом отношении нет никаких различий с процессами фосфатного замещения, устанавливаемыми при формировании зернистых, микрозернистых фосфоритов [36].

Оценена и степень последующих преобразований вещества желваков, главным образом, выраженная в виде крустификационных каемок. В целом они не очень значительны, хотя в отдельных случаях могут приобретать существенное значение. В целом же, лишь ограниченно развиты продукты перекристаллизации первичного фосфата в виде каемок на обломочных зернах, еще реже - кристаллы апатита.

Достаточно неожиданным результатом изучения оказался выявленный общий комплекс органических остатков в желваках платформы: карбонатные и кремнистые губки, фораминиферы, кокколиты, диатомеи, радиолярии и т.д. Но этот же комплекс вполне обычен и для мезо-кайнозойских, отчасти даже позд-непалеозойских, зернистых, микрозернистых пластовых фосфоритов Северной Африки, Ближнего Востока и формации Фосфория, США [36]. Понятно, что разновозрастные или близко разновозрастные комплексы биоты могут иметь общих представителей, но в рассматриваемом случае важно другое, а именно палеобиогеографическая аналогичность. Отсюда вытекает вполне определенный вывод об отсутствии принципиальных различий в палеоэкологических и палеоклиматических условиях эпиконтинентальных морей платформы и окраинных частей соответствующих палеоокеанов.

Однако есть и некоторые отличия. Исключая формацию Фосфория, биоценозы кремнистых губок в мезозойских пластовых фосфоритах сравнительно не выражены. А планктонные формы, в общем, и карбонатные губки, напротив, вполне характерны. Совершенно не установлены в желваках фрагменты фосфатных строматолитов и типичные онколиты, что говорит о невысокой аридности климата прилегающей суши, и это подтверждается обилием в отложениях растительных остатков, в том числе и фосфатизированных, притом, что отчасти планктонные формы вполне низкоширотные.

В рамках широкого присутствия планктонных форм в желваках платформы возникает вопрос о причинах этого. Весьма трудно предполагать развитие апвеллингов океанического типа в эпиконтинентальных морях платформы, хотя вблизи океанических пространств они могли быть. Вероятно, однако, мы здесь имеем дело чаще с другой ситуацией, хорошо известной как в океанах, так и в краевых морях. Имеются в виду геоморфологические возвышенности типа гайотов в океанах или подводных поднятий в Японском море. Над ними, вследствие т.н. «островного» апвеллинга происходит подъем биогенов к уровню обитания планктона и его интенсивное развитие, как результат и фосфатизация в разной степени планктонных осадков на таких возвышенностях. Обычно эти поднятия по всему периметру ограничены различными уступами, что исключает поступление обломочного материала, кроме местного.

В рассматриваемом же случае имеется одно отличие, требующее преодоления - это несоизмеримые количества терригенного материала (и глауконита), в целом, доминирующего в желваках и отсутствующих как в фосфатизированных планктоногенных отложениях на возвышенностях, так и часто в пластовых фосфоритах. В общем же следует признать, что интенсивная поставка обломочного материала в области фосфатизации явно подавляла или разбавляла биогенную седиментацию, соответственно и фосфатизацию. Такое сочетание возможно, если в рассматриваемых платформенных морях существовали геоморфологические поднятия, ограниченные лишь относительными уступами лишь с трех сторон, а четвертая переходила в прибрежную равнину с потоком обычного терригенного материала, т.е. в целом в виде своеобразного «структурного носа-выступа». В этом случае в зоне уступов мог действовать местный

апвеллинг и обеспечивать высокую продукцию планктона, а приток терригенного материала не давал сформироваться типичному продукту, характерному для ограниченных со всех сторон подводных возвышенностей. Возможно, такие своеобразные подводные возвышенности формировались на тектонических структурах, связанных с отмеченными выше движениями в фундаменте платформы. Было бы весьма полезным проверить высказанные соображения построением совмещенных палеогеографических и структурных схем.

В конечном виде мы имеем на платформе в эпиконтинентальных морях фосфатогенез в весьма локализованных, ограниченных формах. Поэтому, прежде всего, можно считать, что исключительно интенсивное поступление терригенного материала, существенно ограничившего биогенную седиментацию, не позволило на Восточно-Европейской платформе реализоваться стандартному, несомненно более продуктивному фосфатогенезу, при котором формируются пластовые фосфориты. Все остальные предпосылки имелись, и поэтому нет оснований полагать, что фосфатные желваки образуются в особых климатических или иных, отличных условиях, что, в частности, подтверждается однотипностью современных и мезозойских желваков. Следует напомнить, что фосфатные желваки на шельфах Перу-Чили и Юго-западной Африки ассоциируют и с типичными фосфатными зернами, аналогичными встречающимся в стандартных зернистых и микрозернистых фосфоритах.

Столь интенсивные поставки абиогенного материала могут определяться разными причинами, например, при трансгрессивной фазе питающая суша была сложена рыхлыми, несцементированными осадками; шельф имел более крутые уклоны и т.п. Для решения этой проблемы, конечно, необходимы специальные палеогеографические исследования. Соответственно ясно, что максимально богатые и многочисленные фосфатные желваки будут на тех участках, куда поставка обломочного материала была относительно минимальной, а биогенная седиментация рассмотренного типа была сравнительно максимальной. Присутствие практически типичных фосфатных зерен в отдельных желваках дает основание полагать, что в некоторых участках мезозойского бассейна обстановка достигала условий, при которых начинали формироваться зернистые фосфориты, однако, вряд ли эти условия были продолжительными и масштабными.

Таким образом, можно считать, что высказанные ранее соображения об условиях фосфатогенеза на платформе: специфическом для нее гумидном климате, изоляции от океанов, неблагоприятном эпиконтинентальном характере морей [10, 32], в конкретном плане практически не подтверждаются. Главная же причина - снижение масштабов биогенной седиментации за счет несравнимо большей поставки разубоживающего абиогенного материала, по сути, осталась за границами обсуждения. Но с другой стороны – такова, по сути, общая причина появления фосфатных желваков на фоне относительно благоприятной ситуации для фосфатогенеза, но осложненной интенсивным поступлением нефосфатируемых продуктов, а фосфатируемых - относительно недостаточное, подавленное. Понятно, что чем меньше терригенного материала, глаукони-

та, тем желвак будет в принципе богаче по содержанию фосфатов, что и нашло выражение в проведенной типизации. Уже это одно указывает, что главнейшей причиной образования фосфатных желваков является присутствие скоплений биологических остатков - идеального материала для фиксации в осадках фосфора.

Теперь мы можем рассмотреть более конкретные причины появления фосфатных желваков в осадочном бассейне. Для этого следует начать с характеристики желваков *in situ*, но в доступной литературе таких описаний мы не нашли. Однако, недавно С.Ю. Маленкина [16] описала таковые в целом ряде разрезов: Выгоничи, Городец, Фокино - в "сурке", Полужье - выше -1-го слоя, Ендовище - выше плиты, Первомайское и Добрунь - между 2-ым и 3-им слоями, Щигры - между 1-ым и 2-ым слоями и еще в нескольких местах. Чаще всего их можно наблюдать между конденсированными слоями (обычно между 2-ым и 3-им), но, в целом, спорадически, незакономерно, без концентрации. Поскольку желваки в своей фосфатной части были сложены органическими остатками, то наиболее важным является выяснение причин формирования таких скоплений. Возможно, они могли накапливаться в периоды ослабления придонной гидродинамической активности. Но в эти периоды активна биотурбация, и сохраняются ее некоторые результаты: возникающие неровности мезорельефа дна могли быть местами заметно большего накопления органических остатков, на что обращалось внимание и ранее [24]. Другими подобными участками могли быть губковые заросли. Слабые придонные течения также могли порождать скопления органики с некоторым перемещением и последующей присыпкой песком.

Поскольку фосфатируется биогенный материал, а приблизительно в среднем в фосфатных желваках мезозоя содержится около 30-40% не-биогенного материала, то мы можем считать, что изначально желвак представлял ту часть осадка, которая содержала сравнительно повышенные количества биогенного материала относительно его окружения, где его было значительно меньше. Естественно, должны были существовать условия для фосфатизации этого биогенного материала, что реально и имело место. Судя по некоторым особенностям состава в осадке - области будущего желвака была заметно восстановительная среда (присутствие пирита) что определялось повышенным содержанием органики. Так как иногда сохраняются мягкие ткани, то деструкторы отчасти незначительно разрушали эту биоту, а фосфатизация начиналась очень быстро после отложения осадка. Развитие микробиальных форм на фрагментах раковин и скелетов показывает, что в других случаях активность микроорганизмов была значительной до фосфатизации, которая захватывала эти две разные формы биоты. Здесь следует подчеркнуть, что если желвак был местом относительного обилия эвкариотных остатков, то это место должно было характеризоваться и относительным обилием микробиальных деструкторов этих остатков, если фосфатизация не началась непосредственно после попадания остатков в ил. Поскольку параметры желваков достигают десятка сантиметров, то следует предполагать достаточно высокие скорости седиментации, что считается благоприятным фактором для фосфатизации [36].

Источником фосфора, конечно же, были поровые воды осадков, что хорошо известно по результатам изучения районов развития современных фосфатных зерен и желваков [3]. Следует иметь в виду, что выше рассматривались преимущественно микроостатки в желваках, но в них постоянно присутствуют и макрофаунистические, в том числе костные и макрофлористические остатки. Именно присутствие крупных форм, например, аммонитов, белемнитов и т.п. может иногда определять в заметной степени форму желваков, часто овальную, до шарообразной [35]. Однако, перебив, транспортировка, окатывание могут привести к еще большей округлости желваков; именно такие процессы определяют некоторую близость в крайних случаях к конгломератовым фациям. Для желваков XII типа скорее характерны первичные формы близкие к линзо- и пластообразным, как собственно и плиты, вследствие резкого преобладания в них небиологического материала.

Таким образом, инситуные желваки обособляются от вмещающего осадка, как участки относительного обогащения органическими остатками. Это создает основу для развития фосфатного замещения. Поскольку очевидно, что для создания концентраций в десятки процентов P_2O_5 внутри желвака необходим подток фосфора из окружающего пространства, то, чем больше во вмещающих осадках рассеянных органических остатков, деструкция тел которых микробным сообществом обеспечит обогащение иловых вод фосфатами, тем полнее, быстрее и интенсивнее пройдет процесс замещения в формирующемся желваке. Основой же процесса, при ионных растворах в поровых водах, может являться диффузный подток фосфата сквозь поровую жидкость для необходимого выравнивания концентраций. Вместе с тем, процесс фосфатизации является одновременно процессом литификации желвака, относительно вмещающего осадка. Поэтому при последующих перебивах желваки и могут отделяться, и перемещаться как твердые фрагменты, концентрироваться в определенные слои, вплоть до галечниковых, россыпи в том числе, вследствие повышенного удельного веса.

Литература

1. Арень Б., Бессонова В.Я., Брангулис А.П. и др. Стратиграфия верхне-докембрийских и кембрийских отложений запада Восточно-Европейской платформы. М.: Наука, 1979. – 235 с.
2. Асеева Е.А. Микрофоссилии и водоросли из отложений верхнего докембрия и нижнего палеозоя юго-запада Восточно-Европейской платформы. Киев: Наукова думка, 1976. С. 40-63.
3. Батулин Г.Н. Фосфориты на дне океанов. М.: Наука, 1978. – 231 с.
4. Батулин Г.Н., Люка Ж., Прево-Люка Л. Начальные стадии формирования фосфоритовых конкреций в диатомовых илах шельфа Намибии//Литол. и полез. ископ., 1998, №5. С. 451-467.
5. Бессонова В.Я., Брангулис А.П., Великанова В.А. и др. Палеогеография и литология венда и кембрия запада Восточно-Европейской платформы. М.: Наука, 1980. – 119 с.
6. Бушинский Г.И. Литология меловых отложений Днепровско-Донецкой впадины/Тр. ГИН АН СССР, серия геол., вып. 156, № 56, М.: Изд-во АН СССР, 1954. - 307 с.
7. Бушинский Г.И. О происхождении морских фосфоритов//Литол. и полез. ископ, 1966, № 3. - С 23-42; № 12, С. - 92-96.
8. Волков Н.А., Гниловская М.Б., Лендзен К. и др. Палеонтология верхне-докембрийских и кембрийских отложений Восточно-Европейской платформы. М.: Наука, 1979. – 212 с.
9. Гиммельфарб Б.М. Фосфоритоносность чехла Русской платформы. В кн. Рудоносность Русской платформы. М.: Наука, 1965. - С. 192-202.
10. Гиммельфарб Б.М. Закономерности размещения месторождений фосфоритов СССР и их генетическая классификация. М.: Недра, 1965. - 237с.
11. Железко В.И. Актюбинский фосфоритоносный бассейн/Препринт, Свердловск, УНЦ АН СССР, 1987. - 51 с.
12. Занин Ю.Н., Горленко В.М., Миртов Ю.В. и др. Бактериоморфные образования в желваковых и зернистых фосфоритах//Геология и геофизика, 1987, №2. - С. 43-49.
13. Казаков А.В. Фосфатные фации и генезис фосфоритов/Тр. НИУИФ, вып.142, 1937 - С. 36-48.
14. Карпова М.И. Состав и генезис мезозойских фосфоритов востока Русской платформы. М.: Наука, 1982. - 128 с.
15. Лазур О.Г. Закономерности размещения и условия образования актюбинских желваковых фосфоритов/Экзогенные полезные ископаемые”. М.: Наука, 1976. – С. 86-128.

16. Малёнкина С.Ю. Механизм образования верхнемеловых фосфатоносных пород Воронежской антеклизы/Проблемы фосфатного сырья России. Люберцы, 1999. - С. 71-81.
17. Маленкина С.Ю. Процессы первичного фосфатогенеза в сеноманских отложениях Воронежской антеклизы. Современные вопросы геологии. 3-и яншинские чтения. М.: Научный мир, 2003. С. 229-232.
18. Маленкина С.Ю. Генезис сеноманских фосфатных плит Воронежской антеклизы. Там же. - С. 233-236.
19. Мануковский С.В., Беляев В.И. К вопросу о бактериально-водорослевой природе некоторых типов фосфатов в желваковых фосфоритах и фосфатоносных россыпях//Вестник Воронежского ун-та, серия геология, 2000, вып.5(10). - С. 41-47.
20. Махлина М.Х. О тектоническом положении месторождений желваковых фосфоритов//Изв. вузов. Геология и разведка. 1971, № 1. - С. 73-76.
21. Миртов Ю.В., Занин Ю.Н., Красильникова Н.А. и др. Ультрамикроструктуры фосфоритов (атлас фотографий). М.: Наука, 1987. – 224 с.
22. Обстановки осадконакопления и фации. Т.1. Под ред.Х.Реддинга. М.: Мир, 1990. 351 с.
23. Полянин В.А. (ред.) Фосфоритовые формации Вятско-Камского бассейна. Казань, 1973. - 111 с.
24. Савко А.Д., Беляев В.И., Мануковский С.В. Фосфориты Центрально-Черноземного района России. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1994. - 184 с.
25. Самойлов В.Я. К минералогии фосфоритовых месторождений/ Тр. Комисс. Москов. сельхоз. ин-та по исследованию фосфоритов. 1914, т.VI. - С. 12-35.
26. Седаева К.М., Чика Е.И., Николаев С.Ю. Фосфориты Подмосковья (факторы формирования и локализации)/Бюлл.МОИП, отд.геол., т.69, вып.3, 1994. - С.46-58.
27. Сеньковский Ю.Н., Глушко А.Ю., Сеньковский А.Ю. Фосфориты запада Украины. Киев: Наукова думка. – 130 с.
28. Смирнов А.И., Ивницкая Р.Б., Плотникова В.И., Фридман Н.Г. О минералогической природе фосфатного вещества фосфоритовых руд/Тр.ГИГХС, вып.4. Госхимиздат, 1959. С. 47-52.
29. Смирнов А.И. Вещественный состав и условия формирования основных типов фосфоритов. М.: Недра, 1978. - 196 с.
30. Степанова Т. И. Фосфоритоносность волжского, берриасского и валанжинского ярусов/Литоология и генезис фосфоритоносных отложений СССР. М. Наука: 1980. - С.166-197.
31. Стратиграфический словарь. Верхний докембрий. Отв. ред. М.Е. Раабен. М.: Наука, 1994: - 348 с.
32. Страхов Н.М. Климат и фосфатонакопление//Изв. АН СССР. Геология рудных месторождений, 1960, №1. С. 3-15.

33. Сыромятников В.Ф. О микробиогенном происхождении подольских фосфоритов/Геология месторождений твердых полезных ископаемых», вып.4. М.: Недра, 1968. – С. 68-71.
34. Фоминский В.И. Фосфоритоносность сеномана центральной части Воронежской антеклизы/Генетические типы месторождений осадочных полезных ископаемых. ЛОПИ. М.: Недра, 1973. - С. 75-84.
35. Школьник Э.Л., Бычков Ю.М., Полуботко И.И. и др. Фосфаты в триасе юго-восточной части Верхояно-Колымской складчатой области Омолонского и Охотского массивов./Фосфаты Азии и прилегающих морей”. Владивосток, ДВНЦ, 1984. - С. 125-151.
36. Школьник Э.Л., Тан Тяньфу, Еганов Э.А. и др. Природа фосфатных зерен и фосфоритов крупнейших бассейнов мира. Владивосток: Дальнаука, 1999. – 207 с.
37. Школьник Э.Л., Жегалло Е.А., Краснов А.А. Биоморфные типы фосфатных желваков мезозоя Восточно -Европейской платформы/Мат-лы к литологическому совещанию “Литология и полезные ископаемые Центральной России”. Воронеж, 2000. - С. 105-106.
38. Школьник Э.Л., Жегалло Е.А. Новые результаты электронно-микроскопического изучения зернистых фосфоритов месторождения Песка, Колумбия//Тихоокеанская геология, т.19, №4, 2000. - С.116-122.
39. Шубаков Г.Н., Карпова М.И., Головкова Л.Я. и др. Фосфоритоносные бассейны и месторождения желваковых фосфоритовых руд/Геология месторождений фосфоритов, методика их прогнозирования и поисков. М.: Недра, 1980. - С. 185-202.
40. Ilyin A.V. Phosphorites of the Russian Craton. Earth-Science Reviews, 45, 1998.P. 89-101.
41. Reading H.G. (eds). Sådimentary environments and facies. Oxford,1986. - 615 p.

Подписи к электронномикроскопическим снимкам

Фиг. 1. Общий вид основной массы фосфатного желвака подтипа «а» в СЭМ. Различно ориентированные удлиненные спикулы кремнистых губок и различных размеров раковинки фораминифер в фосфатизированной плотной массе. Вятско-Камское месторождение и далее.

Фиг. 2. То же, при большем увеличении. Видны тонкие микробиальные нити.

Фиг. 3. Фрагмент скелета фосфатизированной кремнистой губки (в центре).

Фиг. 4. Фрагмент фосфатизированной раковины фораминиферы с развитыми на ней крустификационными кристаллическими фосфатными оболочками.

Фиг. 5. Фосфатизированные микробиальные нитчатые и иные формы между эвкариотными остатками.

Фиг. 6. Фрагмент фосфатизированной раковины неясного систематического положения.

Фиг. 7. Диагенетические кристаллы сульфидов внутри фосфатизированной раковины.

Фиг. 8. Основная масса фосфатного желвака того же подтипа, но с Егорьевского Месторождения (и далее, до указания).

Фиг. 9. Фосфатизированная раковина фораминиферы (в центре), внутренняя часть которой заполнена губчатой тканью, вероятно, фосфатизированной эктоплазмой.

Фиг. 10. Фрагмент скелета фосфатизированной губки с фосфатизированными микробиальными остатками на нем.

Фиг. 11. Фосфатизированные микробиальные остатки.

Фиг. 12. То же, но преимущественно кокковидные.

Фиг. 13. Общий вид основной массы фосфатного желвака аналогичного подтипа. Латнетское месторождение (и далее).

Фиг. 14. Фрагмент этого желвака после травления. Проявлены палочковидные структуры в организме неясного систематического положения.

Фиг. 15. Сравнительно крупные фрагменты кремнистых губок в фосфатном желваке рассматриваемого подтипа. Егорьевское месторождение.

Фиг. 16. Развитие микробиальных форм в основной массе фосфатного желвака рассматриваемого подтипа. Егорьевское месторождение.

Фиг. 17. Фосфатный желвак подтипа «в». Основная масса, наряду с многочисленными органическими остатками содержит сравнительно крупные зерна глауконита (внизу снимка, в левой половине). Кимовское месторождение (и далее).

Фиг. 18. Фосфатизированные шаровидные микробиальные формы в основной массе желвака.

Фиг. 19. Фрамбоидальный пирит (в центре) вблизи раковины фораминиферы (справа).

Фиг. 20. Шестовидные кристаллы апатита в порах желвака.

Фиг. 21. Общий вид основной массы фосфоритового желвака II типа, подтипа «а». Многочисленные фосфатизированные (в разной степени) радиолярии, спикулы кремнистых губок, диатомеи в плотной основной массе. Сеноман Центральных районов (и далее).

Фиг. 22. То же, детальнее. Фрагмент скелета кремнистой губки (почти в центре), обломки спикул губок. Между ними микробиальные формы.

Фиг. 23. Фосфатный желвак подтипа «б» с относительным обогащением обломочным материалом, при значительном присутствии спикул губок, радиолярий. Проявление Дубовец.

Фиг. 24. Общий вид фосфатного желвака III типа, подтипа «а» в оптическом микроскопе. Николи паралельны. Видны многочисленные остатки радиолярий и диатомовых. Проявление Злыдино.

Фиг. 25. То же, более детально, в СЭМ. Скелеты радиолярий частично разрушены, из-за неполного замещения. Полпинское месторождение.

Фиг. 26. То же, еще более детально. Остатки диатомовых и вмещающей микробиальной массы в заметной степени разрушения. Сожское месторождение.

Фиг. 27. Общий вид основной массы фосфатного желвака подтипа «б» Между обломочными зернами (темные обособления) видны многочисленные остатки радиолярий. Дубовец, Свободинское месторождение.

Фиг. 28. То же, более детально. Скелет радиолярии (в центре), частично с начальными признаками раскристаллизации. Вокруг частично видны темные обломочные зерна глауконита. Злыдино.

Фиг. 29 Фосфатный желвак типа IV типа, подтипа «а», в основном, состоящий из фрагментов скелетов кремнистых губок, реже фрагментов спикул. Егорьевское месторождение (и далее).

Фиг. 30. То же, более детально Фрагмент скелета кремнистой губки в микробиальной массе.

Фиг. 31. То же, еще более детально.

Фиг. 32. Аналогичного характера фосфатный желвак с многочисленными фрагментами губок. Центральный район. Злыдино.

Фиг. 33. Фосфатный желвак из частично окатанных зерен, включающих скелеты кремнистых губок, выделяющиеся светлой окраской. Центральные районы России, Злыдино.

Фиг. 34. Фосфатный желвак подтипа «б». Преимущественно обломочный характер фосфатизированных органических остатков, как и развитие обломочных терригенных частиц. Дубовец.

Фиг. 35. Общее строение фосфатного желвака V типа. Окатанные, полуокатанные зерна из фосфатизированного спонголита в заполняющей массе. Егорьевское месторождение (и далее).

Фиг. 36. То же, большее увеличение. В центре зерно фосфатизированного спонголита.

Фиг. 37. Заполняющая масса между зернами фосфатизированного спонголита представляющая преимущественно аналогичный спонголит.

Фиг. 38. То же. Фрагмент фосфатизированной радиолярии в основной массе.

Фиг. 39. То же. Фрагмент фосфатизированного организма не ясного систематического положения в основной массе.

Фиг. 40. То же. Фрамбоидальный пирит (в центре) в основной массе.

Фиг. 41. Основная масса фосфатного желвака VI типа, подтипа «а». При практическом отсутствии обломочных зерен преобладают фораминиферы, кокколиты. Полпинское месторождение (и далее).

Фиг. 42. То же, большее увеличение. Разрушенные фрагменты фораминифер, кокколитофорид.

Фиг. 43. Подтип «б». Общий вид в СЭМ фосфатного желвака. Дубовец (и далее).

Фиг. 44. То же, более детально Скопления раковин фосфатизированных фораминифер в микробиальной массе.

Фиг. 45. То же. Кокколитофориды в разрушенной (?) микробиальной массе.

Фиг. 46. Общий вид фосфатизированной карбонатной губки. VII тип. Месторождение Центральное.

Фиг. 47. То же, более детально.

Фиг. 48. Фосфатный желвак VIII типа, общее неравномерное, сгустковое строение: преимущественно из микробиального мата. Кумовогорское месторождение (и далее).

Фиг. 49. То же, при большем увеличении и травлении видны микробиальные нити.

Фиг. 50. То же, еще большее увеличение. Видно развитие небольших кокков, дипло- и тетракокков.

Фиг. 51. Фрагмент строения основной массы другого фосфатного желвака аналогичного типа из микробиального мата. Видны полые трубки, круглого сечения - скорее всего трихомы цианобактерии. Полпинское месторождение (и далее).

Фиг. 52. То же, другое сечение. Скопления кокковидных форм, вероятно, с остатками гликокаликса.

Фиг. 53. То же, сечение по поверхности зерен кварца, где видны сложные переплетения трубчатых форм, вероятно, фосфатизированных псевдоморфоз по бактериальным матам.

Фиг. 54. Особенности строения фосфатного желвака IX типа, состоящего из темных продолговато-округлых фосфатных зерен, вероятно, фрагментов копролитов. Грязи.

Фиг. 55. То же, большее увеличение.

Фиг. 56. Строение фосфатного желвака из несколько иных фосфатных зерен, вероятно, так же копролитов Егорьевское месторождение.

Фиг. 57. То же, при большем увеличении отдельное фосфатное зерно без признаков определенной структуры.

Фиг. 58. Фрагмент фосфатизированной древесины (тип X) с хорошо проявленным внутренним строением. Щигры.

Фиг. 59. и фиг. 60. Так же фрагменты фосфатизированной древесины. Полпино и Павловск.

Фиг. 61. и фиг. 62. Фрагменты костей позвоночных. XI тип. Полпино.

Фиг. 63. Песчанистые желваки (XII тип), подтип «а» - фосфатизированные микробиальные скопления между песчаными зёрнами.

Фиг. 64. То же, но иной характер микробиальных остатков.

Фиг. 65. То же, но подтип «б». Фосфатизированные спикулы губок, фораминиферы, микробиальные скопления в песчаной массе.

Фиг. 66. То же, но подтип «в». Фосфатизированные фораминиферы, кокколитофориды, микробиальные скопления в песчаной массе.

Фиг. 67. То же, но подтип «г». Фосфатизированные радиолярии, диатомовые, микробиальные скопления в песчаной массе.

Фиг. 68. То же, но подтип «д». В песчаной массе фрагменты скелета кремневых губок, радиолярии, микробиальные скопления.

Фиг. 69. То же, но подтип «е». В песчаной массе фосфатизированные спикулы, фрагменты скелетов кремневых губок, фораминиферы и микробиальные скопления.

Фиг. 70. То же, но подтип «ж». Общий вид желвака с фосфатными крустификационными каемками вокруг массы фосфатных и песчаных зёрен. Весьма часты в Щиграх, Злыдино, Стайках, Грязи.

Фиг. 71. То же, но с большим увеличением. Хорошо видны крустификационные каемки, развивающиеся по фосфатизированным органическим остаткам.

Фиг. 72. То же, другой пример детального строения крустификационных каемок.

Фиг. 73. Фосфатный желвак Актюбинского бассейна – общий вид в СЭМ, Темные кварцевые обломочные зёрна погружены в более светлую массу из фосфатизированных органических остатков.

Фиг. 74. То же, большее увеличение. Хорошо видны фрагменты фосфатизированных органических остатков- скелетов кремневых губок, радиолярий(?), микробиальная масса.

Фиг. 75 и фиг. 76. То же. Фрагмент фосфатизированной биоморфозы не ясного систематического положения.

Фиг. 77. ЭДС этой биоморфозы.

Фиг. 78. Другая фосфатизированная биоморфоза в желваках Актюбинского бассейна.

Фиг. 79. То же, но при больших увеличениях видно ее строение из переплетения цианобактерий.

Фиг. 80 и фиг. 81. То же, но другое сечение фосфатизированной биоморфозы при разных увеличениях.

Фиг. 82. То же, масса фосфата микробиального характера между фосфатизированными биоморфозами.

Фиг. 83. Общее строение фосфатного желвака из палеогеновых отложений. В однородной фосфатизированной массе практически отсутствуют обломочные терригенные зёрна. Темные участки – пустоты от растворения органических остатков. Суджанский район.

Фиг. 84. То же, при большем увеличении. Львовский район.

Фиг. 85. То же. Реликты неопределимых органических остатков в фосфатном желваке. Суджанский район.

Фиг. 86. То же Реликты спикул (?) губок с развитием микробиальных форм. Суджанский район.

Фиг. 87. То же. Реликты фосфатизированных фораминифер в желваке. Львовский район.

Фиг. 88. и фиг. 89. Современные фосфатные желваки с шельфа Намибии с варьирующим количеством песчаного обломочного материала.

Фиг. 90. То же. Обломочные зерна имеют тонкие кремневые оболочки.

Фиг. 91. То же, кремневая оболочка вокруг нескольких зерен.

Фиг. 92 –94. Разной степени сохранности панцири диатомей в современных фосфатных желваках с шельфа Намибии.

Фиг. 95. То же, фрагменты фораминифер.

Фиг. 96. То же, фрагменты фосфатизированных органических остатков не ясного систематического положения.

Фиг. 97. То же. Костные остатки позвоночных в желваках.

Фиг. 98 и фиг. 99. То же. Фосфатизированные трубочки цианобактерий(?).

Фиг. 100. То же. Глобулярный пирит в желваках.

Фиг. 101. То же. Сгустки- образования глобулярного облика или палочковидные, гантелевидные формы.

Фиг. 102.-105. То же. Близкие сгустки- скопления при разном увеличении палочковидных форм, генетическая интерпретация которых различная. При увеличении около 10000х (фиг. 105) видно, что эти формы имеют почти кристаллические ограничения.

Фиг. 106-108. Фотографии в оптическом микроскопе фосфатных желваков Подолии. Видны определенные различия в строении желваков. Проходящий свет, увел.примерно 2х.

Фиг. 109-113. Фотографии в СЭМ тех же желваков. Отчетливо видно, что конкреции сложены ансамблем тонких длинных нитей, обычно тесно примыкающих друг к другу.

Фиг. 114 и фиг. 115. То же. Поверхность нитей при большем увеличении. Она сложена ансамблем мелко столбчатых, отчасти кокковидных, часто полых, пористых микробиальных форм.

Фиг. 116 и фиг. 117. То же. Строение поверхности пустот в желваках полусферические формы, тесно сросшиеся друг с другом.

Фиг. 118-120. То же. Внутреннее строение сферических форм при разных увеличениях. Внешняя оболочка состоит из радиально ориентированных, сравнительно коротких тонких нитей. Внутренняя часть (не всегда) - из различно ориентированных, часто центростремительно расходящихся трубчатых форм.

От редактора

Работа написана самыми крупными специалистами России по электронной микроскопии и одновременно лучшими знатоками фосфоритов России и Мира. Авторы, представляя различные геонауки, школы и подходы, удачно дополняют друг друга в изучении труднейшего геобъекта, каким являются фосфориты в целом и желваковые в частности. За длительное время изучения желваковых фосфоритов в их руках оказался уникальный по разнообразию типов материал, изученный комплексно прецизионными методами. Они поэтому смогли разработать современную классификацию фосфатных желваков, и дать описание выделенных типов с акцентом на диагностические признаки.

Желваковые фосфатные образования Русской плиты являются предметом их обстоятельного изучения уже более полутора веков. Добыча их с целью удобрения почв практиковалась с середины 19 века, хотя и в очень незначительном объёме в виде перемолотого материала, вносимого вместе с навозом. В XX веке добыча этого сырья существенно возросла для самостоятельного применения в виде фосфатной муки.

Естественно, возникали попытки определить условия и причины образования этих примечательных и ценных геологических объектов – фосфатных желваков. Последовавшие открытия иных по форме фосфоритов – так называемых «пластовых», образующих скопления гораздо более крупные по массе фосфатного компонента, чем желваковые, углубили и интенсифицировали построения гипотез по общим причинам минерализации фосфора в осадках. От предположений о сугубо биогенном факторе формирования желваков на основе обилия в них органических остатков стали переходить к идеям о превалировании хемогенных условий локализации фосфатных выделений, а также к комбинированию этих факторов.

Тем не менее, начиная с самых ранних предположений в этой области, оставались существенные данные об участии биоса в фосфатогенезе, что стимулировалось наблюдавшимися в фосфоритах и вмещающих породах фосфатизированных фрагментов фауны и флоры в самом широком диапазоне масштаба. Параллельно накапливались данные о преобладании среди карбонатных отложений, особенно в тех, которые непосредственно ассоциируют с фосфоритами, именно биогенных разновидностей. А по результатам изучения современных и субсовременных фосфатных конкреций и других образований со дна океанов, также во многом с признаками участия биоса стала укрепляться биохимическая гипотеза их формирования.

Новый этап в изучении процессов минерализации фосфора (и ряда других рудных компонентов) возник в связи с внедрением в практику исследований сканирующих электронных микроскопов. Описания и фотографии, ценные и важные в отдельности, вместе дают детальную, объективную картину типов фосфоритов. Общая их система не замкнута и позволяет вносить дополнения новыми типами, подтипами и разновидностями, а также группами типов, если они будут обнаружены. Желваки мезозоя и кайнозоя Русской плиты охвачены

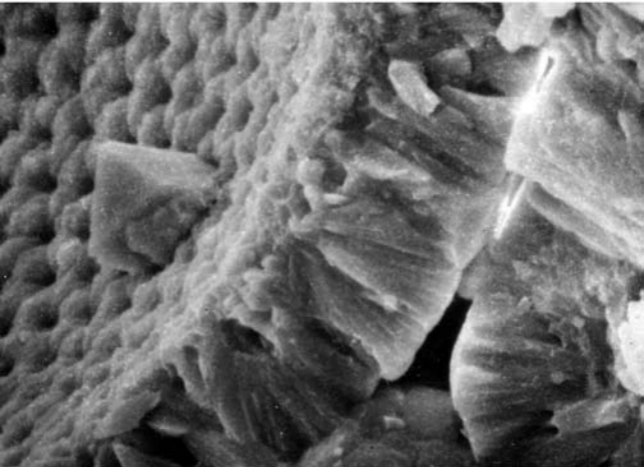
почти с исчерпывающей полнотой и изучены не только изолированно, но и широко применёнными сравнительными методами, особенно эффективными в руках авторов, знающих фосфориты всех континентов и всех геологических периодов жизни Земли и её экзосферы.

СЭМ позволили «раскрыть» биогенные структуры и тех фосфатных образований, которые в силу своего сверхтонкого строения не позволяли относить их к чисто биогенным, и стимулировал привлечение хемогенных представлений. В первую очередь это касалось микрозернистых фосфоритов и как бы афанитовых частей желваков. Однако, наблюдающаяся в ряде случаев близкая ассоциация микрозернистых и желваковых фосфоритов на пластовых месторождениях показывало родственность происхождения тех и других.

Предлагаемая вниманию книга по изучению ультрамикроскопических структур «классических» желваковых фосфоритов Русской плиты с использованием весьма представительного материала является существенным вкладом в дело определения их генезиса путём замещения скоплений биогенного материала на раннедиагенетических стадиях литогенеза с сохранением тончайших деталей строения биологической матрицы. Возникает решающее основание к отрицанию сколько-нибудь значительной роли чисто химических процессов при формировании всех основных типов фосфоритов, в том числе существенно желваковых.

Описания желваков пронизаны методическими и дидактическими положениями, что делает книгу в целом ценным учебным пособием для геологов-осадочников и специалистов по агрорудам и другим полезным ископаемым. Генетические толкования объективных признаков желваков даются на высоком научном уровне литологического анализа и определения различных биофоссилий. Книга необходима студентам, магистрантам и аспирантам, изучающим курсы литологии, полезных ископаемых и палеонтологии.

Научный редактор доктор геолого-минералогических наук
проф. Э.А. Еганов



Vatca-Kama

3 μm



Заключение

Выполненное масштабное изучение в электронном микроскопе фосфатных желваков из разных местонахождений в мезозойских отложениях Восточно-Европейской платформы и сопредельных районов, а так же на современных шельфах впервые позволило получить широкую картину строения их основной массы, установить разнообразие слагающих ее компонентов, прежде всего, фосфатизированных органических остатков. Это природное разнообразие и послужило реальным основанием для классификационной типизации желваков. И в то же время стало ясным, насколько разнообразны конкретные палеобиогеографические обстановки, в которых происходило образование желваков, даже в пределах одного месторождения, в котором могут встречаться желваки разных типов.

Впервые проведено сравнение на ультрамикроскопическом уровне мезозойских желваков с современными желваками шельфов Намибии и Перу-Чили, показавшее принципиальную близость их строения, что указывает и на принципиальную близость условий их образования.

Не менее важно, что удалось также полно и широко показать, что все виды органических остатков желваков являются объектом фосфатного замещения, что совершенно адекватно известным данным о строении морских пластовых фосфоритов. Аналогия оказалась и в самом наборе конкретных органических остатков. В близко-и одновозрастных с описанными желваковыми, зернистых и микрозернистых фосфоритах формации Фосфория США, Северной Африки, Ближнего Востока можно встретить практически те же органические остатки, что отмечены выше. Это наиболее убедительным образом доказывает, что нет принципиальных различий желвакового фосфатогенеза от высокопродуктивного пластового в биологических популяциях соответствующих бассейнов. Реальные же отличия заключаются в несопоставимо больших поставках в рассматриваемые платформенные бассейны терригенного материала, что совершенно не характерно для участков пластового фосфатогенеза, в чисто фосфатных компонентах которого обычно нет даже единичных терригенных зерен. Соответственно, интенсивная терригенная седиментация автоматически подавляет биологическую, что непосредственно сказывается на масштабах и качестве фосфатогенеза. Именно в этом истинная причина, несомненно, меньшей продуктивности желваковых руд, а не в гумидности климата и иных, не имеющих отношения к проблеме, предположениях.

Соответственно, наиболее богаты фосфатом желваки, содержащие минимум алеврито-песчаной примеси терригенного материала и глауконита. В целом же районы максимальной биологической продуктивности и минимальной поставки разубоживающего материала должны, если они есть на продуктивных уровнях и располагаются над значительными геоморфологическими и соответ-

ствующими поднятиями кристаллического фундамента, обеспечить предельно возможную экономическую эффективность их освоения. Таковы главные критерии оценки масштабности и качества фосфатных желваков мезозойских отложений Восточно-Европейской платформы.

От редактора

Работа написана самыми крупными специалистами России по электронной микроскопии и одновременно лучшими знатоками фосфоритов России и Мира. Авторы, представляя различные геонауки, школы и подходы, удачно дополняют друг друга в изучении труднейшего геобъекта, каким являются фосфориты в целом и желваковые в частности. За длительное время изучения желваковых фосфоритов в их руках оказался уникальный по разнообразию типов материал, изученный комплексно прецизионными методами. Они поэтому смогли разработать современную классификацию фосфатных желваков, и дать описание выделенных типов с акцентом на диагностические признаки.

Желваковые фосфатные образования Русской плиты являются предметом их обстоятельного изучения уже более полутора веков. Добыча их с целью удобрения почв практиковалась с середины 19 века, хотя и в очень незначительном объёме в виде перемолотого материала, вносимого вместе с навозом. В XX веке добыча этого сырья существенно возросла для самостоятельного применения в виде фосфатной муки.

Естественно, возникали попытки определить условия и причины образования этих примечательных и ценных геологических объектов – фосфатных желваков. Последовавшие открытия иных по форме фосфоритов – так называемых «пластовых», образующих скопления гораздо более крупные по массе фосфатного компонента, чем желваковые, углубили и интенсифицировали построения гипотез по общим причинам минерализации фосфора в осадках. От предположений о сугубо биогенном факторе формирования желваков на основе обилия в них органических остатков стали переходить к идеям о превалировании хемогенных условий локализации фосфатных выделений, а также к комбинированию этих факторов.

Тем не менее, начиная с самых ранних предположений в этой области, оставались существенные данные об участии биоса в фосфатогенезе, что стимулировалось наблюдавшимися в фосфоритах и вмещающих породах фосфатизированных фрагментов фауны и флоры в самом широком диапазоне масштаба. Параллельно накапливались данные о преобладании среди карбонатных отложений, особенно в тех, которые непосредственно ассоциируют с фосфоритами, именно биогенных разновидностей. А по результатам изучения современных и субсовременных фосфатных конкреций и других образований со дна океанов, также во многом с признаками участия биоса стала укрепляться биохимическая гипотеза их формирования.

Новый этап в изучении процессов минерализации фосфора (и ряда других рудных компонентов) возник в связи с внедрением в практику исследований сканирующих электронных микроскопов. Описания и фотографии, ценные и важные в отдельности, вместе дают детальную, объективную картину типов фосфоритов. Общая их система не замкнута и позволяет вносить дополнения новыми типами, подтипами и разновидностями, а также группами типов, если они будут обнаружены. Желваки мезозоя и кайнозоя Русской плиты охвачены

почти с исчерпывающей полнотой и изучены не только изолированно, но и широко применёнными сравнительными методами, особенно эффективными в руках авторов, знающих фосфориты всех континентов и всех геологических периодов жизни Земли и её экзосферы.

СЭМ позволили «раскрыть» биогенные структуры и тех фосфатных образований, которые в силу своего сверхтонкого строения не позволяли относить их к чисто биогенным, и стимулировал привлечение хемогенных представлений. В первую очередь это касалось микрозернистых фосфоритов и как бы афанитовых частей желваков. Однако, наблюдающаяся в ряде случаев близкая ассоциация микрозернистых и желваковых фосфоритов на пластовых месторождениях показывало родственность происхождения тех и других.

Предлагаемая вниманию книга по изучению ультрамикроскопических структур «классических» желваковых фосфоритов Русской плиты с использованием весьма представительного материала является существенным вкладом в дело определения их генезиса путём замещения скоплений биогенного материала на раннедиагенетических стадиях литогенеза с сохранением тончайших деталей строения биологической матрицы. Возникает решающее основание к отрицанию сколько-нибудь значительной роли чисто химических процессов при формировании всех основных типов фосфоритов, в том числе существенно желваковых.

Описания желваков пронизаны методическими и дидактическими положениями, что делает книгу в целом ценным учебным пособием для геологов-осадочников и специалистов по агрорудам и другим полезным ископаемым. Генетические истолкования объективных признаков желваков даются на высоком научном уровне литологического анализа и определения различных биофоссилий. Книга необходима студентам, магистрантам и аспирантам, изучающим курсы литологии, полезных ископаемых и палеонтологии.

Научный редактор доктор геолого-минералогических наук
проф. Э.А. Еганов

Глава 1. Фосфатные желваки мезозоя Восточно-Европейской платформы: пространственное распределение, тектоническая приуроченность, стратиграфия, литология, фации вмещающих отложений (краткий очерк).

Фосфатные желваки широко распространены в мезозойских отложениях Восточно-Европейской платформы в пределах России и в общем локализованы на значительной площади, простирающейся от предгорных структур западного склона Урала на востоке до границы с Белоруссией на западе, и от Днепровско-Донецкой и Рязано-Саратовской впадин на юге до поднятий фундамента перед Балтийским щитом на севере (рис. 1) на общей площади около 420 тыс. км².

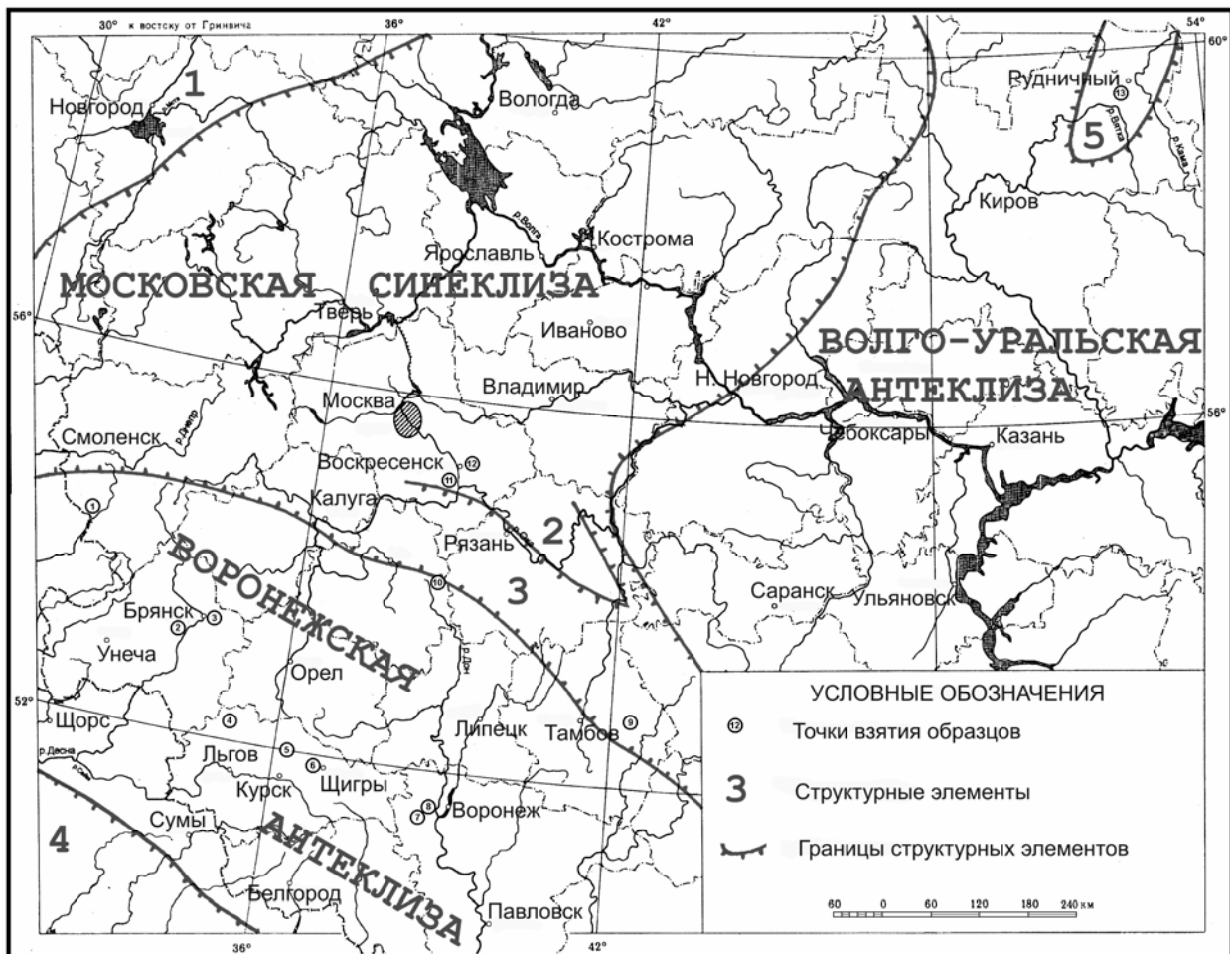


Рис. 1. Структурные элементы: 1 - Ладожская моноклинал Балтийского щита; 2 - Тумско-Шатурский выступ Московской синеклизы; 3 - Пачелмский или Рязано-Саратовский авлакоген; 4 - Днепровско-Донецкий авлакоген (Украинская синеклиза); 5 - Коми-Пермяцкий свод;

Точки взятия образцов: 1 - Сожское месторождение; 2 - обнажение Полужье; 3 - Полпинское месторождение; 4 - Дмитриев-Львовское месторождение; 5 - Свободинское месторождение; 6 - Щигровское месторождение; 7 - Латнетское месторождение; 8 - обнажение Ендовище; 9 - Кимовское месторождение; 10 - Северское месторождение; 11 - Егорьевское месторождение; 12 - Вятско-Камское месторождение.

Поскольку фации и структуры мезозойского чехла платформы в заметной степени отражают структуры фундамента, последние явно влияли на седиментацию в мезозойских бассейнах. Тектонической особенностью наиболее крупных месторождений фосфатных желваков таких, как Егорьевское, Вятско-Камское и месторождений Центральных районов России, является приуроченность к погребенным выступам и сводам кристаллического фундамента (конседиментационным поднятиям), осложняющим склоны антеклиз и синеклиз (см. рис. 1) что было впервые показано М.Х. Махлиной [20]. Так, площадь Егорьевского месторождения расположена над погребенным Тумско-Шатурским выступом гранитно-метаморфического фундамента Волго-Уральской антеклизы (Подмосковная зона поднятий), отделенным зоной разломов от Подмосковного и Пачелмского грабенов.

Вятско-Камский фосфатноносный район приурочен к Коми-Пермяцкому погребенному своду кристаллического фундамента Вятско-Камской антеклизы. Месторождения Центральных районов России отражают ряд поднятий осевой зоны Воронежской антеклизы (из которых наиболее крупные Щигровское и Павловское), а также структурных валов ее северо-восточного обрамления (Рязано-Саратовская седловина). На связи месторождений желваковых и зернистых фосфоритов с конседиментационными структурами указывается в работе [24]. Анализ палеотектонических условий эпох накопления фосфатных желваков дает важные основания для расшифровки условий формирования месторождений постоянно связанных с положительными структурами фундамента платформы II и более высоких порядков.

В постмезозойское время нередко происходило дальнейшее прогибание территории уже сформированных месторождений и в современном общем структурном плане часть из них расположена в пределах впадин: Московской, Вятско-Камской, склонах Днепровско-Донецкой и Рязано-Саратовской. Этим именно объясняются существовавшие представления о приуроченности платформенных месторождений фосфатных желваков к впадинам, синеклизам и подобным отрицательным элементам тектонического рельефа [9, 10], хотя это далеко не всегда так.

Мезозойские фосфатные желваки Восточно-Европейской платформы приурочены к двум стратиграфическим уровням: верхнеюрско-нижнемеловому и верхнемеловому. Соответственно некоторые исследователи, прежде всего А.В.Ильин [40], выделяют два фосфатогенерирующих бассейна - Волго-Уральский (ВУБ) для позднеюрского-раннемелового времени с субмеридиональной ориентировкой и её субширотный позднемеловой на Восточно-Европейский (ВЕБ) (см. рис.1).

1.1. Волго-Уральский фосфоритоносный бассейн

Типичными примерами верхнеюрских-нижнемеловых месторождений фосфатных желваков (т.н. глауконит-терригенной фосфоритоносной формации) являются Егорьевское и Вятско-Камское месторождения.

Егорьевский фосфоритоносный район расположен в 80-90 км к юго-востоку от Москвы. Продуктивная толща здесь залегает на глинах оксфорда и образована двумя фосфоритовыми слоями - нижним и верхним, разделенными слабо фосфатноносными кварц-глауконитовыми песчано-глинистыми породами. Нижний, базальный среднетитонский фосфоритовый слой мощностью 0,15-0,3 м сложен перемытыми фосфоритовыми желваками и гальками (содержащими до 25% P_2O_5), размером 1-10 см, с многочисленными фосфатизированными ископаемыми макроостатками, погруженными в темные глинистые кварц-глауконитовые пески или песчанистые глины.

Верхний, верхнетитонско-берриасский, фосфоритовый слой имеет мощность 0,3-2,5 м. В нижней части он представлен шероховатыми, неправильной формы желваками фосфоритов, размерами от 3 до 7 см, нередко сцементированными в плиту, погруженными в темные глинистые пески. В верхней части он состоит из черных глин с конкрециями железистых фосфоритов, большим количеством ядер фосфатизированных макроостатков и прослоями железисто-фосфоритовых песчаников, содержащих железистые оолиты, сидерит и пирит и переходящих в фосфоритные плиты. Фосфатные желваки этого слоя содержат до 20-22% P_2O_5 . Часто в них встречаются фосфатизированные раковины аммонитов, бухий, многочисленные остатки радиолярий, фораминифер и других организмов, составляющих иногда до 60-70% их объема [14].

Фосфатноносная толща перекрывается кварцевыми песками валанжина, глинами баррема и четвертичными отложениями. В целом отмечается закономерное увеличение ее мощности в северном и северо-западном направлениях от 1,5 до 8,0 м за счет погружения карбонового рельефа основания. Наблюдаются заметные различия в мощности, строении и распространении нижнего и верхнего слоев по площади, при довольно постоянном литологическом составе продуктивной толщи, и неравномерное распределение органических остатков в ней.

Среди фосфатных желваков на основе визуальных и оптико-микроскопических оценок по размерности терригенной примеси обычно выделяли глинистые, алевритовые, песчаные, глинисто-песчаные и глинисто-алевритовые разновидности. По минеральному составу нефосфатных компонентов определялись [30] следующие разновидности желваков (типы руд): кварцевые, глауконитовые, кварц-глауконитовые, глауконит-кварцевые, кварц-глауконит-сидеритовые и кварц-глауконит-железистые (последние две разновидности встречаются только в верхнем слое). На основе сочетания этих признаков - размерности и состава устанавливались различные фации, например: песчаная кварцевая, песчаная глауконитовая, глинисто-песчаная и другие. Собственно же рудная часть - фосфатная, не учитывалась, поскольку считалась одинаковой.

Вятско-Камский фосфоритоносный район находится в междуречье верховьев рек Вятки и Камы, в 220 км к северо-востоку от г. Вятки. Фосфатные желваки здесь залегают в сплошном, довольно однообразном на очень большой площади валанжинском фосфоритоносном слое мощностью 0,5-1,9 м, подсти-

лаемом верхнететонскими серыми известковистыми глинами с прослоями мергеля. В основании продуктивной серии здесь залегает базальный, бухиевый (или “ауцелловый”) слой, переполненный фосфатизированными ядрами бухий, аммонитов, белемнитов, местами сцементированных в плиту, мощностью 0,1-0,9 м. Промышленный (“желвачный”) слой состоит из шероховатых, овальной формы фосфатных желваков размером до 20-25 см в поперечнике, погруженных в мелкозернистые кварц-глауконитовые пески. В свою очередь он подразделяется на 2-3 продуктивных прослоя, между которыми залегают пески и алевриты. Перекрывается желвачный слой неоккомскими черными глинами.

Фосфатные желваки содержат от 16 до 28% P_2O_5 . В них также присутствует масса фосфатизированных остатков фораминифер, радиолярий, спикул губок, фрагментов древесины, суммарно составляющих до 60-70% объема породы [14]. Визуально и оптической микроскопией среди фосфатных желваков различают глинистые, алеврито- и песчано-глинистые, кварц-глауконитовые и глауконит-кварцевые, а также песчано-алевритовые глауконитовые разности. В. А. Поляниным [23] продуктивные слои выделены в фосфорит-глауконитовую формацию со следующими фациями: ауцелловых фосфоритов и фосфоритовой плиты, мелководных конкреционных фосфоритов, сравнительно глубоководных кварц-глауконитовых алевролитов.

Охарактеризованные месторождения и продуктивная серия менее значительных месторождений и проявлений близкого стратиграфического положения обычно объединяют в Волжский (или Волго-Уральский) фосфатноносный бассейн, ориентированный в субмеридиональном направлении. Для него характерна ассоциация верхнеюрских-нижнемеловых фосфатноносных слоев с подстилающими черными юрскими аргиллитами. Это в сочетании с некоторыми геохимическими особенностями фосфоритов, возможно, указывает на сравнительно восстановительные обстановки осадконакопления и заметно отличает их от условий формирования верхнемеловых фосфатноносных слоев. Принципиально важным, однако, является определение первично фосфатогенерирующей толщи, перемины пород которой и сформировали современные продуктивные слои, судя по характеру обломочного материала в желваках вряд ли это черные углеродистые аргиллиты.

1.2. Восточно-Европейский фосфоритноносный бассейн

Восточно-Европейский бассейн (ВЕБ), продолжающийся в Западную Европу [40,], представлен верхнемеловыми фосфоритами (в объемах обычно выделяемой фосфоритноносной глауконит-карбонатной формации) развит преимущественно в Центральных районах Европейской части России, располагающихся в пределах Воронежской антеклизы. К этому бассейну относятся также район месторождения «Центральное» и более мелкие проявления в Тамбовской области (см. рис.1). Но все это лишь фрагменты весьма крупного субширотного). Здесь отличие от ВУБ смежные с фосфатными фациями комплексы преимущественно карбонатные (песчий мел), отчасти трепела и опоки.

На территории Воронежской антеклизы продуктивна, в основном, сеноманская толща, хотя фосфоритные желваки встречаются и ниже, в подстилающих, близких по облику и составу альбских отложениях. Известны также и неокомские фосфатные желваки, слагающие как маломощные базальные горизонты, так и присутствующие в виде отдельных конкреций и проблематичных фосфатизированных органических остатков [34]. Однако все они не имеют промышленного значения. Наиболее крупные месторождения сеноманского возраста - Полпинское, Подбужское, Трухачевское, Слободско-Которецкое, Свободинское, Щигровское.

Характерной особенностью продуктивного горизонта сеноманских глауконит-кварцевых песков является присутствие фосфатных желваков по всему разрезу в рассеянной или концентрированной форме. Размер отдельных желваков варьирует от 0,5 до 15 см, иногда присутствуют сростки из нескольких желваков, существенно более крупные по размеру. Сгруженные желваки в количестве от 40 до 90% объема песков образуют от одного до нескольких тонких прослоев, которые иногда венчаются цементированным слоем (плитой). Полный разрез продуктивной толщи имеет трехчленное строение [6, 24].

Нижний фосфатоносный слой представлен галечником базального типа, мощностью 0,05 - 0,3 м, образованным, в основном, за счет переотложения подстилающих альбских фосфатных желваков, погруженных в грубо- и крупнозернистые пески. Содержание P_2O_5 в нем достигает 12-16%. Слой местами расщепляется на 2-3 прослоя и выклинивается на участках с отсутствием подстилающих слабо фосфатоносных альбских отложений.

Средний фосфатоносный слой (0,2-0,6 м) отделен от нижнего прослоем мелкозернистых песков мощностью 1-3 м и образован неправильной формы песчанистыми желваками. Местами он образует два-три самостоятельных прослоя, а иногда цементирован фосфатным, глинисто-карбонатно-фосфатным, реже кремнистым цементом в плиту. Содержание P_2O_5 в нем - от 7 до 13%.

Верхний фосфатоносный слой (0,3-0,5 м) отделяется от среднего разнозернистыми песками с примесью карбонатов мощностью в 1-3 м. Он представлен шероховатыми, слабо окатанными фосфоритовыми желваками, нередко образующими сростки или даже плиту, погруженными в сильно известковистые, плохо сортированные пески мелкой и средней размерности, иногда цементированные в песчаники карбонатным цементом. Содержание P_2O_5 в нем составляет 13-17%. Перекрываются сеноманские отложения, главным образом, туронским писчим мелом, часто сильно песчанистым в нижней части, а изредка и мергелями сантона.

Продуктивная толща в целом не выдержана по площади [16, 24], некоторые слои расщепляются, выпадают из разреза, либо сливаются друг с другом, изменяется их мощность, насыщенность желваками фосфоритов, а также мощность песков, разделяющих фосфатоносные слои. В северо-западных и, частично, центральных районах Воронежской антеклизы она представлена наиболее полно всеми тремя слоями. Общая мощность фосслоев здесь составляет 0,45-1,5 м, мощность продуктивной толщи - от 0,5 до 18 м. Юго-

западный склон антеклизы, напротив, характеризуется довольно слабой фосфатноносностью. В краевых частях бассейна и, в отдельных случаях, на поднятиях (район г. Павловска) сеноман представлен лишь маломощным (0,2 м) фосфоритовым галечником.

Выделяются следующие основные типы фосфатноносных разрезов сеноманских отложений [16]:

1. Наиболее полный трехчленный разрез, с одной-двумя плитами и несколькими прослоями желваков, характерен для центральных частей обширных конседиментационных поднятий типа Брянско-Калужского, Железнодорожного, Щигровского сводов.

2. Полный трехчленный разрез представлен 3-5 прослоями фосфатных желваков, но без плиты; имеется на склонах поднятий и прогибов, например, Фатежского.

3. Неполный разрез, когда выпадает либо нижний базальный слой, сложенный фосфатным галечником, либо верхний, иногда присутствует плита; развит на склонах прогибов и впадин типа Оршанской.

4. Наличие маломощного фосфатного галечника нижнего или верхнего слоя, развит лишь на наиболее приподнятых частях сводов и краевых частях бассейна (например, г. Павловск, мощность слоя всего 0,2м).

5. Отсутствие четко выраженных слоев фосфоритов, наличие рассеянных желваков в апт-альбской вмещающей толще, значительная её мощность, плохая сортировка песков, формируется во впадинах и центральных частях прогибов типа Деснянского.

Визуально и с использованием оптической микроскопии различаются два типа фосфатных желваков: пелитоморфные и песчанистые. Первые сложены фосфатной массой с пелитоморфной структурой, содержащей незначительную песчаную примесь (3-15%), вторые - либо слабопесчанистые (15-50% объема желвака) или сильно песчаные (до 50-65% и более объема), т.е. по существу являющиеся песчаниками с фосфатным заполнением. Пелитоморфные разделяются на кремнистые и известковистые по первичному составу присутствующих фосфатизированных биологических остатков (обломков скелетов губок, раковин радиолярий, диатомей, кокколитов, фораминифер). Встречаются также первично фосфатные остатки - обломки чешуи, зубов и костей рыб и рептилий, а также фрагменты фосфатизированной древесины. Песчанистые фосфориты содержат аналогичные органические остатки, но их тем меньше, чем больше в них терригенной составляющей.

В рассматриваемом регионе можно выделить следующие фосфатноносные фации: 1-фация мелководных сгуженных фосфатных желваков (подводных отмелей и банок); 2-фация рассеянных желваков, более глубоководная - склонов поднятий; 3-прибрежная фация фосфоритовых галечников и другие фации.

К северо-востоку и востоку от рассмотренных районов концентраций желваков расположен ряд верхнемеловых месторождений Тамбовской и Воронежской областей, также относящихся к ВЕБ. Самое крупное и известное

из них – Центральное, находится в 60 км к востоку от г. Тамбова. В его строении выделяются сеноманский и сантонский фосфатоносные слои, которые разделяются поверхностью размыва. Средние содержания P_2O_5 в этих слоях достигает 14%. Нижний, сеноманский, фосфоритоносный слой мощностью 2-15 м сложен слабоокатанными фосфоритовыми желваками и окатанными гальками, размером до 1-2 см в поперечнике, иногда фосфатными зернами. В основании часто развит слой, обогащенный фосфатными остатками макрофауны (т.н. “акулий горизонт”). Вмещающими являются мелкозернистые глауконит-кварцевые пески. Желваки, зерна встречаются, как в рассеянном виде, так и образуют прослои мощностью до 5 см и содержат 9-15% P_2O_5 . Кроме того, нижний слой содержит промышленные концентрации минералов титана и циркония, в основном, в верхней части.

Верхний, сантонский фосфоритоносный слой образован преимущественно непереотложенными (инситными) фосфатизированными органическими остатками. Это т.н. “губковый горизонт” мощностью 0,2-2 м, состоящий из прижизненных скоплений колоний карбонатных губок (губковые луга), содержащих до 20-25% P_2O_5 , погруженных в тонкозернистые глауконит-кварцевые пески с примесью глинистого вещества. Присутствуют и фосфатные желваки, среди которых выделяются пелитоморфные и песчанистые разновидности. Для первых характерен базальный тип заполнения с устойчивым преобладанием фосфата над терригенными зернами. Встречаются так же фрагменты фосфатизированных скелетов губок, иногда целые кубки размером в 15-20 см, спикулы, фосфатизированные кусочки древесины, коры, кокколиты, фораминиферы, радиолярии, а также мелкие фрагменты костей, зубов рыб. Перечисленные компоненты могут быть включены в фосфоритовые конкреции, но большей частью рассеяны в массе песков [16, 34]. Здесь можно выделить следующие фосфатоносные фации: фация песков с рассеянными желваками; титан-циркониевых россыпей с рассеянными желваками и прослоями желваков; фация прослоев желваков; фосфоритовых галечников; фация инситной фосфатизации (фосфатизированные губковые колоний - “губковый горизонт”) и др.

1.3. Генезис мезозойских фосфоритов Восточно-Европейской платформы

Анализ геологической обстановки, литологии и фаунистических сообществ продуктивных интервалов мезозоя Восточно-Европейской платформы показывает, что для всех них наиболее характерной была обстановка относительно мелководного седиментационного бассейна нормальной солености. Для обширных, типично эпиконтинентальных морей преобладающие глубины не превышали обычно 50-100 м с доминирующими мелкопесчаными фациями. Органический мир был достаточно разнообразным, включал как планктонные (диатомеи, кокколиты, фораминиферы, радиолярии), так и бентосные организмы (разные отряды губок, бактериальные маты,

моллюски и т.п.). Также встречается ихтиофауна (рыбы), но в целом терригенная седиментация преобладала.

В бассейны вносились в массовом количестве и фрагменты древесины, что, видимо, указывает (учитывая их общие параметры) на развитие и островной суши, большей частью относительно недолговечной. Биологические продуценты, видимо, были основой для развития фосфатогенерирующих процессов, с которыми явно конкурировала терригенная седиментация. Сравнительная зрелость терригенного материала указывает на развитие на прилегающей суше довольно интенсивных процессов выветривания, длительность транспортировки, видимо, системой рек, причем с поставкой часто именно в интервалы формирования собственно желваков. Процессы гальмеролиза на дне морского бассейна привели к формированию глауконитсодержащих песков. Подводное выветривание возможно при замедленных темпах седиментации, благоприятных для образования желваков *in situ*. Мелководность морского бассейна даже при небольших колебаниях уровня моря определяла переотложение желваков и образование их скоплений.

Формирование в осадках инситных фосфатных желваков происходило в условиях преобладающей седиментации - смешенной, терригенной и биогенной, при ослабленном придонном гидродинамическом режиме. К сожалению, несмотря на более чем 100-летнюю историю изучения фосфатных желваков мезозоя Восточно-Европейской платформы, в доступной литературе примеров конкретного описания таких разновидностей мало, поскольку обычно речь шла только о более или менее переотложенных формах. С.В. Маленкина [17] в самое последнее время привела примеры инситных фосфатных желваков, заполнив этот пробел в описаниях.

Вместе с тем, присутствие продуктивных, высококонденсированных слоев из переотложенных желваков несомненно свидетельствует о непостоянстве гидродинамического режима бассейна, при усилении которого на дне происходили размывы слоев с инситными фосфатными желваками. Отмечаются различные масштабы выноса нефосфатного материала, степени обработки и накопления желваков. При смене пассивного гидродинамического режима на активный освобождались уже литифицированные желваки, а вмещающие их осадки оставались рыхлыми. Механическое перераспределение и степень сгущения в прослой зависели от объема переработанных осадков и желваков, интенсивности перемылов, их продолжительности, возможно, и от многократности смен гидродинамических режимов. В зоне пляжа формировались фосфатные галечники в условиях волнового воздействия на осадок. Они также могли образоваться при интенсивных придонных течениях, когда выносился глинисто-песчаный материал.

При частых сменах режима близко располагавшиеся желваки могли цементироваться новой фосфатизацией, образуя сростки, линзы, а местами слои - фосфатные плиты [18]. В условиях прекращения осадконакопления могли формироваться [40] близкие к хардгаундам (твердое дно) образования. Изменения гидродинамического режима могли вызываться различными

причинами: влиянием тектонических подвижек дна, эвстатическими колебаниями уровня моря. Приуроченность известных месторождений к положительным структурам кристаллического фундамента определяет и влияние последних на развитие процессов перемива слоев инситных фосфоритов и образование конденсированных слоев. Это, видимо, предполагает их тектоническое воздымание, а соответственно уменьшение глубин, возрастание волнового воздействия, что и приводило к перемивам, при уменьшении общей поставки терригенного материала из-за локальности поднятий. Такие обстановки наиболее адекватны волновым режимам мелководных подводных плато, удаленным от берега отмелям, банкам и т.п. [40]. В соседние впадины сносились рассеянные желваки, где формировались лишь редкие локальные прослои.

Вместе с тем, для каждого из стратиграфических уровней фосфатогенеза характерны и свои определенные специфические черты. Так, в позднеюрско-раннемеловое время в Волго-Уральском бассейне отлагались не только глауконитоносные алевритовые пески, но и углисто-глинистые битуминозные, с сидеритом, шамозитом осадки, известковые глины и песчанистые мергели [40]. Развитие разнообразного и обильного органического мира - пелеципод, аммонитов, белемнитов, кремнистых губок, многочисленной микрофауны - фораминифер, радиолярий свидетельствует о благоприятных для биоса условиях вблизи дна, хотя в ассоциирующих фациях распространены углеродистые осадки, обогащенные сидеритом, шамозитом, анкеритом, сульфидами. Это может указывать на возникновение участками заметно восстановительных условий, особенно во впадинах, где увеличивается мощность осадков. Периодическая активизация гидродинамического режима приводила к перемивам инситных слоев с желваками, сгуживанию последних по стандартной схеме.

Для верхнемелового времени в Восточно-Европейском бассейне по сравнению с Волго-Уральским более типичными были несколько иные седиментационные обстановки: многочисленные, обширные (площадью до сотен км²) консеквентные конседиментационные динамичные поднятия кристаллического фундамента так же обеспечивали формирование высококонденсированных слоев, часто сложного строения, обусловленного их расщеплением, слиянием, выклиниванием, появлением фосфоритовых плит. Инситное фосфатообразование, установленное к настоящему времени, не очень значительно и преимущественно связано с фацией губковых зарослей.

В сеноманское время, на которое приходится максимум фосфатонакопления, в рассматриваемом регионе были характерны обстановки относительно мелководного седиментационного бассейна нормальной солености, и наличие повышенных количеств кислорода в придонных его частях (широкое развитие бентосных сообществ), гидродинамический режим переменной активности. Вместе с тем, довольно значительная доля планктонных, явно не прибрежных форм, говорит о крупных размерах бассейна, развитии определенных приповерхностных течений. Инситное

фосфатонакопление, установленное к настоящему времени, однако, не столь значительно и преимущественно связано с фацией губковых зарослей. Широкое развитие этой фации, как, например, в формации Фосфория, США [36] обеспечивает весьма масштабное фосфатонакопление.

Важный интерес представляет причины формирования желваков *in situ*. С.Ю. Маленкина [17] впервые привела сравнительно полные описания подобных, непереотложенных желваков в сеномане Воронежской антеклизы. Она связывает их формирование с участками сильной биотурбации и относительно интенсивным заполнением ходов организмов биологическим материалом. Вероятно, однако, что это не единственная причина локального обогащения осадка (обычно песчанистого) биологическим материалом, на что указывает присутствие инситных желваков, окаймленных чистым писчим мелом. Нередко в желваках платформы присутствуют почти целые скелеты кремнистых губок в ассоциации с остатками планктона, что может указывать на развитие локальных губковых “полей”, которыми мог задерживаться погружающийся планктон. Микробиальные организмы часто прямо развиваются по различным органическим накоплениям. Определяющую роль при фосфатонакоплении могли играть и небольшие банки моллюсков, локальные скопления мертвых аммонитов. Подобные ситуации известны и в мезозойских отложениях Северо-Востока России [35]. В общем же, вне зависимости от конкретных причин, инситные желваки рассматриваются как часть осадка, относительно обогащенного различным набором органических остатков.

Глава 2. Типизация фосфатных желваков и ассоциированных образований мезозоя Восточно-Европейской платформы по характеру слагающих их основную массу фосфатизированных органических остатков

2.1. Обоснование схемы типизации желваков и ассоциированных с ними образований

Возможности СЭМ устанавливать принадлежность органических остатков, слагающих основную массу желваков (заметно слабее достижимые при использовании оптического микроскопа), позволяют значительно более точно и почти однозначно показать, что фосфатная часть желваков так же, как это было установлено применительно к зернистым фосфоритам [36], представлена, в подавляющей части, различными органическими остатками, замещенными фосфатом. Это позволяет вслед за В.И. Фоминским [34] разделять желваки не только по присутствию того или иного терригенного материала, например, зерен кварца, глауконита и т.п., но и различных органических остатков, таких, как кремнистые или карбонатные губки, фораминиферы, диатомеи и т.д. И всё это со значительно большей полнотой, благодаря использованию возможностей СЭМ. Очевидно, что раскрытие спектра органических остатков, слагающих желваки, весьма информативно для решения корреляционных проблем, восстановления палеообстановок седиментации желваков и т.п. С другой стороны, если устанавливается, что практически вся фосфатная компонента (исключая ката- и метапреобразования) желвака представляет исключительно фосфатные репликации по биологической матрице, то не остается места для гипотез о прямом химическом осаждении такого фосфата.

В таблице 2.1. приведена разработанная на основе выполненных исследований схема типизации фосфатных желваков и некоторых ассоциирующих с ними фосфатных же образований мезозоя Восточно-Европейской платформы. Она нуждается в некоторых пояснениях и комментариях. В основу ее положен принцип выделения разновидностей по преобладающим в основной массе желвака микроорганизмам или фрагментам лишь некоторых макроорганизмов - исключительно разных губок, но без учета сравнительно крупных макроостатков таких, как аммониты, двустворки и т.п., присутствие которых не было определяющим или важным для типизации, вследствие обычно незначительной роли в сложении желвака. При этом они учитывались, как фосфатизированные органические остатки, т.е. как аналогично подвергшиеся процессу фосфатного замещения и не более.

Выделение типов основывалось: на количественном, важных в породообразующем значении, содержании (от 10-15% объема и выше) остатков конкретной группы организмов – радиолярий губок, диатомей, фораминифер, микробиальных форм и т.п., слагающих фосфатную часть желвака. Естественно, также учитывались масштабы присутствия терригенных обломочных зерен - кварца, реже плагиоклаза, слюд и, соответственно, глауконита, который, вероятно, чаще представляется обломочным, в меньшей степени аутигенным, инситным.

Таблица 2.1.

Типы фосфатных желваков и ассоциированных образований мезозоя Восточно-Европейской платформы по характеру слагающих органических остатков

Группы (по составу органических остатков). Подгруппы (по характеру залегания).	Тип	Подтип	Основная характеристика. Количество терригенного материала, глауконита и характер органических остатков.
Карбонатно-кремневая группа.	I	а	Сравнительно богатый (здесь и ниже- мало или почти нет терригенных частиц и /или глауконита). Преобладают фораминиферы, спикулы и фрагменты скелетов кремневых губок. Базис – микробиальные скопления.
		б	Заметное присутствие терригенных частиц и/или глауконита. Остальное, как в п/типе а.
Кремневая группа.	II	а	Сравнительно богатый. Преобладают радиолярии, диатомеи, спикулы и фрагменты скелетов кремнистых губок. Базис – микробиальные скопления.
		б	Заметное присутствие терригенных частиц и/или глауконита. Остальное, как в п/типе а.
	III	а	Преобладают радиолярии и диатомеи. Базис - микробиальные скопления.
		б	Заметное присутствие терригенных частиц и глауконита. Остальное, как в п/типе а.
Обломочная подгруппа.	V	а	Сравнительно богатый. Из окатанных и угловатых зерен спонголита Базис - спикулы и фрагменты скелета кремневых губок, а также, вероятно, радиолярии, микробиальные скопления.
Карбонатная группа	VI	а	Сравнительно богатый, почти без терригенного материала, глауконита. Фораминиферы, кокколиты, фрагменты раковин других форм. Базис – микробиальные скопления.
Инситная подгруппа.	VII		Колонии карбонатных губок
Смешанная группа (из разных органических остатков).	VIII		Сравнительно богатые. Состоят из микробиального мата.
	IX		Сравнительно богатые. Присутствие копролитов (?). Базис - микробиальные скопления.
	X		Фрагменты древесины.
	XI		Фрагменты костей позвоночных.
Группа фосфатных песчаников с разными органическими остатками (менее 50% объема), иногда заметно измененные.	XII	а	Микробиальные скопления.
		б	Спикулы, фрагменты скелетов кремневых губок, микробиальные скопления
		в	Фораминиферы, кокколиты, микробиальные скопления
		г	Диатомеи, радиолярии, микробиальные скопления.
		д	Спикулы, фрагменты скелета кремневых губок, радиолярии, микробиальные скопления.
		е	Спикулы, фрагменты скелетов кремневых губок, фораминиферы, микробиальные скопления.
		ж	Доминирующие кристификационные каемки (оболочки).

Кроме того, выделены различия желваков, содержащие особые выделяющиеся компоненты: зерна фосфатных пород, предположительно - копролиты. Мы посчитали необходимым выделить в отдельные типы и фосфатизированные фрагменты древесины, изначально фосфатные фрагменты костных остатков позвоночных, поскольку они широко распространены и часто являлись практически важным продуктом обогащения.

Как значительный элемент инситуальных продуктов фосфатизации выделен тип карбонатных губок, хотя и нешироко распространенный. В конечном счете, на основе всех указанных принципов определились группы типов желваков - по преобладанию организмов с известковым или кремневым составом раковин, скелета - кремнистых, известковых и сочетающих кремневые и известковые формы. Еще одной основой для разделения желваков, естественно были количественные соотношения в них фосфатного и не фосфатного компонентов. Поэтому выделены в возможных случаях сравнительно богатые фосфатом желваки и разной степени бедные; с относительно малой долей присутствия терригенных зерен и глауконита и весьма значительной - уже собственно песчаники с фосфатным цементом - точнее, с биологическим заполнением, испытывавшем фосфатное замещение.

Таким образом, мы были вынуждены пойти на некоторую неоднородность классификационных принципов, естественно приравливаясь к реальным условиям формирования и распространения фосфатных желваков и близких к ним по форме иного рода фосфатных обособлений.

Перейдем к рассмотрению конкретных характеристик выделенных разновидностей.

2.1. Характеристика типов желваков и ассоциированных с ними образований

2.2.1. Карбонатно-кремневая группа.

Включает только один тип желваков, состоящий из фосфатизированных (не всегда полностью) первично известковых раковин фораминифер и спикул, фрагментов скелетов кремневых губок. Между ними распространены различные бактериальные формы, составляющие, как бы базис раковинного и скелетного материала.

I тип

Этот тип установлен на Егорьевском, Вятско-Камском, Латнетском и Кимовском месторождениях. В рамках его выделяются два подтипа - "а" и "б" по соотношению фосфатной (органической) части с обломочными терригенными зернами кварца, реже полевых шпатов и/или зернами глауконита. В подтип "а" выделяются наиболее богатые фосфатом, соответственно и органическим остатками различия. В них терригенного материала и глауконита очень мало или почти нет. В подтипе "б" нефосфатных компонентов заметно больше, но сум-

марный объем их не превышает 15-20%. Подобный принцип выделения подтипов использован и ниже, для ряда других типов желваков.

Общее строение желвака *подтипа "а"* Вятско-Камского месторождения в СЭМ дано на фиг. 1, а более детально - на фиг. 2. Из анализа их видно, что спикулы губок, раковины небольших планктонных (?) фораминифер распределены достаточно хаотично и погружены в довольно плотный базис. Участками встречаются фрагменты скелетов кремневых губок (фиг. 3). Естественно, все они полностью или, в меньшей степени, только отчасти, замещены фосфатом с сохранением тончайших деталей строения, как и почти все органические остатки в ниже рассматриваемых желваках и ассоциированных с ними образованиях. Это позволяет в дальнейшем, во избежание повторений, постоянно на это обстоятельство не ссылаться, но читатель должен знать, что не обнаружены, хотя бы частично, нефосфатизированные органические остатки.

Некоторые фораминиферы имеют тонкие фосфатные крустификационные оболочки с внешней стороны раковин. Эти, несомненно, вторичные образования возникали в поровом пространстве, отчасти способствовали его заполнению и цементации породы (фиг. 4). Однако, главную роль в сложении пространства между раковинами, частями губок играли различные микробиальные образования, например те, что изображены на фиг. 5. Здесь, вероятно, развиты цианобактериальные маты. Следует отметить, что в желваках встречаются и микроостатки неясного систематического положения (фиг. 6), но обычно количество их невелико и серьезного породообразующего значения они не имеют.

Несомненно, желваки претерпели определенные диагенетические и, возможно, катагенетические преобразования, о чем, наряду с присутствием крустификационных каемок, говорят развитые, например, в раковинах фораминифер превосходные кубические кристаллы сульфидов железа (фиг. 7).

В расположенном почти в 700 км от Вятско-Камского, Егорьевском месторождении установлены весьма близкие фосфатные желваки, общее представление о которых дает фиг. 8. Достаточно любопытным является присутствие в них раковинок фораминифер, внутренняя полость которых выполнена грубо губчатой (в своем масштабе) тканью, вероятнее всего, фосфатизированной цитоплазмой (фиг. 9). Это может свидетельствовать об исключительно быстрой фосфатизации, буквально моментальной после попадания таких фораминифер в осадок. В то же время, это и указатель на небольшие глубины соответствующего моря, при которых до поступления на дно мягкие ткани фораминифер не успевали разложиться.

Иногда на фрагментах кремневых губок наблюдаются скопления кокковидных форм минерализованных бактерий (фиг. 10). В основной массе, между различными раковинами, спикулами, фрагментами скелетов губок, достаточно широко распространены нитчатые микробиальные формы (фиг. 11), но наиболее широко распространены сгустки кокковидных и овальных форм (фиг. 12). Аналогичный подтип желваков установлен и на Латнетском месторождении (фиг. 13). Здесь после травления проявились субориентированные, видимо, па-

лочковидные структуры, вытравленные не полностью в организме неясного систематического положения (фиг. 14).

Следует отметить, что количественные соотношения между фораминиферами и фрагментами кремневых губок широко варьируют, особенно, на Егорьевском месторождении, где распространены сравнительно крупные фрагменты губок (фиг. 15). Однако, развитие в базисном пространстве между фораминиферами и губками микробиальных форм остается неизменным (фиг. 16).

Подтип "б" первого типа развит, в частности, на Кимовском месторождении. Зерна кварца и глауконита постоянно встречаются даже на небольшой площади снимка (фиг. 17). Так же широко развиты в массе желвака микробиальные формы - кокковидные, одиночные и слившиеся в гроздья (фиг. 18). Довольно часты несколько измененные фрамбоидальные скопления пирита, частично уже в окристаллизованных участках (фиг. 19). Изменения в желваках проявлены и в появлении вытянутых правильных кристаллов апатита в многочисленных порах породы (фиг. 20).

Желваки первого типа, таким образом, сложены комбинацией из планктонных и бентосных организмов. Возможна интерпретация их изначального образования, как результат развития скорее ограниченных губковых, колоний, "лугов", в зарослях которых аккумуляровался и фораминиферовый планктон. Развитие микробиального сообщества стимулировалось столь плотной биомассой. Объем желвака мог стать центром фосфатизации, поскольку выделялся степенью концентрации органического вещества - матрицы для фосфатного замещения. Подток фосфора в эту область начинался с момента уменьшения внутренних концентраций после расхода на замещение, по принципу выравнивания концентраций. Вероятно, такая палеофациальная ситуация была наиболее благоприятной и относительно частой, вследствие чего рассмотренный тип желваков распространен на наиболее крупных и сравнительно более богатых месторождениях региона.

2.2.2. Кремневая группа.

Темно-серые, до темно-коричневых желваки этого типа, широко варьируют по размерам от 0,5 до 15 см в поперечнике. Включает одну подгруппу и три типа. В собственно кремневой группе (два типа) желваки включают разнообразные, преимущественно мелкозернистые, плохо сортированные зерна кварца, глауконита, чешуйки слюды (в основном, мусковита), редко полевые шпаты и тяжелые минералы. Желваки этих типов обычно встречаются в нижних и средних фосфатноносных слоях сеномана Центральных районов России.

II тип.

Подтип "а". Содержит до 3-15% примеси терригенного материала и глауконита. В большом количестве присутствуют скелеты радиолярий, створки диатомей, спикулы и фрагменты скелетов кремневых губок, различной степени замещения и сохранности (фиг. 21). Распределение их незакономерное, местами сгустковое, участками рассеянное, как и терригенной примеси. Фрагменты скелетов губок обычно имеют более крупные размеры в сравнении с другими ком-

понентами (фиг. 22). В СЭМ видны мельчайшие детали строения губок, радиолярий, диатомей с полной или частичной фосфатизацией. Местами видна заметная коррозия раковин, вплоть до полного растворения, остаются лишь их отпечатки или выполнение полостей. Между раковинами видны трубчатые или кокковидные образования микробиального характера. Вероятнее всего, это признаки микробиального мата, местами несколько раскристаллизованного. К ним же относятся, вероятно, нечетко оформленные глобулярные частицы в несколько микрон, веретенovidные частицы длиной от 0,2 до 2-3 мкм. Кристаллитовый фосфат также слагает некоторые части органических остатков внутри частично раскристаллизованных диатомей.

Желваки этого подтипа обычно встречаются в нижних и средних фосфатоносных слоях разрезов Полужье, Грязь (Сожское месторождение), Злыдино (Дмитриев-Льговское месторождение), Дубовец (Свободенское месторождение) и Щигры сеномана Центральных районов России. В Щиграх они присутствуют и в плите.

Подтип "б" отличается только присутствием до 15-50% терригенной примеси и глауконита, также неравномерно распределенной. Примеси мелкозернистые, иногда разнозернистые, часто с плохой сортировкой, текстура беспорядочная (фиг. 23). Такие желваки встречаются обычно в нижних слоях и плитах разрезов Стайки, Грязь, Ендовище, Злыдино, Дубовец и Щигры.

III тип.

Подтип "а" соответственно с небольшой примесью нефосфатных зерен, при неравномерном распределении радиолярий и диатомей, в разной степени замещенных фосфатом (фиг. 24). Микрозернистый фосфат встречен лишь при некоторой раскристаллизации раковин. Обломочный материал преимущественно мелко- и тонкозернистый. Аутигенный глауконит достигает заметно больших размеров, иногда его обособления, как бы растворяются в окружающем фосфате, имеют нечеткие края и по ним фосфатируются. В СЭМ и даже в оптический микроскоп можно видеть все стадии замещения скелетов, например, радиолярий - частичное или полное (фиг. 25). В диатомеях, из-за меньших размеров и худшей сохранности такие явления можно наблюдать только в СЭМ (фиг. 26). Матрикс между раковинами и нефосфатными зернами выглядит, как и в предыдущем типе.

Такие желваки обычно встречаются в нижних и средних фосфатоносных слоях в таких разрезах как Полпино, Злыдино, Дубовец, ниже плиты в Щиграх, иногда в виде небольших скоплений и в других разрезах.

Подтип "б" также отличается относительно повышенным содержанием терригенной примеси, кварца и глауконита, неравномерно распределенной, преимущественно мелкозернистой. Эти желваки встречаются в нижнем фосфатоносном прослое в разрезах Дубовец, Злыдино, ниже плиты в Щиграх, в плите разрезов Грязь и Ендовище. Также, как и в подтипе "а" между зернами распространены аналогичные остатки микрофауны (фиг. 27, 28).

IV тип.

Этот тип желваков характерен исключительным развитием в нем спикул или чаще фрагментов скелетов кремневых губок, находящихся в микробиальном базисе. По соотношению фосфатной и терригенной (с глауконитом) составляющих он также подразделяется на два подтипа.

Подтип "а" развит, в частности, на Егорьевском месторождении. Здесь в нем хаотично смешаны различные фрагменты губок, реже отдельные спикулы, без каких-либо признаков ориентировки (фиг. 29-31). Иногда отдельные довольно крупные участки вообще кажутся сплошной, несколько разрушенной губковой колонией, но обычно все же хорошо различаются разные фрагменты скелетов, а так же микробиальное заполнение, в котором есть много мелких обломков скелетов (фиг. 30). Встречаются очень редкие фрагменты организмов неясного систематического положения. Губковые "луга" - обычные биотопы в морях и океанах на разных глубинах, на различных широтах. И формирование фосфатных желваков по скоплениям остатков кремневых губок - достаточно обычный процесс, как для собственно желваков (например, см. работу [35]), так и других типов фосфатных накоплений. Фосфатизация губковых накоплений, например, исключительно характерна для зернистых фосфоритов формации Фосфория, США [36], а первые массовые фосфатизированные кладбища губок известны уже в кембрийском Каратауском бассейне [36].

При прочих равных условиях для масштабного развития процесса, прежде всего, необходимо широкое развитие мощных кремнево-губковых накоплений, подобных тому, что реализовалось в формации Фосфория и в Каратау. В мезозое Восточно-Европейской платформы ничего подобного нет, хотя, видимо, локальные поселения губок были довольно часты, как по разрезу, так и по латерали бассейна. Соответственно они могли продуцировать обычно только небольшие желваки. Это означает, что фактическая биологическая продуктивность, по крайней мере, губкового бентоса мезозойских бассейнов платформы была меньшей.

Сравнительно близкие желваки развиты и в Центральных районах России, в нижних фосфатоносных слоях разрезов Злыдино, Щигры и плитах Ендовища и Павловска. В них также большое количество спикул и фрагментов скелетов кремневых губок, местами они только из них и состоят (фиг. 32). Иногда губки подвергаются частичному растворению, вокруг спикул нарастают фосфатные корки. Фрагменты скелетов, окатанные и остроугольные, размером до десятков см. Они часто хорошо выделяются светлой окраской (фиг. 33) Относительно широко развит и микрокристаллический фосфат, отчасти слагающий фрагменты скелетов губок, отчасти выделяющийся на поверхности спикул.

Подтип "б" также отличается только повышенным содержанием терригенной примеси и глауконита, неравномерным их распределением. Желваки этого подтипа встречены в нижнем фосфатоносном прослое разреза Дубовец и на Егорьевском месторождении (фиг. 34).

Обломочная подгруппа

V тип.

Этот тип желваков, установленный только на Егорьевском месторождении, является достаточно близким к четвертому, но содержит совершенно иной, не отмечавшийся выше элемент - явно обломочные, от угловатых до полуокатанных, несомненно переотложенные фосфатные зерна, образованные фосфатизированным спонголитом (фиг. 35 и 36). Эти зерна погружены в заполняющую массу из спикул, фрагментов скелетов кремневых губок (фиг. 37), очень редких радиолярий (фиг. 38), а также организмов неясного систематического положения (фиг. 39). Изредка встречаются обособления фрамбоидального пирита (фиг. 40), скорее всего микробиального происхождения.

Появление желваков столь оригинального строения достаточно удивительно. Обломки фосфатизированных спонголитов поразительно похожи на фосзерна зернистых фосфоритов формации Фосфория, США [36]. В фосфорийском разрезе, где хорошо выражены весьма протяженные пачки кремней, по сути представляющих слои спонголита кремневых губок *Demospongia*, появление фосфатных зерен -пеллет из спонголита неудивительно. Но наличие таких зерен в желваках рассматриваемого района, возможно, свидетельство того, что в некоторых случаях формировались, может быть и ограниченно, слоеподобные, линзовидные тела спонголита, которые быстро фосфатизировались, а затем перемывались до стадии тонкого песка, но не образовывали слои, а разносились и попадали вновь в губковые скопления. Последние после отмирания также фосфатизировались и, таким образом, желваки пятого типа образованы губковыми скоплениями двух этапов фосфатизации, причем первый отвечал стадии фосфатизации слоев отложений спонголитов.

Изложенное позволяет полагать, что в некоторых случаях в мезозойских отложениях платформы литогенетические процессы почти достигали условий, необходимых для формирования стандартных зернистых фосфоритов. Недостаточная интенсивность биологической продуктивности, вероятно, была главным ограничивающим фактором.

2.2.3. Известковая группа.

Желваки чаще пелитоморфные, коричневато-серые до светло-коричневых и темных, массивные, неслоистые, рыхлые и крепкие. Размер от 0,5 до 5 см в поперечнике. Обломочная примесь представлена зернами кварца, глауконитом, чешуйкам мусковита, реже полевыми шпатами, но иногда полностью отсутствует. Размерность терригенных зерен различная, преимущественно средне- и мелкопесчаная. Фосфориты этой группы встречаются преимущественно в верхних фосфатоносных слоях сеномана и в сантоне Центральных районов.

VI тип.

Подразделяется на два подтипа, при ведущем признаке - массовом присутствии раковин фораминифер и кокколитов. Подтип «а» выделяется по практическому отсутствию терригенного материала, глауконита (фиг. 41), широкому присутствию, наряду с раковинами фораминифер, кокколитов, и фрагментов

карбонатных раковин неясного систематического положения (фиг. 42). В основной массе, скорее всего, присутствуют и микробиальные формы. Такие желваки развиты в сантоне на Полпинском месторождении.

Подтип «б» состоит из раковин фораминифер и кокколитов, различной степени фосфатизации и сохранности; распределение их беспорядочное, местами сгусткоподобное, местами рассеянное, как и терригенной примеси - кварца и глауконита. Раковины фораминифер более крупные и часто хорошо видны даже в оптическом микроскопе. В СЭМ (фиг. 43) четко видны детали строения фораминифер, кокколитов, степень их фосфатизации (фиг. 44-45). Между раковинами в основной массе много трубчатых и кокковидных форм, участками переходящих в губчатые формы, вероятно, продукты разрушения микробиальных матов. Местами широко развиты крустификационные каемки из радиально-лучистого фосфата.

Такие желваки обычно встречаются в верхних фосфатоносных слоях в разрезах Выгоничи, Городец, Бетово, Дубовец, Ендовище (в сурке и вблизи неё).

VII тип.

К седьмому типу желваков отнесены фосфатизированные колонии карбонатных губок и их фрагменты (фиг.46-47), обычно ассоциированные с желваками на Центральном месторождении. Они распространены не значительно, однако, сам факт присутствия в разной степени фосфатизированных скелетов известковых губок достаточно интересный, потому что зерна из фосфатизированных карбонатных губок весьма широко распространены во многих зернистых фосфоритах мира, начиная с среднекембрийского бассейна Джорждина Австралии и до мел-эоценовых фосфоритов Северной Африки и Ближнего Востока, также Колумбии [38]. Это делает их биотопы массового развития весьма благоприятными, при наличии прочих необходимых условий, для формирования масштабного фосфатогенеза. Конечно, в рассматриваемом регионе не приходится говорить об очень широком распространении известковых губок, что может служить указанием на незначительный фосфатогенез.

Таким образом, по ряду независимых показателей мезозойские отложения платформы несут только примеры наличия тех или иных благоприятных признаков для фосфатогенеза, но весьма негативно отличаются, прежде всего, явно недостаточными масштабами развития позитивных биоценозов, в целом, недостаточными масштабами биологической продуктивности, реальному уровню которой и соответствуют реальный фосфатогенез.

2.2.4. Смешанная группа.

В эту группу достаточно условно объединены довольно разные, по строению основной массы желваки, а также ассоциированные фосфатные образования.

VIII тип.

Этот тип желваков достаточно широко распространен, хотя далеко не доминирует. Он установлен на Кумовогорском месторождении, в нижних фосфа-

тоносных слоях в Злыдино, Грязи, в первом и втором слоях в Дубовце. Эти желваки, в основном, сложены микробиальным матом. Существует некоторая неопределенность при выделении этого типа. Дело в том, что, по крайней мере отчасти, различные бактериальные структуры развиваются за счет лизиса эвкариотных организмов и неоднократно наблюдались случаи развития на них микроорганизмов и следы разрушения. Поэтому, возможно, в некоторых случаях, те части желваков, которые сейчас сложены микробиальными остатками, изначально состояли из совершенно других организмов.

Для желваков с Кумовогорского месторождения характерно явно неравномерное, сгустковое сложение (фиг. 48). При большем увеличении (с травлением) видны (фиг. 49) сплетения тонких, но длинных нитей цианобактерий или гифов грибов (?). Еще большее увеличение (фиг. 50) показывает развитие небольших кокков, дипло- и тетракокков.

В Центральном районе такие желваки, наблюдаемые в СЭМ, также содержат трубчатые и сфероидальные формы микробиального облика. Полые трубки круглого сечения диаметром 1-5 мкм являются скорее всего трихомами цианобактерий (фиг. 51). В других сечениях видны скопления кокковидных форм диаметром 0,5-1 мкм, иногда с остатками гликокаликса (фиг. 52). На поверхности некоторых зерен кварца внутри желвака можно наблюдать сложно переплетенные полые трубчатые формы переменного диаметра в 2-5 мкм, представляющие, вероятно, фосфатные псевдоморфозы по бактериям, выросшим на них местами (фиг. 53). Первичная структура микробиального мата местами утрачена за счет поздней раскристаллизации.

IX тип.

В желваках, наряду с обычными компонентами присутствуют образования неясного генезиса, возможно, копролиты. В существенно фосфатной массе с незначительной примесью терригенного тонкопесчаного материала и глауконита встречаются преимущественно радиолярии и диатомеи, иногда спикулы, в различной степени замещенные фосфатом. Овальные, отчетливо более темные обособления - копролиты (?) неравномерно распределены. Их внутреннее строение недостаточно понятное, более темный цвет, видимо, связан с повышенными содержаниями тонкодисперсного органического вещества (фиг. 54, 55). Если это так, то мы несомненно имеем дело с копролитами небольших организмов, возможно, рыб или зоопланктона. Границы их и вмещающего фосфата часто нечеткие, но отличия определяются концентрацией органического вещества. Желваки этого типа обычно встречаются в нижних фосфатоносных слоях разрезов Грязи, Злыдино, в верхнем желвачном прослое в сурке, в разрезе Дубовец, на Егорьевском месторождении (фиг. 56, 57).

X тип.

В этот тип объединяет фрагменты фосфатизированной древесины, поскольку они иногда исключительно широко распространены, почти не уступая в развитии обычным желвакам, например, в Щиграх. Обычно черные, темносерые обломки отчетливо проявляют в СЭМ клеточные структуры растений, ино-

гда видимые и в оптический микроскоп (фиг.58-60). Такие фрагменты часто встречаются и в разрезах Полпино, Павловск, Добрунь, Грязь.

XI тип.

Фрагменты костей позвоночных - отдельный тип. Они характерны и для желваков, но часто встречаются и самостоятельно, в виде обломков различных размеров. Их биогенная структура хорошо просматривается во всех случаях (фиг. 61, 62).

2.2.5. Группа фосфатных песчаников.

XII тип.

Этот тип фосфатных желваков является, видимо, наиболее распространенным в регионе, но одновременно и наименее богатым по содержанию фосфора, поскольку до 80-90% объема желвака составляют терригенные зерна и/или глауконит. Выше мы уже обращали внимание на участие в сложении желваков и фосфатных зерен микрозернистых и зернистых фосфоритов одних и тех же органических остатков, что, очевидно, указывает на определенную схожесть некоторых существенных факторов их образования. В условиях поступления обильного терригенного и иного, не органического материала, и очевидного подавления биогенной седиментации просто невозможно ожидать значительного богатого фосфатонакопления.

В рассматриваемом типе желваков установлено присутствие представителей многих, если не всех, органических остатков, встреченных в описанных выше типах. Это говорит об их принципиальной близости и, возможно, реально существует непрерывный ряд от желваков, почти не содержащих примеси терригенных и глауконитовых зерен, к желвакам, в которых до 90% объема составляют такие частицы. В данном типе встречаются небольшие участки, в которых количество терригенных зерен и глауконита заметно понижено и не превышает 30-40% площади, соответственно, остальную часть слагают фосфатизированные в разной степени органические остатки.

Вместе с тем, при высоких содержаниях нефосфатных компонентов трудно представить резкое отграничение таких желваков от вмещающего осадка, разве что последний вообще не содержал органических остатков. Поэтому, если не будут получены иные данные, следует полагать, что, по крайней мере, рассматриваемые желваки представляли небольшие части осадка, в которых изначально, по разным причинам, весьма незначительно накапливались органические остатки. Конечно, такая седиментация была достаточно быстрой, как и быстро последовавшая фосфатизация. В условиях рыхлой, несцементированной массы осадка относительно литифицированные желваки могли легко отделяться, перемещаться и в разной степени сгуживаться.

Подразделяются желваки на типы по биокомпонентам, при содержаниях терригенного материала и глауконита более 50%. По размерам последних они чаще относятся к песчаным и, значительно реже. Преобладает разномзернистый, плохо сортированный средне- и мелкозернистый песчаный материал, совсем

редок - мелкозернистый, хорошо отсортированный. Фосфат, естественно, выступает как результат заполнения пор, значительно реже, небольшими участками, как базальный, хотя ясно, что это не цемент. Однако, очень широкое развитие получили крустификационные каемки вокруг терригенных зерен, отчетливо развивающиеся в результате раскристаллизации фосфатизированных органических остатков. Подтипы выделяются по преобладающим фосфатизированным органическим остаткам в заполнении между терригенными зернами, глауконитом:

подтип "а" - микробиальные скопления (фиг. 63, 64),

подтип "б" - спикулы, фрагменты скелета кремневых губок, микробиальные скопления (фиг. 65),

подтип "в" - фораминиферы, кокколиты, микробиальные скопления (фиг. 66),

подтип "г" - диатомеи, радиолярии, микробиальные скопления (фиг. 67),

подтип "д" - спикулы, фрагменты скелета кремневых губок, радиолярии, микробиальные скопления (фиг. 68),

подтип "е" - спикулы, фрагменты скелета кремневых губок, фораминиферы и микробиальные скопления (фиг. 69),

в особый *подтип "ж"* выделены желваки, с резко преобладающим фосфатом в виде крустификационных каемок на зернах (особенно частые в Злыдино, Щиграх, Стайках, Грязи) (фиг. 70-72).

Таблица 2.2.

Типы фосфатных желваков встречающихся в верхнеюрских-нижнемеловых месторождениях

А.1 "а" - Егорьевское, Вятско-Камское месторождения; **"б"** - Кимовское месторождение.

Б.П "а" - Егорьевское, Вятско-Камское месторождения; **"б"** - Вятско-Камское месторождение.

IV "а", "б" - Егорьевское месторождение.

Б-1.V - Егорьевское месторождение.

Г.VIII - Кумовогорское месторождение.

X - Вятско-Камское месторождение.

XI - Встречаются повсюду, в виде фрагментов различного размера, довольно часто.

Типы фосфатных желваков встречающихся в верхнемеловых месторождениях

А.1 "а" - Латнетское, Сожское месторождения; **"б"** - Сожское месторождение.

Б.П "а" - Полужье, Грязь, Злыдино, Дубовец: нижние и средние слои, Щигры: нижний слой и плита; **"б"** - Стайки, Грязь, плита; Злыдино, Дубовец, Щигры: нижний слой.

III “а” - Полпино: нижний продуктивный пласт; Злыдино, Дубовец: нижние и средние слои; слой ниже плиты в Щиграх; **“б”** - Злыдино, Дубовец: нижний прослой желваков; Ендовище, Грязь: плита; слой ниже плиты в Щиграх.

IV “а”- Ендовище, Павловск: плита; Злыдино, Щигры: нижний слой; **“б”**- Дубовец, нижний слой.

V.IV - верхние фосфатоносные слои Центральных районов: Выгоничи, Городец, Бетово, Дубовец, Ендовище и др.

VII - Центральное месторождение.

G.VIII - Злыдино: нижняя плита; Грязь: нижний слой; Дубовец: первый и второй слои.

IX - Грязь, Злыдино: нижние слои; Дубовец: верхний прослой желваков в сурке.

X - Щигры, Полпино, Павловск, Добрунь и Грязь.

XI - Встречаются повсюду, в виде фрагментов различного размера, довольно обильно.

D.XII - нижние и средние фосфатоносные слои месторождений Центральных районов.

XII “в” - верхние фосфатоносные слои различных месторождений Центральных районов.

XII “ж” - фосфатные плиты различных месторождений Центральных районов, например: Злыдино, Щигры, Стайки, Грязь.

Завершая характеристику установленных разновидностей фосфатных желваков и ассоциированных фосфатных образований мезозоя Восточно-Европейской платформы, мы посчитали необходимым отметить, что недавно С.Ю. Маленкина [18] осуществила изучение в СЭМ образцов фосфатных плит, довольно часто присутствующих на месторождениях желваковых фосфоритов платформы. Получены принципиально аналогичные факты о характере их строения - фосфатизированные биологические компоненты и продукты их раскристаллизации являются несущей основой довольно твердых плит, но содержащих, кроме терригенного материала, и обычные неинситные желваки. Они большей частью соответствуют по соотношению ведущих компонентов желвакам XII типа. Однако, попытка считать верхние части плит аналогами хардграундов в классическом смысле этого слова кажется весьма сомнительной некоторым авторам монографии, поскольку одним из характерных морфологических признаков хардграундов прежде всего являются массовые ходы илоедов, сверлильщиков, особенно снизу, присутствие полигональных трещин и только отдельных фосфатизированных участков. Насколько известно такие свойства не характерны для твердого дна месторождений платформы. Что касается самой верхней части твердого дна - “поливы” явно необходимы дальнейшие исследования.

Глава 3. Фосфатные желваки некоторых других регионов и их сравнение с мезозойскими желваками Восточно-Европейской платформы

Представлялось весьма важным и интересным сравнить результаты выполненного изучения в СЭМ мезозойских желваков Восточно-Европейской платформы с изучением желваков мезозойского возраста некоторых регионов, а также с фосфатными желваками на современных шельфах Намибии и Перу - Чили. Последнее казалось особенно весьма любопытным, поскольку неоднократно в отечественной и зарубежной литературе высказывались мнения о несоответствии современного фосфатогенеза древнему. По принятой методике были изучены современные желваки шельфов Намибии и Перу-Чили, а так же в небольшом объеме желваки Актюбинского бассейна, палеогена платформы. Представляется, что сравнение всех полученных данных позволит читателю получить достаточно полную картину о сходстве и различии столь разных по месту и времени формирования желваков.

3.1. Краткая характеристика фосфатных желваков Актюбинского бассейна

В качестве первого объекта сравнения рассматриваются фосфатные желваки Актюбинского фосфоритоносного бассейна, расположенного в западной части Казахстанского Урала, в пределах республики Казахстан, в междуречьи Эмбы и Урала. Этот бассейн изучался, начиная с 20-х по 80-ые годы прошлого столетия, в результате был построен Чилисайский комбинат.

Тектонически бассейн принадлежит к краевому прогибу Восточно-Европейской платформы, т.е. отчасти является продолжением мелового бассейна платформы (ВЕБ), в несколько иной тектонической обстановке.

Залежи фосфатных желваков развиты преимущественно от низов сантона до низов палеогена, хотя небольшие проявления встречаются, начиная с сеномана [11, 15]. При заметной фациальной изменчивости наиболее продуктивны сантон-нижнекампанские отложения.

Желваки формируют обогащенные слои, часто плиты, обычно приуроченные к существенно алеврито-песчаным слоям, реже глинистым и относительно повышено карбонатным. По составу присутствующей терригенной примеси в желваках (часто с глауконитом) так же выделяются глинистые, алевро-глинистые, алевритовые и песчаные разновидности. Песчаные разновидности подразделяются на группы по размерности зерен. В фосфоритах отмечено присутствие остатков белемнитов, губок, зубов акул, изредка раковин пелеципод, а также бентосных фораминифер.

По содержанию фосфора желваки в среднем бедные, обычно в пределах 7-12% P_2O_5 . Интересно, что по наблюдениям в световом микроскопе зафиксированы факты замещения карбонатных скелетных остатков фосфатом [15]. Области накопления желваков также приурочены к поднятиям фундамента прогиба, причем наиболее максимальные концентрации желваков - к наиболее воз-

вышенным их частям [11]. Фосфоритоносный бассейн определяется как эпиконтинентальный, сравнительно мелководный, вблизи развитой суши - мощного поставщика обломочного материала (главным образом, кварца, фрагментов кремневых пород).

Таким образом, многие типовые особенности геологической ситуации, литологии, характера желваков в Актюбинском бассейне вполне адекватны таковым для мезозойских желваков на Восточно-Европейской платформе.

Естественно, не предполагалось какого-нибудь значительного изучения в СЭМ желваков Актюбинского бассейна, важно было получить в общем сравнительный материал. Вид обычного желвака бассейна в СЭМ приведен на фиг. 73 - обломочные фрагменты кварца, кремней в разной степени фосфатизированной массе. При большом увеличении (фиг. 74) в ней видны фосфатизированные остатки кремневых губок, радиолярий(?) в микробиальных скоплениях - вполне обычная для желваков платформы картина. Необычными, неустановленными ранее нами и неизвестными из литературы, являются некоторые образования, которые кратко охарактеризуем ниже.

Фрагмент биоморфа неясного систематического положения приведен на фиг. 75 и 76, а на фиг. 77 показан его ЭДС. Довольно толстая фосфатная оболочка этого фрагмента и присутствие подчиненного кремнезема, возможно, указывающего на кремневый состав частично замещенной раковины (?). Еще более любопытны вполне округлые в сечении формы, похожие на сечения раковин, но внутреннее их заполнение при большем увеличении (фиг. 78) оказывается переплетением, скорее всего, цианобактерий. Еще более показательна такая же картина на фрагменте такого образования (фиг. 79). Есть сечения и из тонкопористой фосфатизированной ткани (фиг. 80 и 81). Возможно, все это остатки раковин, пораженных бактериальной экспансией, разрушением. Масса фосфата между всеми заметными, выделяющимися подобными обособлениями скорее всего состоит из разных микробиальных биоморфов (фиг. 82).

Даже при самом общем первом рассмотрении можно полагать, что нет принципиальных отличий фосфатных желваков мезозоя Восточно-Европейской платформы от желваков Актюбинского бассейна. Однако, специальное, полное изучение их в СЭМ может принести достаточно много частных новых фактов.

3.2. Фосфатные желваки палеогена Воронежской антеклизы

Вторым объектом для сравнения желваки эпиконтинентального морского бассейна, располагавшегося в южной части Воронежской антеклизы, представлявшей собой в палеогеновое время северо-восточное крыло Украинской (Днепровско-Донецкой) синеклизы. Здесь палеоген представлен всеми отделами, а фосфориты приурочены к базальным толщам верхнего палеоцена (сумская серия) и эоцена (каневская, бучакская и киевская свиты).

Фосфориты верхнего палеоцена представляют собой базальный слой (0,2-0,8 м) в основании палеогеновых отложений, сложенный желваками светло-коричневого цвета разнообразной формы и размера (до 0,5 см), сгруппированными в

глауконит-кварцевом песке. В отдельных случаях отмечается фосфоритовый горизонт мощностью до 25-30 см в средней части сумского разреза. Этот горизонт представляет собой зеленовато-серый глауконит-кварцевый песок, переполненный галькой темно-коричневого песчанистого фосфорита размером 2-5 см. Гальки сумского возраста имеют округлую, шарообразную, несколько приплюснутую и вытянутую форму, хорошо отполированную поверхность и образовались, по-видимому, в зоне пляжа.

Иногда в средней части разреза наблюдаются песчанистые желваки зеленовато-серого цвета, округлой и гроздевидной формы. Мощность этого горизонта 15 см. Выше него в кварц-глауконитовом песке встречаются только беспорядочно рассредоточенные желваки.

В основании каневской свиты в глауконит-кварцевом песке (0,-0,3 м) рассеяны гальки глинистого фосфорита размером до 5-6 см в диаметре. Сходный горизонт выделяется и в основании бучакской свиты, но в нем помимо глинистых фосфоритных желваков отмечаются глинисто-песчаные и фосфатизированные ядра пелеципод. Наиболее же мощным (до 1,5 м) является базальный горизонт киевской свиты. Он развит практически повсеместно в поле распространения палеогеновых отложений и на контакте с подстилающими меловыми отложениями содержит обильную рассеянную в глауконит-кварцевом песке или сгруженную в фосслой гальку кремнелых глинистых фосфоритов размером от 2 до 10 см и крупные зерна кварца. В случае залегания киевских пород на бучакских песках отмечаются желваки песчанистых фосфоритов, чёрные кремешки и кварцевый гравий. Одновременно, как правило, увеличивается мощность обогащённой фосфоритами базальной толщи.

В ряде случаев наблюдается размыв бучакских песков вплоть до базального слоя и залегание киевских фосфоритов на бучакских. В таких ситуациях обычно образуются мелкие фосфоритовые месторождения. Формирование фосфоритовых слоев происходило в условиях активной гидродинамической среды мелководно-морских бассейнов. Среди размываемых в палеогене меловых пород наиболее обогащены фосфатами глинисто-карбонатные отложения сантона, где в верхней части разреза, где развиты образования губкового горизонта. Поэтому повышенные концентрации фосфоритов в палеогеновых толщах связаны с площадями их залегания на сантонских породах.

Изучены два образца из киевских отложений Суджанского (обр. 1006А) и Львовского (обр. 328А) районов Курской области. Общий вид их приведен на фиг. 83 и 84. Обращает внимание отсутствие сколько-нибудь заметных количеств терригенных зерен и глауконита, в сравнительно однородной массе видны только темные пустоты от растворенных остатков раковин. В них, в частности, видны либо близко не определимые органические остатки (фиг.85), либо, вероятно, остатки губок (фиг. 86), но в основной части много остатков фораминифер (фиг. 87), хотя они все же заметно разрушены, возможно, отчасти при бактериальном разложении.

Эти фосфатные образования весьма напоминают желваки из нижнего фосфоритового слоя Полпинского месторождения [24], хотя возможно отлича-

ются присутствием наряду с фораминиферами и остатков кремнистых губок. Следует отметить, что желваки этого фосслоя были вымыты из нижележащих альбских темных глин. Почти полное отсутствие терригенного обломочного материала, во всяком случае подобного тому, что характерно для преобладающей части желваков мезозоя платформы, объясняется формированием палеогеновых фосфоритовых горизонтов за счёт размыва верхнемеловых глинисто-карбонатных пород, содержащих включения фосфоритовых желваков. Они образовались на значительных глубинах, куда не поступал терригенный материал. Здесь весь осадок был пропущен через кишечник илоедов и обогащен органикой и фосфором.

3.3. Фосфатные желваки современных океанских шельфов Юго-западной Африки и Перу-Чили.

На современных шельфах юго-западной Африки (Намибии, ЮАР и Анголы) и Перу-Чили распространены фосфатные желваки и зерна неоген-четвертичного возраста, включая современные [3, 4]. Они ассоциируют с биогенно-терригенными осадками: алевроитоглинистыми и карбонатными илами, обогащенными органическим веществом и содержащими обломки костей рыб и морских млекопитающих. Фосфатные зерна преимущественно мелкопесчаной размерности, имеют обычно округлую или овальную, реже угловатую формы. Конкреции (желваки, 0,5-10 см) разнообразны по формам, включая изометричные, уплощенные и цилиндрические. Желваки, в основном, фосфатные с переменным количеством терригенных обломочных зерен, фосфатизированных органических остатков и пирита. Обломочный материал представлен окатанными и угловатыми зернами, главным образом, кварца (10-100 мкм), содержание которых варьирует в широких пределах. В одних частях желваков они могут отсутствовать, в других образуют плотные скопления (фиг. 88, 89).

В желваках перуано-чилийского шельфа количество такого материала значительно больше по сравнению с желваками с шельфа юго-западной Африки. Некоторые зерна в желваках обоих районов покрыты тонкой кремневой оболочкой. Иногда такая оболочка облекает несколько зерен (фиг. 90, 91). Биогенный материал представлен остатками опаловых панцирей диатомовых водорослей, карбонатным детритом кокколитов и фораминифер, микробиальными остатками и обломками костей. Большая часть остатков диатомей фосфатизирована с разрушением структуры, но местами сохраняются обломки панцирей с характерным для этой микрофлоры пористым строением (фиг. 92-94). Кокколиты и фораминиферы также подверглись фосфатизации, частичному разрушению, но часть камер в раковинках фораминифер остается незаполненной фосфатом (фиг. 95). Присутствуют и некоторые точно не определимые формы (фиг. 96).

Остатки костей характеризуются параллельно-волокнуистым строением. Имеющиеся в них удлиненные полости заполнены колломорфным(?) фосфатом, благодаря чему кости приобретают массивную слоистую структуру

(фиг.97). К числу органических остатков также относятся прямые и изогнутые фосфатизированные трубчатые образования длиной до 10 мкм и более, диаметром в 1-3 мкм (фиг. 98, 99), скопления которых изредка встречаются в желваках обоих регионов. Видимо, это остатки актиномицет или цианобактерий. Пирит, являющийся постоянным и распространенным компонентом практически всех желваков, образует глобулы размером от менее 1 до 20-30 мкм в диаметре (фиг. 100), а также скопления идиоморфных кристаллитов около 2 мкм в поперечнике. Некоторые крупные глобулы состоят, в свою очередь, из плотно упакованных более мелких глобул одинакового или разного размеров.

Некоторая часть фосфата желваков выглядит как коллоидное вещество, но местами в нем присутствуют сгустковые образования глобулярного облика (фиг. 101). В других участках наблюдаются скопления палочковидных и гантелевидных частиц длиной до 3 мкм, иногда разрозненных, иногда образующих сплошную массу (фиг. 102-104). При увеличении порядка 10000х видно, что некоторые частицы в порах (!) имеют кристалломорфный гексагональный облик (фиг. 105). Происхождение всех этих форм и частиц остается спорным: одни специалисты считают их остатками бактерий по морфологическим признакам, другие придерживаются мнения об их минеральной природе, опираясь на результаты микробиологических исследований вмещающих осадков и экспериментальные работы.

В целом же, каких-либо принципиальных отличий в сложении желваков, изученной их небольшой коллекции с современных шельфов юго-восточной Африки и Перу-Чили, от желваков мезозоя Восточно-Европейской платформы не найдено. И можно с большей долей уверенности полагать, что процесс формирования четвертичных желваков, скорее всего, существенно не отличается от подобного более древнего мезозойского механизма. Этим отвергаются существующие мнения, о якобы серьезных различиях современного и древнего фосфатогенеза, по крайней мере, применительно к образованию фосфатных желваков.

Завершая раздел, посвященный сравнению на электронно-микроскопическом уровне желваков мезозоя Восточно-Европейской платформы с желваками других регионов, в том числе и районов их современного формирования, можно отметить, что строение их обычно вполне одинаковое - варьирующая терригенная примесь + часто глауконит, четкие, различные крупные биоморфозы: фораминиферы, губки, диатомеи, радиолярии, кокколиты, фрагменты костей, неопределимые органические остатки, копролиты, иногда фрагменты фосфатных пород - зерна, также включающие биоморфозы, и часто некоторая заполняющая масса, скорее микробная. Поэтому нет каких-либо объективных оснований считать, что они объединяют различные, в том числе и отличающиеся генетически, образования. Читатель же может реально сравнить представленную аргументацию и сделать собственный выбор, в пользу тех представлений, которые ему кажутся более адекватными наблюдениям.

3.4. Фосфатные конкреции венда Подолии, не аналогичные фосфатным желвакам мезозоя Восточно-Европейской платформы.

До сих пор рассматривались примеры разновозрастных, как однотипных, так и несколько отличающихся желваков из различных регионов. Здесь мы хотели бы остановиться на фосфатных конкрециях, весьма внешне отличных от всего того, что описано выше. Имеются ввиду известные уже более 150 лет и распространенные в бассейне р. Днестр, на Подолии Украины фосфатные конкреции, залегающие в вендских отложениях юго-западного фланга Украинского кристаллического щита Восточно-Европейской платформы. В переотложенном виде они встречаются и в верхнемеловых слоях этого района. Видимо, ни один тип фосфатных конкреций не является столь оригинальным благодаря своему совершенно необычному радиально-лучистому строению, нехарактерному для весьма многочисленных и распространенных в широком возрастном и географическом диапазоне обычных фосфатных желваков. Описания их вошли во многие учебники, и они известны не только в области фосфоритов. И было вполне логичным изучить и эти оригинальные образования в СЭМ, чего не делалось, за одним исключением.

Конкреции сконцентрированы в верхней части вендской нагорянской свиты, в колюсских слоях, состоящих из темно-серых, желтовато-серых тонкослоистых аргиллитов, с редкими прослоями алевролитов, а также известняков [1]. В породах свиты найдены весьма многочисленные органические остатки, включая лентовидные водоросли, ламинаритовые пленки, циано-бактериальные формы, многочисленные акритархи, остатки древнейших кишечнополостных и др. [8].

Фосфатные конкреции шаровидные, иногда слегка уплощенные, диаметром от 2 до 10 см. Слои аргиллитов обтекают их, образуя глазчатую структуру, указывая на раннее затверждение конкреций в мягком илу до его уплотнения. Они распределены на 12-15 уровнях в пределах мощности свиты в 45 м, с интервалами от 0,1-0,2 до 1,0-3,0 м, а в плане максимум до 3 м между соседними конкрециями. Конкреции содержат до 33-36% P_2O_5 , т.е. часто весьма высококачественные, но характерно присутствие карбонатов, сульфидов, включений глинистого вещества, гематита, гипса, кварца. По наиболее детальным исследованиям преобладает радиально-лучистый гидроксил-фторхлорапатит, в пустотах развиты кристаллы широко известного подолита [27].

На основе изучения предварительно протравленных в слабой HCl шлифов и образцов, удалось наметить некоторые особенности, уже на стадии изучения в оптическом микроскопе, на которые ранее не обращалось внимания. Так, уже на фотографиях шлифов в проходящем свете (фиг. 106-108) в сечениях, во-первых видны несколько разные по внутреннему строению конкреции, а во-вторых, именно в сечении, если отвлечься от радиально-лучистого строения, они весьма напоминают строение некоторых строматолитовых построек. В первой разновидности характерно присутствие серповидных обособлений белого цвета, сложенных карбонатом спаритового типа, погруженных в темную

массу близкого к ламинному фосфата с пиритом. Другая разновидность характеризуется меньшим объемом карбонатных выделений, более строгой, жесткой ориентированностью фосфатных ламин.

Единственная известная нам попытка изучения этих конкреций в СЭМ была предпринята Ф.В.Сыромятниковым [33]. Он указал на присутствие в них отдельных овальных образований с внешней мелкозубчатой или шишковидной поверхностью, диаметром в 2-3 мкм, предположительно бактерий. До сих пор, однако, непонятна причина радиально-лучистого строения подольских конкреций, что и заставило авторов продолжить их изучение.

При изучении в СЭМ удалось получить информацию о внутреннем строении этих двух разновидностей фосфатных конкреций - они представляют ансамбль нитчатых, преимущественно непустотелых, слабо изгибающихся, очень удлинённых форм, без признаков поперечных перегородок, явных вздутий и пережимов, толщиной до 20-30 мкм (фиг. 109-113). При большем увеличении видно, что поверхность этих филаментов не ровная, а состоит в свою очередь из массы преимущественно полых мелко столбчатых или кокковидных, почти округлых, видимо, бактериальных форм, размером до 10 мкм (фиг. 114-115). Особый характер имеет строение поверхности пустот, достаточно частых в периферии конкреций, между жгутами нитей. Они сложены шаровидными, часто слившимися образованиями диаметром около 120-150 мкм (фиг. 116-118). Оригинально их внутреннее строение. Всегда имеется внешняя оболочка толщиной в 15-20 мкм и внутренние, часто сливающиеся ядра, состоящие из центростремительно расходящихся трубчатых форм диаметром до 4-5 мкм, длиной 50 мкм (фиг. 119-120). Трудно высказать окончательное суждение, но учитывая фосфатный состав этих форм, скорее всего мы имеем дело с еще одним вариантом фосфатных конкреций по биологическим структурам циано-бактериальной природы.

Полученные данные достаточно определенно свидетельствуют, что фосфатные конкреции венда Подолии представляют биологические образования, очевидно, фосфатизированные, постмортально. Этими биологическими объектами следует считать своеобразные циано-бактериальные строматолитоподобные образования. Об этом говорит как их преобладающее нитчатое строение, ассоциация с группой палочковидных и коккоидных форм микроорганизмов, присутствие выделений карбоната, развитие сульфидов. Нитчатое строение, как известно, весьма характерно для цианобактерий, в том числе и образующих строматолиты, а пучки нитей, например, для таких форм как *Ortonella*, которая веерообразно ветвится под острым углом. Видимо, требуется специальное микробиологическое изучение выявленных форм для точной диагностики.

Более сложной представляется проблема шарообразной формы конкреций при радиальном внутреннем строении. Она может определяться, скорее всего тем, что это были свободно плавающие образования, а не обычные бентосные нарастания, т.е. мы имеем дело с планктонными формами. Собственно, среди цианобактерий довольно много планктонных, однако, шарообразные

формы, да еще столь значительных размеров, до 20 см в диаметре, ни сейчас, ни ранее не были описаны и нам не известны.

Водорослевые «шары», описанные во многих древних отложениях [2], обычно, онкоидного, концентрического строения, поэтому должны были быть определенные условия, которые бы поддерживали в плавучем состоянии такие постройки. Конечно, нитчатые и ассоциирующие формы при жизни не были плотными, а с заметным объемом пустот. Затем, присутствие спаритового карбоната, указания на включения глин в края конкреций, повышенные содержания серы, хлора, развитие скоплений гипса в центрах некоторых конкреций [27]. Известно, что гипсы и циано-бактериальные маты создают весьма тесные прорастания – ансамбли в галофильных обстановках, а широко распространенные радиально-лучистые шаровидные конкреции гипса (и ангидрита) своим строением достаточно гомологичны рассматриваемым конкрециям.

Возможно, в локальные периоды возрастания аридности, когда соленость была достаточной для формирования гипса вблизи поверхности бассейна, имело место совмещение этого процесса с развитием бактериального планктона, что, в конечном счете, приводило к формированию плавающих структур. Их перемещение, особенно вращение при волнениях способствовало росту нитчатых форм во всех направлениях, поскольку они скорее всего были фототрофами. Накопления гипса в этом ансамбле так же должны были поддерживать присущую ему форму, с ростом во всех направлениях, радиальную направленность. В комбинации и могли формироваться шаровидные образования, при значительной роли биологического материала. Понятно, что такие ситуации были ограниченными и локальными. Время формирования даже самых крупных шаров вряд ли могло превышать несколько лет, учитывая, что рост кристаллов гипса в подобных условиях водной среды достигает 5 см в год [22]. Изменение условий (опреснение, например) или достижение определенной массы, приводило к опусканию шаров в ил, развитию фосфатизации, вследствие богатства ила биогенным материалом.

Мы рассмотрели один из возможных вариантов объяснения формирования подольских конкреций. Вероятно, могут быть предложены и другие варианты. Так, М.Б. Бурзин (личное сообщение) полагает, что имел место отрыв обычных галофильных бентосных матов в результате штормов, волнений и продолжение их развития в виде плавающих структур, которые трансформировались в радиально-лучистые. Мы попытались на компьютере смоделировать рассмотренные варианты, но по последнему варианту, без разрывов цельности мата и его искусственного срастания, получить адекватную структуру конкреции не удастся. Авторы были бы благодарны коллегам за представления других вероятных вариантов формирования фосфатных конкреций Подолии.

Глава 4. Анализ полученных данных. К модели формирования фосфатных желваков платформы

В результате изучения многих десятков образцов желваков из различных месторождений и проявлений разных частей платформы удалось получить достаточно статистически выдержанную картину их внутреннего строения и наметить основные их типы, различающиеся соотношением фосфатной и нефосфатной частей, характером фосфатизированных органических остатков, что позволяет на ясной основе считать выделение предложенных типов относительно обоснованным. Понятно, что все эти разновидности просто отражают конкретные условия седиментации, как основы формирования их, и лишь затем фосфатизации и обособления участка осадка, как фосфатного желвака, конкреции

Сравнительное изучение желваков из других регионов: меловых Актюбинского бассейна, верхнего палеогена платформы, а также с современных шельфов Африки и Перу-Чили не показало каких-либо принципиальных отличий на уровнях изучения в СЭМ. И даже редкие разновидности из сеномана Полпинского месторождения имеют аналоги в более молодых отложениях.

Хотя всегда постулировались заметные отличия современного фосфатообразования от древнего, в действительности, каких-либо ощутимых различий нынешних желваков с мезозойскими желваками Восточно-Европейской платформы не устанавливается. И это притом, что современные океанические желваки совершенно очевидно формируются в зонах влияния вдольматерикового апвеллинга. Отсюда можно полагать, что существенных изменений в условиях формирования рассмотренных желваков, по крайней мере, с середины мезозоя по настоящее время не произошло.

Некоторые важные элементы кажутся теперь достаточно ясными. Прежде всего, это касается понимания того, что в своей значительной части фосфат желваков представляет результат замещения различных органических остатков. При этом степень фосфатного замещения не всегда абсолютно полная, отчасти сохраняются и незамещенные части скелетов, тел. Сравнительно редко сохраняются мягкие ткани эвкариотных организмов, микробиальные формы демонстрируют разные степени сохранности. Сохранение тончайших деталей строения в биоморфозах постоянно, что отчетливо фокусирует процесс замещения как исключительно быстрый, особенно, если сохраняются остатки с обитавшими на них бактериальными сообществами. В этом отношении нет никаких различий с процессами фосфатного замещения, устанавливаемыми при формировании зернистых, микрозернистых фосфоритов [36].

Оценена и степень последующих преобразований вещества желваков, главным образом, выраженная в виде кристификационных каемок. В целом они не очень значительны, хотя в отдельных случаях могут приобретать существенное значение. В целом же, лишь ограниченно развиты продукты перекристаллизации первичного фосфата в виде каемок на обломочных зернах, еще реже - кристаллы апатита.

Достаточно неожиданным результатом изучения оказался выявленный общий комплекс органических остатков в желваках платформы: карбонатные и кремнистые губки, фораминиферы, кокколиты, диатомеи, радиолярии и т.д. Но этот же комплекс вполне обычен и для мезо-кайнозойских, отчасти даже позд-непалеозойских, зернистых, микрозернистых пластовых фосфоритов Северной Африки, Ближнего Востока и формации Фосфория, США [36]. Понятно, что разновозрастные или близко разновозрастные комплексы биоты могут иметь общих представителей, но в рассматриваемом случае важно другое, а именно палеобиогеографическая аналогичность. Отсюда вытекает вполне определенный вывод об отсутствии принципиальных различий в палеоэкологических и палеоклиматических условиях эпиконтинентальных морей платформы и окраинных частей соответствующих палеоокеанов.

Однако есть и некоторые отличия. Исключая формацию Фосфория, биоценозы кремнистых губок в мезозойских пластовых фосфоритах сравнительно не выражены. А планктонные формы, в общем, и карбонатные губки, напротив, вполне характерны. Совершенно не установлены в желваках фрагменты фосфатных строматолитов и типичные онколиты, что говорит о невысокой аридности климата прилегающей суши, и это подтверждается обилием в отложениях растительных остатков, в том числе и фосфатизированных, притом, что отчасти планктонные формы вполне низкоширотные.

В рамках широкого присутствия планктонных форм в желваках платформы возникает вопрос о причинах этого. Весьма трудно предполагать развитие апвеллингов океанического типа в эпиконтинентальных морях платформы, хотя вблизи океанических пространств они могли быть. Вероятно, однако, мы здесь имеем дело чаще с другой ситуацией, хорошо известной как в океанах, так и в краевых морях. Имеются в виду геоморфологические возвышенности типа гайотов в океанах или подводных поднятий в Японском море. Над ними, вследствие т.н. «островного» апвеллинга происходит подъем биогенов к уровню обитания планктона и его интенсивное развитие, как результат и фосфатизация в разной степени планктонных осадков на таких возвышенностях. Обычно эти поднятия по всему периметру ограничены различными уступами, что исключает поступление обломочного материала, кроме местного.

В рассматриваемом же случае имеется одно отличие, требующее преодоления - это несоизмеримые количества терригенного материала (и глауконита), в целом, доминирующего в желваках и отсутствующих как в фосфатизированных планктоногенных отложениях на возвышенностях, так и часто в пластовых фосфоритах. В общем же следует признать, что интенсивная поставка обломочного материала в области фосфатизации явно подавляла или разбавляла биогенную седиментацию, соответственно и фосфатизацию. Такое сочетание возможно, если в рассматриваемых платформенных морях существовали геоморфологические поднятия, ограниченные лишь относительными уступами лишь с трех сторон, а четвертая переходила в прибрежную равнину с потоком обычного терригенного материала, т.е. в целом в виде своеобразного «структурного носа-выступа». В этом случае в зоне уступов мог действовать местный

апвеллинг и обеспечивать высокую продукцию планктона, а приток терригенного материала не давал сформироваться типичному продукту, характерному для ограниченных со всех сторон подводных возвышенностей. Возможно, такие своеобразные подводные возвышенности формировались на тектонических структурах, связанных с отмеченными выше движениями в фундаменте платформы. Было бы весьма полезным проверить высказанные соображения построением совмещенных палеогеографических и структурных схем.

В конечном виде мы имеем на платформе в эпиконтинентальных морях фосфатогенез в весьма локализованных, ограниченных формах. Поэтому, прежде всего, можно считать, что исключительно интенсивное поступление терригенного материала, существенно ограничившего биогенную седиментацию, не позволило на Восточно-Европейской платформе реализоваться стандартному, несомненно более продуктивному фосфатогенезу, при котором формируются пластовые фосфориты. Все остальные предпосылки имелись, и поэтому нет оснований полагать, что фосфатные желваки образуются в особых климатических или иных, отличных условиях, что, в частности, подтверждается однотипностью современных и мезозойских желваков. Следует напомнить, что фосфатные желваки на шельфах Перу-Чили и Юго-западной Африки ассоциируют и с типичными фосфатными зёрнами, аналогичными встречающимся в стандартных зернистых и микрозернистых фосфоритах.

Столь интенсивные поставки абиогенного материала могут определяться разными причинами, например, при трансгрессивной фазе питающая суша была сложена рыхлыми, несцементированными осадками; шельф имел более крутые уклоны и т.п. Для решения этой проблемы, конечно, необходимы специальные палеогеографические исследования. Соответственно ясно, что максимально богатые и многочисленные фосфатные желваки будут на тех участках, куда поставка обломочного материала была относительно минимальной, а биогенная седиментация рассмотренного типа была сравнительно максимальной. Присутствие практически типичных фосфатных зёрен в отдельных желваках дает основание полагать, что в некоторых участках мезозойского бассейна обстановка достигала условий, при которых начинали формироваться зернистые фосфориты, однако, вряд ли эти условия были продолжительными и масштабными.

Таким образом, можно считать, что высказанные ранее соображения об условиях фосфатогенеза на платформе: специфическом для нее гумидном климате, изоляции от океанов, неблагоприятном эпиконтинентальном характере морей [10, 32], в конкретном плане практически не подтверждаются. Главная же причина - снижение масштабов биогенной седиментации за счет несравнимо большей поставки разубоживающего абиогенного материала, по сути, осталась за границами обсуждения. Но с другой стороны – такова, по сути, общая причина появления фосфатных желваков на фоне относительно благоприятной ситуации для фосфатогенеза, но осложненной интенсивным поступлением нефосфатируемых продуктов, а фосфатируемых - относительно недостаточное, подавленное. Понятно, что чем меньше терригенного материала, глаукони-

та, тем желвак будет в принципе богаче по содержанию фосфатов, что и нашло выражение в проведенной типизации. Уже это одно указывает, что главной причиной образования фосфатных желваков является присутствие скоплений биологических остатков - идеального материала для фиксации в осадках фосфора.

Теперь мы можем рассмотреть более конкретные причины появления фосфатных желваков в осадочном бассейне. Для этого следует начать с характеристики желваков *in situ*, но в доступной литературе таких описаний мы не нашли. Однако, недавно С.Ю. Маленкина [16] описала таковые в целом ряде разрезов: Выгоничи, Городец, Фокино - в "сурке", Полужье - выше -1-го слоя, Ендовище - выше плиты, Первомайское и Добрунь - между 2-ым и 3-им слоями, Щигры - между 1-ым и 2-ым слоями и еще в нескольких местах. Чаще всего их можно наблюдать между конденсированными слоями (обычно между 2-ым и 3-им), но, в целом, спорадически, незакономерно, без концентрации. Поскольку желваки в своей фосфатной части были сложены органическими остатками, то наиболее важным является выяснение причин формирования таких скоплений. Возможно, они могли накапливаться в периоды ослабления придонной гидродинамической активности. Но в эти периоды активна биотурбация, и сохраняются ее некоторые результаты: возникающие неровности мезорельефа дна могли быть местами заметно большего накопления органических остатков, на что обращалось внимание и ранее [24]. Другими подобными участками могли быть губковые заросли. Слабые придонные течения также могли порождать скопления органики с некоторым перемещением и последующей присыпкой песком.

Поскольку фосфатируется биогенный материал, а приблизительно в среднем в фосфатных желваках мезозоя содержится около 30-40% не-биогенного материала, то мы можем считать, что изначально желвак представлял ту часть осадка, которая содержала сравнительно повышенные количества биогенного материала относительно его окружения, где его было значительно меньше. Естественно, должны были существовать условия для фосфатизации этого биогенного материала, что реально и имело место. Судя по некоторым особенностям состава в осадке - области будущего желвака была заметно восстановительная среда (присутствие пирита) что определялось повышенным содержанием органики. Так как иногда сохраняются мягкие ткани, то деструкторы отчасти незначительно разрушали эту биоту, а фосфатизация начиналась очень быстро после отложения осадка. Развитие микробиальных форм на фрагментах раковин и скелетов показывает, что в других случаях активность микроорганизмов была значительной до фосфатизации, которая захватывала эти две разные формы биоты. Здесь следует подчеркнуть, что если желвак был местом относительного обилия эвкариотных остатков, то это место должно было характеризоваться и относительным обилием микробиальных деструкторов этих остатков, если фосфатизация не началась непосредственно после попадания остатков в ил. Поскольку параметры желваков достигают десятка сантиметров, то следует предполагать достаточно высокие скорости седиментации, что считается благоприятным фактором для фосфатизации [36].

Источником фосфора, конечно же, были поровые воды осадков, что хорошо известно по результатам изучения районов развития современных фосфатных зерен и желваков [3]. Следует иметь в виду, что выше рассматривались преимущественно микроостатки в желваках, но в них постоянно присутствуют и макрофаунистические, в том числе костные и макрофлористические остатки. Именно присутствие крупных форм, например, аммонитов, белемнитов и т.п. может иногда определять в заметной степени форму желваков, часто овальную, до шарообразной [35]. Однако, перебив, транспортировка, окатывание могут привести к еще большей округлости желваков; именно такие процессы определяют некоторую близость в крайних случаях к конгломератовым фациям. Для желваков XII типа скорее характерны первичные формы близкие к линзо- и пластообразным, как собственно и плиты, вследствие резкого преобладания в них небиологического материала.

Таким образом, инситуные желваки обособляются от вмещающего осадка, как участки относительного обогащения органическими остатками. Это создает основу для развития фосфатного замещения. Поскольку очевидно, что для создания концентраций в десятки процентов P_2O_5 внутри желвака необходим подток фосфора из окружающего пространства, то, чем больше во вмещающих осадках рассеянных органических остатков, деструкция тел которых микробным сообществом обеспечит обогащение иловых вод фосфатами, тем полнее, быстрее и интенсивнее пройдет процесс замещения в формирующемся желваке. Основой же процесса, при ионных растворах в поровых водах, может являться диффузный подток фосфата сквозь поровую жидкость для необходимого выравнивания концентраций. Вместе с тем, процесс фосфатизации является одновременно процессом литификации желвака, относительно вмещающего осадка. Поэтому при последующих перебивах желваки и могут отделяться, и перемещаться как твердые фрагменты, концентрироваться в определенные слои, вплоть до галечниковых, россыпи в том числе, вследствие повышенного удельного веса.

Литература

1. Арень Б., Бессонова В.Я., Брангулис А.П. и др. Стратиграфия верхне-докембрийских и кембрийских отложений запада Восточно-Европейской платформы. М.: Наука, 1979. – 235 с.
2. Асеева Е.А. Микрофоссилии и водоросли из отложений верхнего докембрия и нижнего палеозоя юго-запада Восточно-Европейской платформы. Киев: Наукова думка, 1976. С. 40-63.
3. Батулин Г.Н. Фосфориты на дне океанов. М.: Наука, 1978. – 231 с.
4. Батулин Г.Н., Люка Ж., Прево-Люка Л. Начальные стадии формирования фосфоритовых конкреций в диатомовых илах шельфа Намибии//Литол. и полез. ископ., 1998, №5. С. 451-467.
5. Бессонова В.Я., Брангулис А.П., Великанова В.А. и др. Палеогеография и литология венда и кембрия запада Восточно-Европейской платформы. М.: Наука, 1980. – 119 с.
6. Бушинский Г.И. Литология меловых отложений Днепровско-Донецкой впадины/Тр. ГИН АН СССР, серия геол., вып. 156, № 56, М.: Изд-во АН СССР, 1954. - 307 с.
7. Бушинский Г.И. О происхождении морских фосфоритов//Литол. и полез. ископ, 1966, № 3. - С 23-42; № 12, С. - 92-96.
8. Волков Н.А., Гниловская М.Б., Лендзен К. и др. Палеонтология верхне-докембрийских и кембрийских отложений Восточно-Европейской платформы. М.: Наука, 1979. – 212 с.
9. Гиммельфарб Б.М. Фосфоритоносность чехла Русской платформы. В кн. Рудоносность Русской платформы. М.: Наука, 1965. - С. 192-202.
10. Гиммельфарб Б.М. Закономерности размещения месторождений фосфоритов СССР и их генетическая классификация. М.: Недра, 1965. - 237с.
11. Железко В.И. Актюбинский фосфоритоносный бассейн/Препринт, Свердловск, УНЦ АН СССР, 1987. - 51 с.
12. Занин Ю.Н., Горленко В.М., Миртов Ю.В. и др. Бактериоморфные образования в желваковых и зернистых фосфоритах//Геология и геофизика, 1987, №2. - С. 43-49.
13. Казаков А.В. Фосфатные фации и генезис фосфоритов/Тр. НИУИФ, вып.142, 1937 - С. 36-48.
14. Карпова М.И. Состав и генезис мезозойских фосфоритов востока Русской платформы. М.: Наука, 1982. - 128 с.
15. Лазур О.Г. Закономерности размещения и условия образования актюбинских желваковых фосфоритов/Экзогенные полезные ископаемые”. М.: Наука, 1976. – С. 86-128.

16. Малёнкина С.Ю. Механизм образования верхнемеловых фосфатоносных пород Воронежской антеклизы/Проблемы фосфатного сырья России. Люберцы, 1999. - С. 71-81.
17. Маленкина С.Ю. Процессы первичного фосфатогенеза в сеноманских отложениях Воронежской антеклизы. Современные вопросы геологии. 3-и яншинские чтения. М.: Научный мир, 2003. С. 229-232.
18. Маленкина С.Ю. Генезис сеноманских фосфатных плит Воронежской антеклизы. Там же. - С. 233-236.
19. Мануковский С.В., Беляев В.И. К вопросу о бактериально-водорослевой природе некоторых типов фосфатов в желваковых фосфоритах и фосфатоносных россыпях//Вестник Воронежского ун-та, серия геология, 2000, вып.5(10). - С. 41-47.
20. Махлина М.Х. О тектоническом положении месторождений желваковых фосфоритов//Изв. вузов. Геология и разведка. 1971, № 1. - С. 73-76.
21. Миртов Ю.В., Занин Ю.Н., Красильникова Н.А. и др. Ультрамикроструктуры фосфоритов (атлас фотографий). М.: Наука, 1987. – 224 с.
22. Обстановки осадконакопления и фации. Т.1. Под ред.Х.Реддинга. М.: Мир, 1990. 351 с.
23. Полянин В.А. (ред.) Фосфоритовые формации Вятско-Камского бассейна. Казань, 1973. - 111 с.
24. Савко А.Д., Беляев В.И., Мануковский С.В. Фосфориты Центрально-Черноземного района России. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1994. - 184 с.
25. Самойлов В.Я. К минералогии фосфоритовых месторождений/ Тр. Комисс. Москов. сельхоз. ин-та по исследованию фосфоритов. 1914, т.VI. - С. 12-35.
26. Седаева К.М., Чика Е.И., Николаев С.Ю. Фосфориты Подмосковья (факторы формирования и локализации)/Бюлл.МОИП, отд.геол., т.69, вып.3, 1994. - С.46-58.
27. Сеньковский Ю.Н., Глушко А.Ю., Сеньковский А.Ю. Фосфориты запада Украины. Киев: Наукова думка. – 130 с.
28. Смирнов А.И., Ивницкая Р.Б., Плотникова В.И., Фридман Н.Г. О минералогической природе фосфатного вещества фосфоритовых руд/Тр.ГИГХС, вып.4. Госхимиздат, 1959. С. 47-52.
29. Смирнов А.И. Вещественный состав и условия формирования основных типов фосфоритов. М.: Недра, 1978. - 196 с.
30. Степанова Т. И. Фосфоритоносность волжского, берриасского и валанжинского ярусов/Литология и генезис фосфоритоносных отложений СССР. М. Наука: 1980. - С.166-197.
31. Стратиграфический словарь. Верхний докембрий. Отв. ред. М.Е. Раабен. М.: Наука, 1994: - 348 с.
32. Страхов Н.М. Климат и фосфатонакопление//Изв. АН СССР. Геология рудных месторождений, 1960, №1. С. 3-15.

33. Сыромятников В.Ф. О микробиогенном происхождении подольских фосфоритов/Геология месторождений твердых полезных ископаемых», вып.4. М.: Недра, 1968. – С. 68-71.
34. Фоминский В.И. Фосфоритоносность сеномана центральной части Воронежской антеклизы/Генетические типы месторождений осадочных полезных ископаемых. ЛОПИ. М.: Недра, 1973. - С. 75-84.
35. Школьник Э.Л., Бычков Ю.М., Полуботко И.И. и др. Фосфаты в триасе юго-восточной части Верхояно-Колымской складчатой области Омолонского и Охотского массивов./Фосфаты Азии и прилегающих морей”. Владивосток, ДВНЦ, 1984. - С. 125-151.
36. Школьник Э.Л., Тан Тяньфу, Еганов Э.А. и др. Природа фосфатных зерен и фосфоритов крупнейших бассейнов мира. Владивосток: Дальнаука, 1999. – 207 с.
37. Школьник Э.Л., Жегалло Е.А., Краснов А.А. Биоморфные типы фосфатных желваков мезозоя Восточно -Европейской платформы/Мат-лы к литологическому совещанию “Литология и полезные ископаемые Центральной России”. Воронеж, 2000. - С. 105-106.
38. Школьник Э.Л., Жегалло Е.А. Новые результаты электронно-микроскопического изучения зернистых фосфоритов месторождения Песка, Колумбия//Тихоокеанская геология, т.19, №4, 2000. - С.116-122.
39. Шубаков Г.Н., Карпова М.И., Головкова Л.Я. и др. Фосфоритоносные бассейны и месторождения желваковых фосфоритовых руд/Геология месторождений фосфоритов, методика их прогнозирования и поисков. М.: Недра, 1980. - С. 185-202.
40. Ilyin A.V. Phosphorites of the Russian Craton. Earth-Science Reviews, 45, 1998.P. 89-101.
41. Reading H.G. (eds). Sådimentary environments and facies. Oxford,1986. - 615 p.

Подписи к электронномикроскопическим снимкам

Фиг. 1. Общий вид основной массы фосфатного желвака подтипа «а» в СЭМ. Различно ориентированные удлиненные спикулы кремнистых губок и различных размеров раковинки фораминифер в фосфатизированной плотной массе. Вятско-Камское месторождение и далее.

Фиг. 2. То же, при большем увеличении. Видны тонкие микробиальные нити.

Фиг. 3. Фрагмент скелета фосфатизированной кремнистой губки (в центре).

Фиг. 4. Фрагмент фосфатизированной раковины фораминиферы с развитыми на ней крустификационными кристаллическими фосфатными оболочками.

Фиг. 5. Фосфатизированные микробиальные нитчатые и иные формы между эвкариотными остатками.

Фиг. 6. Фрагмент фосфатизированной раковины неясного систематического положения.

Фиг. 7. Диагенетические кристаллы сульфидов внутри фосфатизированной раковины.

Фиг. 8. Основная масса фосфатного желвака того же подтипа, но с Егорьевского Месторождения (и далее, до указания).

Фиг. 9. Фосфатизированная раковина фораминиферы (в центре), внутренняя часть которой заполнена губчатой тканью, вероятно, фосфатизированной эктоплазмой.

Фиг. 10. Фрагмент скелета фосфатизированной губки с фосфатизированными микробиальными остатками на нем.

Фиг. 11. Фосфатизированные микробиальные остатки.

Фиг. 12. То же, но преимущественно кокковидные.

Фиг. 13. Общий вид основной массы фосфатного желвака аналогичного подтипа. Латнетское месторождение (и далее).

Фиг. 14. Фрагмент этого желвака после травления. Проявлены палочковидные структуры в организме неясного систематического положения.

Фиг. 15. Сравнительно крупные фрагменты кремнистых губок в фосфатном желваке рассматриваемого подтипа. Егорьевское месторождение.

Фиг. 16. Развитие микробиальных форм в основной массе фосфатного желвака рассматриваемого подтипа. Егорьевское месторождение.

Фиг. 17. Фосфатный желвак подтипа «в». Основная масса, наряду с многочисленными органическими остатками содержит сравнительно крупные зерна глауконита (внизу снимка, в левой половине). Кимовское месторождение (и далее).

Фиг. 18. Фосфатизированные шаровидные микробиальные формы в основной массе желвака.

Фиг. 19. Фрамбоидальный пирит (в центре) вблизи раковины фораминиферы (справа).

Фиг. 20. Шестовидные кристаллы апатита в порах желвака.

Фиг. 21. Общий вид основной массы фосфоритового желвака II типа, подтипа «а». Многочисленные фосфатизированные (в разной степени) радиолярии, спикулы кремнистых губок, диатомеи в плотной основной массе. Сеноман Центральных районов (и далее).

Фиг. 22. То же, детальнее. Фрагмент скелета кремнистой губки (почти в центре), обломки спикул губок. Между ними микробиальные формы.

Фиг. 23. Фосфатный желвак подтипа «б» с относительным обогащением обломочным материалом, при значительном присутствии спикул губок, радиолярий. Проявление Дубовец.

Фиг. 24. Общий вид фосфатного желвака III типа, подтипа «а» в оптическом микроскопе. Николи паралельны. Видны многочисленные остатки радиолярий и диатомовых. Проявление Злыдино.

Фиг. 25. То же, более детально, в СЭМ. Скелеты радиолярий частично разрушены, из-за неполного замещения. Полпинское месторождение.

Фиг. 26. То же, еще более детально. Остатки диатомовых и вмещающей микробиальной массы в заметной степени разрушения. Сожское месторождение.

Фиг. 27. Общий вид основной массы фосфатного желвака подтипа «б» Между обломочными зернами (темные обособления) видны многочисленные остатки радиолярий. Дубовец, Свободинское месторождение.

Фиг. 28. То же, более детально. Скелет радиолярии (в центре), частично с начальными признаками раскристаллизации. Вокруг частично видны темные обломочные зерна глауконита. Злыдино.

Фиг. 29 Фосфатный желвак типа IV типа, подтипа «а», в основном, состоящий из фрагментов скелетов кремнистых губок, реже фрагментов спикул. Егорьевское месторождение (и далее).

Фиг. 30. То же, более детально Фрагмент скелета кремнистой губки в микробиальной массе.

Фиг. 31. То же, еще более детально.

Фиг. 32. Аналогичного характера фосфатный желвак с многочисленными фрагментами губок. Центральный район. Злыдино.

Фиг. 33. Фосфатный желвак из частично окатанных зерен, включающих скелеты кремнистых губок, выделяющиеся светлой окраской. Центральные районы России, Злыдино.

Фиг. 34. Фосфатный желвак подтипа «б». Преимущественно обломочный характер фосфатизированных органических остатков, как и развитие обломочных терригенных частиц. Дубовец.

Фиг. 35. Общее строение фосфатного желвака V типа. Окатанные, полуокатанные зерна из фосфатизированного спонголита в заполняющей массе. Егорьевское месторождение (и далее).

Фиг. 36. То же, большее увеличение. В центре зерно фосфатизированного спонголита.

Фиг. 37. Заполняющая масса между зернами фосфатизированного спонголита представляющая преимущественно аналогичный спонголит.

Фиг. 38. То же. Фрагмент фосфатизированной радиолярии в основной массе.

Фиг. 39. То же. Фрагмент фосфатизированного организма не ясного систематического положения в основной массе.

Фиг. 40. То же. Фрамбоидальный пирит (в центре) в основной массе.

Фиг. 41. Основная масса фосфатного желвака VI типа, подтипа «а». При практическом отсутствии обломочных зерен преобладают фораминиферы, кокколиты. Полпинское месторождение (и далее).

Фиг. 42. То же, большее увеличение. Разрушенные фрагменты фораминифер, кокколитофорид.

Фиг. 43. Подтип «б». Общий вид в СЭМ фосфатного желвака. Дубовец (и далее).

Фиг. 44. То же, более детально Скопления раковин фосфатизированных фораминифер в микробиальной массе.

Фиг. 45. То же. Кокколитофориды в разрушенной (?) микробиальной массе.

Фиг. 46. Общий вид фосфатизированной карбонатной губки. VII тип. Месторождение Центральное.

Фиг. 47. То же, более детально.

Фиг. 48. Фосфатный желвак VIII типа, общее неравномерное, сгустковое строение: преимущественно из микробиального мата. Кумовогорское месторождение (и далее).

Фиг. 49. То же, при большем увеличении и травлении видны микробиальные нити.

Фиг. 50. То же, еще большее увеличение. Видно развитие небольших кокков, дипло- и тетракокков.

Фиг. 51. Фрагмент строения основной массы другого фосфатного желвака аналогичного типа из микробиального мата. Видны полые трубки, круглого сечения - скорее всего трихомы цианобактерии. Полпинское месторождение (и далее).

Фиг. 52. То же, другое сечение. Скопления кокковидных форм, вероятно, с остатками гликокаликса.

Фиг. 53. То же, сечение по поверхности зерен кварца, где видны сложные переплетения трубчатых форм, вероятно, фосфатизированных псевдоморфоз по бактериальным матам.

Фиг. 54. Особенности строения фосфатного желвака IX типа, состоящего из темных продолговато-округлых фосфатных зерен, вероятно, фрагментов копролитов. Грязи.

Фиг. 55. То же, большее увеличение.

Фиг. 56. Строение фосфатного желвака из несколько иных фосфатных зерен, вероятно, так же копролитов Егорьевское месторождение.

Фиг. 57. То же, при большем увеличении отдельное фосфатное зерно без признаков определенной структуры.

Фиг. 58. Фрагмент фосфатизированной древесины (тип X) с хорошо проявленным внутренним строением. Щигры.

Фиг. 59. и фиг. 60. Так же фрагменты фосфатизированной древесины. Полпино и Павловск.

Фиг. 61. и фиг. 62. Фрагменты костей позвоночных. XI тип. Полпино.

Фиг. 63. Песчанистые желваки (XII тип), подтип «а» - фосфатизированные микробиальные скопления между песчаными зёрнами.

Фиг. 64. То же, но иной характер микробиальных остатков.

Фиг. 65. То же, но подтип «б». Фосфатизированные спикулы губок, фораминиферы, микробиальные скопления в песчаной массе.

Фиг. 66. То же, но подтип «в». Фосфатизированные фораминиферы, кокколитофориды, микробиальные скопления в песчаной массе.

Фиг. 67. То же, но подтип «г». Фосфатизированные радиолярии, диатомовые, микробиальные скопления в песчаной массе.

Фиг. 68. То же, но подтип «д». В песчаной массе фрагменты скелета кремневых губок, радиолярии, микробиальные скопления.

Фиг. 69. То же, но подтип «е». В песчаной массе фосфатизированные спикулы, фрагменты скелетов кремневых губок, фораминиферы и микробиальные скопления.

Фиг. 70. То же, но подтип «ж». Общий вид желвака с фосфатными крустификационными каемками вокруг массы фосфатных и песчаных зёрен. Весьма часты в Щиграх, Злыдино, Стайках, Грязи.

Фиг. 71. То же, но с большим увеличением. Хорошо видны крустификационные каемки, развивающиеся по фосфатизированным органическим остаткам.

Фиг. 72. То же, другой пример детального строения крустификационных каемок.

Фиг. 73. Фосфатный желвак Актюбинского бассейна – общий вид в СЭМ, Темные кварцевые обломочные зёрна погружены в более светлую массу из фосфатизированных органических остатков.

Фиг. 74. То же, большее увеличение. Хорошо видны фрагменты фосфатизированных органических остатков- скелетов кремневых губок, радиолярий(?), микробиальная масса.

Фиг. 75 и фиг. 76. То же. Фрагмент фосфатизированной биоморфозы не ясного систематического положения.

Фиг. 77. ЭДС этой биоморфозы.

Фиг. 78. Другая фосфатизированная биоморфоза в желваках Актюбинского бассейна.

Фиг. 79. То же, но при больших увеличениях видно ее строение из переплетения цианобактерий.

Фиг. 80 и фиг. 81. То же, но другое сечение фосфатизированной биоморфозы при разных увеличениях.

Фиг. 82. То же, масса фосфата микробиального характера между фосфатизированными биоморфозами.

Фиг. 83. Общее строение фосфатного желвака из палеогеновых отложений. В однородной фосфатизированной массе практически отсутствуют обломочные терригенные зёрна. Темные участки – пустоты от растворения органических остатков. Суджанский район.

Фиг. 84. То же, при большем увеличении. Львовский район.

Фиг. 85. То же. Реликты неопределимых органических остатков в фосфатном желваке. Суджанский район.

Фиг. 86. То же Реликты спикул (?) губок с развитием микробиальных форм. Суджанский район.

Фиг. 87. То же. Реликты фосфатизированных фораминифер в желваке. Львовский район.

Фиг. 88. и фиг. 89. Современные фосфатные желваки с шельфа Намибии с варьирующим количеством песчаного обломочного материала.

Фиг. 90. То же. Обломочные зерна имеют тонкие кремневые оболочки.

Фиг. 91. То же, кремневая оболочка вокруг нескольких зерен.

Фиг. 92 –94. Разной степени сохранности панцири диатомей в современных фосфатных желваках с шельфа Намибии.

Фиг. 95. То же, фрагменты фораминифер.

Фиг. 96. То же, фрагменты фосфатизированных органических остатков не ясного систематического положения.

Фиг. 97. То же. Костные остатки позвоночных в желваках.

Фиг. 98 и фиг. 99. То же. Фосфатизированные трубочки цианобактерий(?).

Фиг. 100. То же. Глобулярный пирит в желваках.

Фиг. 101. То же. Сгустки- образования глобулярного облика или палочковидные, гантелевидные формы.

Фиг. 102.-105. То же. Близкие сгустки- скопления при разном увеличении палочковидных форм, генетическая интерпретация которых различная. При увеличении около 10000х (фиг. 105) видно, что эти формы имеют почти кристаллические ограничения.

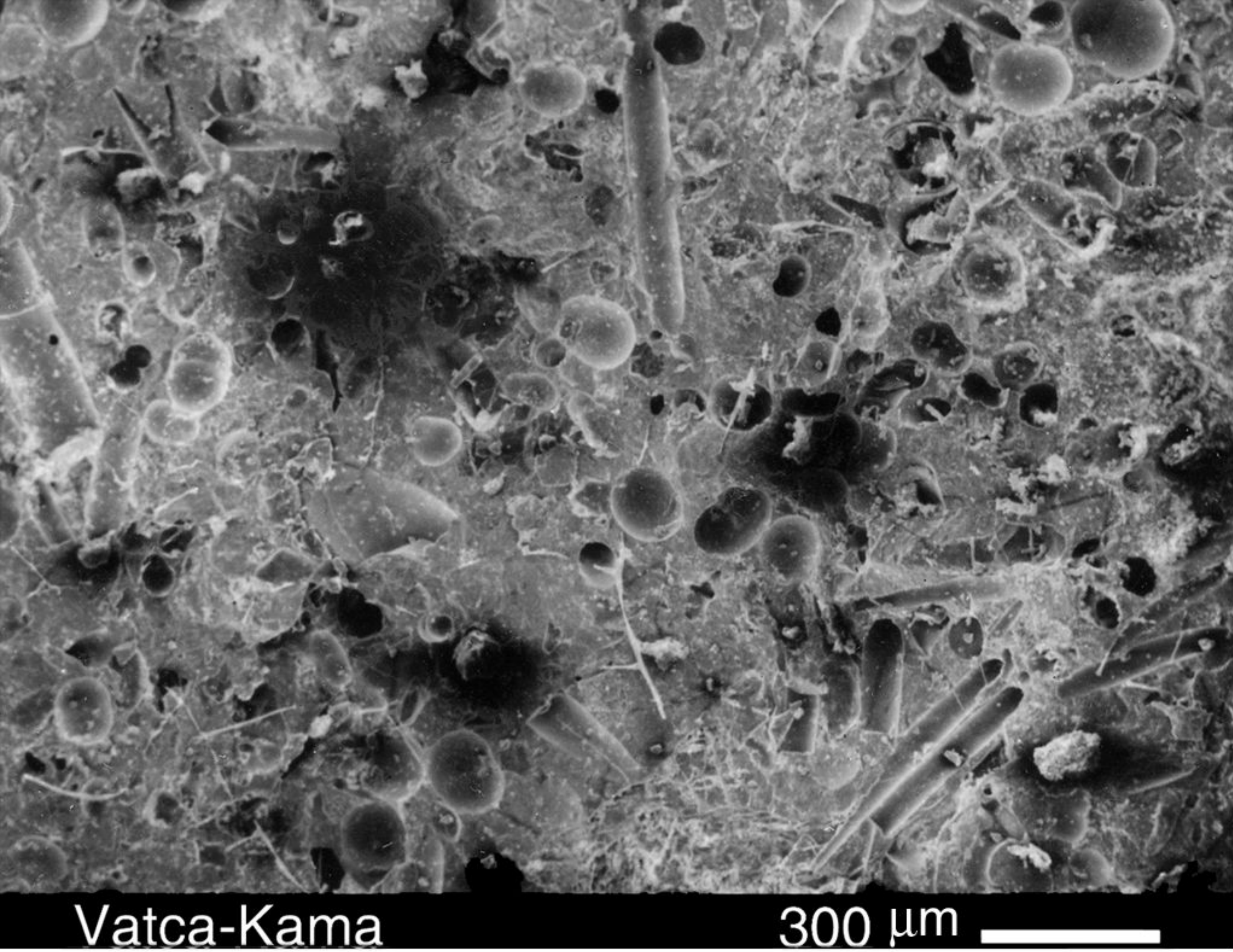
Фиг. 106-108. Фотографии в оптическом микроскопе фосфатных желваков Подолии. Видны определенные различия в строении желваков. Проходящий свет, увел.примерно 2х.

Фиг. 109-113. Фотографии в СЭМ тех же желваков. Отчетливо видно, что конкреции сложены ансамблем тонких длинных нитей, обычно тесно примыкающих друг к другу.

Фиг. 114 и фиг. 115. То же. Поверхность нитей при большем увеличении. Она сложена ансамблем мелко столбчатых, отчасти кокковидных, часто полых, пористых микробиальных форм.

Фиг. 116 и фиг. 117. То же. Строение поверхности пустот в желваках полусферические формы, тесно сросшиеся друг с другом.

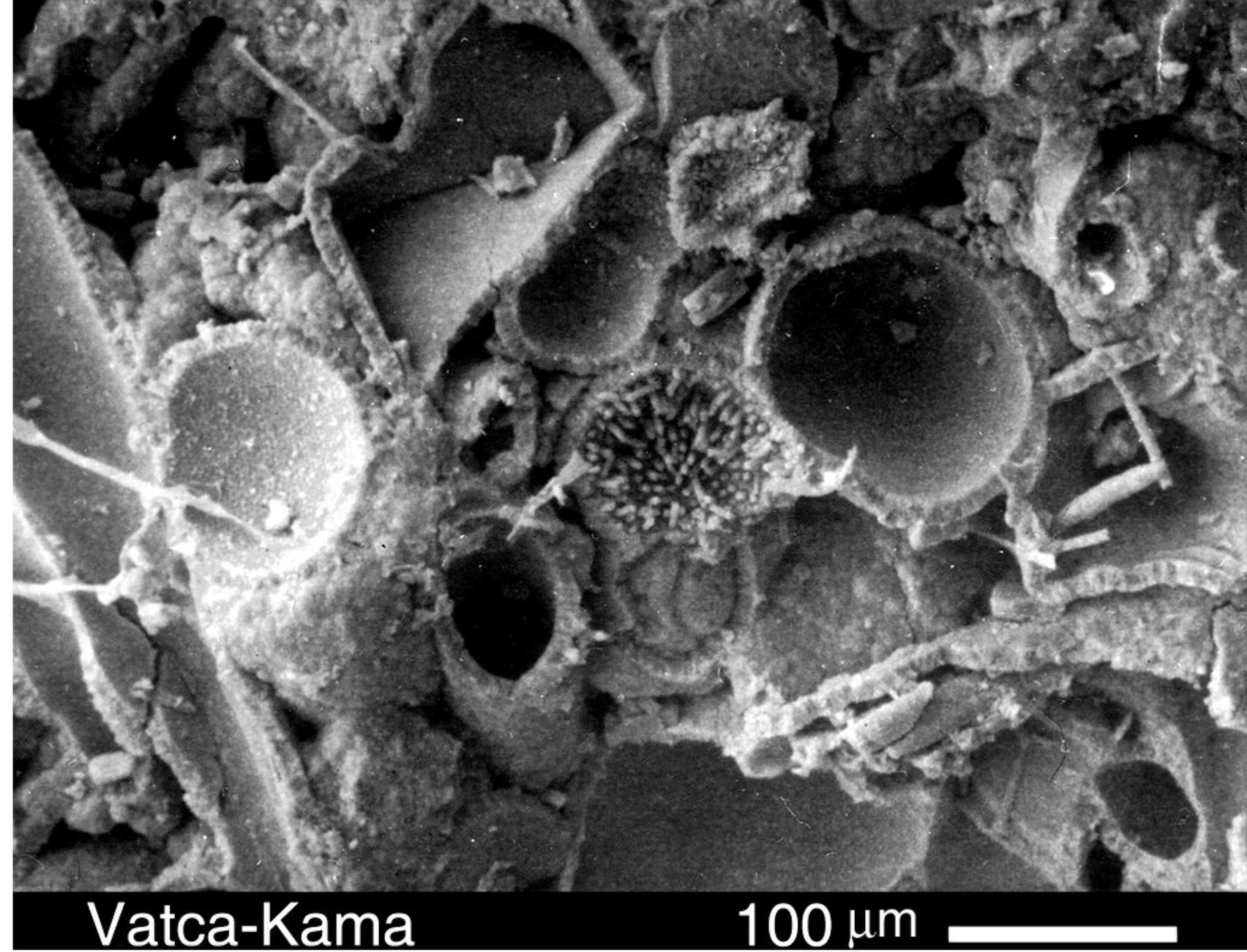
Фиг. 118-120. То же. Внутреннее строение сферических форм при разных увеличениях. Внешняя оболочка состоит из радиально ориентированных, сравнительно коротких тонких нитей. Внутренняя часть (не всегда) - из различно ориентированных, часто центростремительно расходящихся трубчатых форм.



Vatca-Kama

300 μm

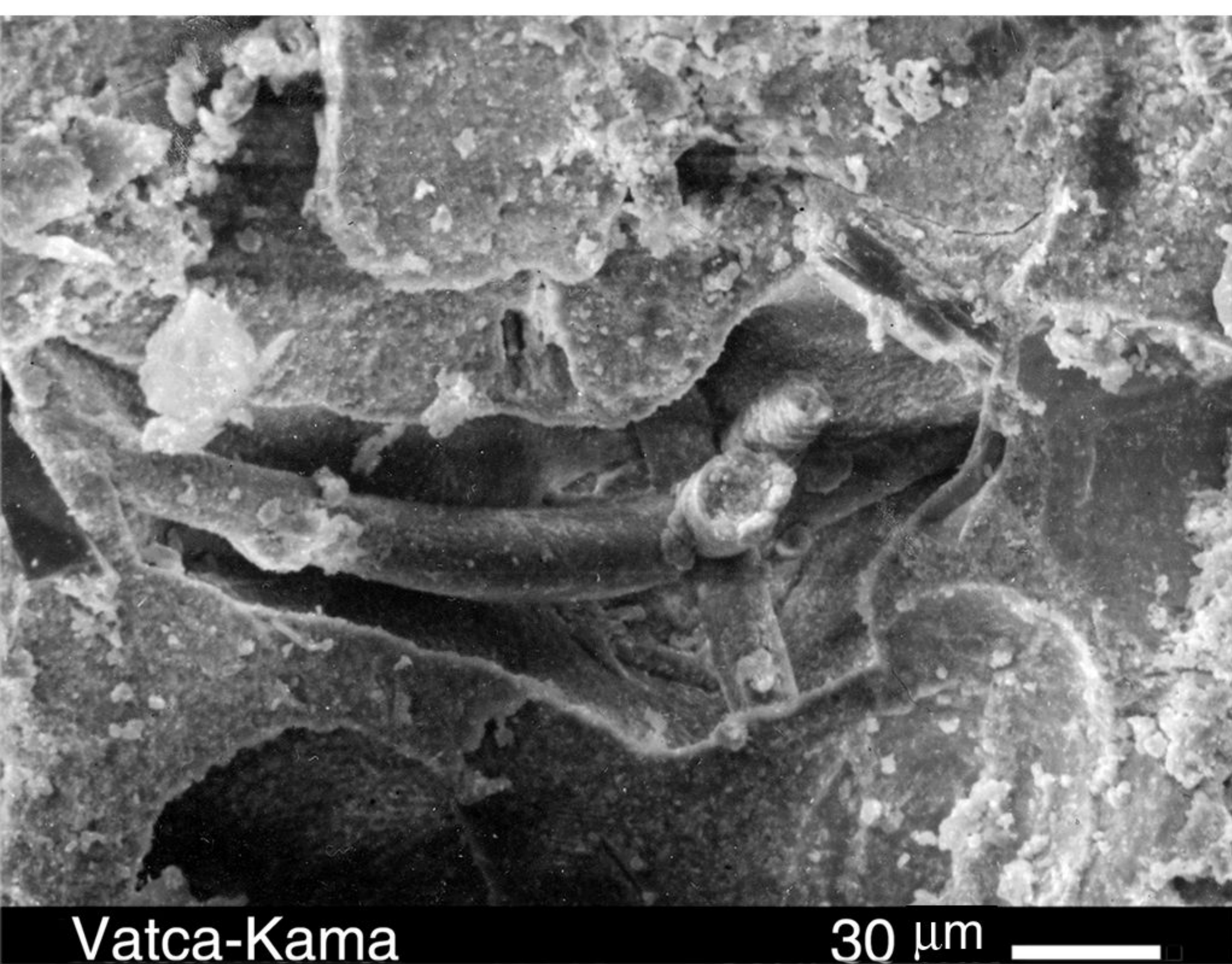
Фиг. 1



Vatca-Kama

100 μm

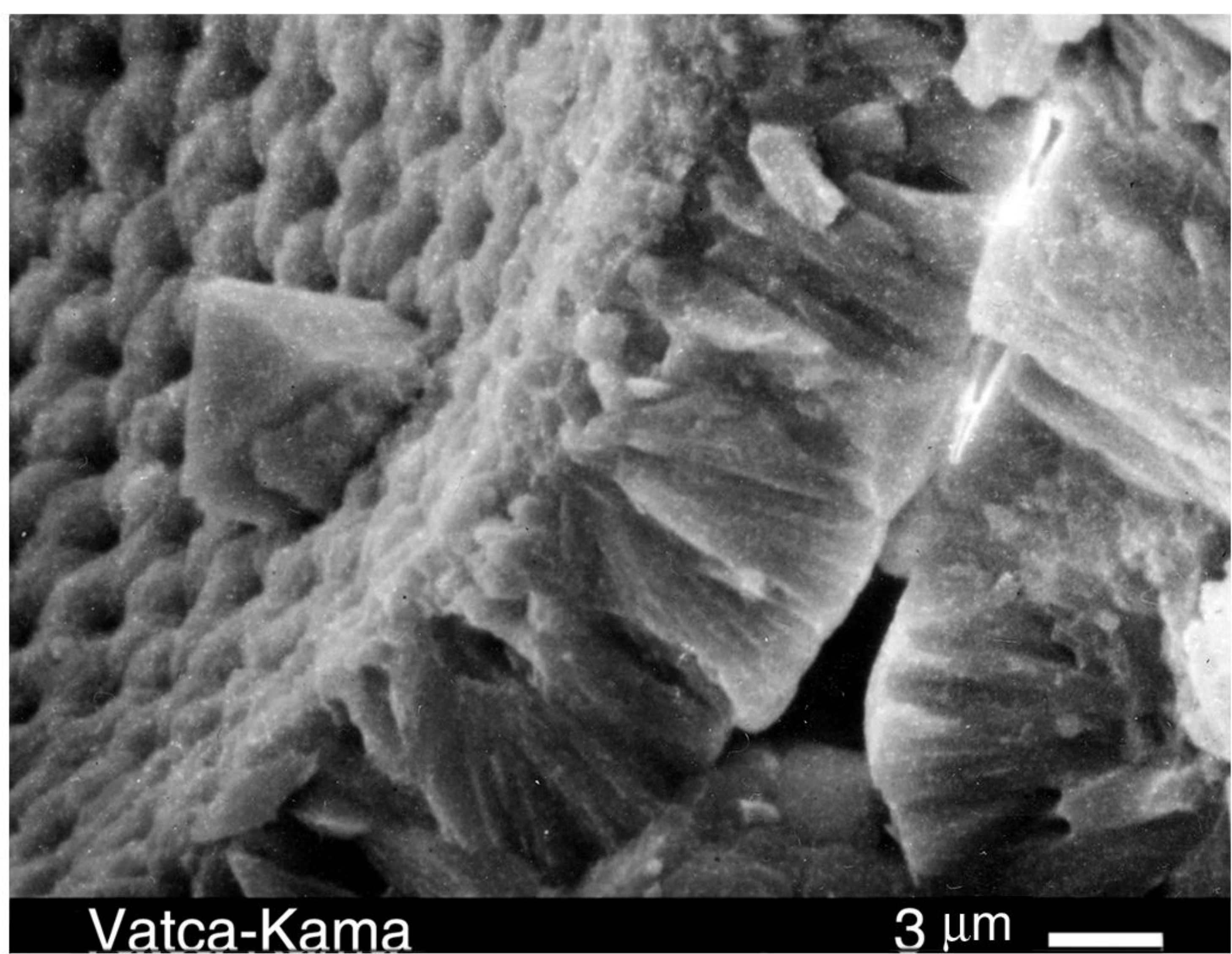
Фиг. 2



Vatca-Kama

30 μm

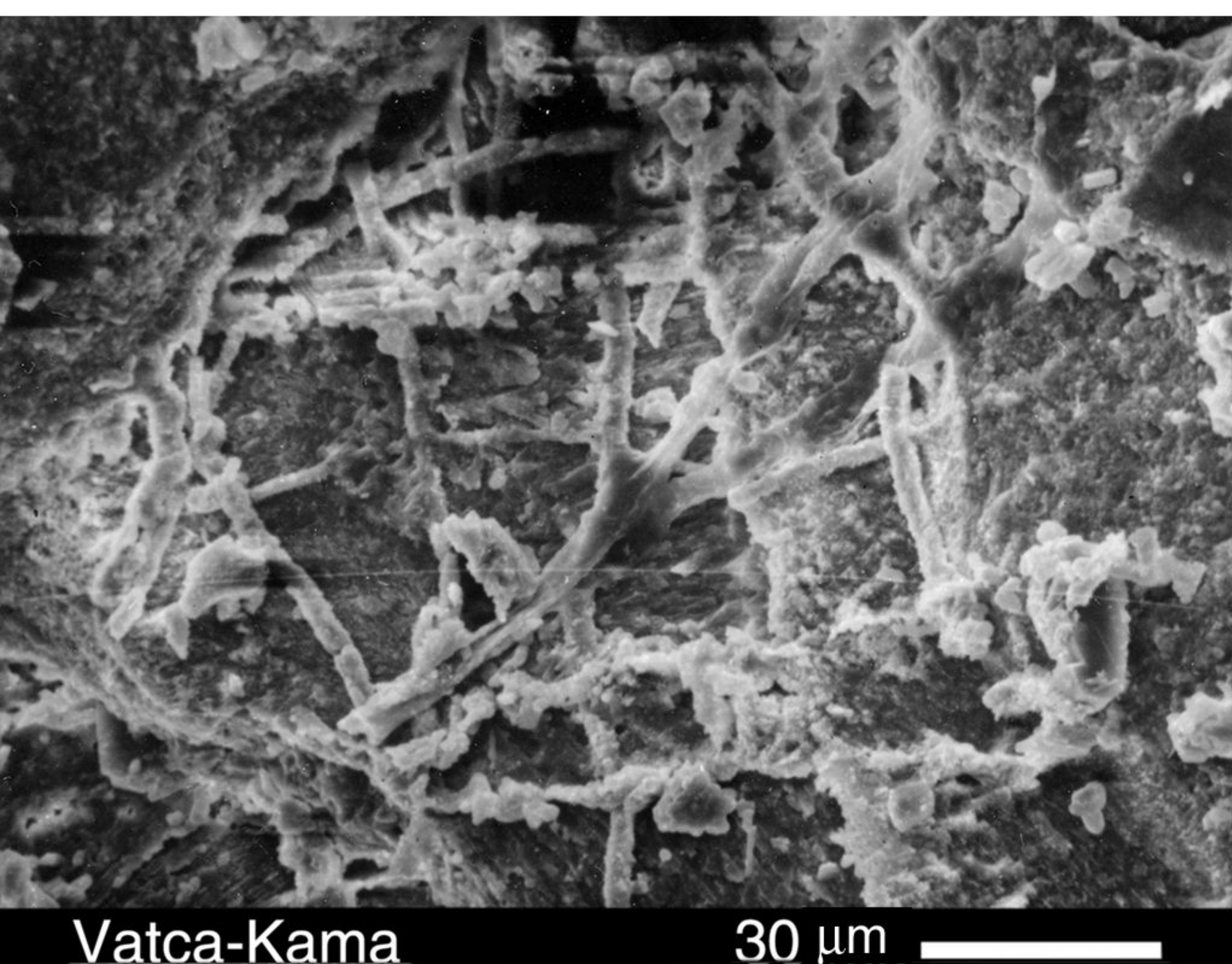
Фиг. 3



Vatca-Kama

3 μm

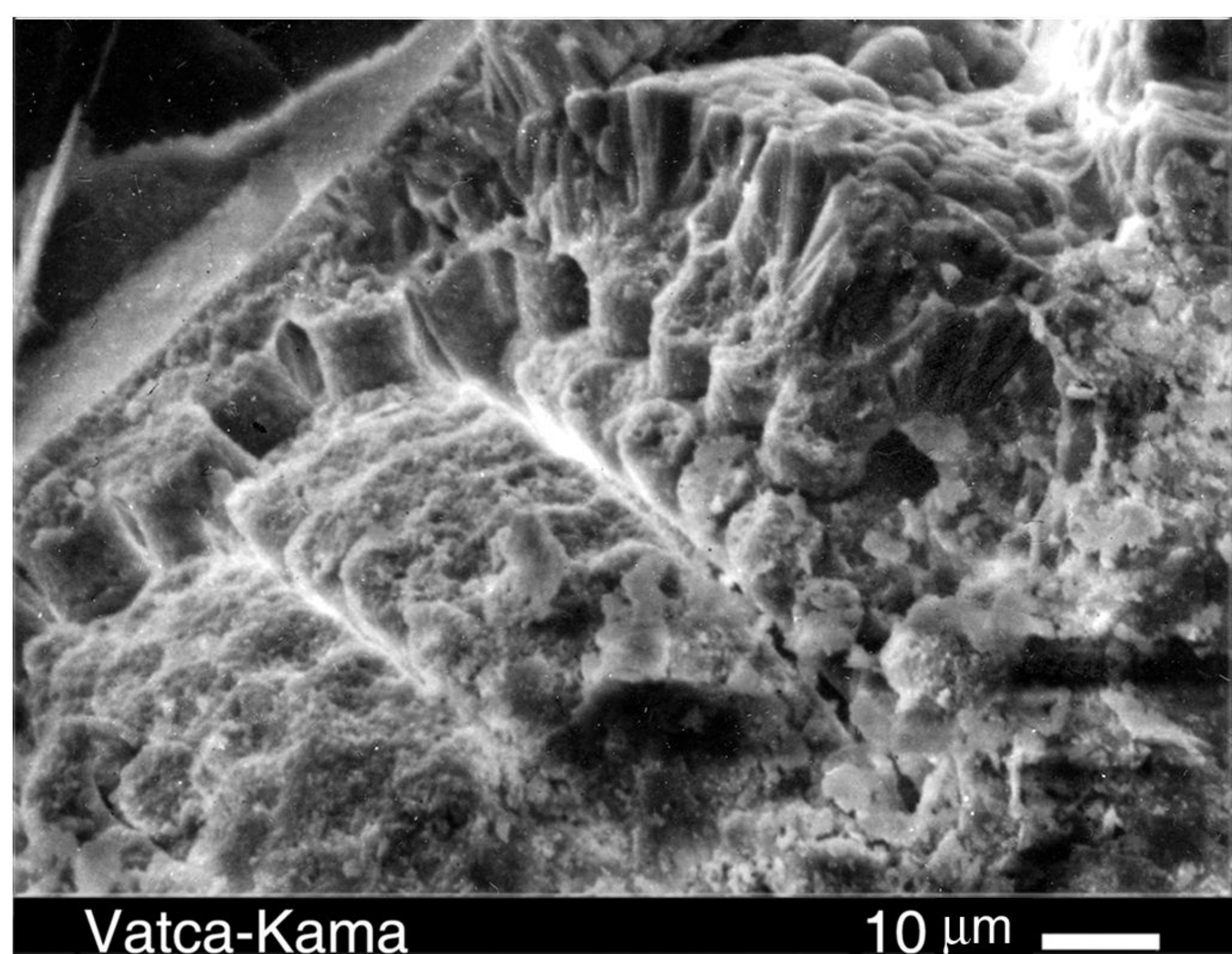
Фиг. 4



Vatca-Kama

30 μm

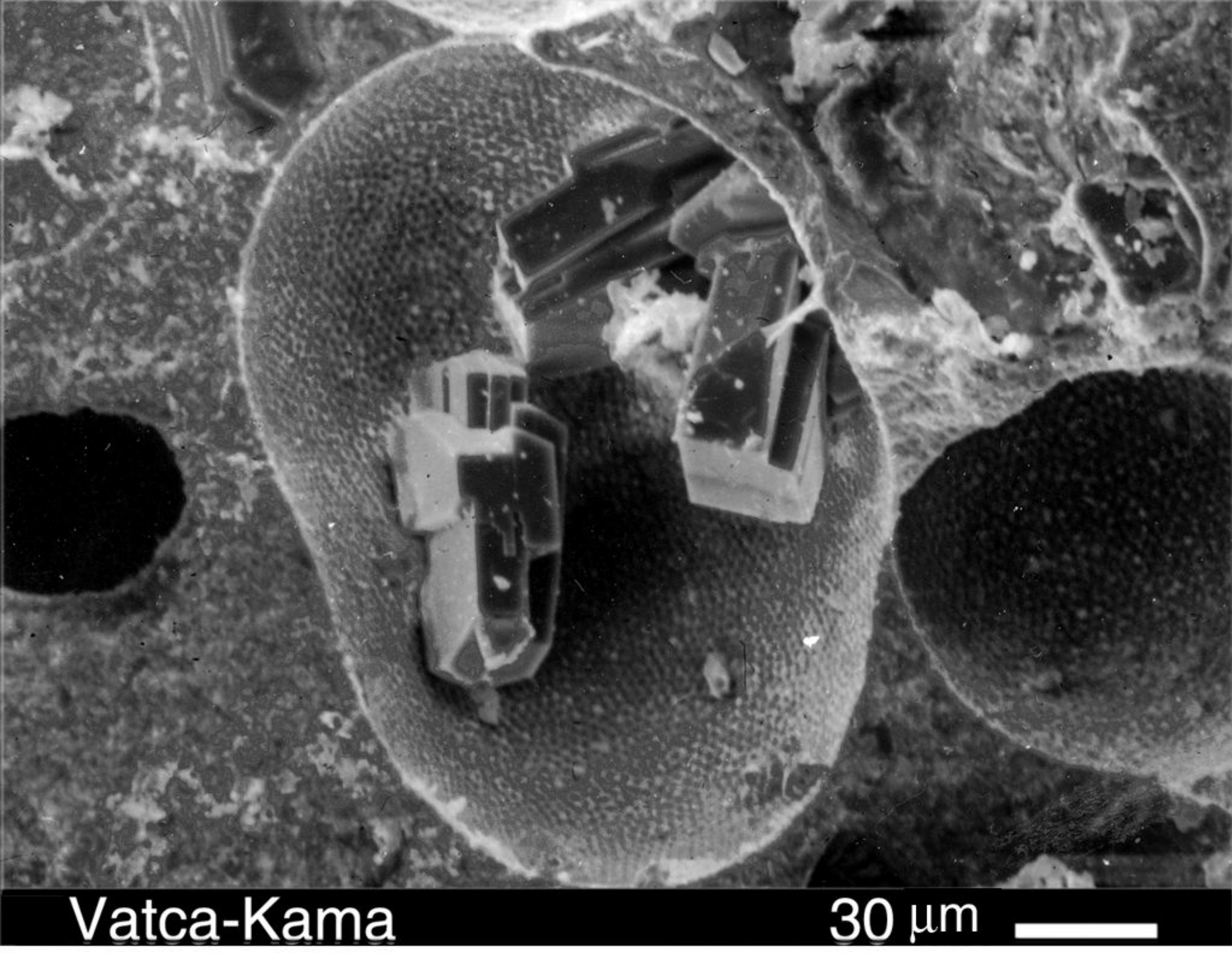
Фиг. 5



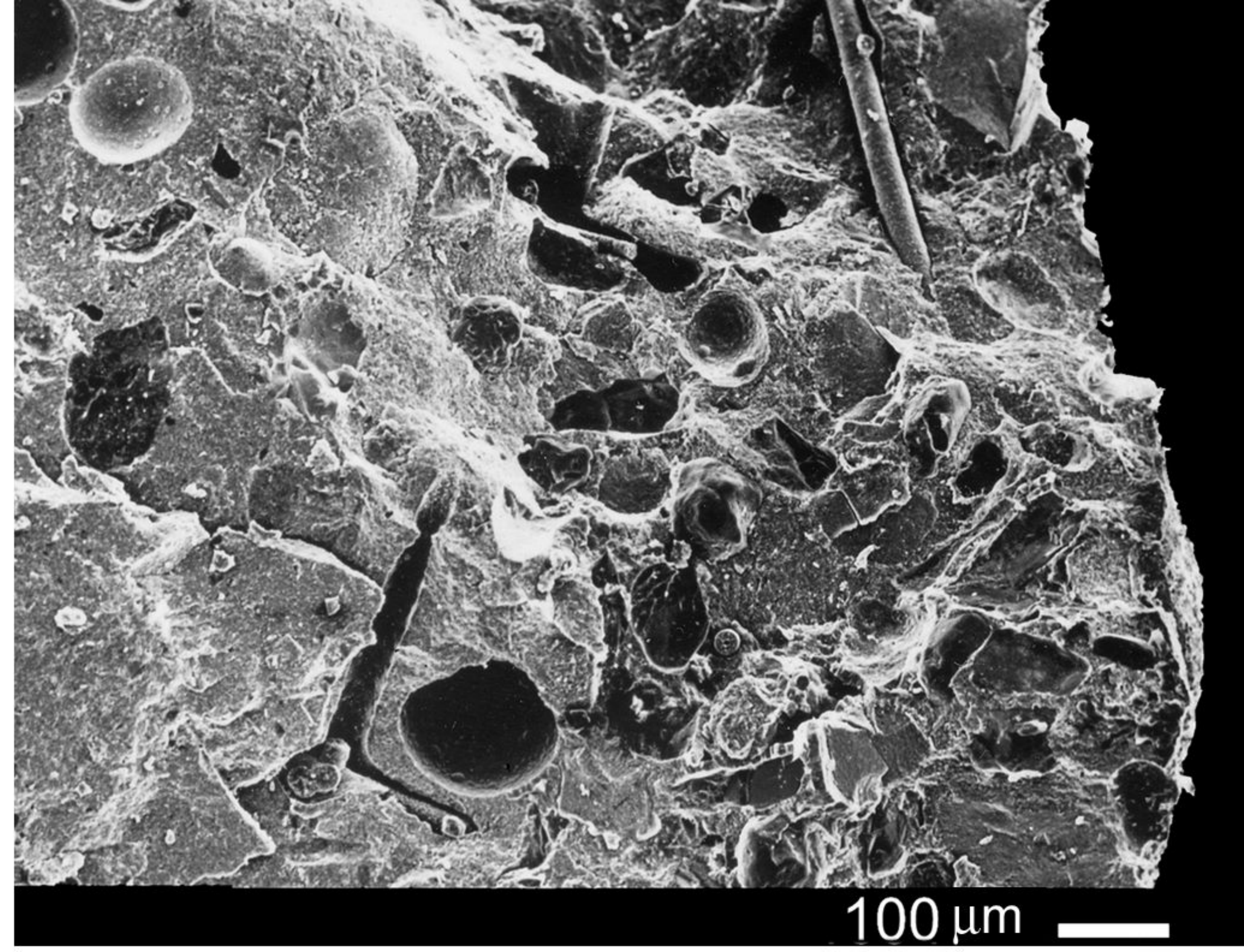
Vatca-Kama

10 μm

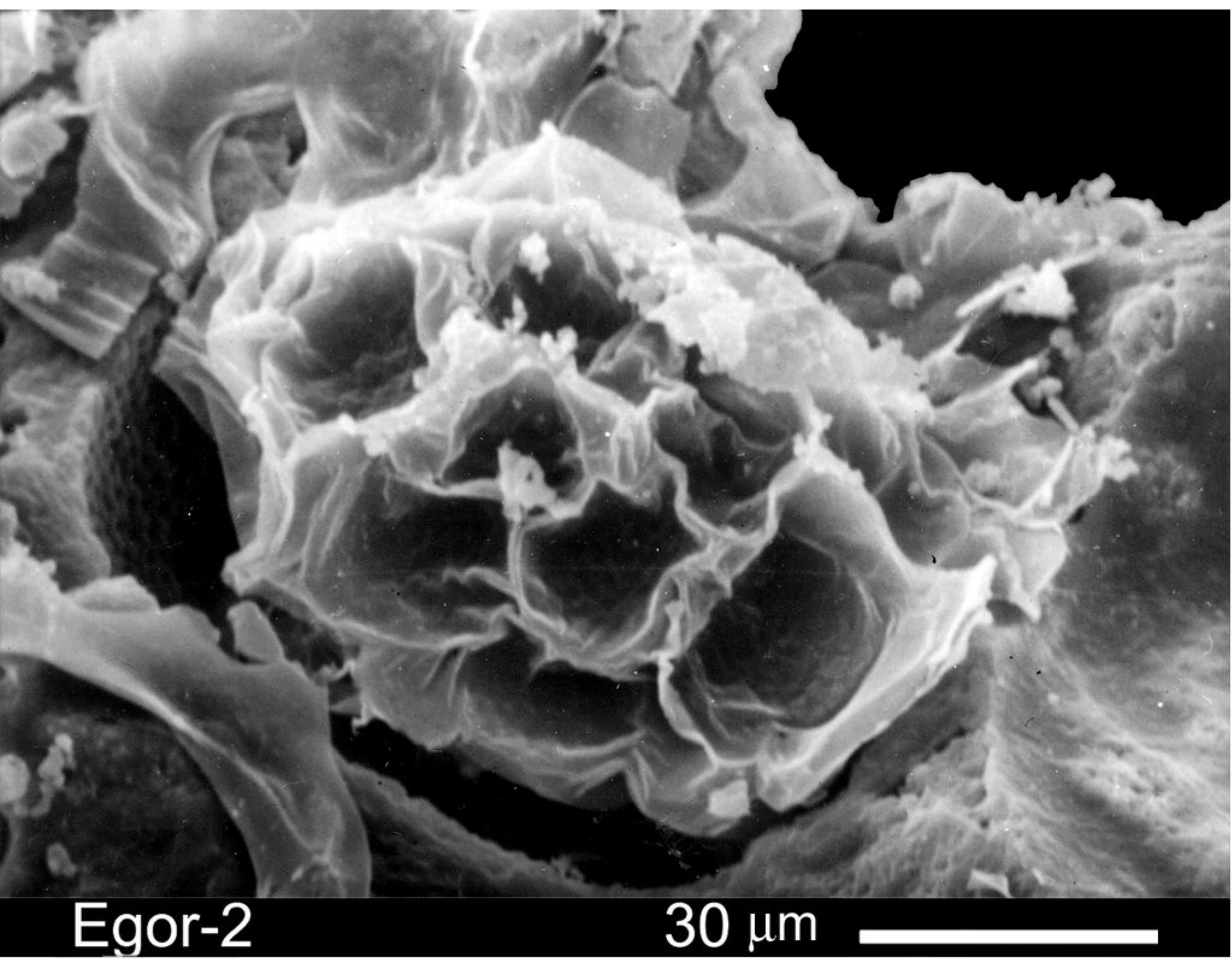
Фиг. 6



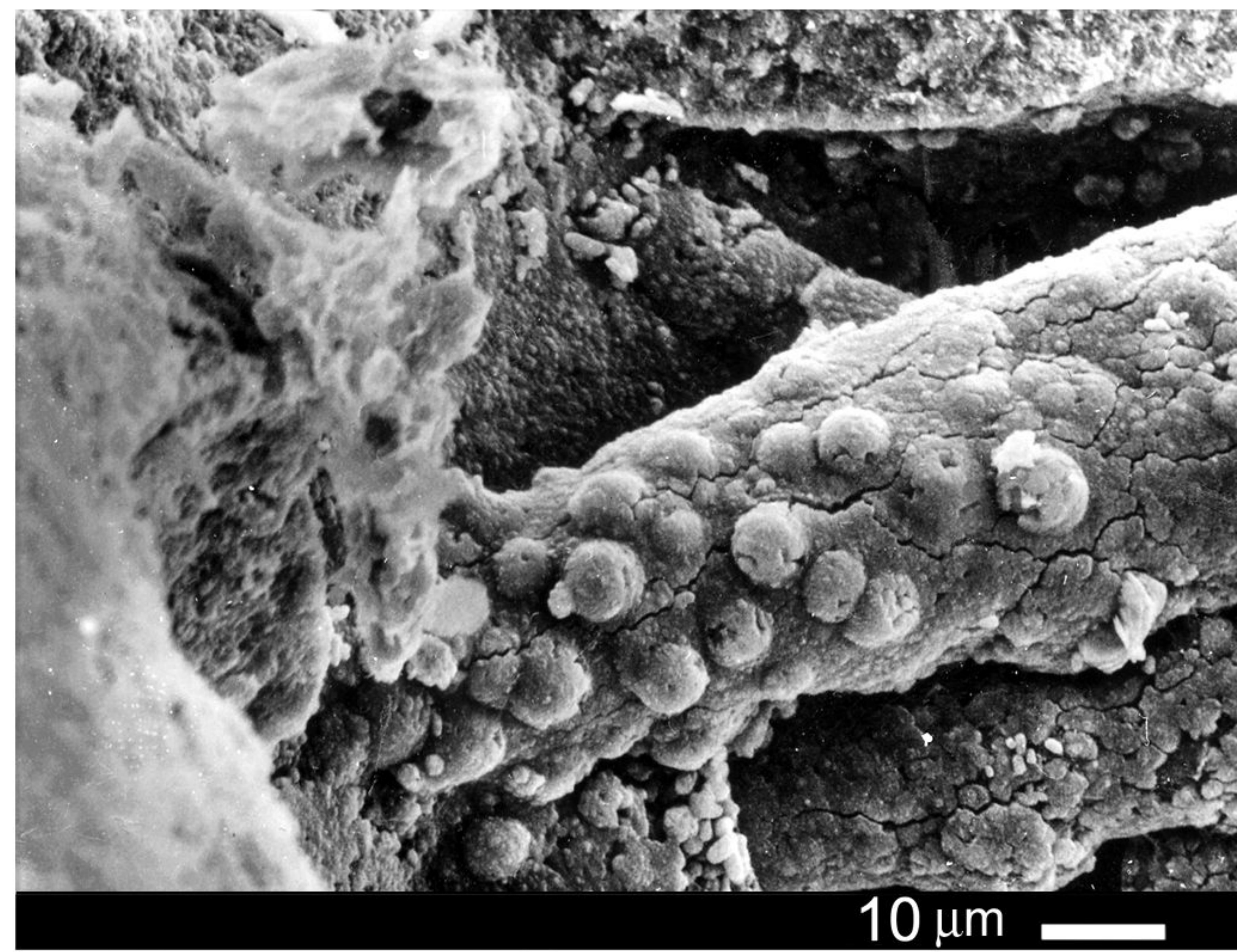
Фиг. 7



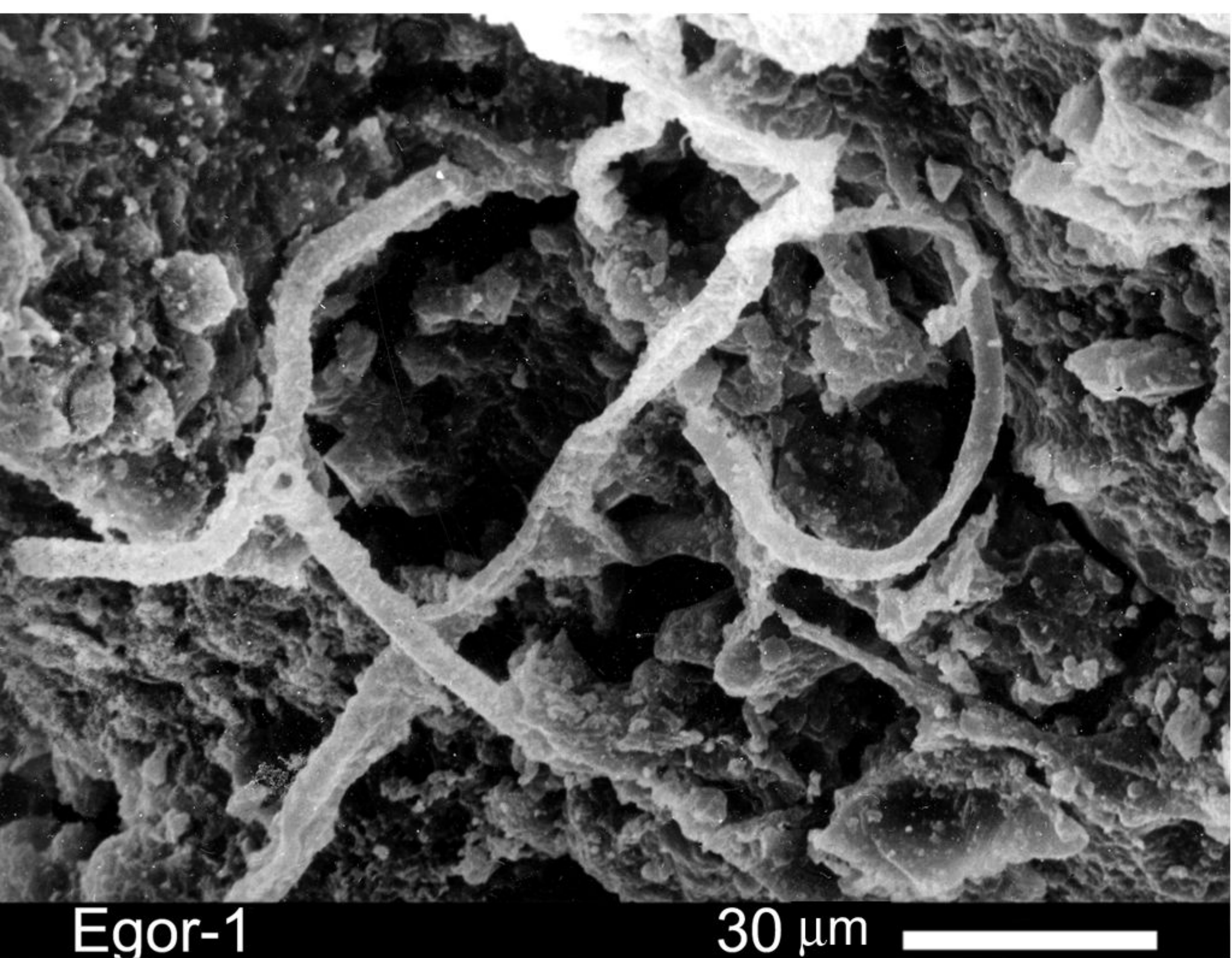
Фиг. 8



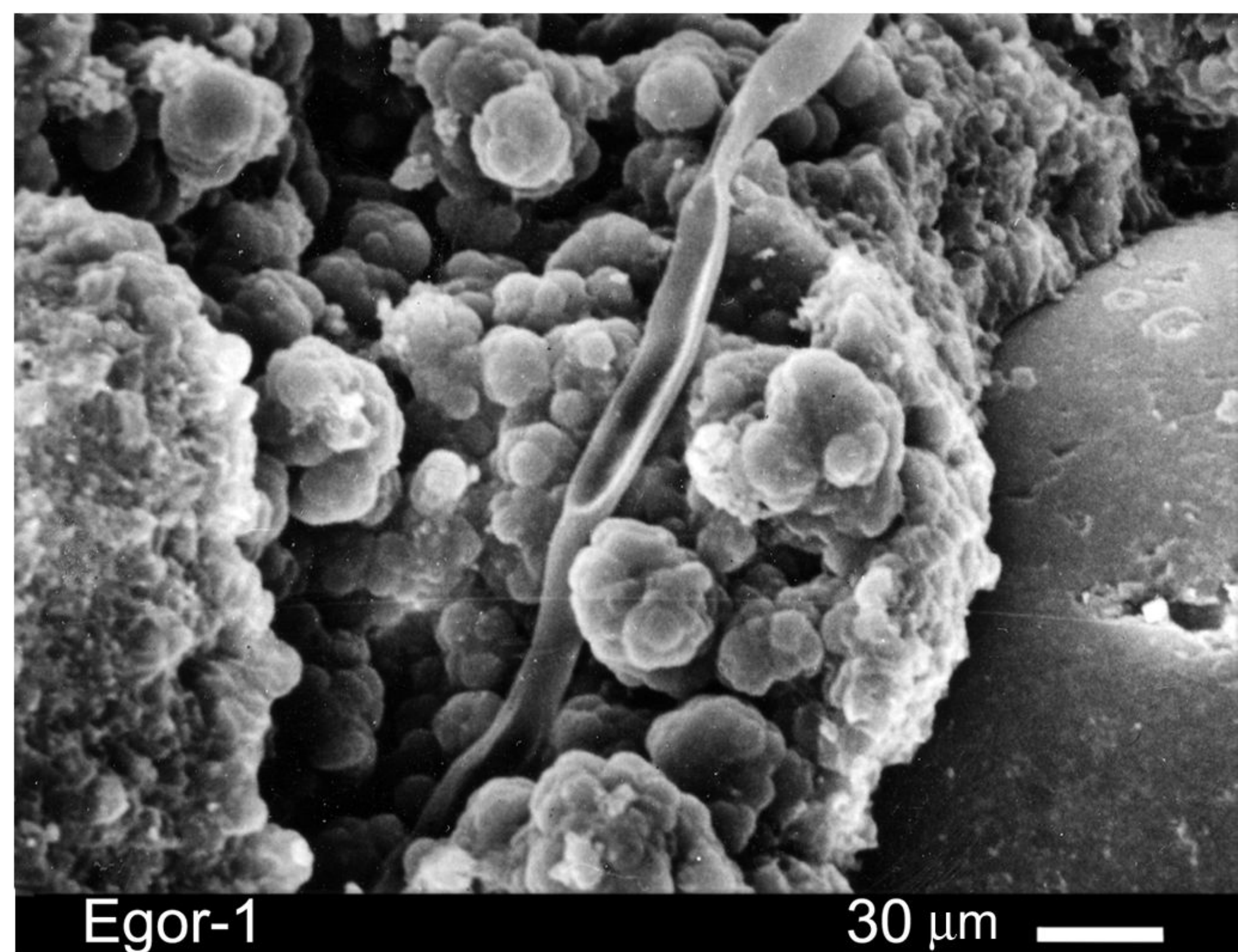
Фиг. 9



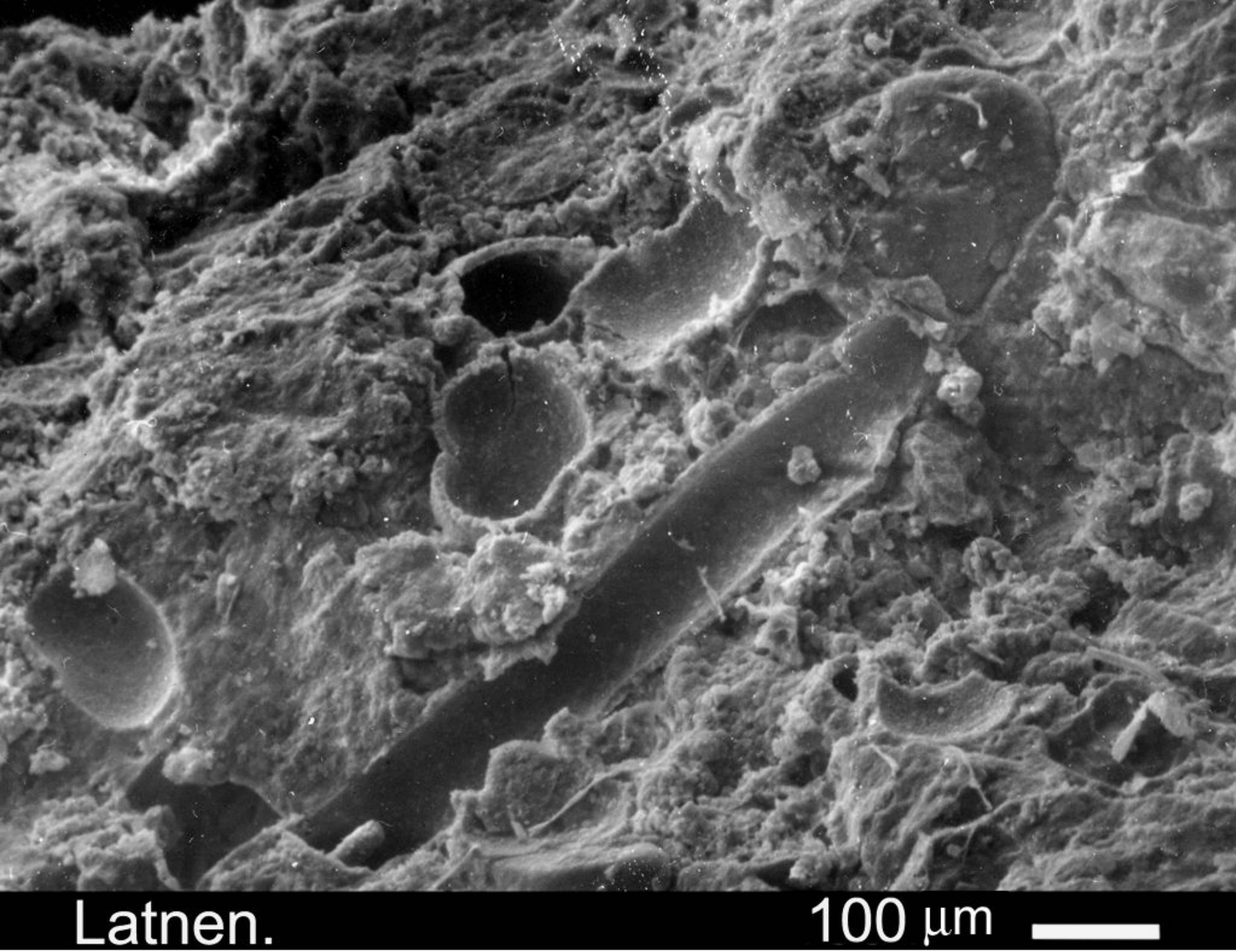
Фиг. 10



Фиг. 11



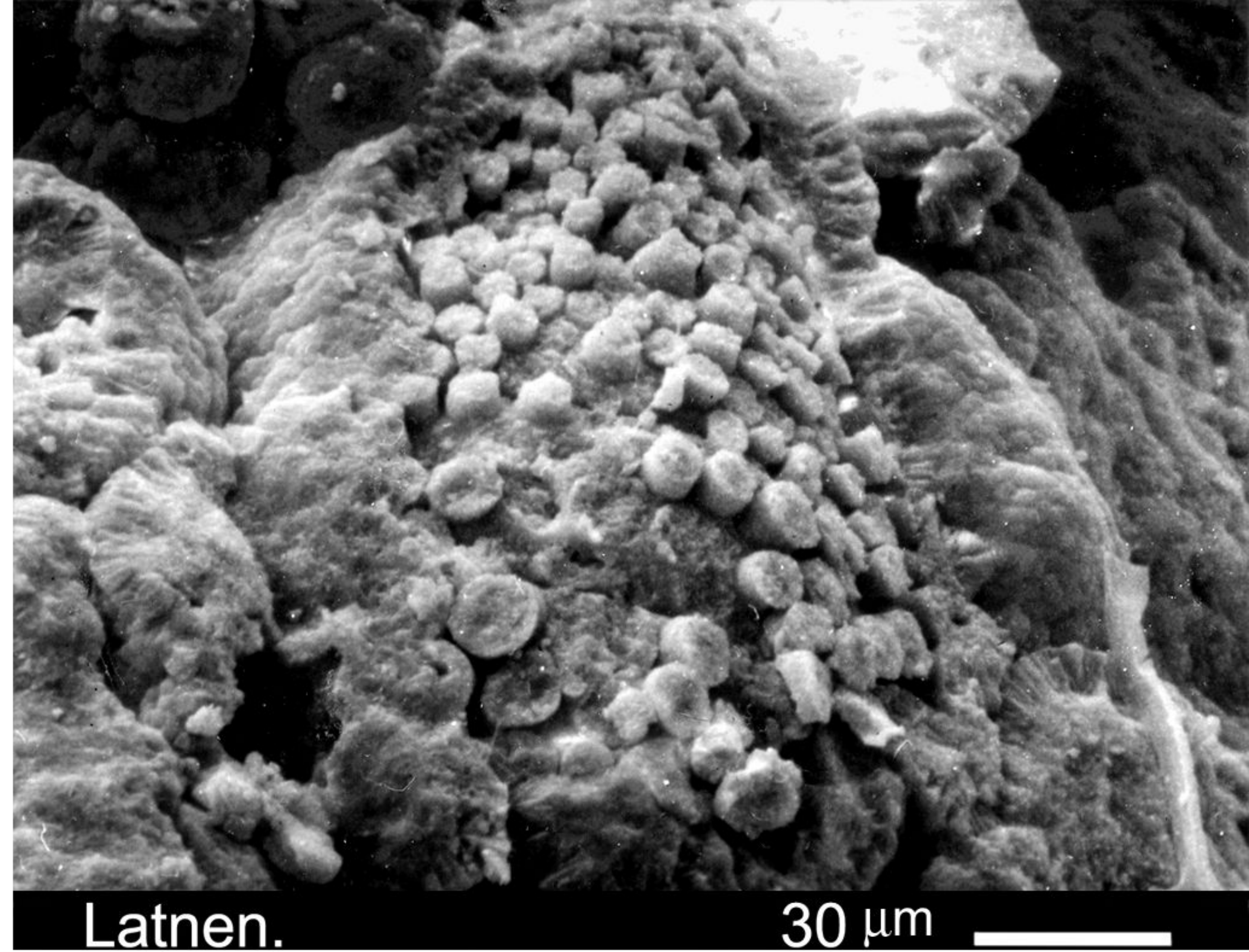
Фиг. 12



Latnen.

100 μm

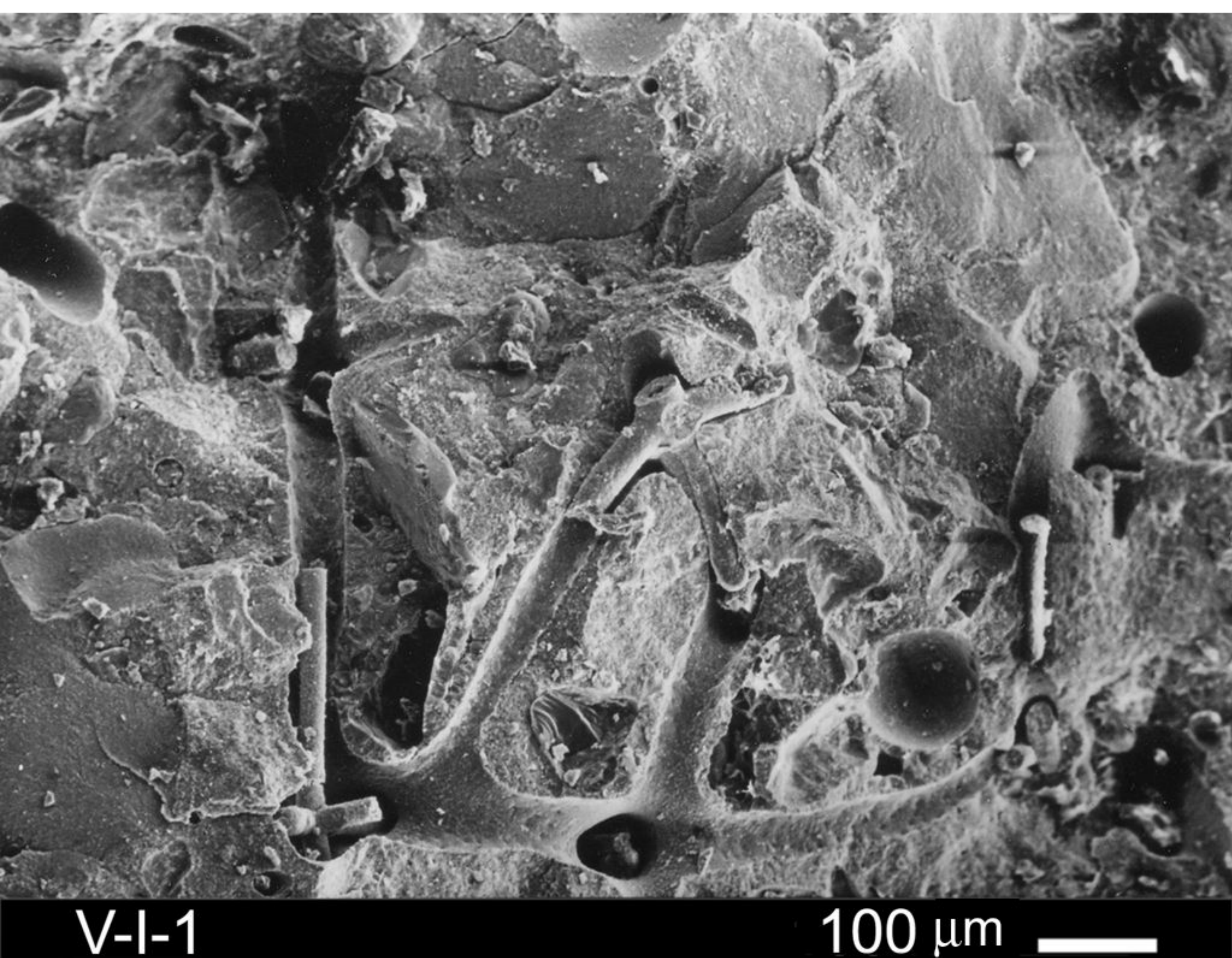
Фиг. 13



Latnen.

30 μm

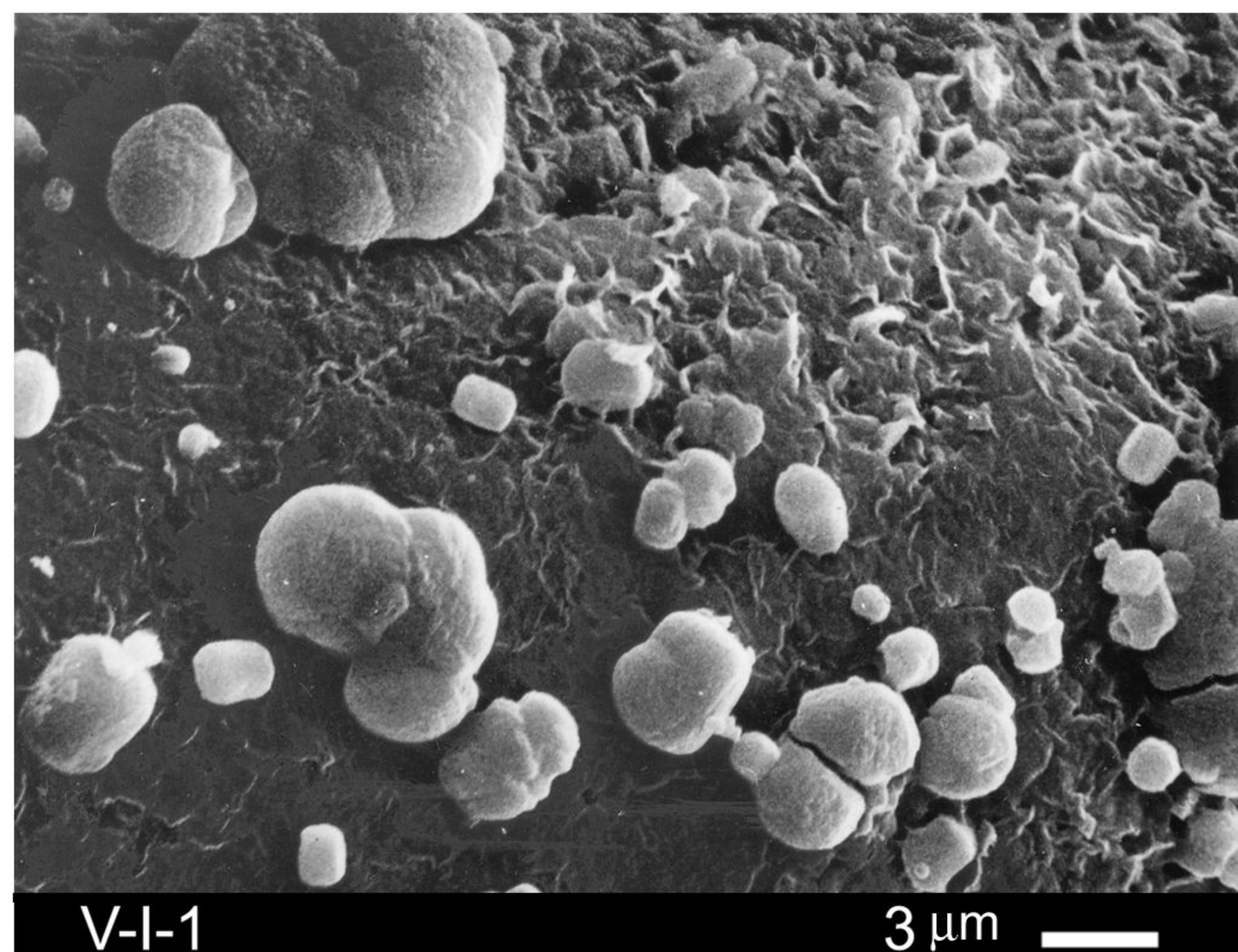
Фиг. 14



V-I-1

100 μm

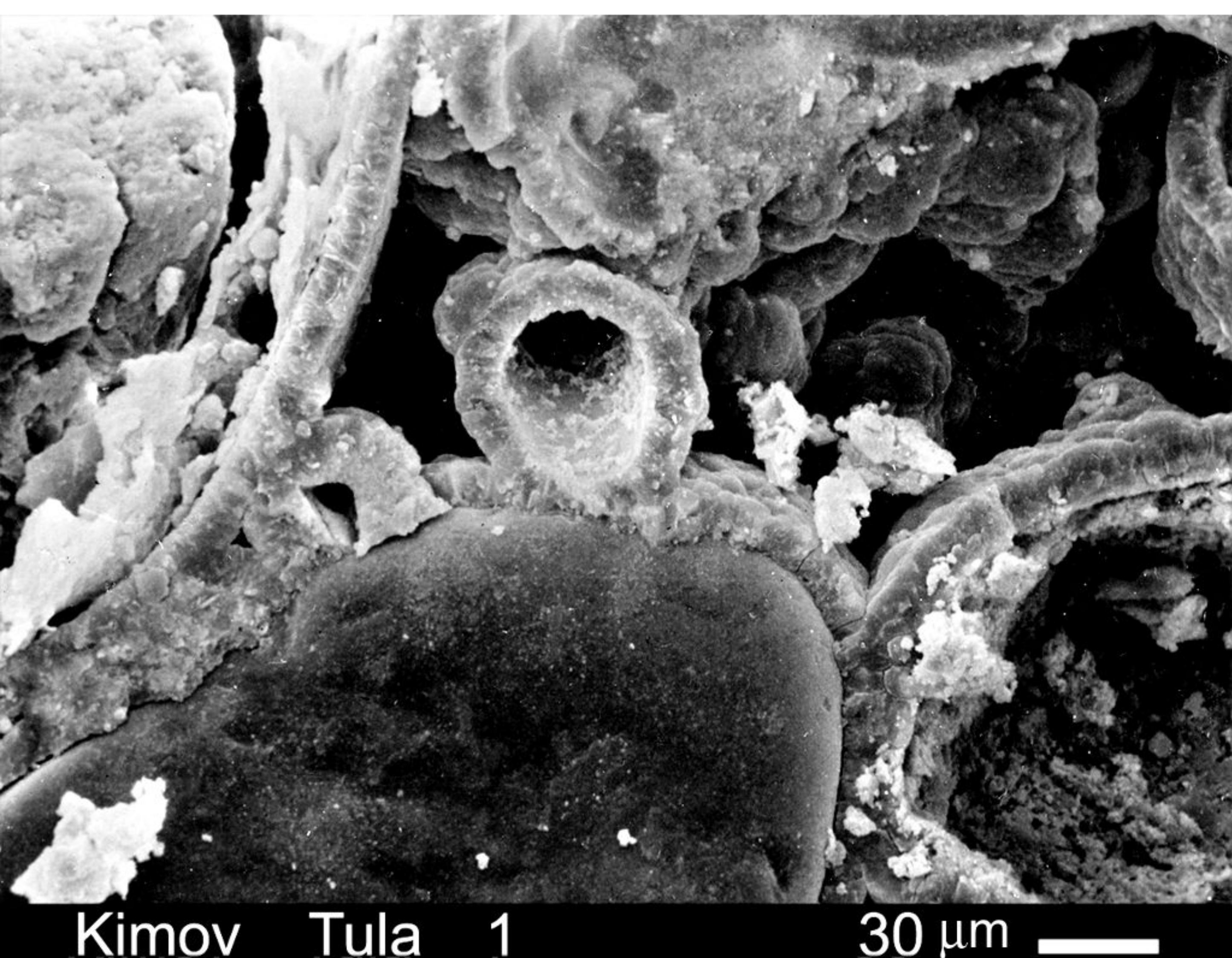
Фиг. 15



V-I-1

3 μm

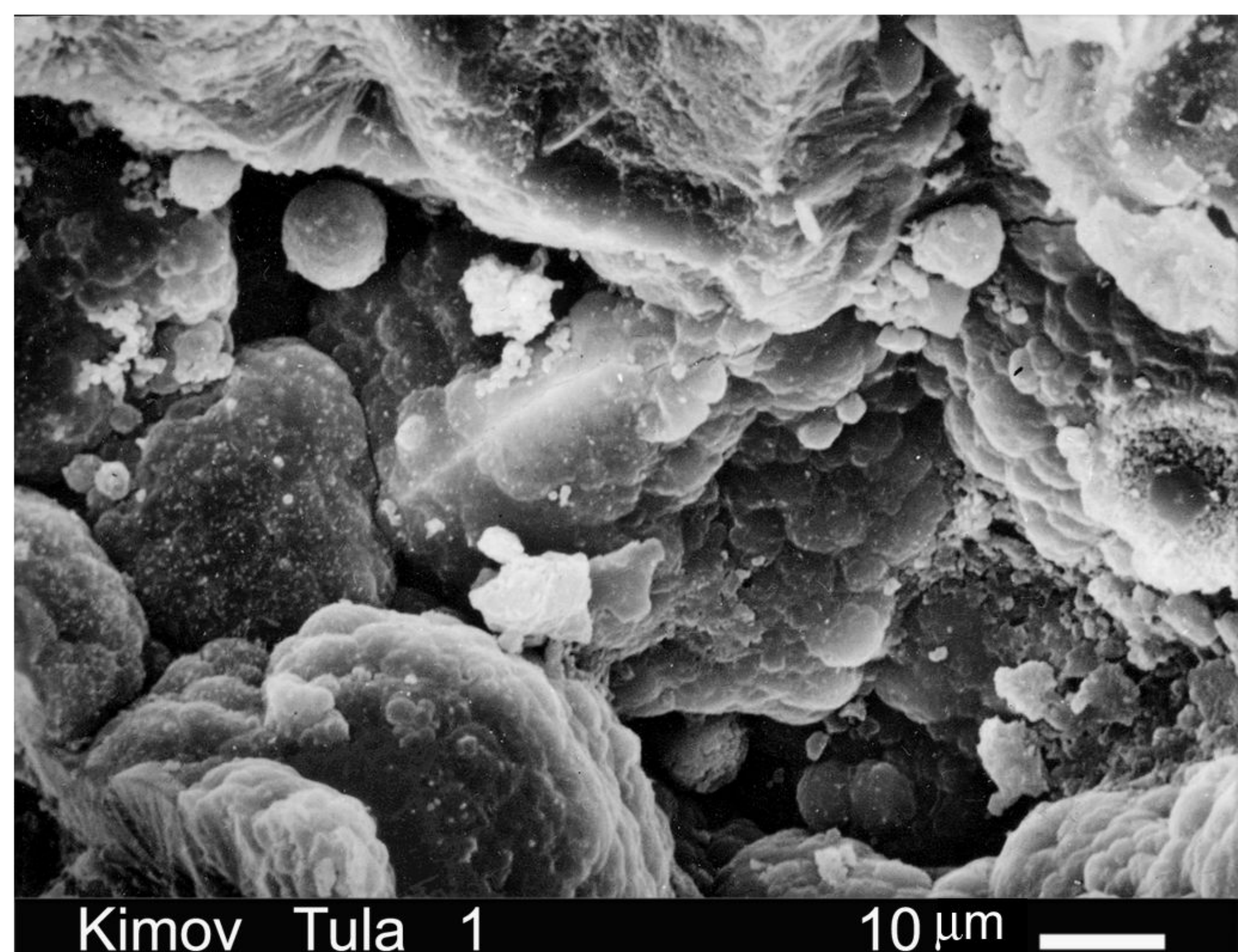
Фиг. 16



Kimov Tula 1

30 μm

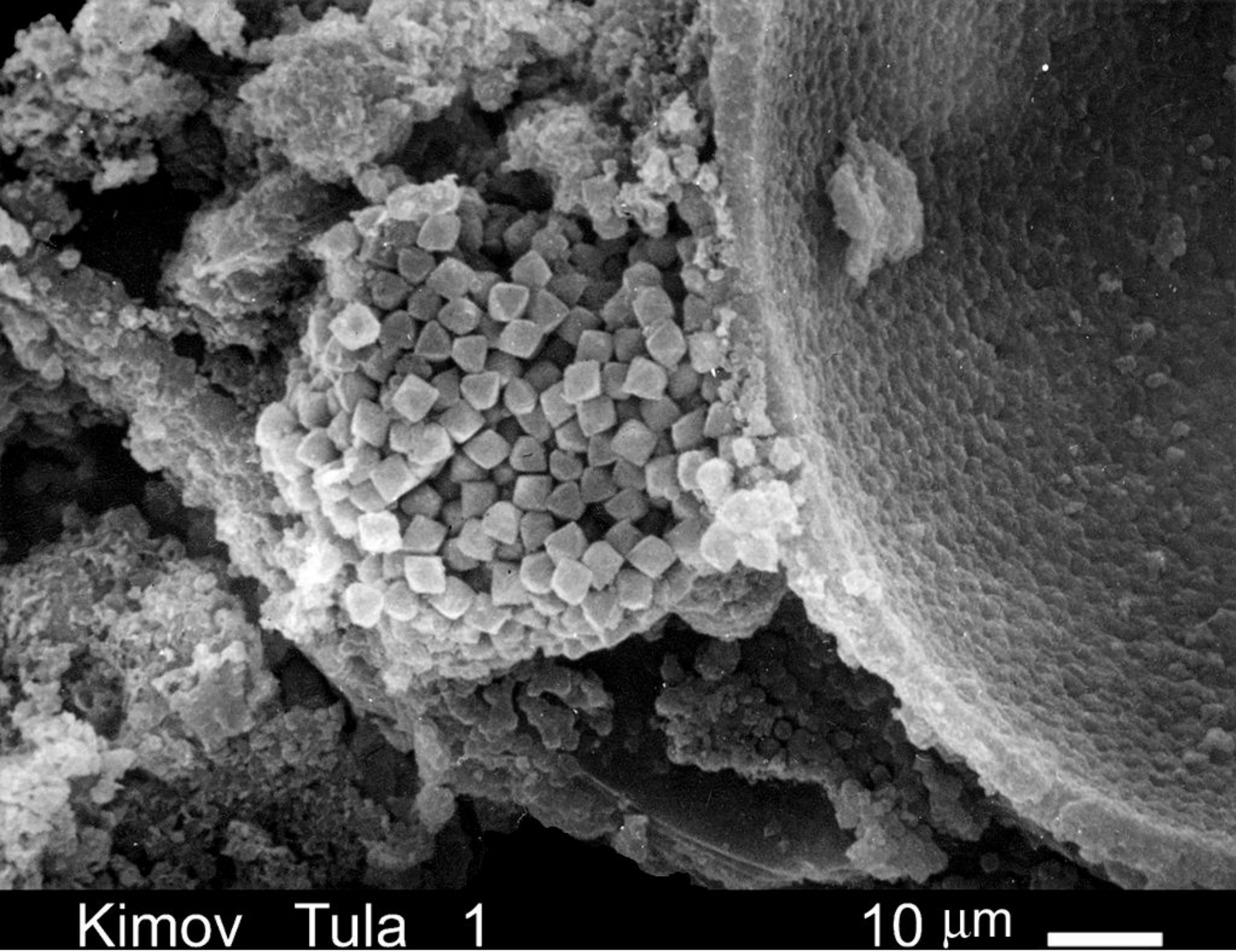
Фиг. 17



Kimov Tula 1

10 μm

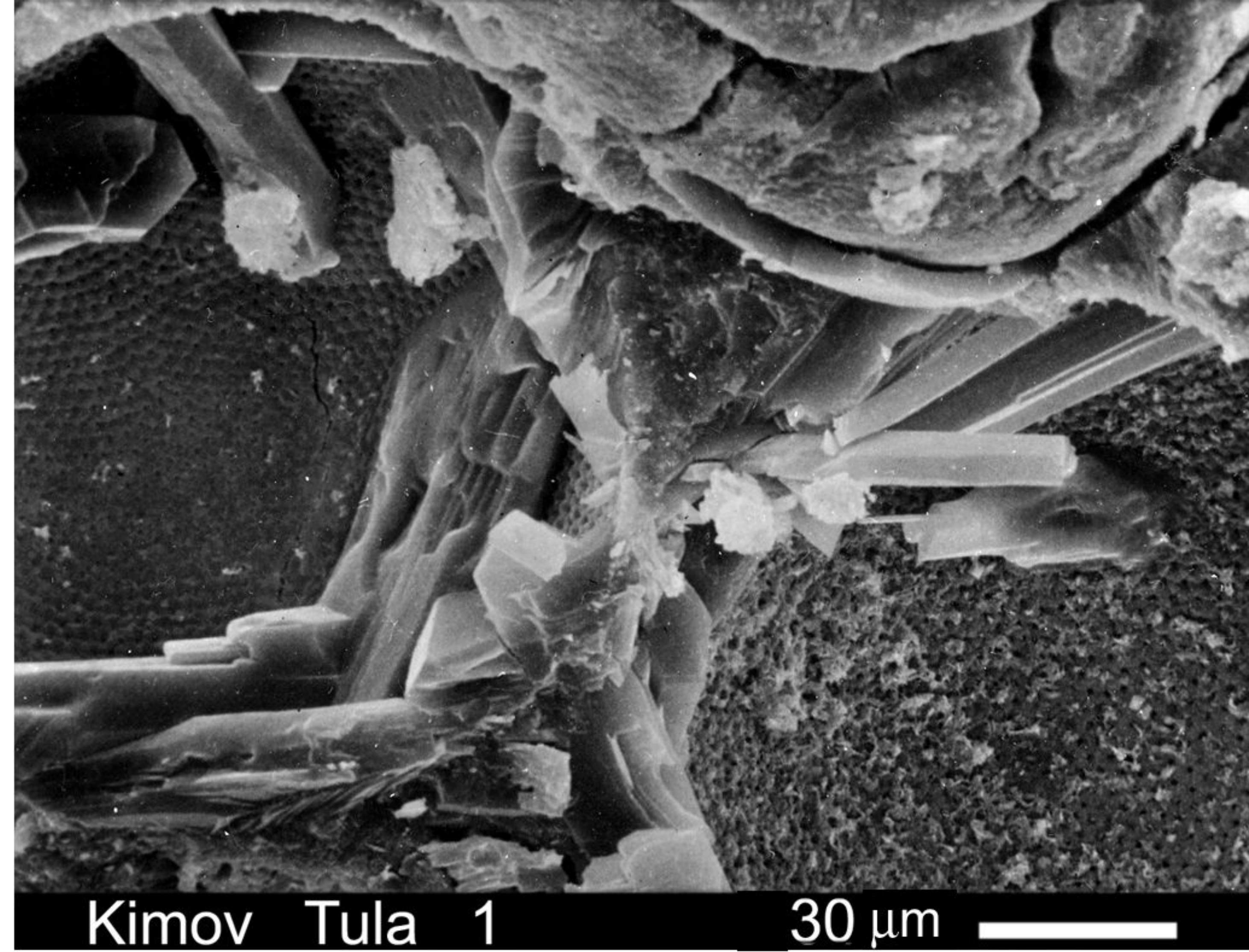
Фиг. 18



Kimov Tula 1

10 μm

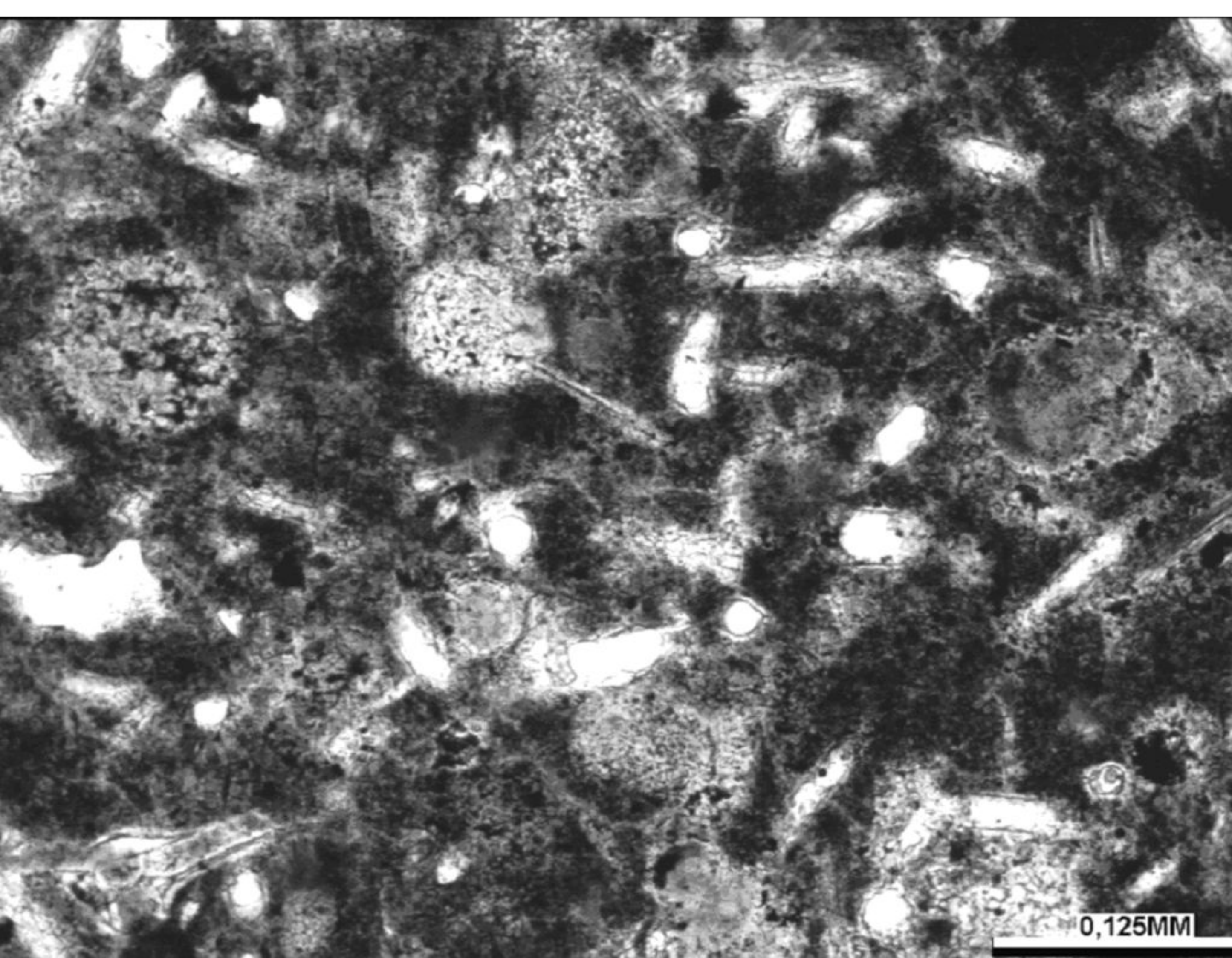
Фиг. 19



Kimov Tula 1

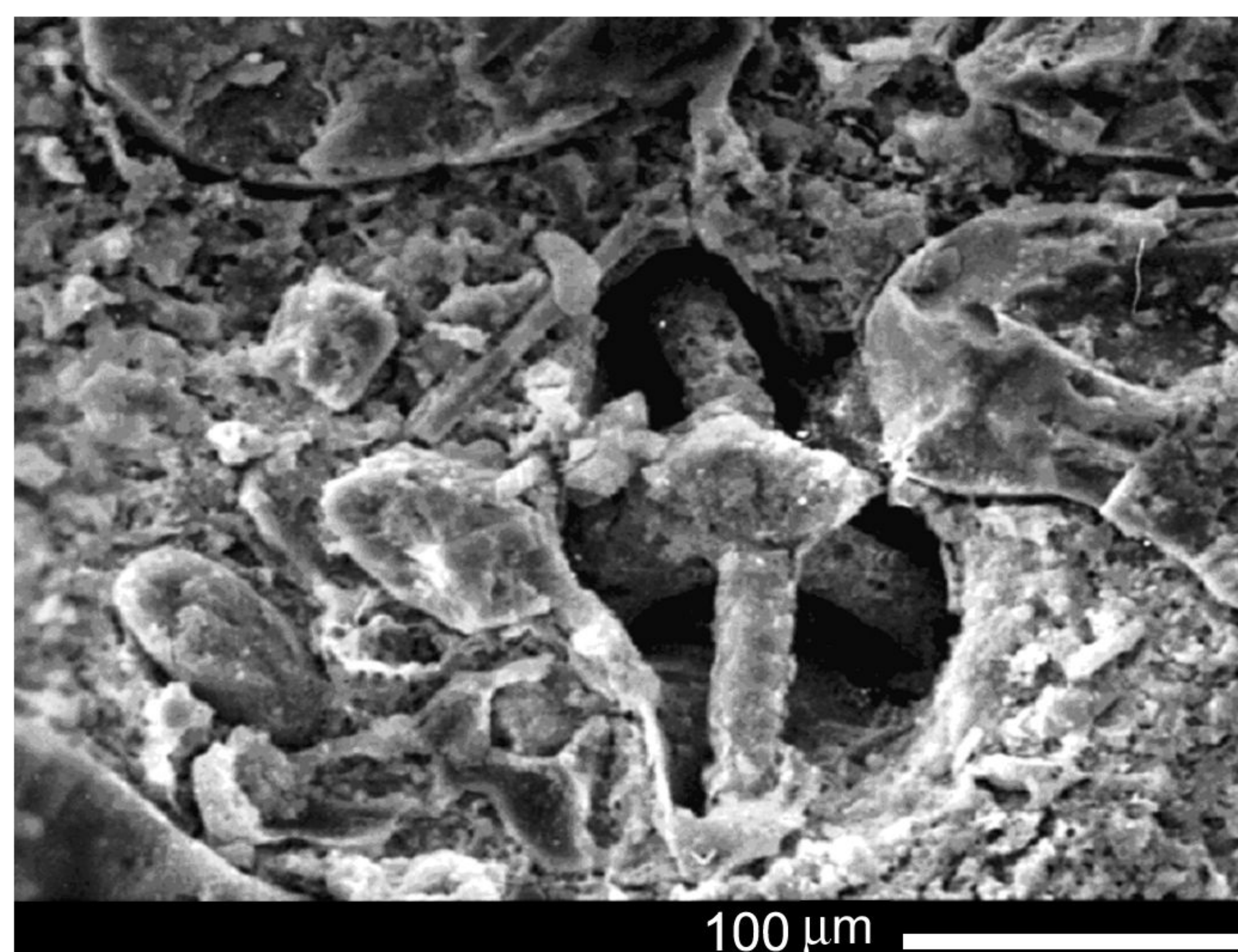
30 μm

Фиг. 20



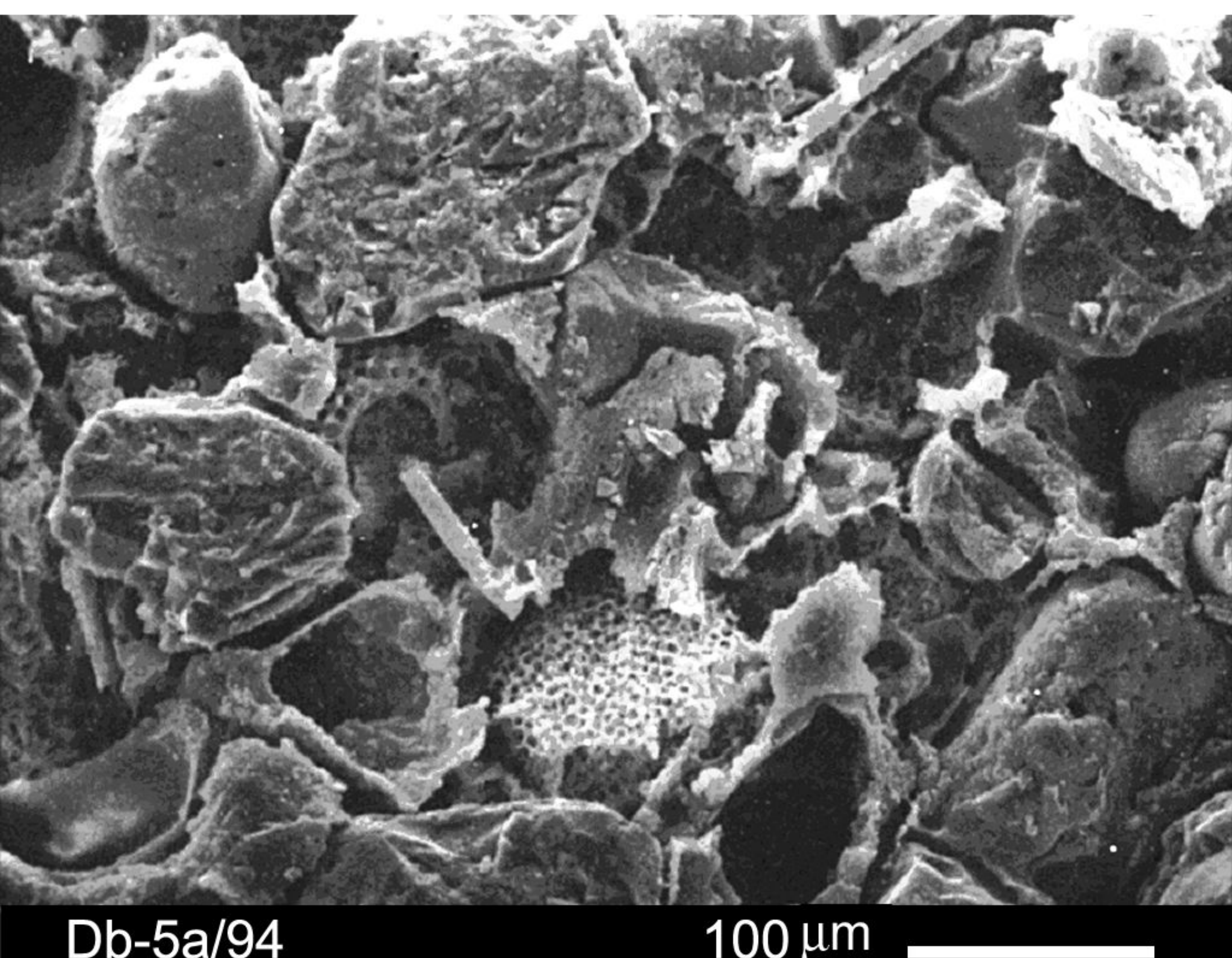
0,125mm

Фиг. 21



100 μm

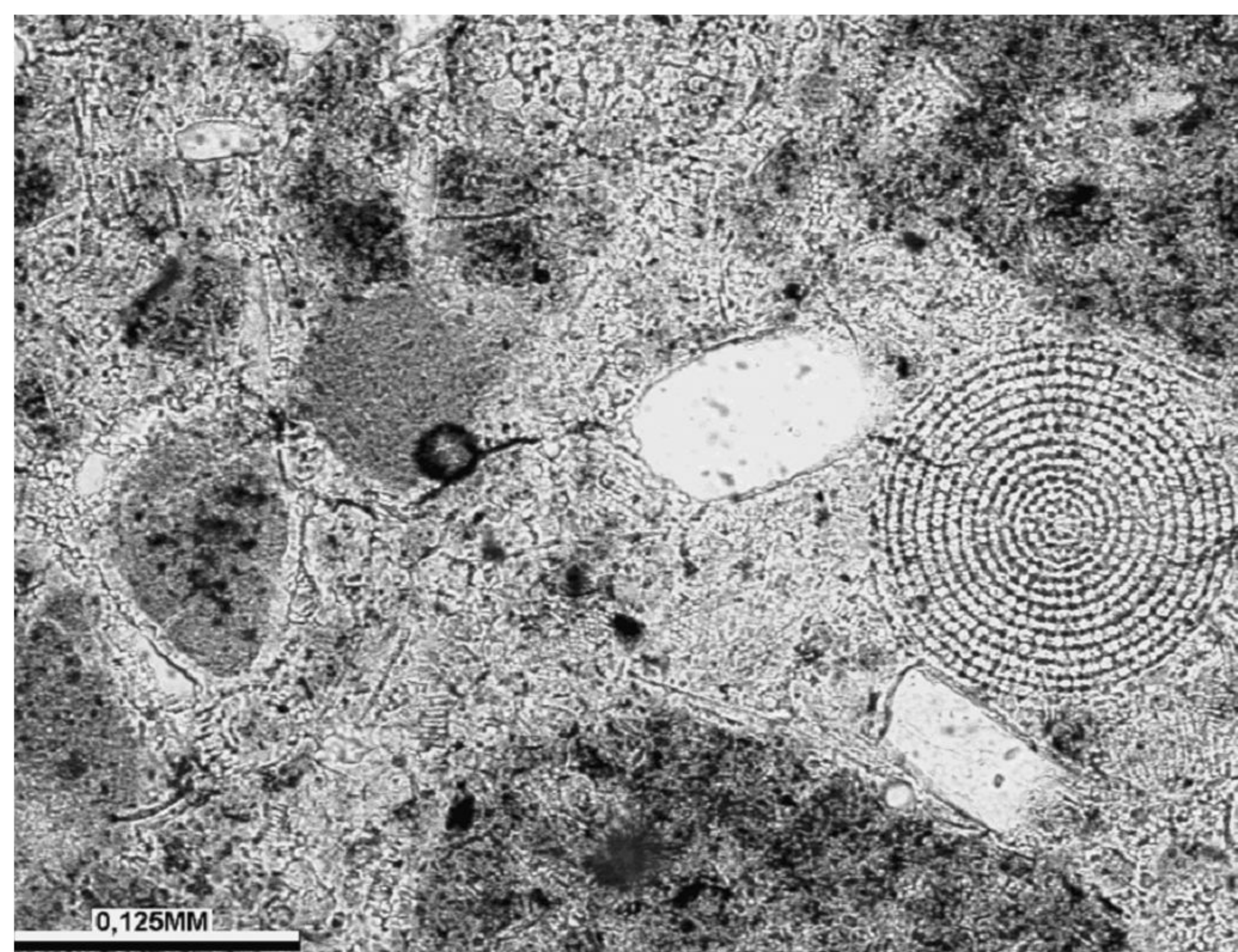
Фиг. 22



Db-5a/94

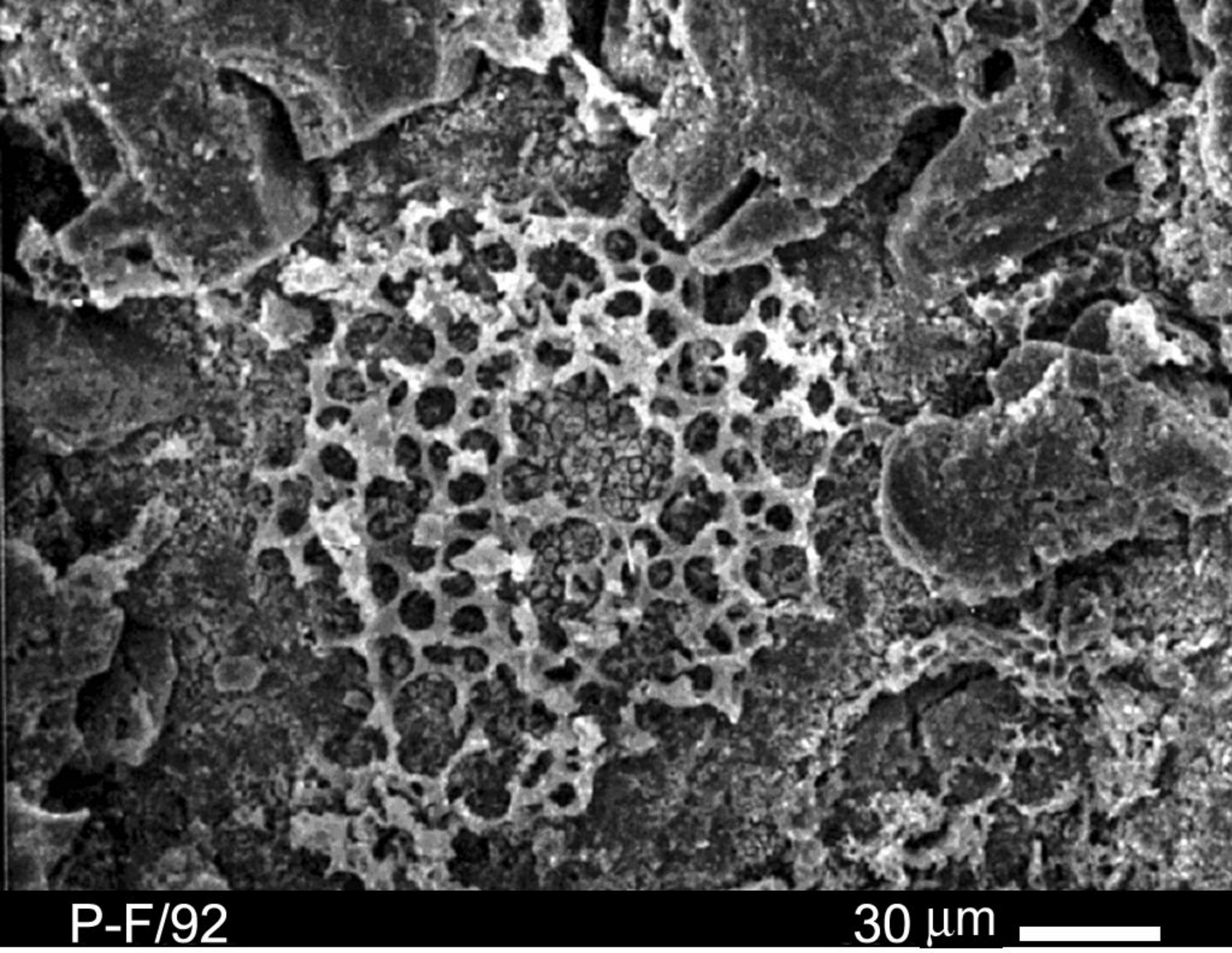
100 μm

Фиг. 23

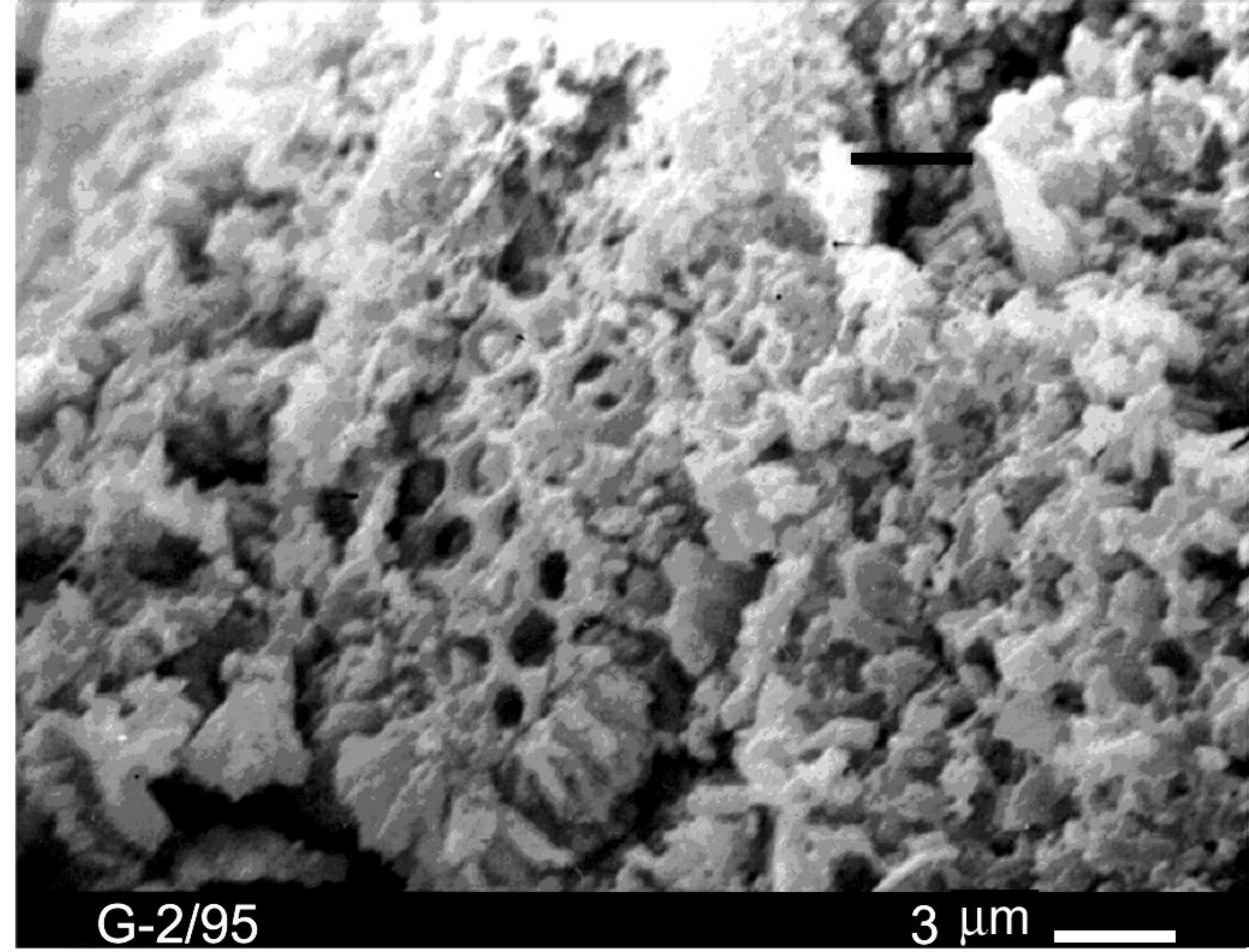


0,125mm

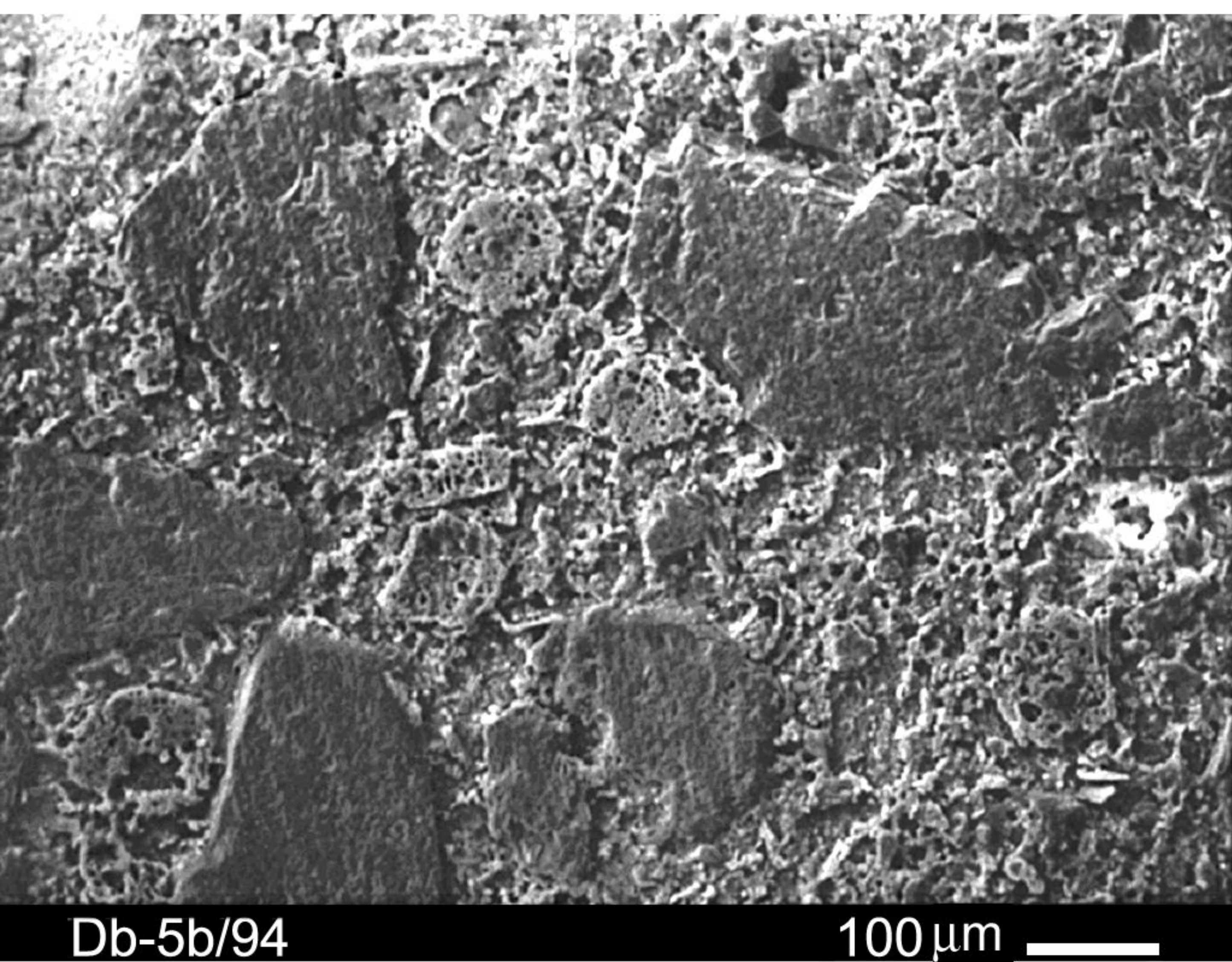
Фиг. 24



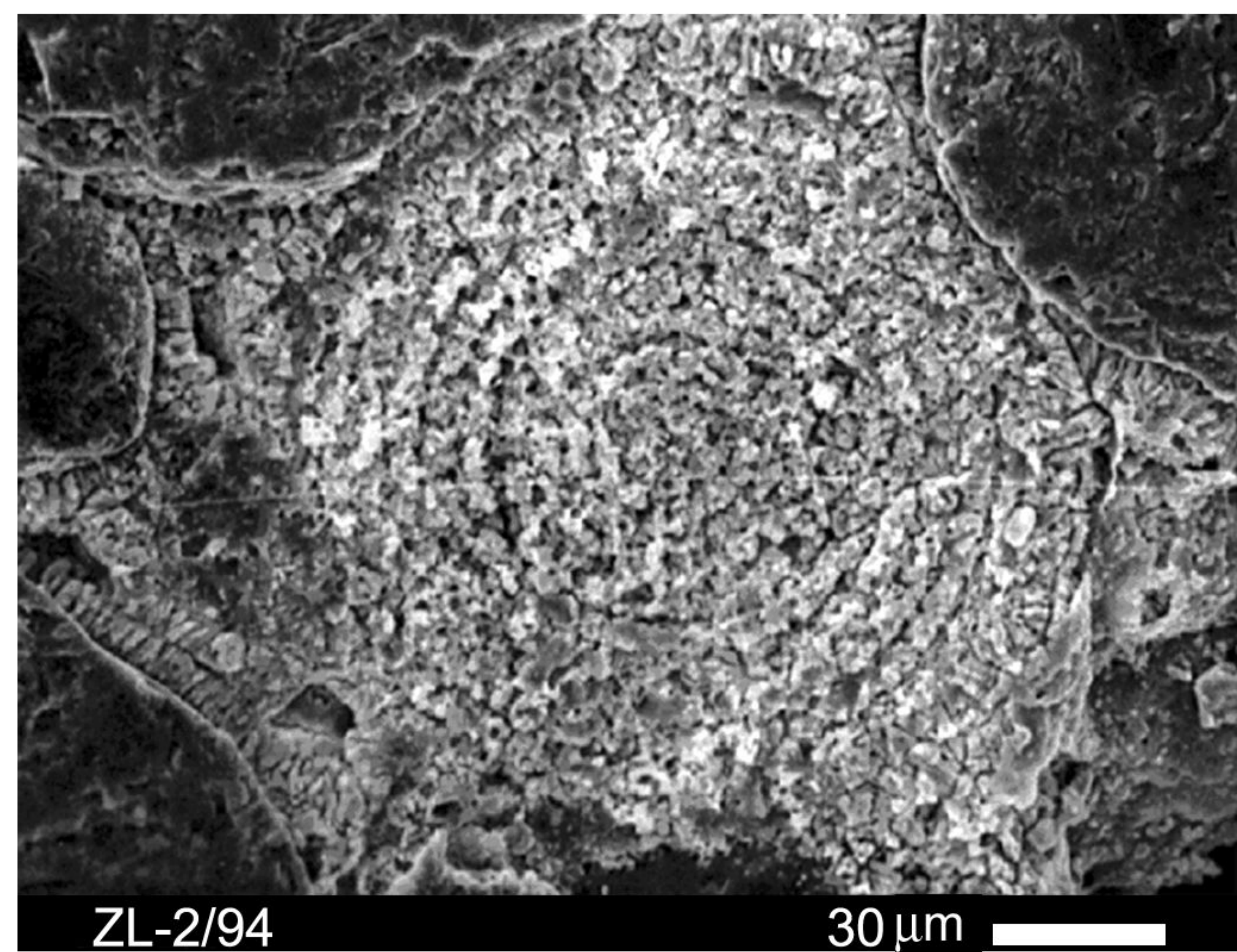
Фиг. 25



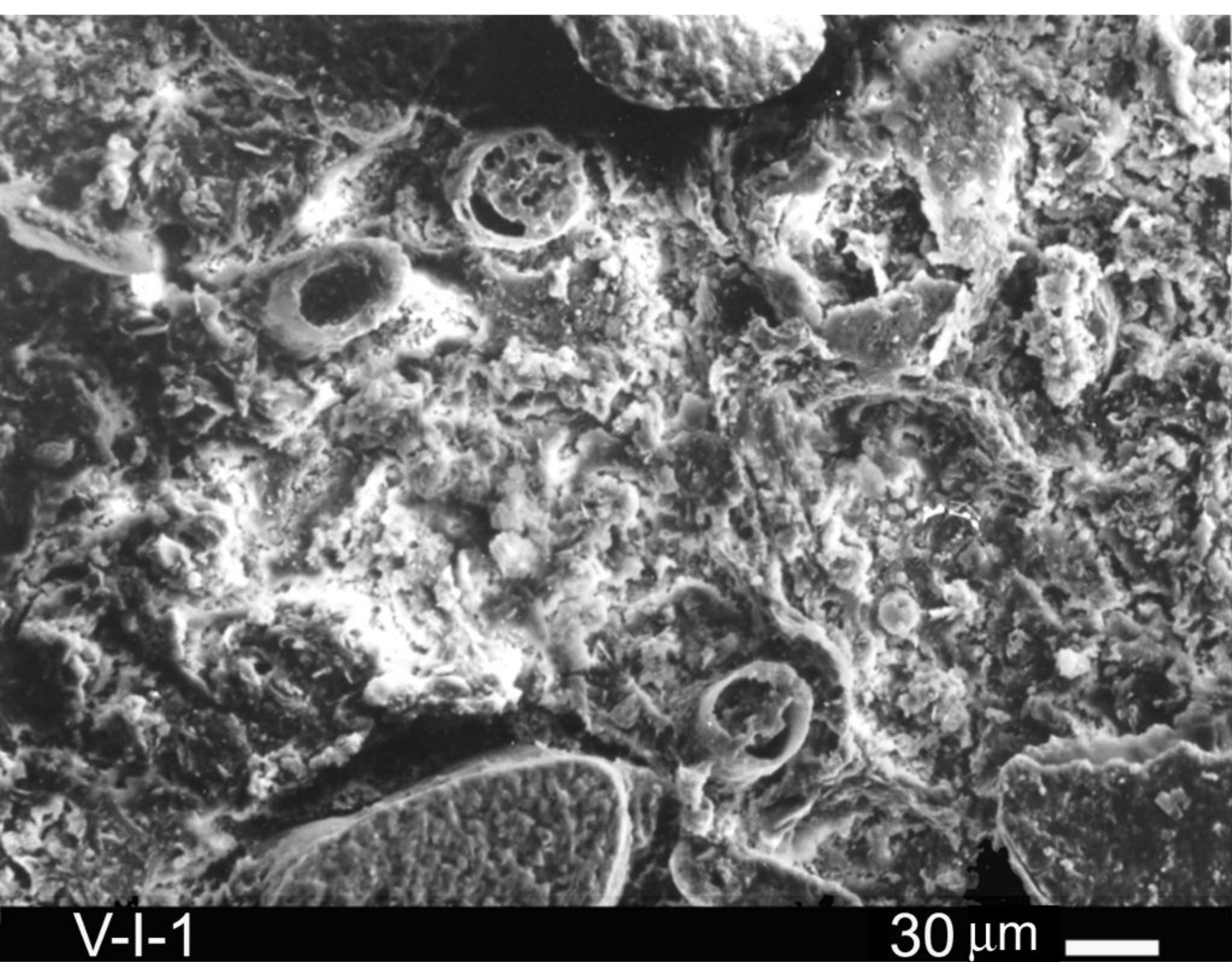
Фиг. 26



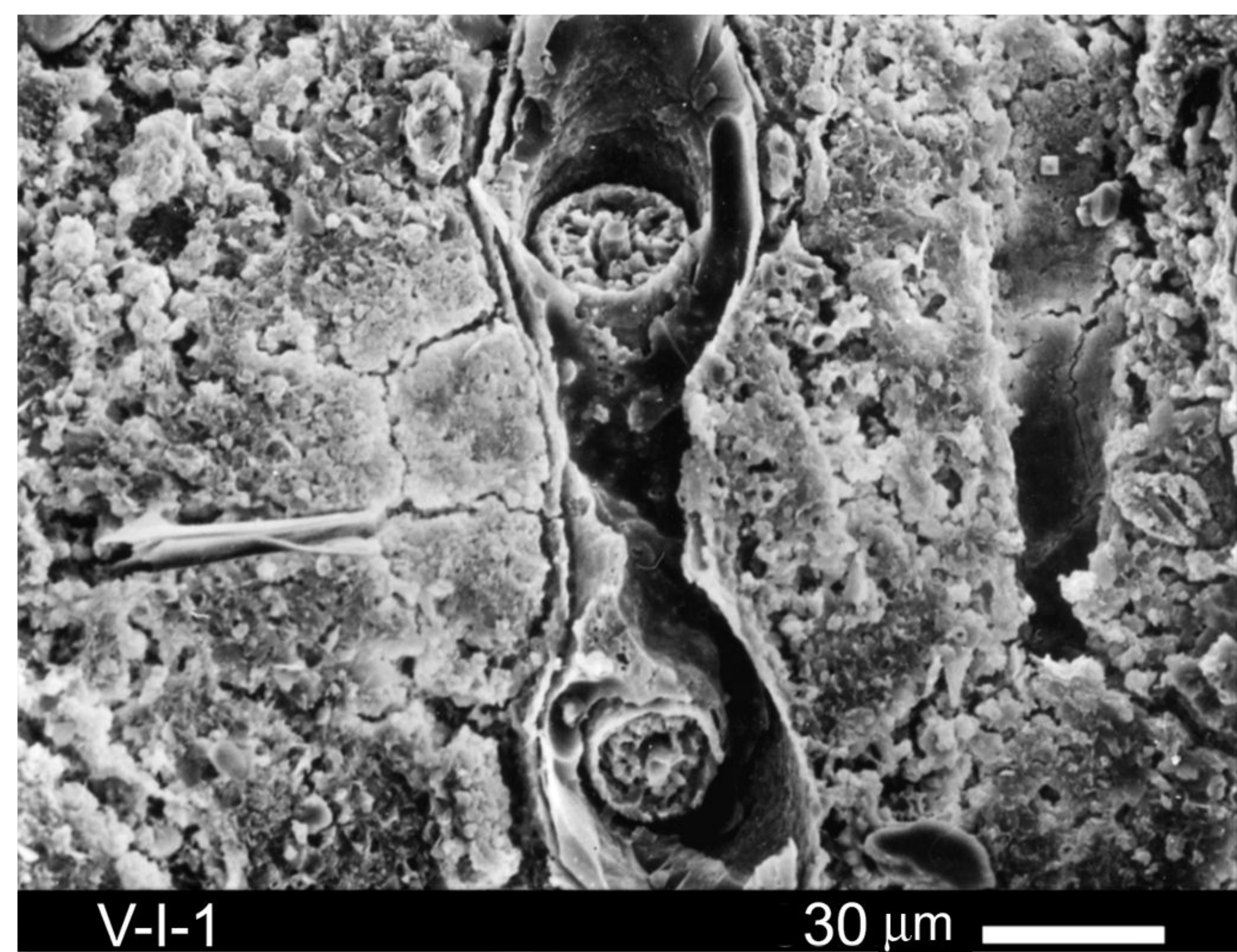
Фиг. 27



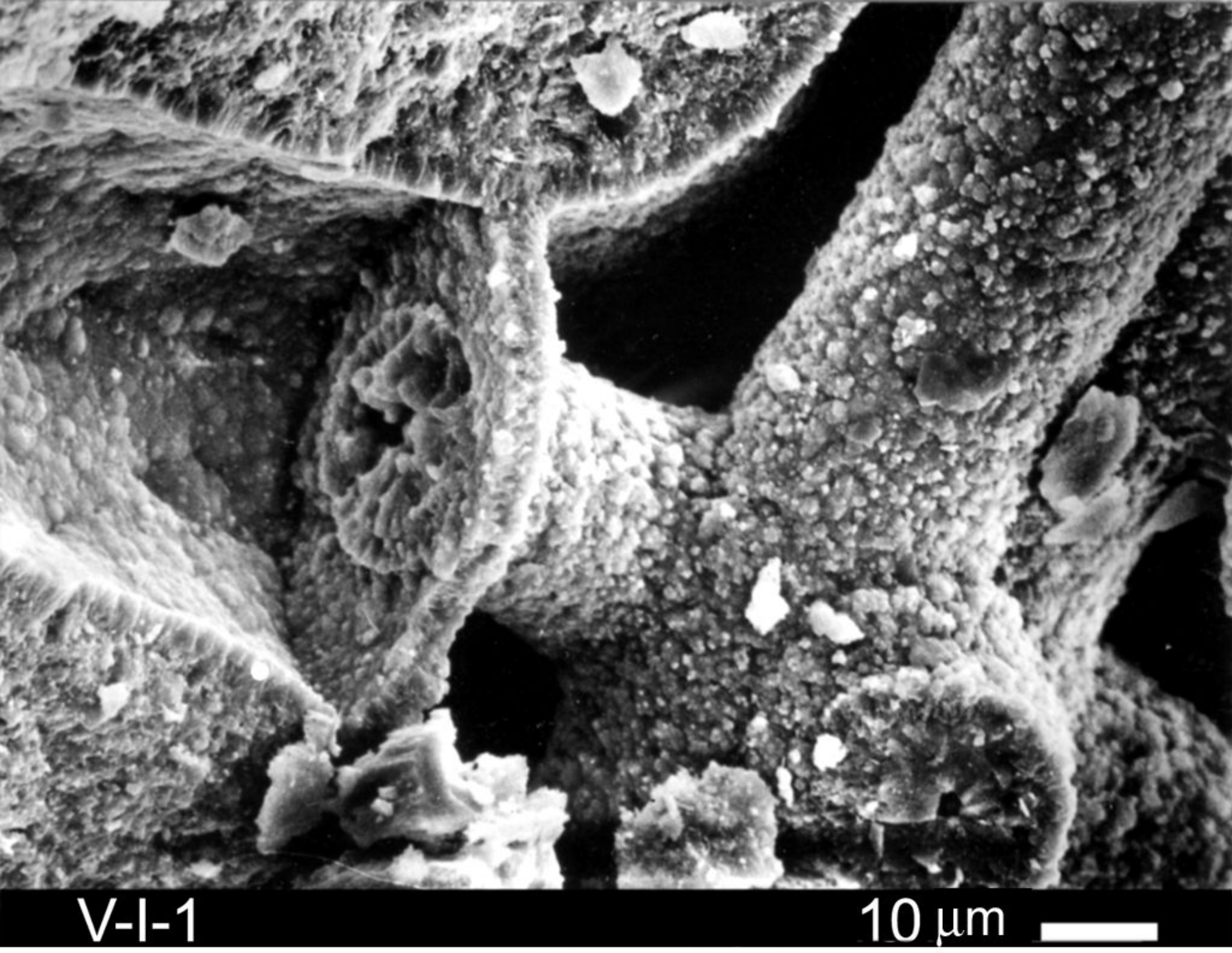
Фиг. 28



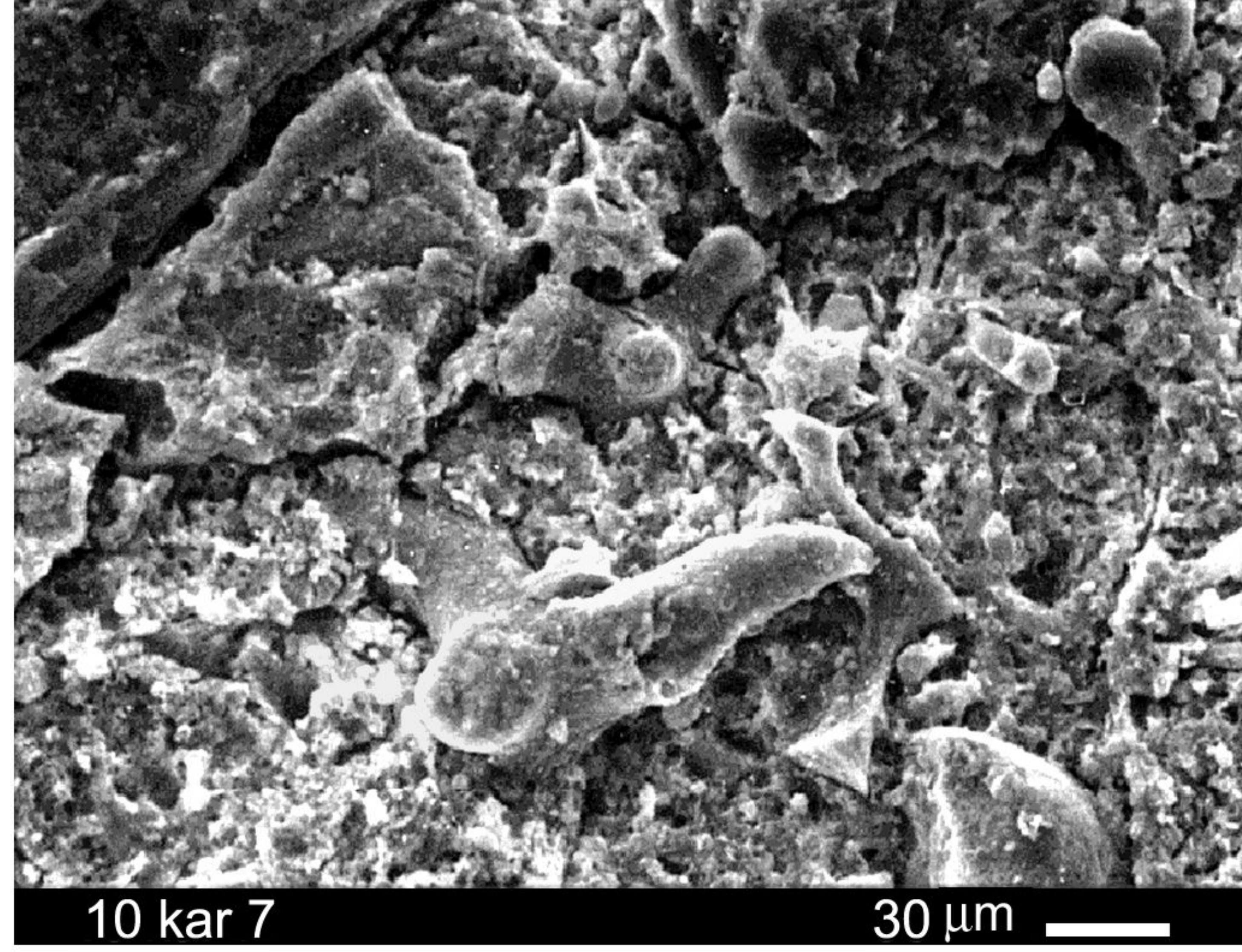
Фиг. 29



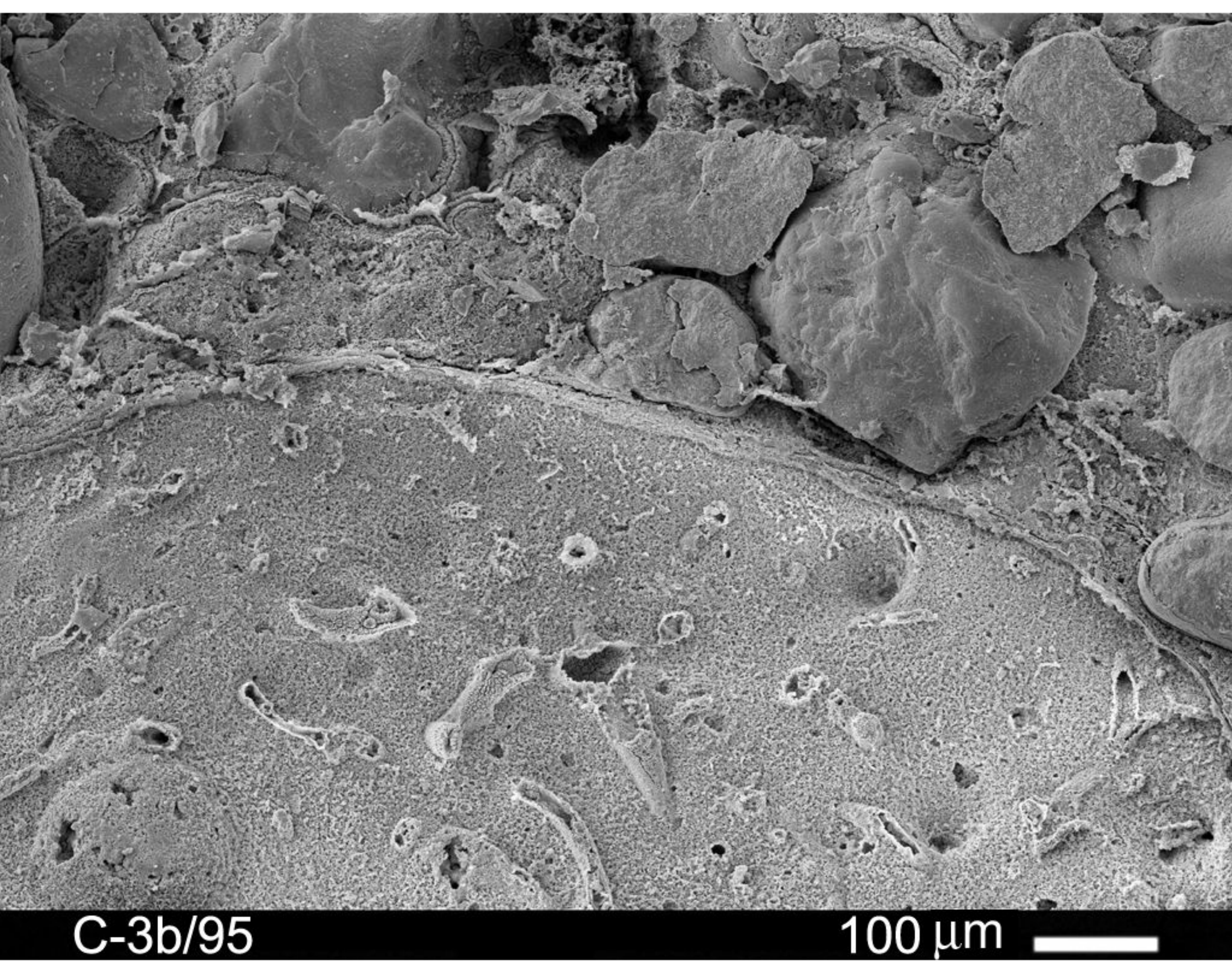
Фиг. 30



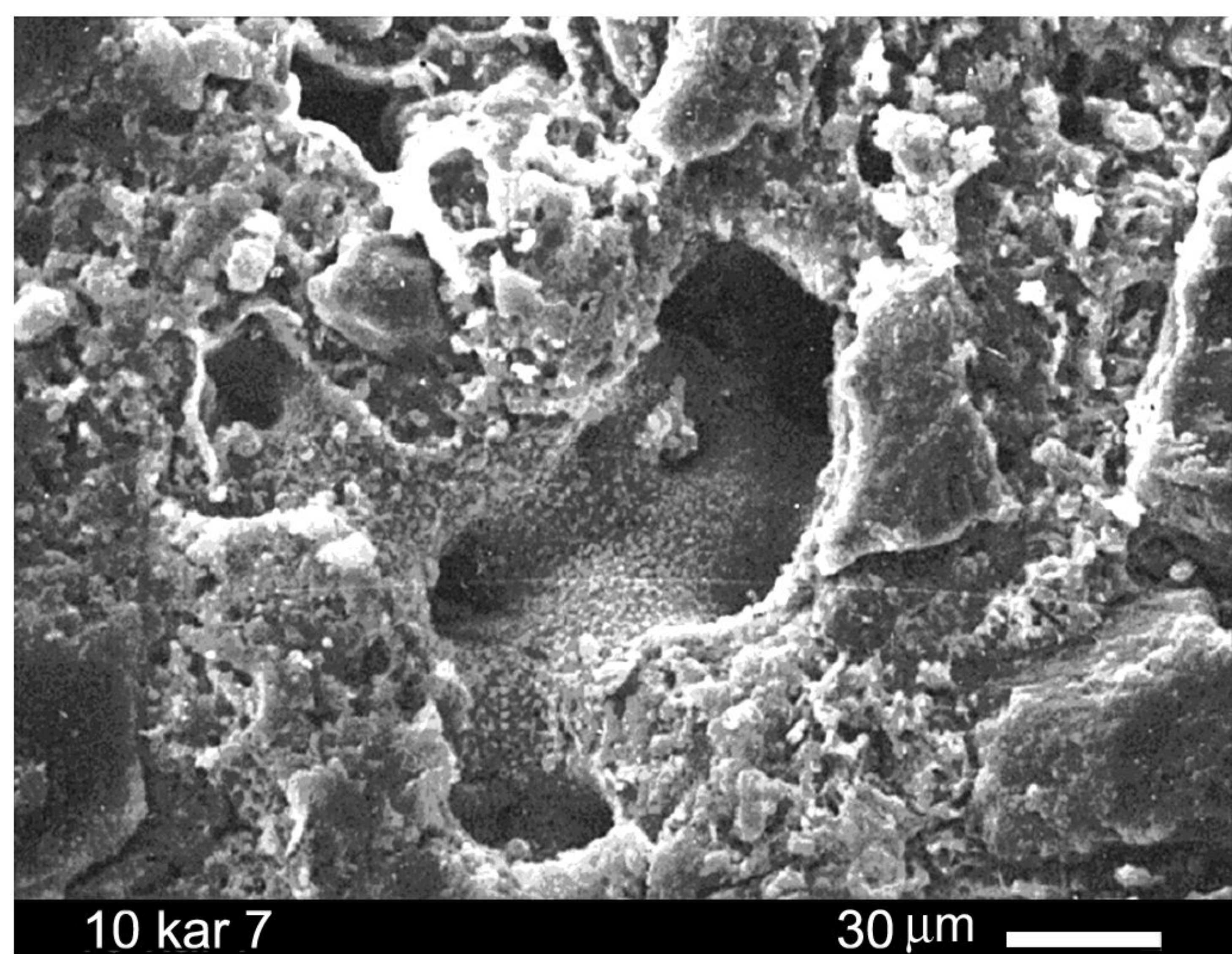
Фиг. 31



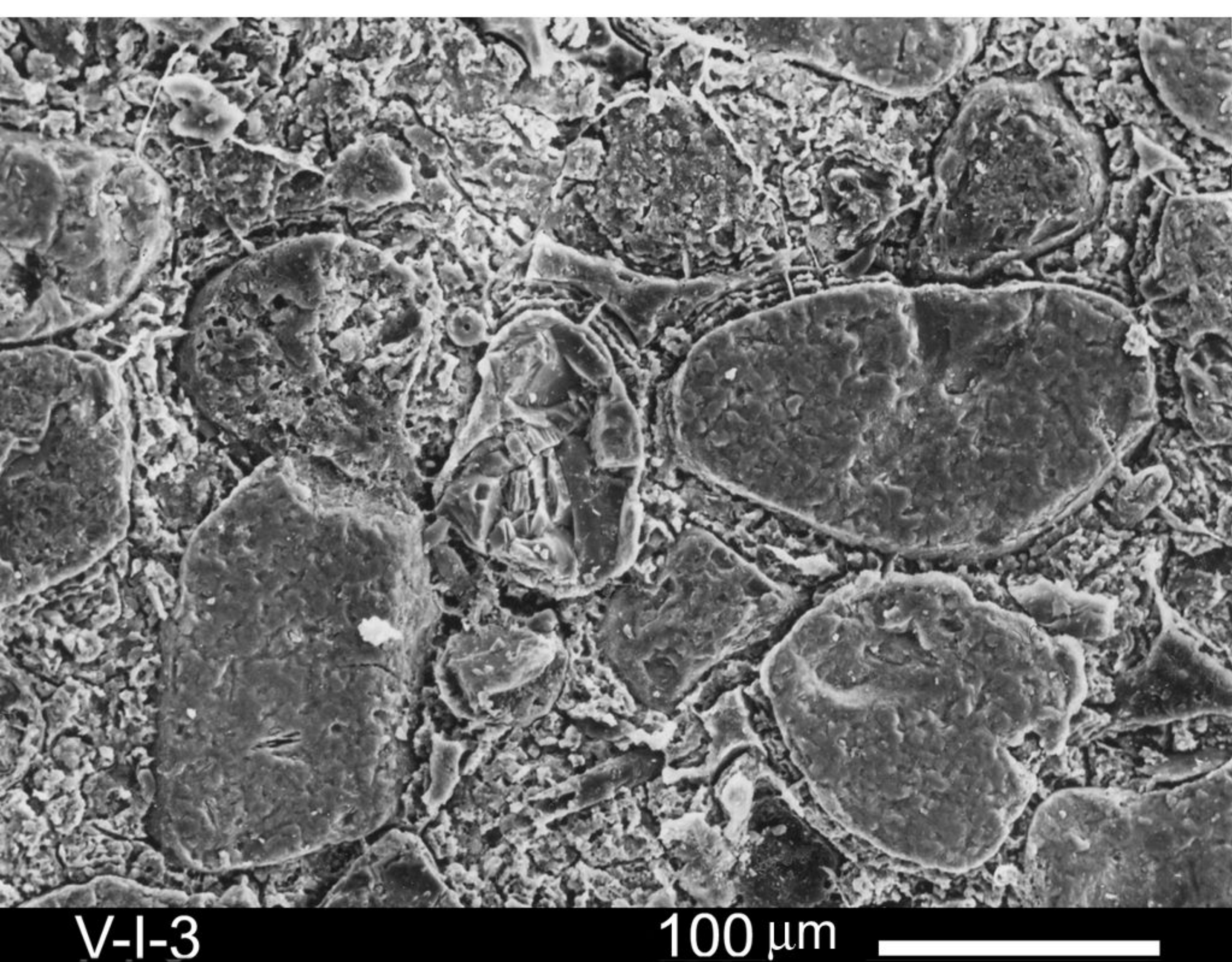
Фиг. 32



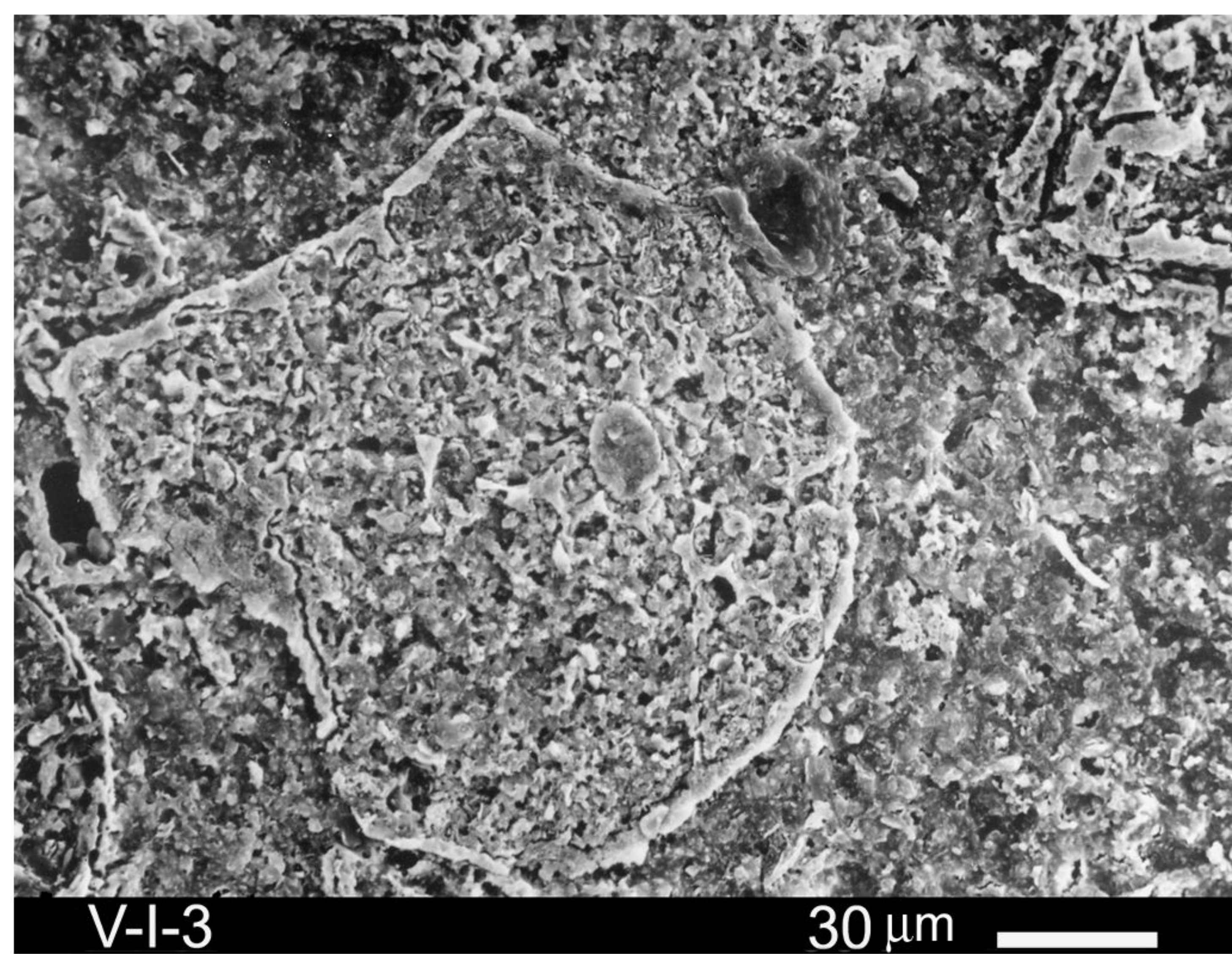
Фиг. 33



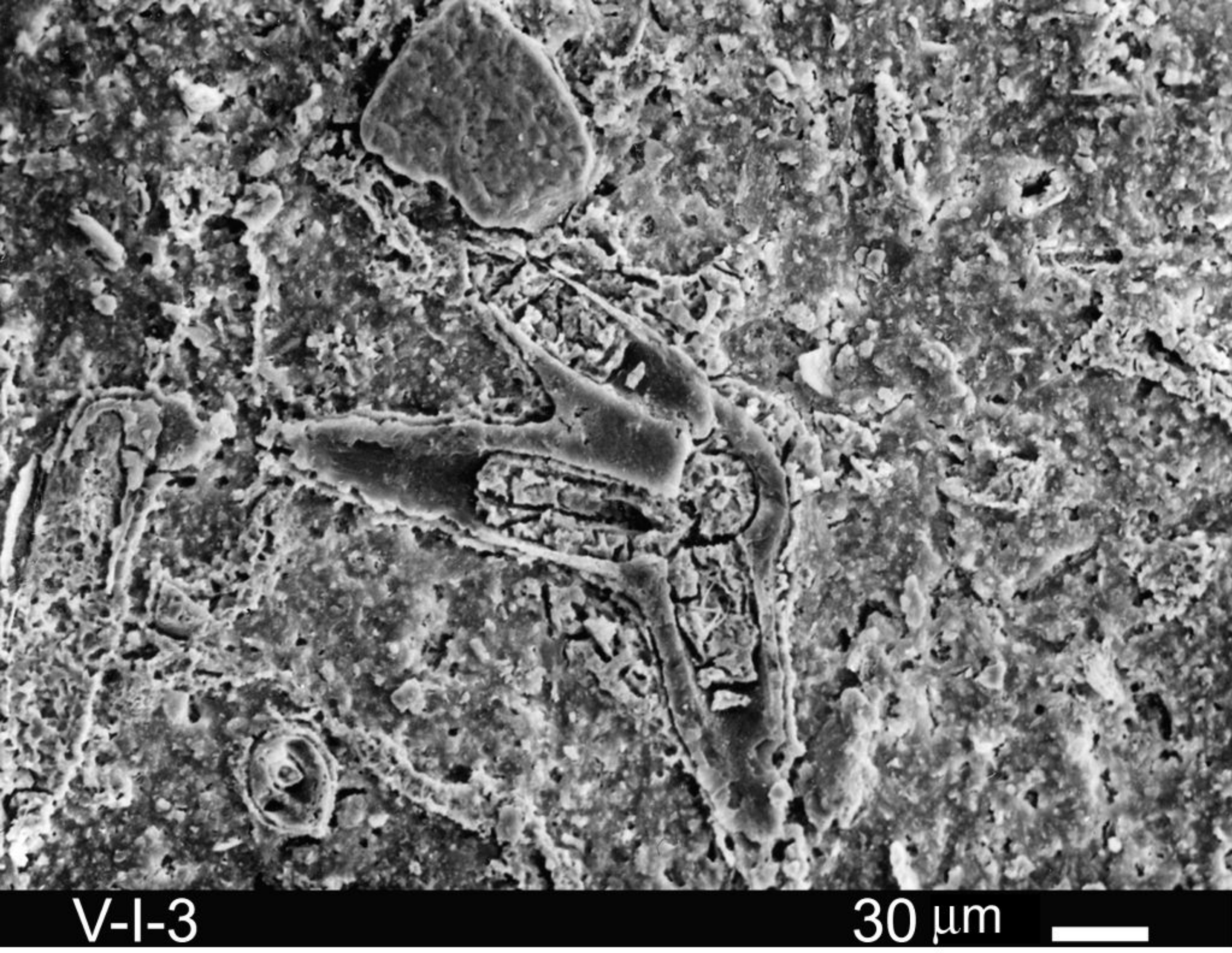
Фиг. 34



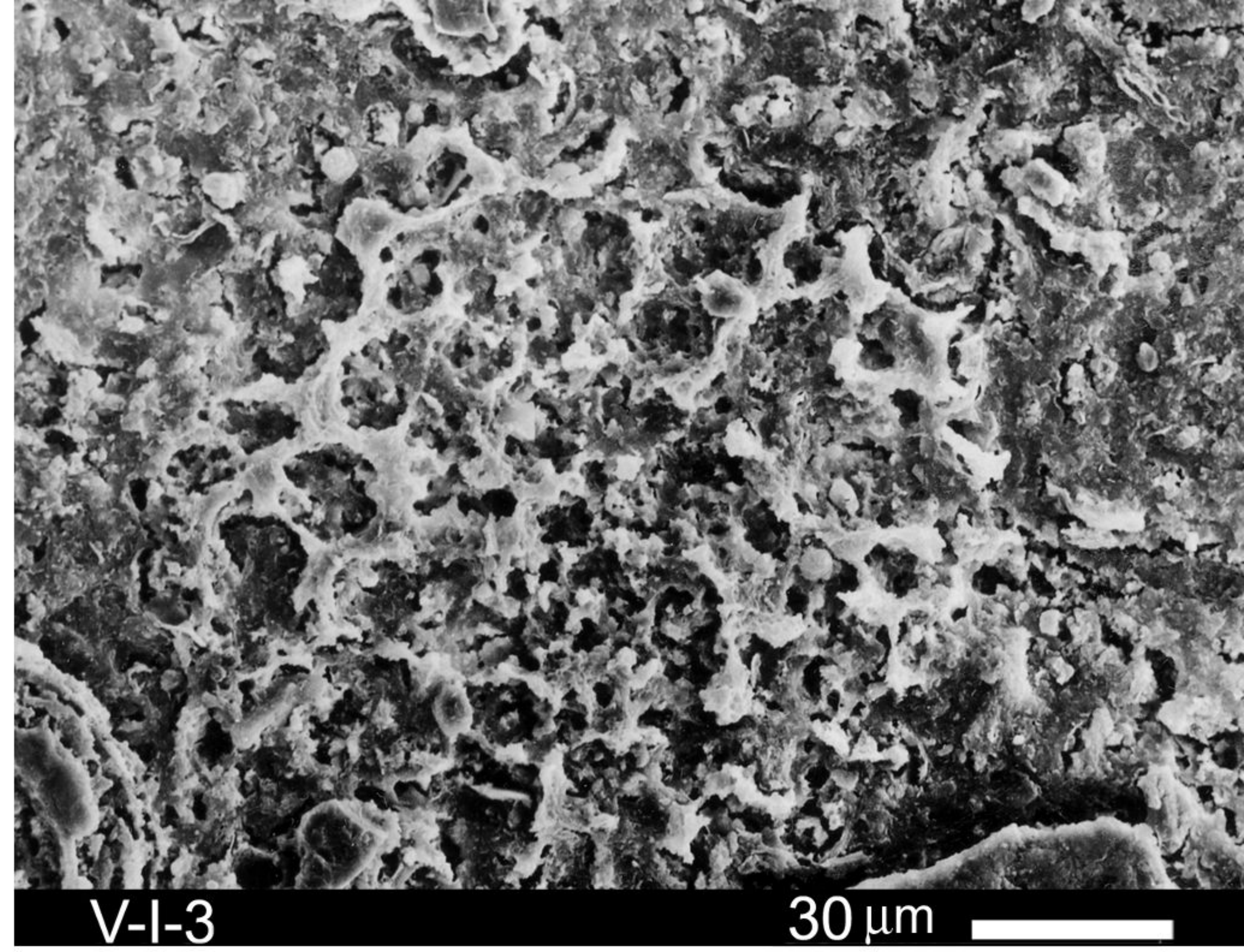
Фиг. 35



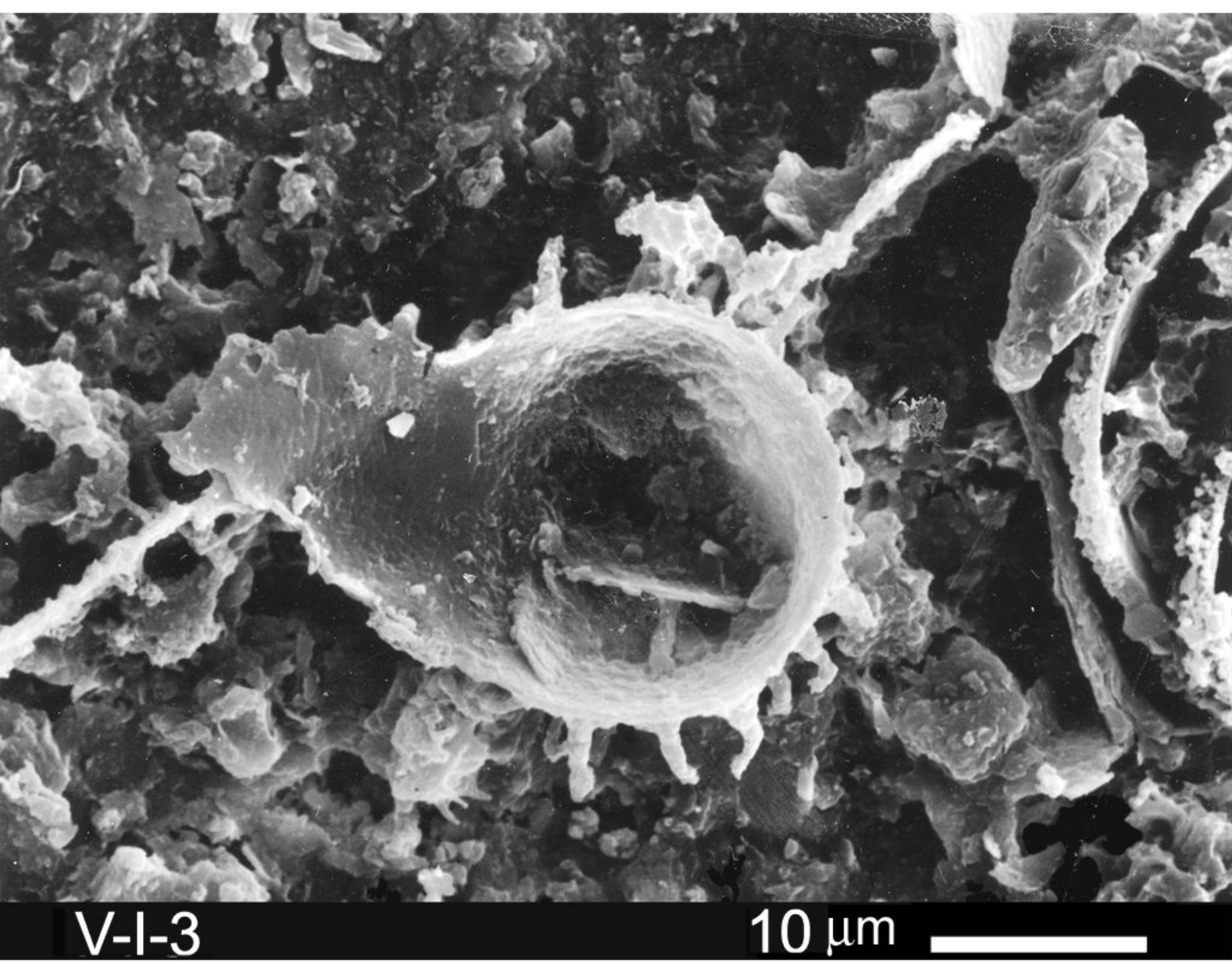
Фиг. 36



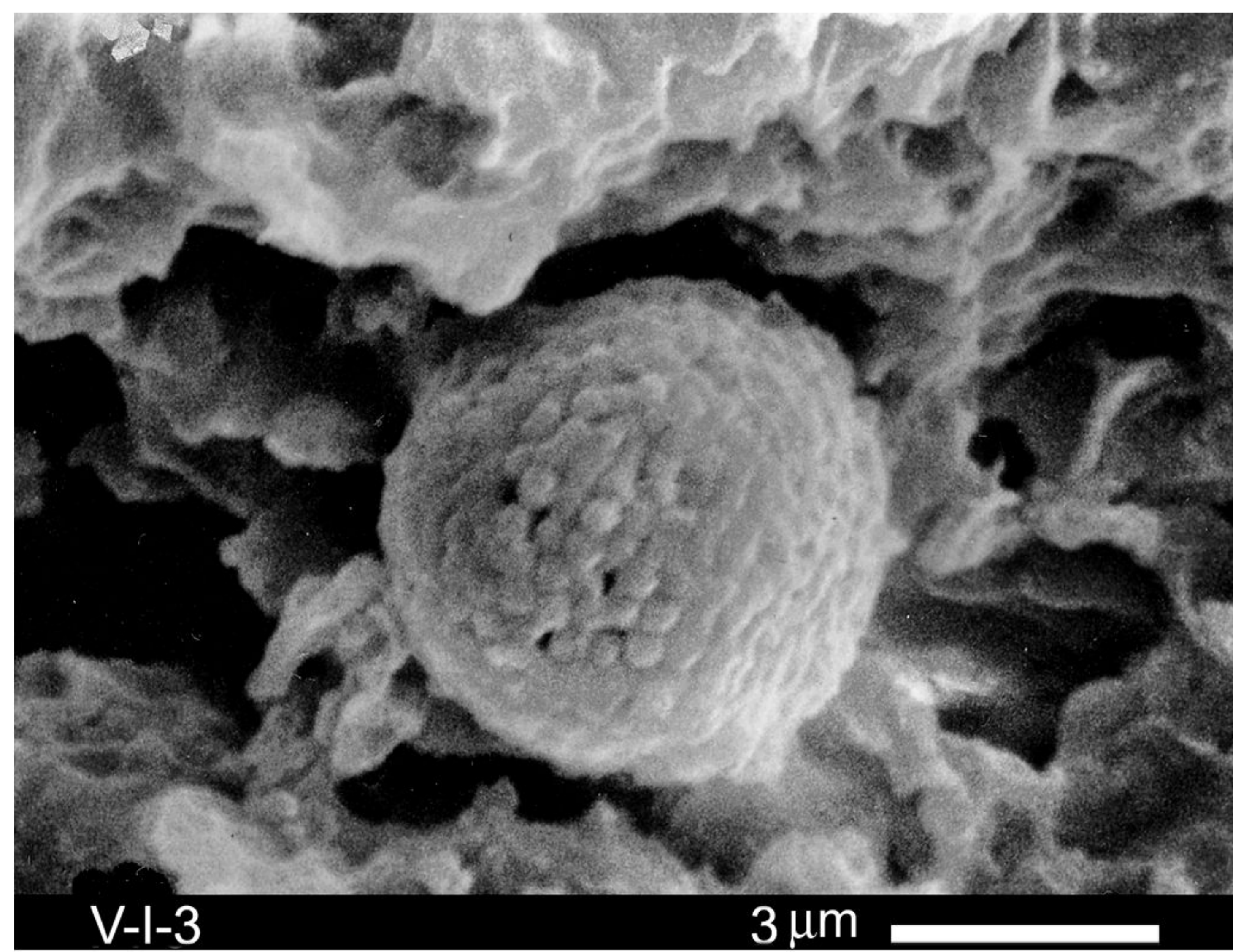
Фиг. 37



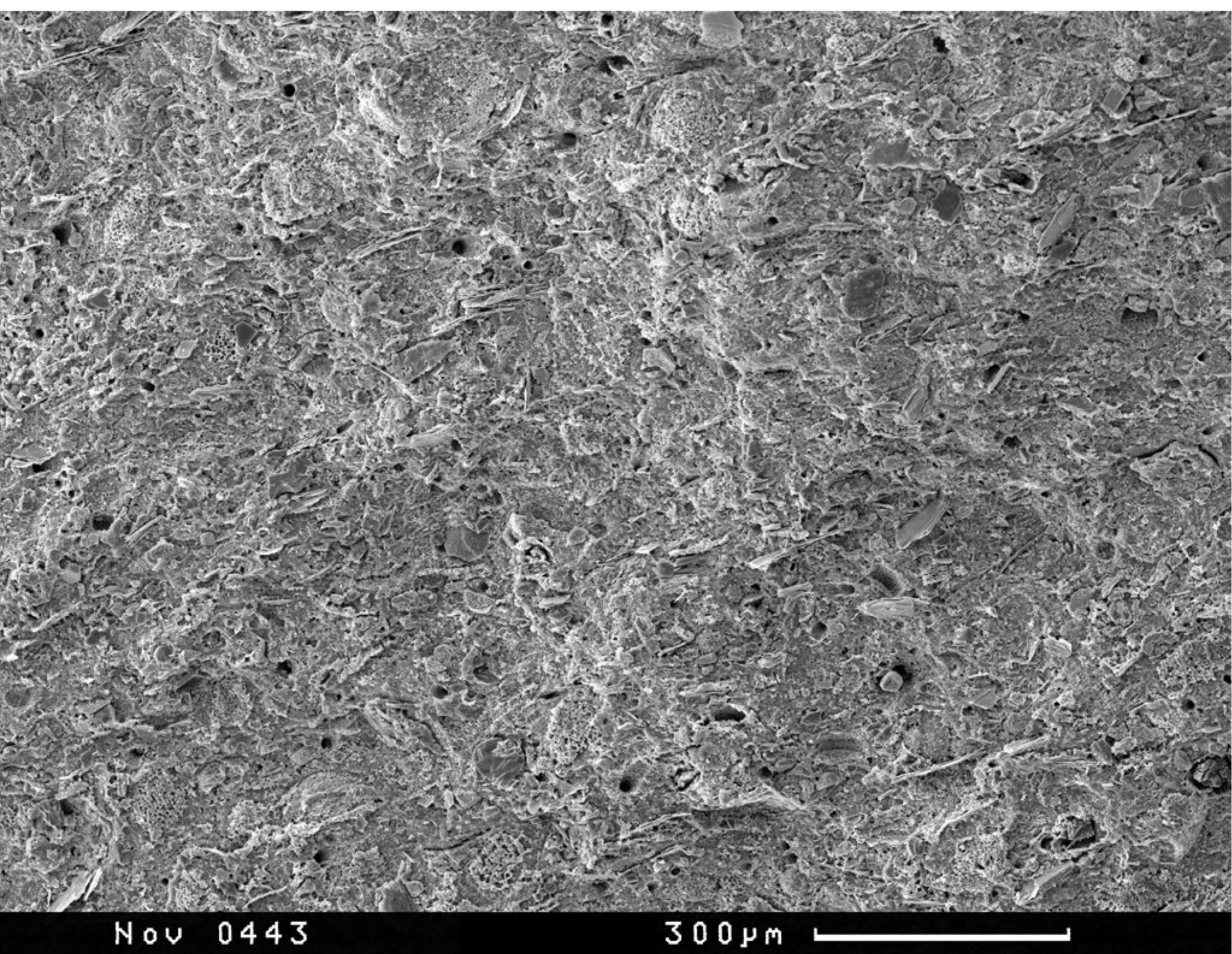
Фиг. 38



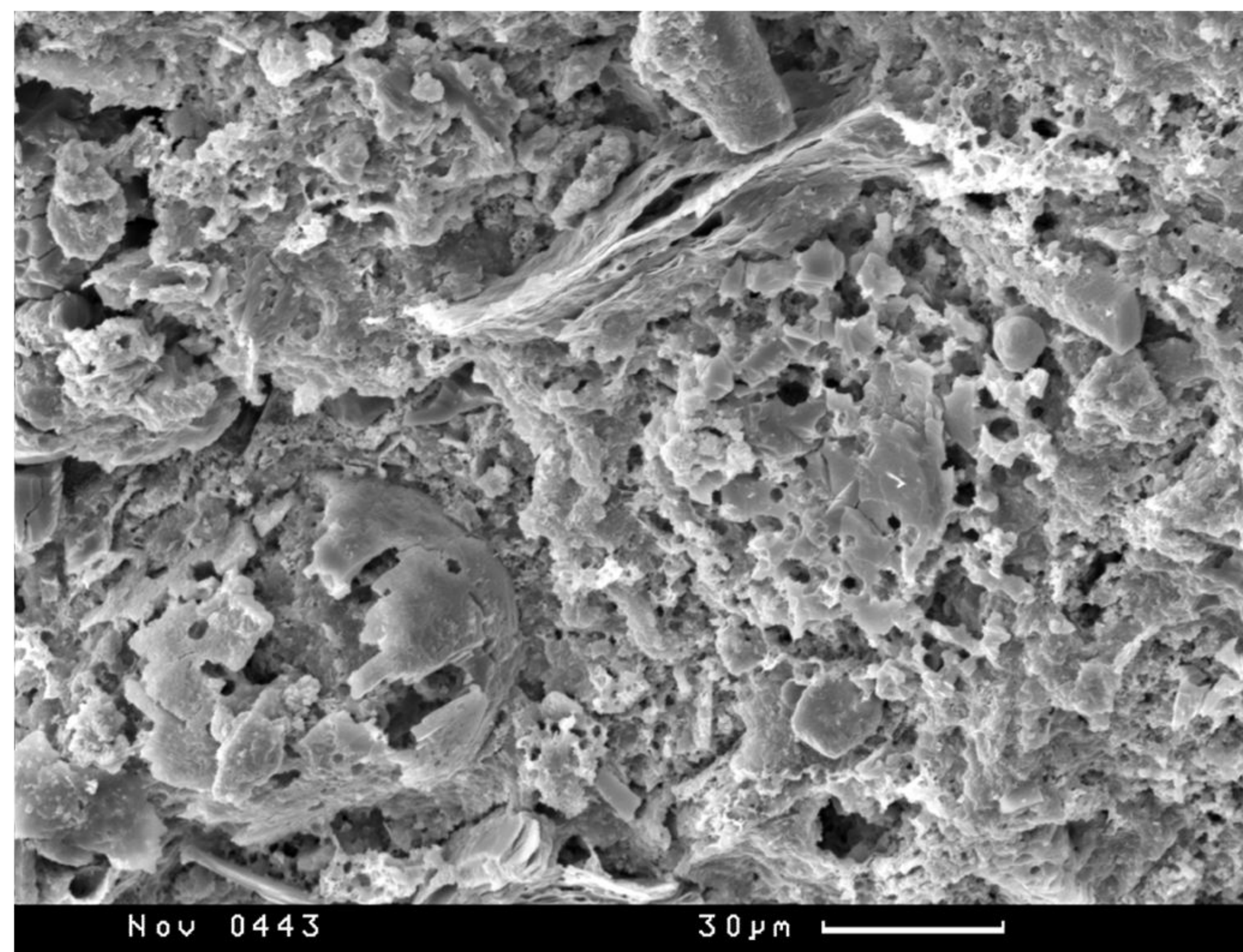
Фиг. 39



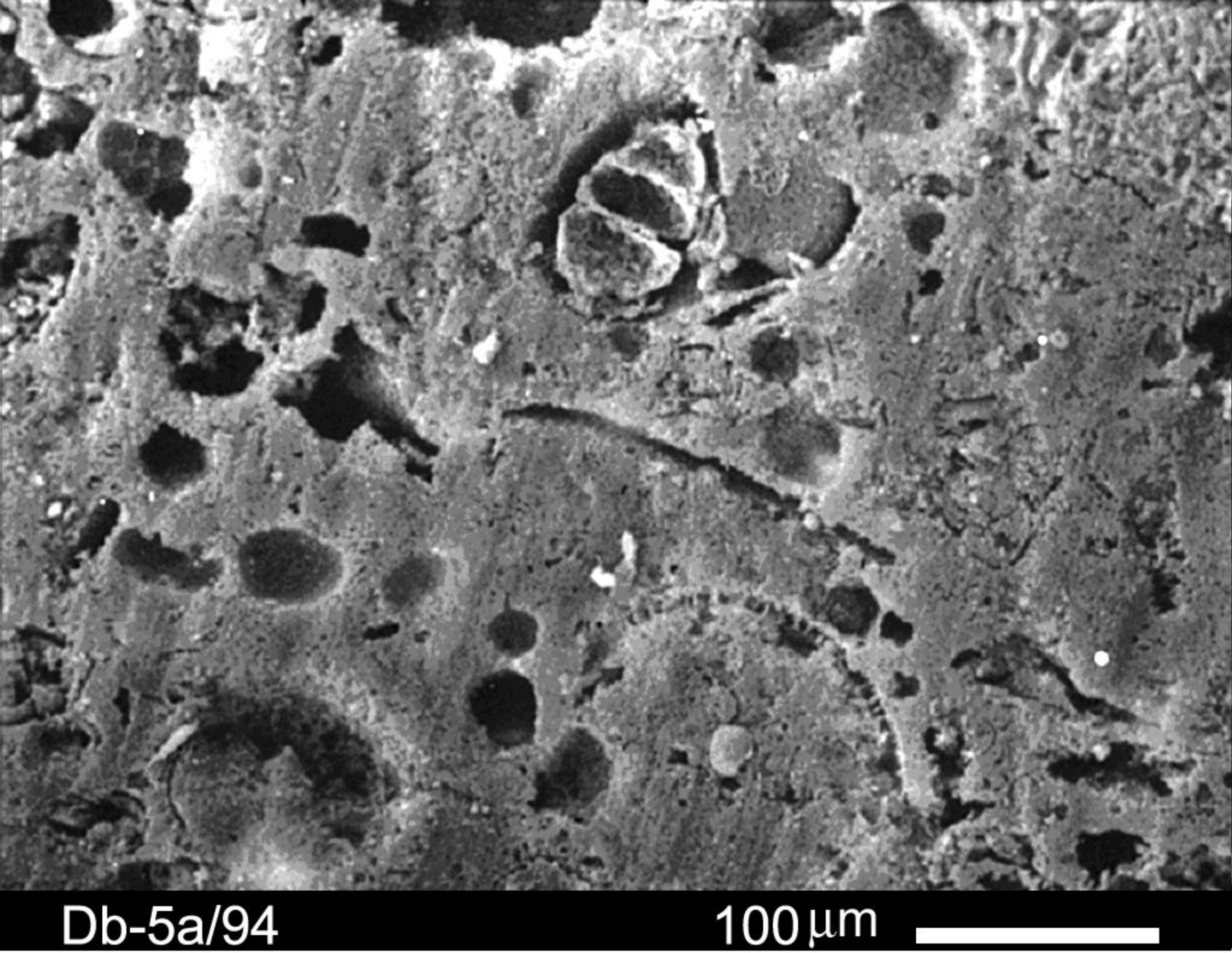
Фиг. 40



Фиг. 41



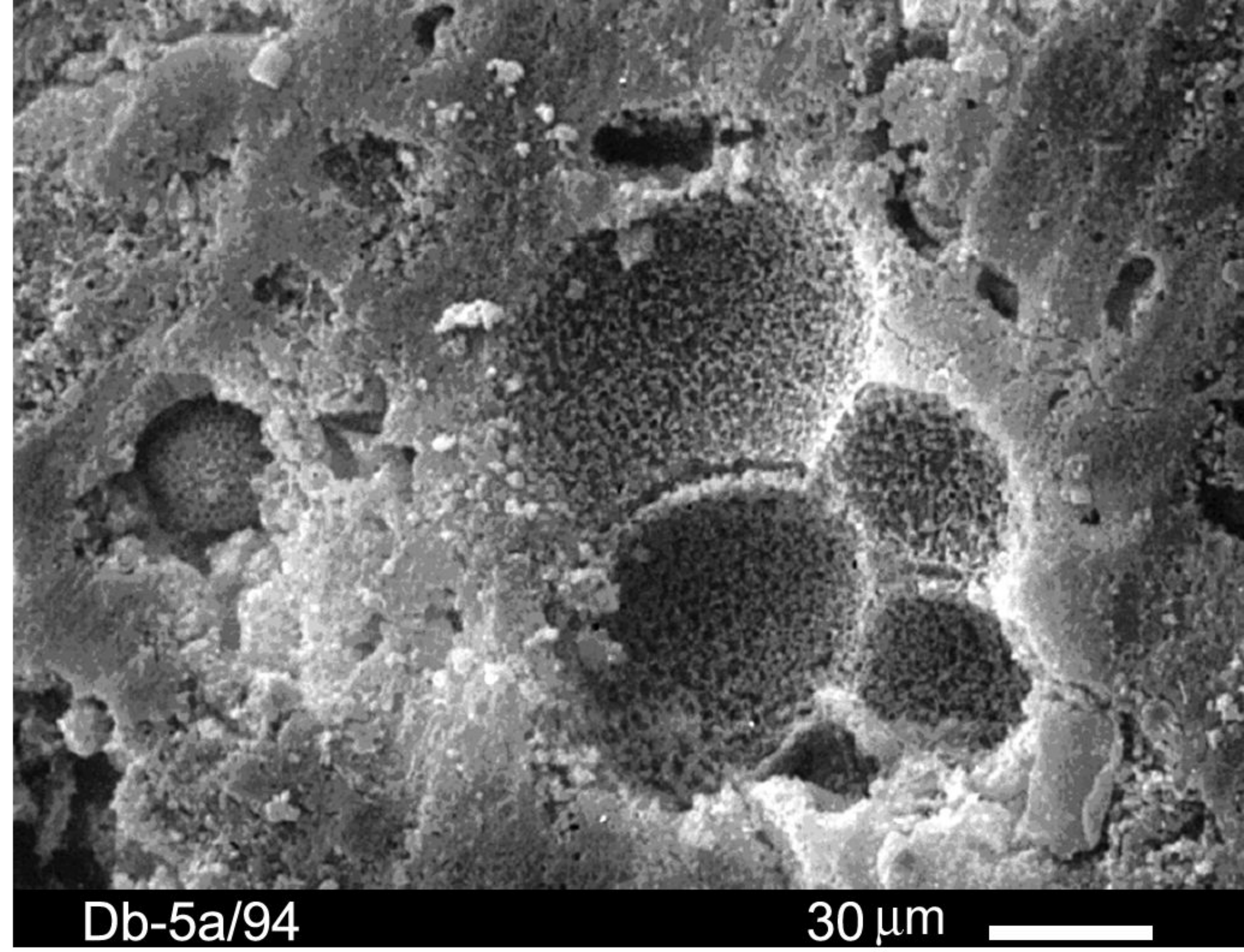
Фиг. 42



Db-5a/94

100 μm

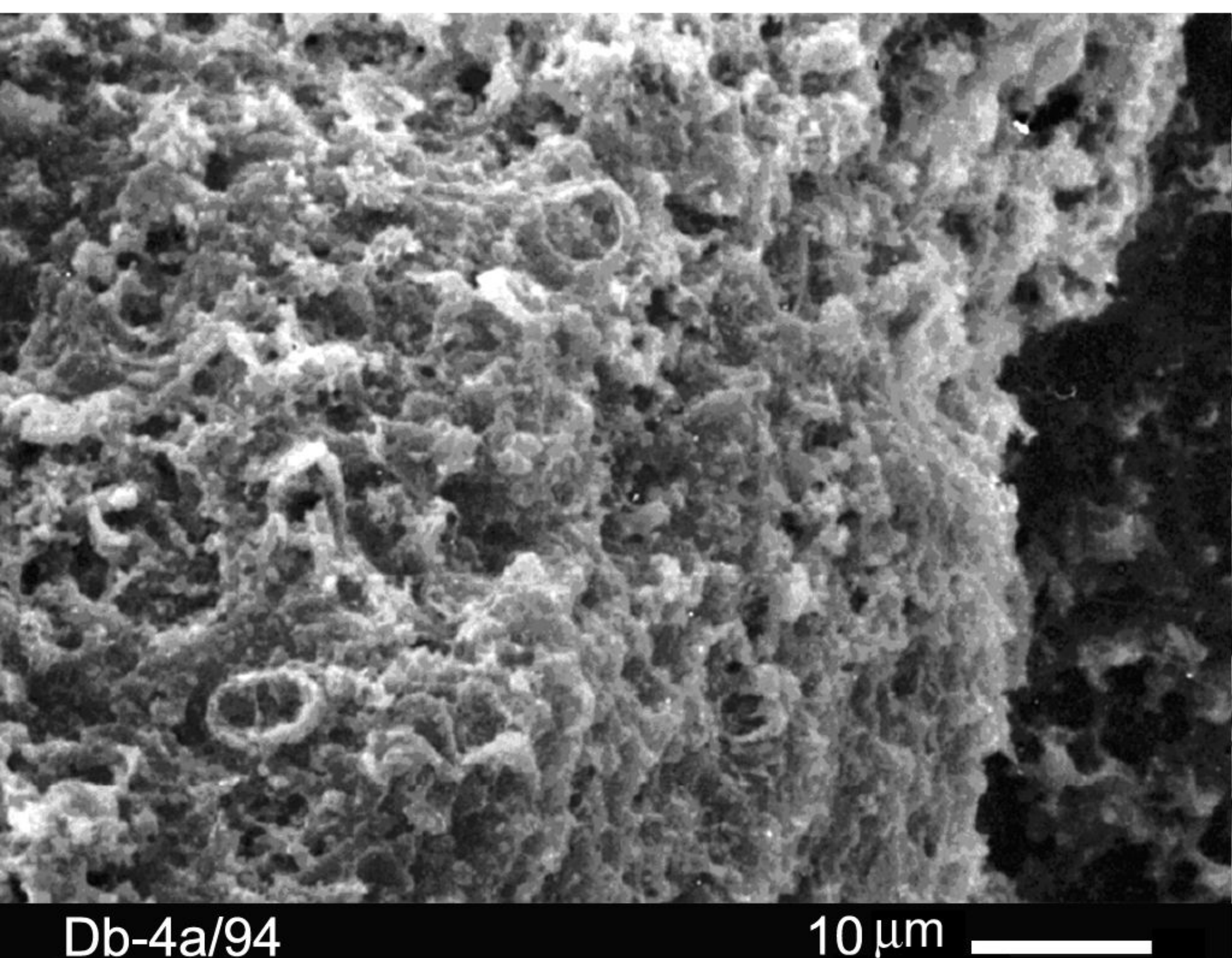
Фиг. 43



Db-5a/94

30 μm

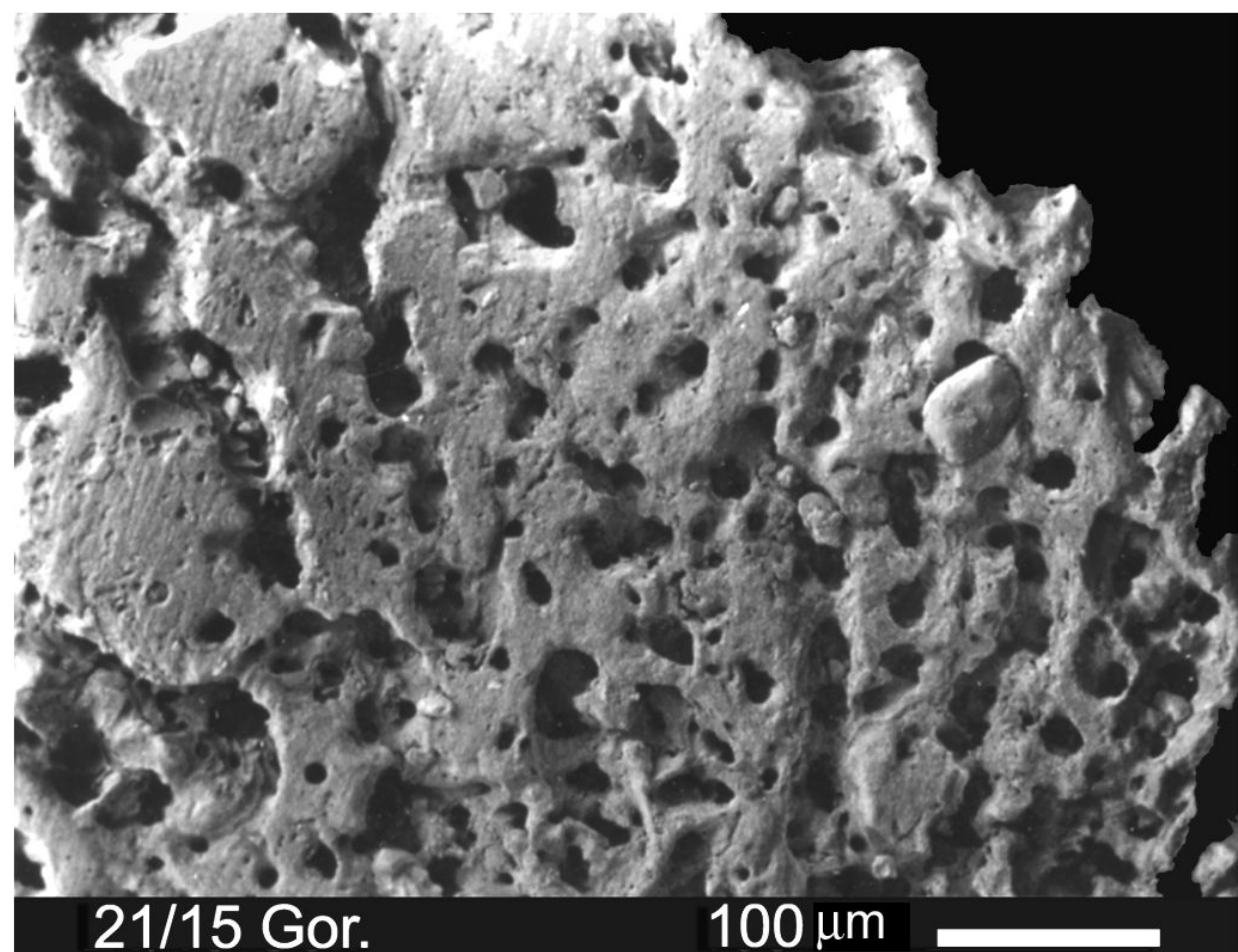
Фиг. 44



Db-4a/94

10 μm

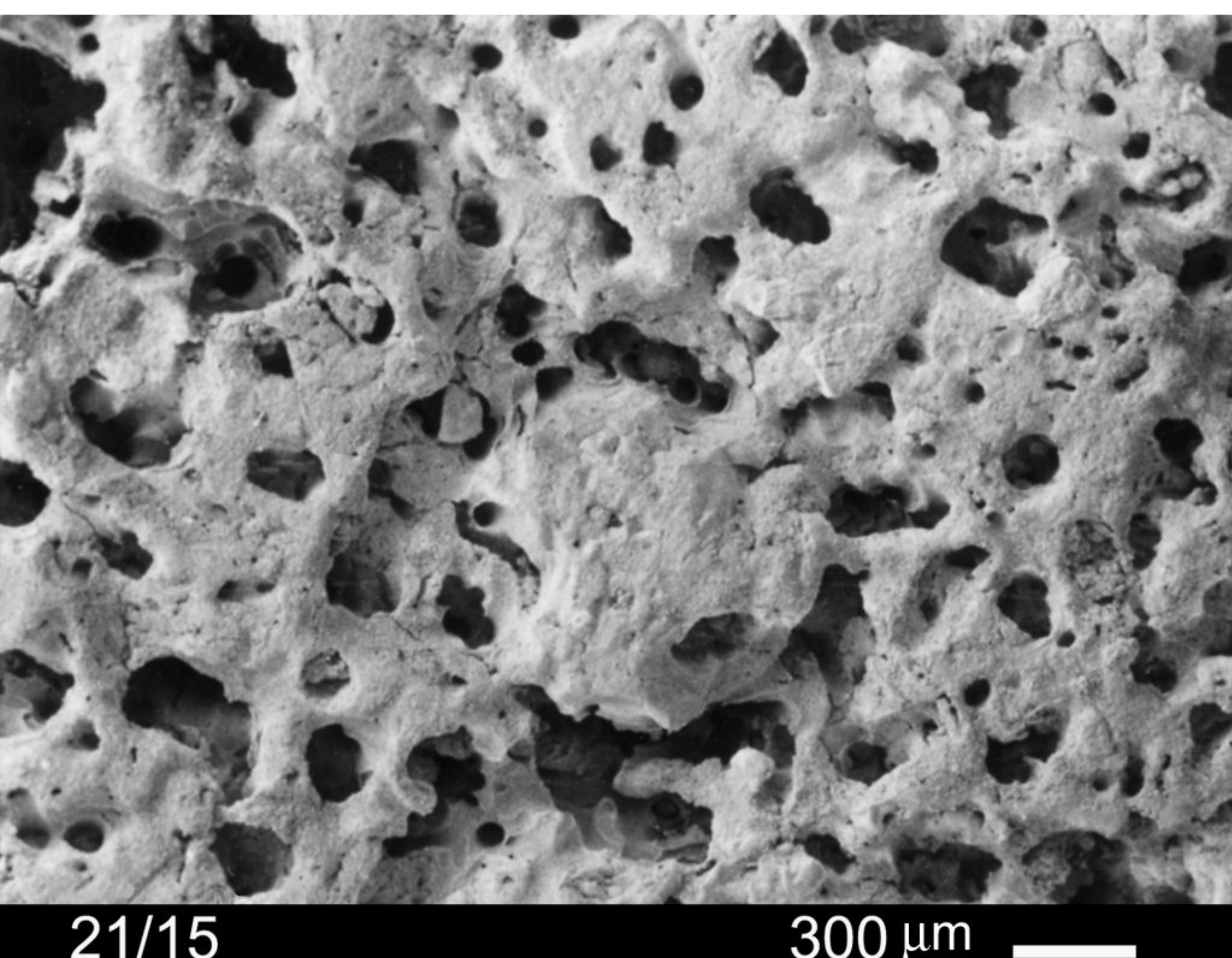
Фиг. 45



21/15 Gor.

100 μm

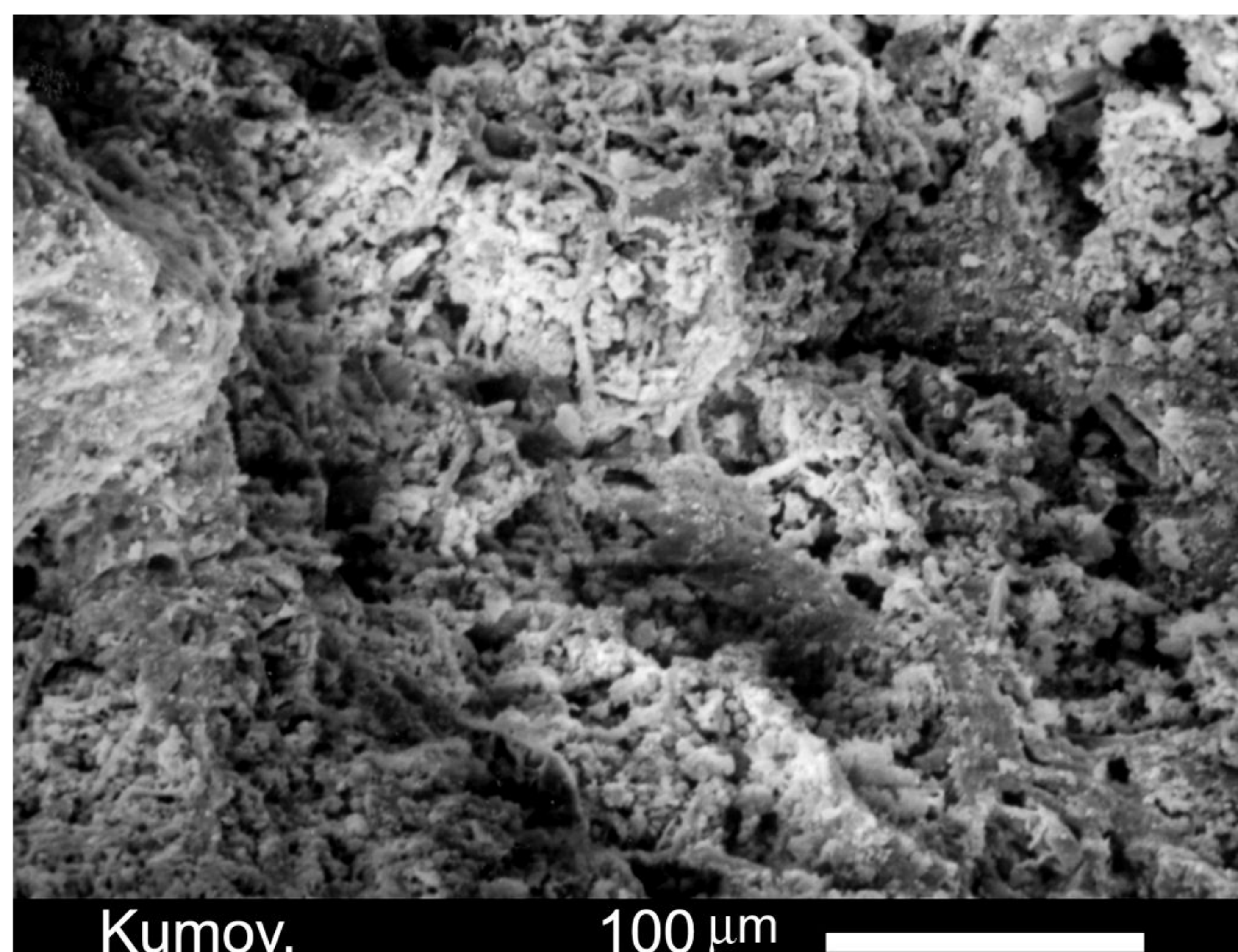
Фиг. 46



21/15

300 μm

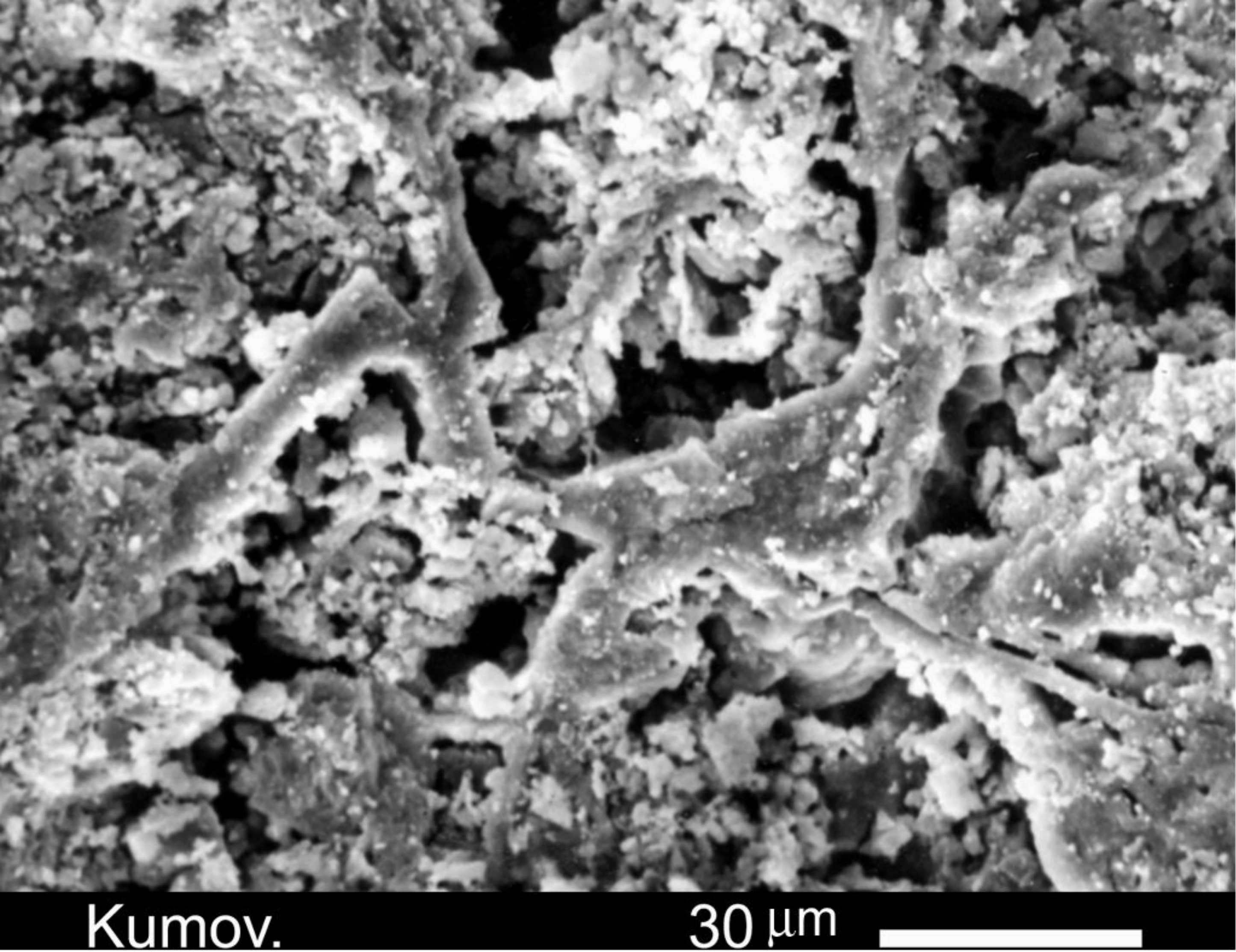
Фиг. 47



Кумов.

100 μm

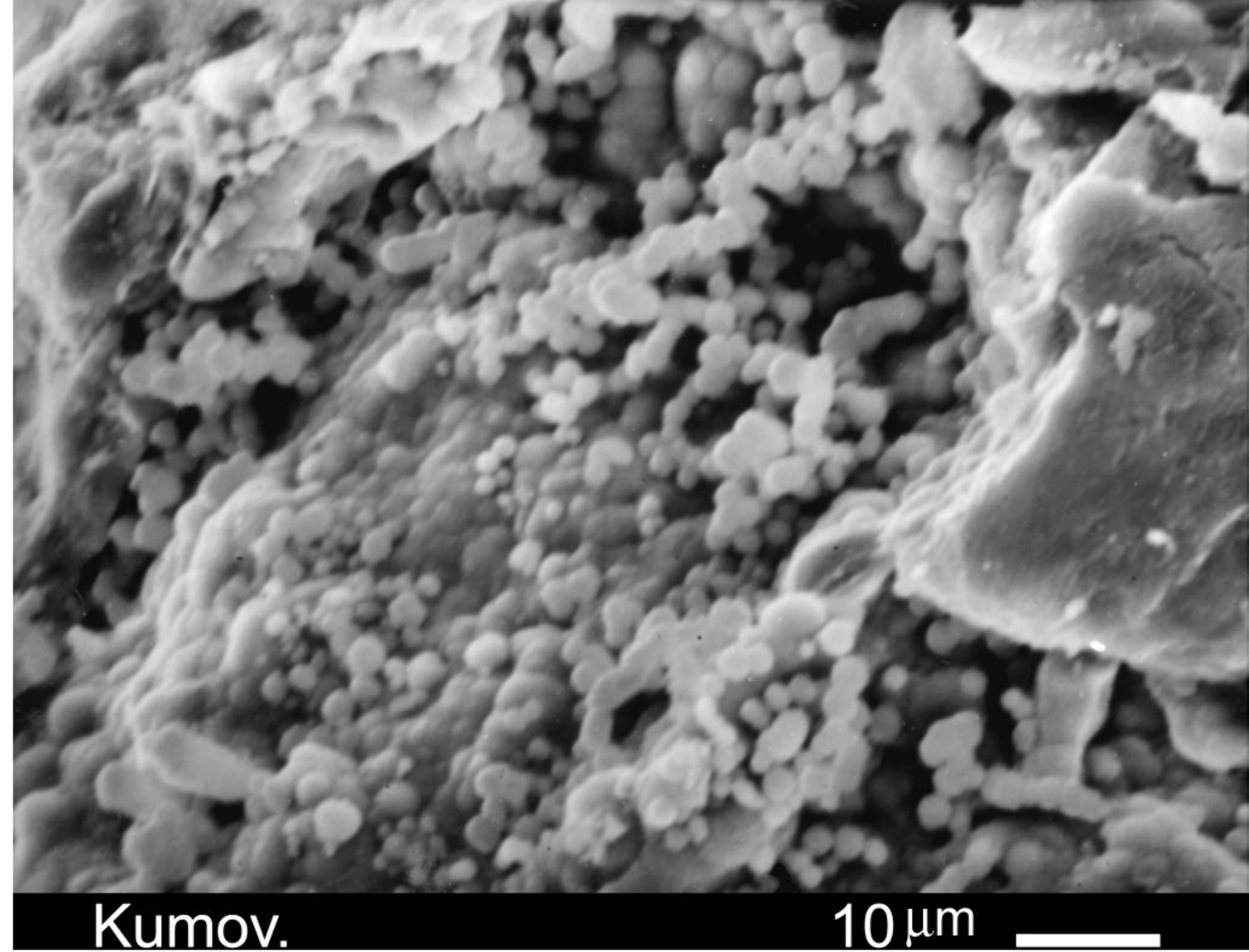
Фиг. 48



Kumov.

30 μm

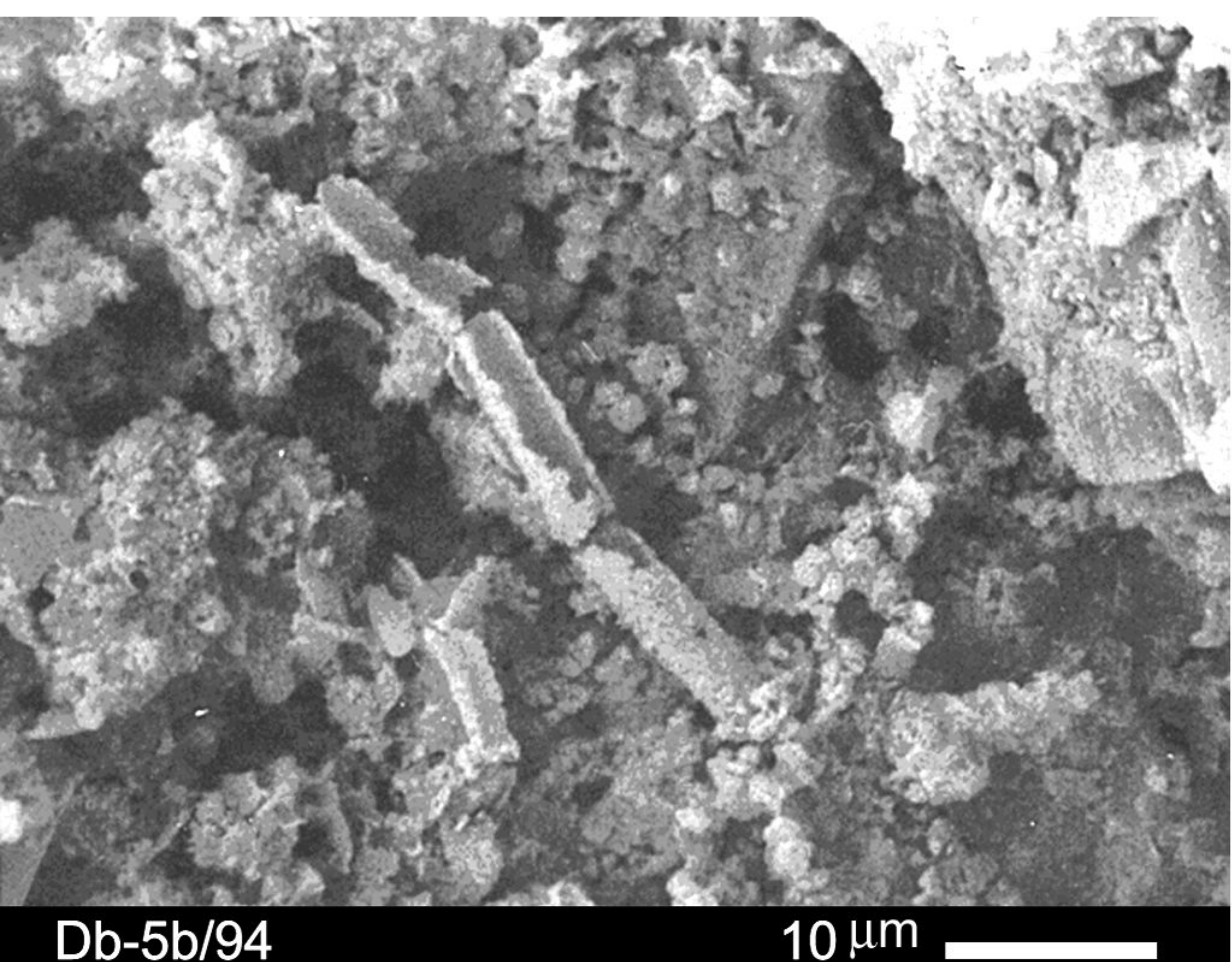
Фиг. 49



Kumov.

10 μm

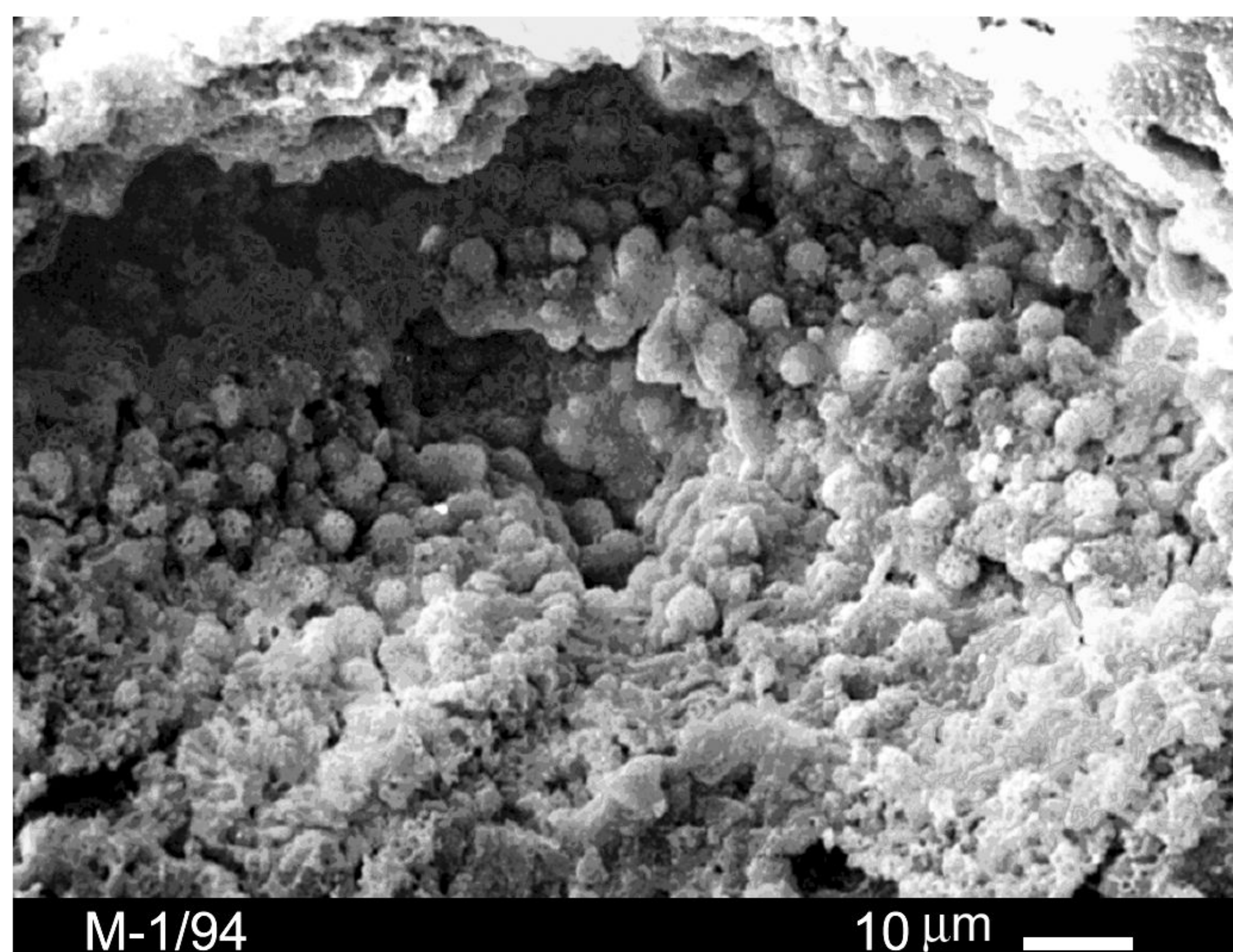
Фиг. 50



Db-5b/94

10 μm

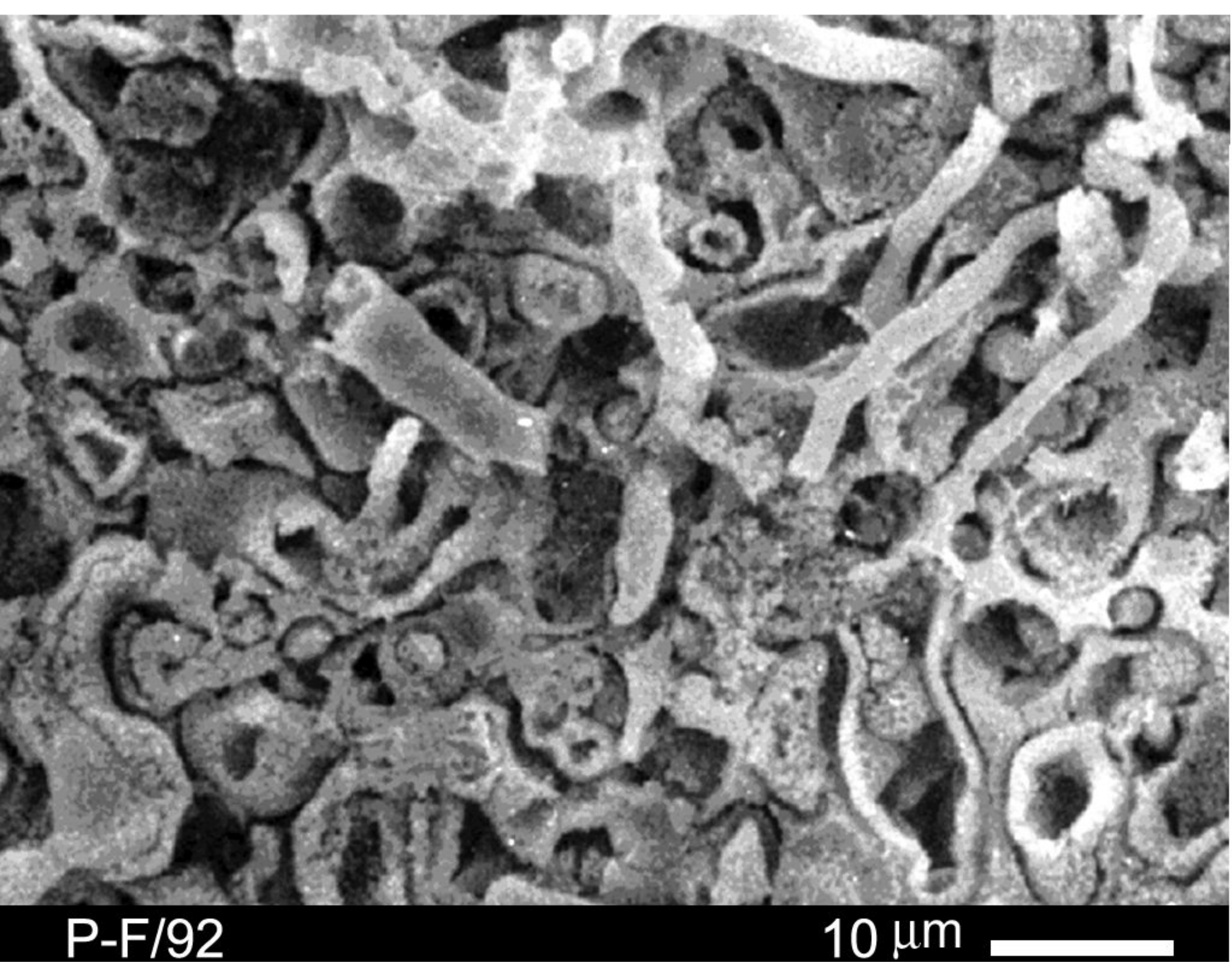
Фиг. 51



M-1/94

10 μm

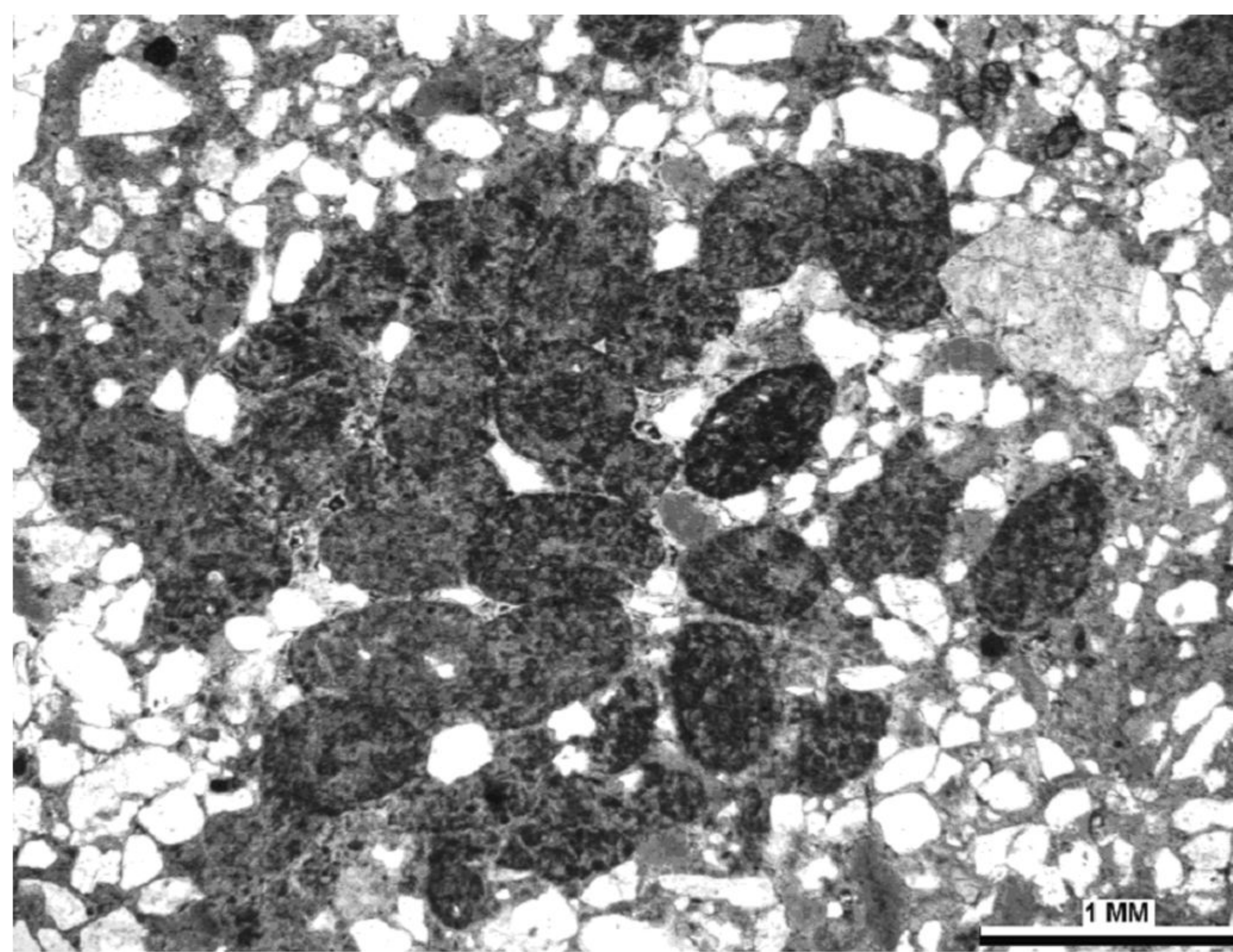
Фиг. 52



P-F/92

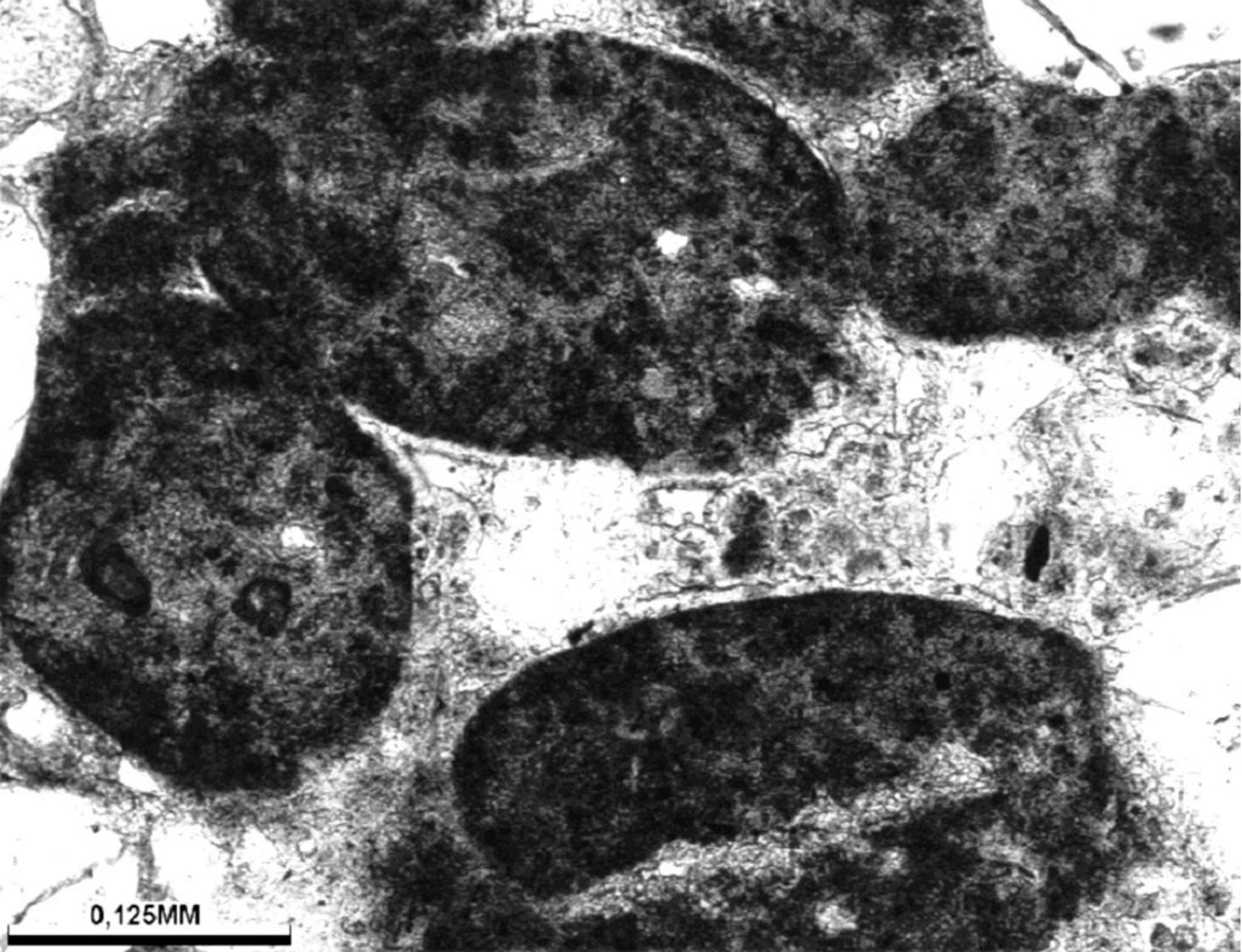
10 μm

Фиг. 53

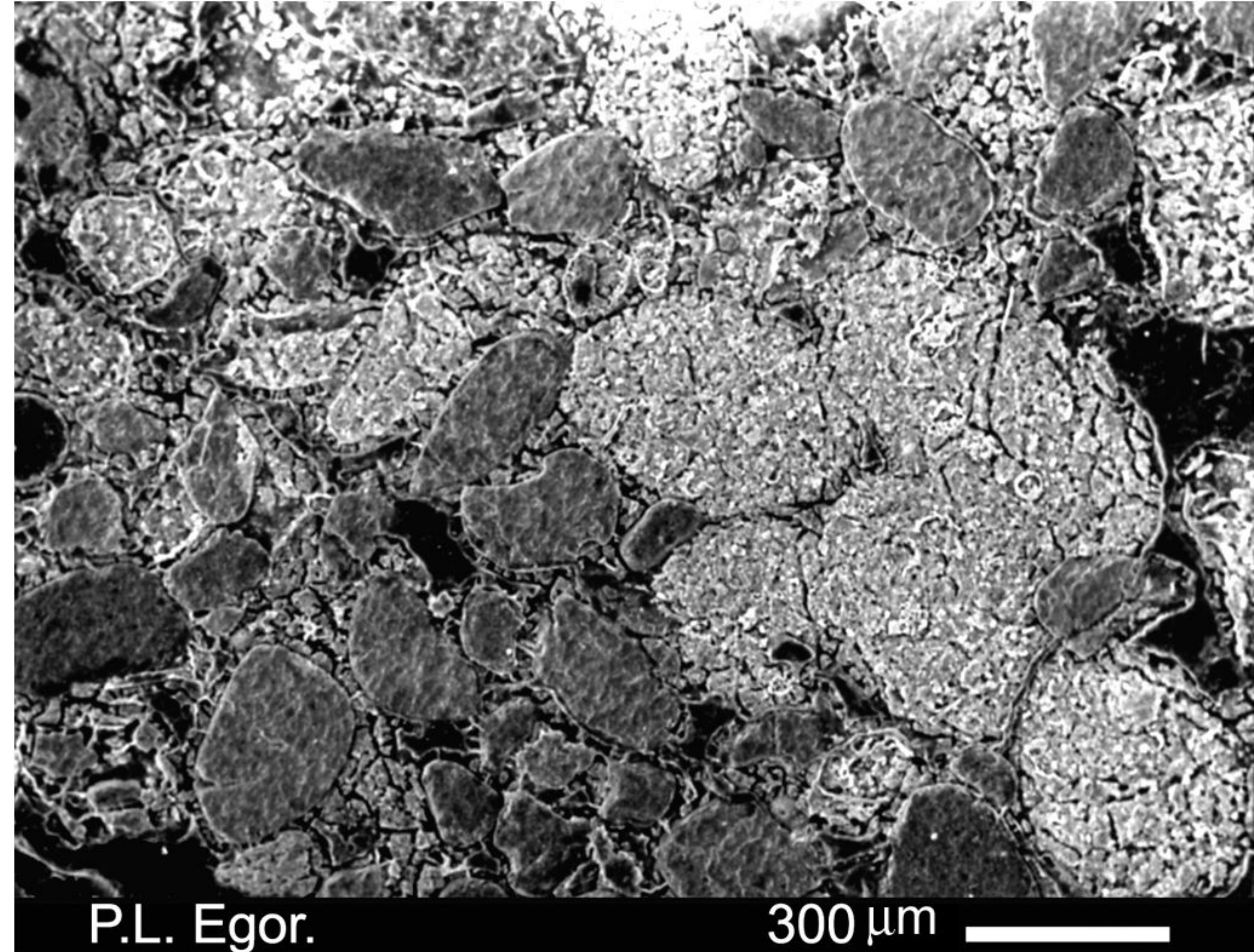


1 mm

Фиг. 54



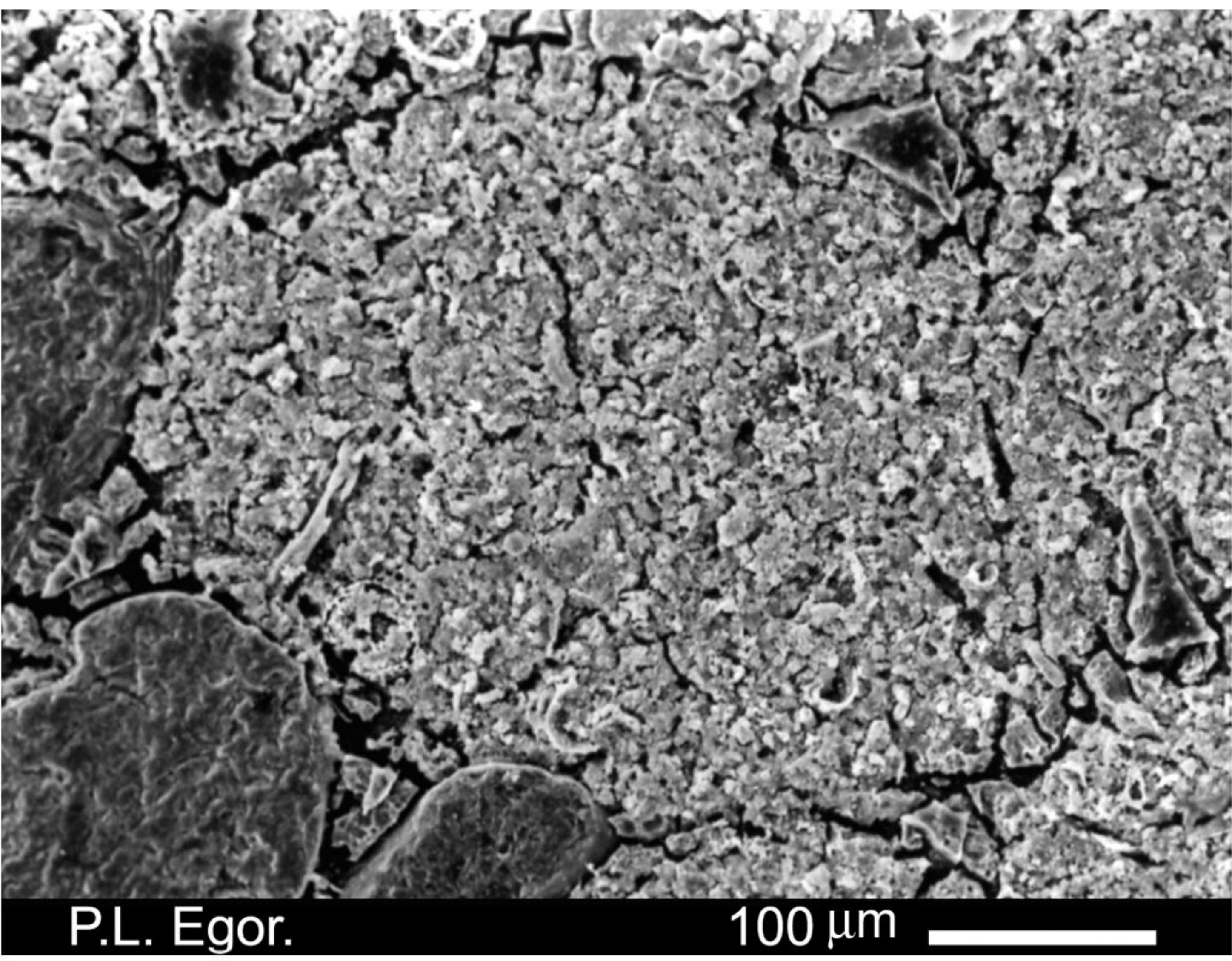
Фиг. 55



P.L. Egor.

300 μm

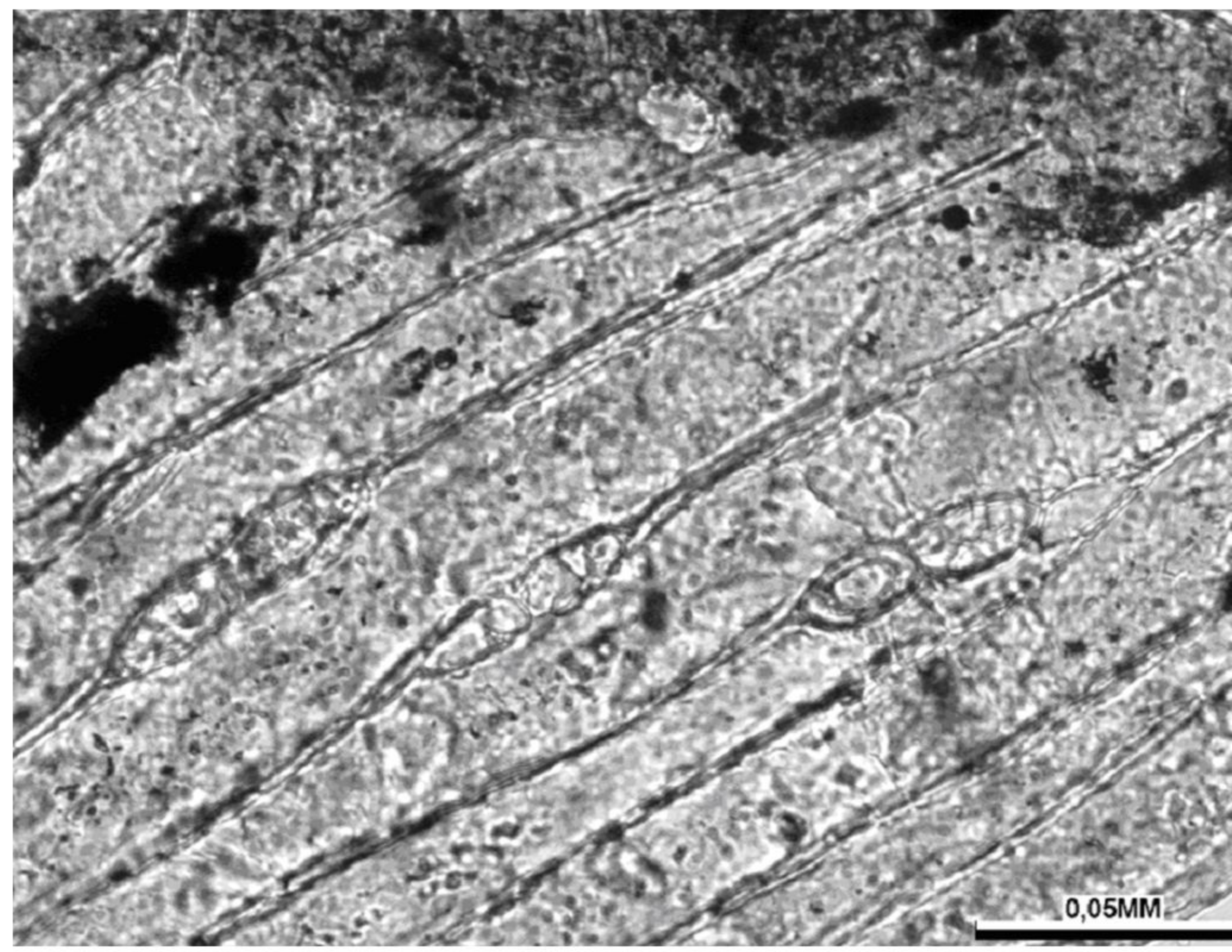
Фиг. 56



P.L. Egor.

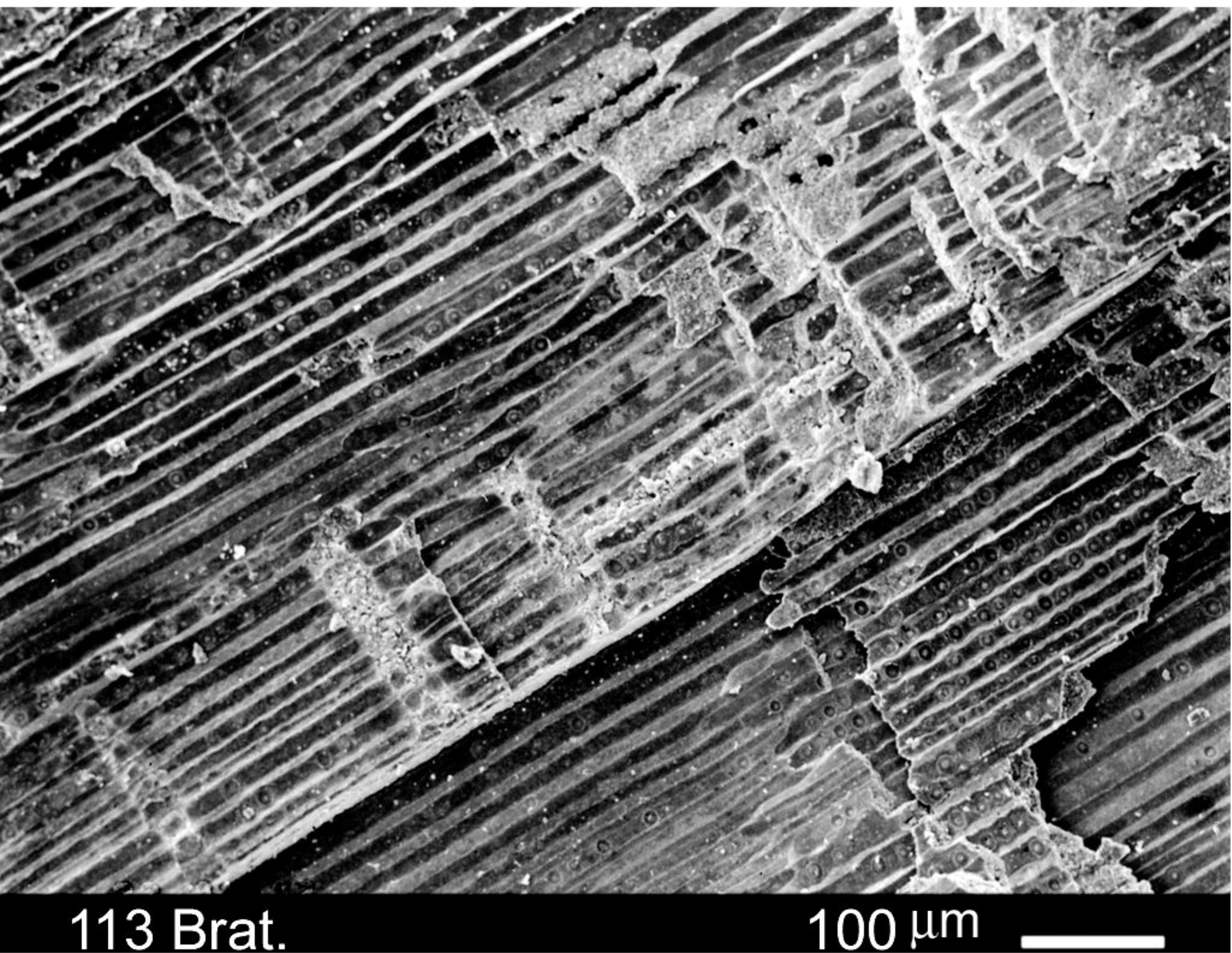
100 μm

Фиг. 57



0.05MM

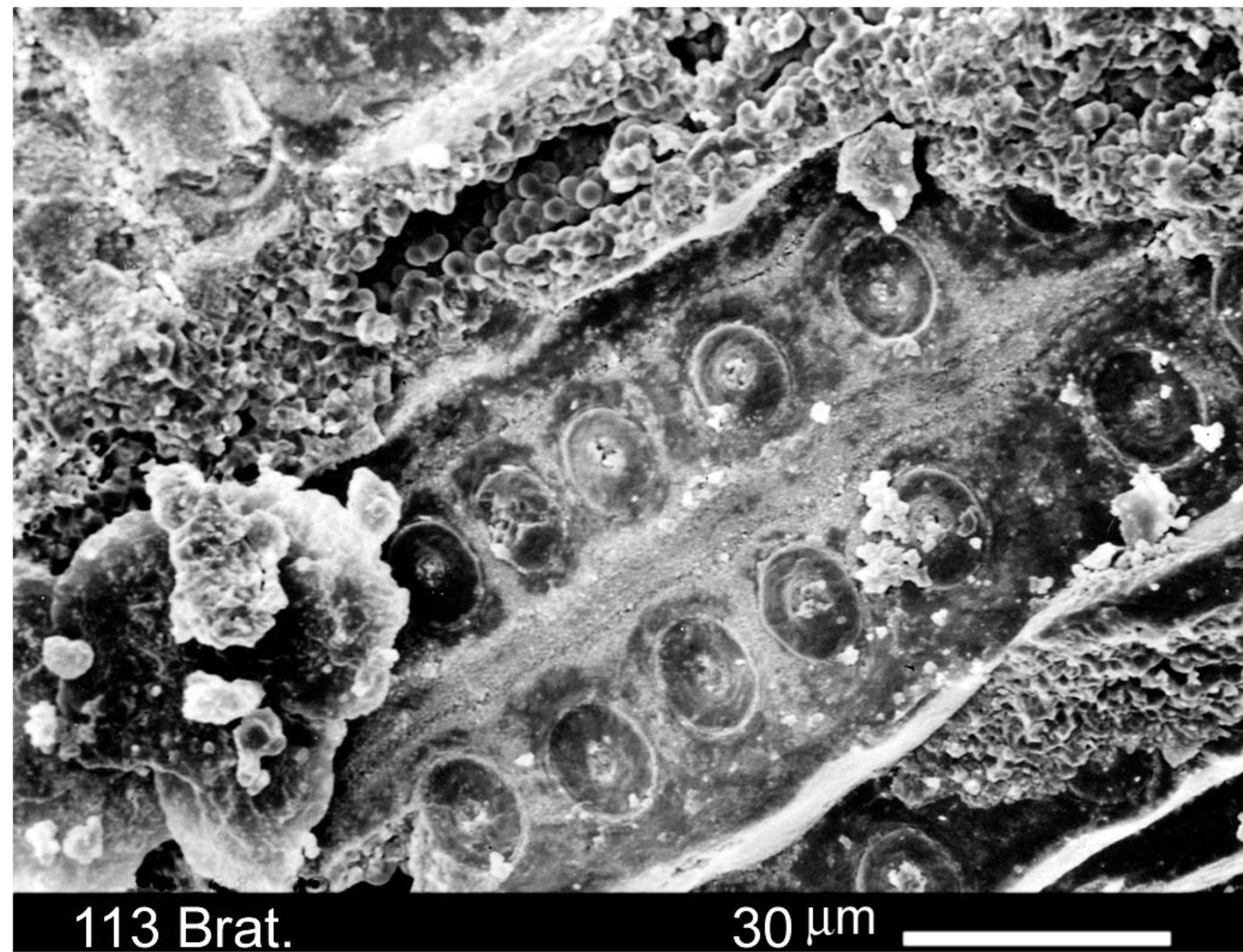
Фиг. 58



113 Brat.

100 μm

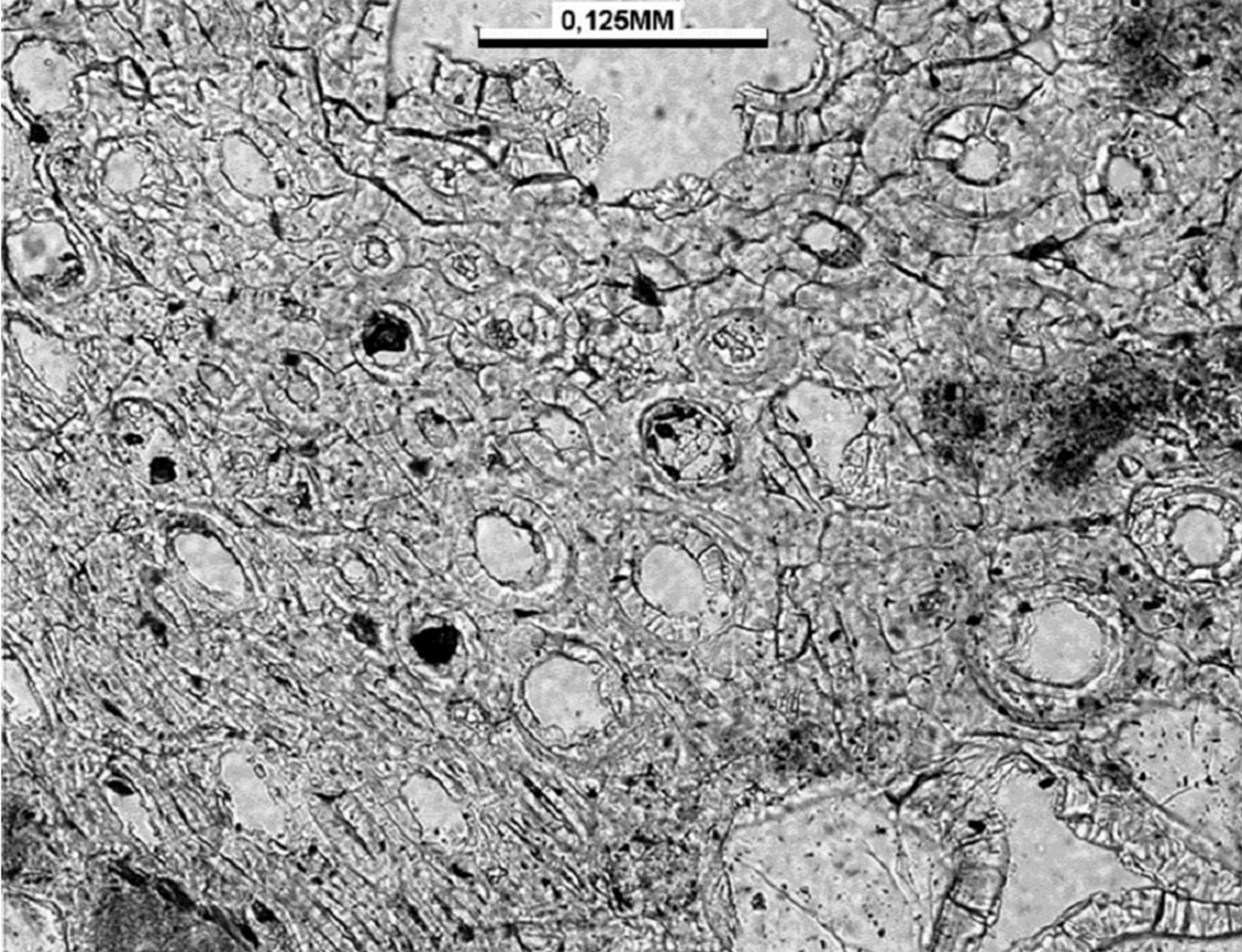
Фиг. 59



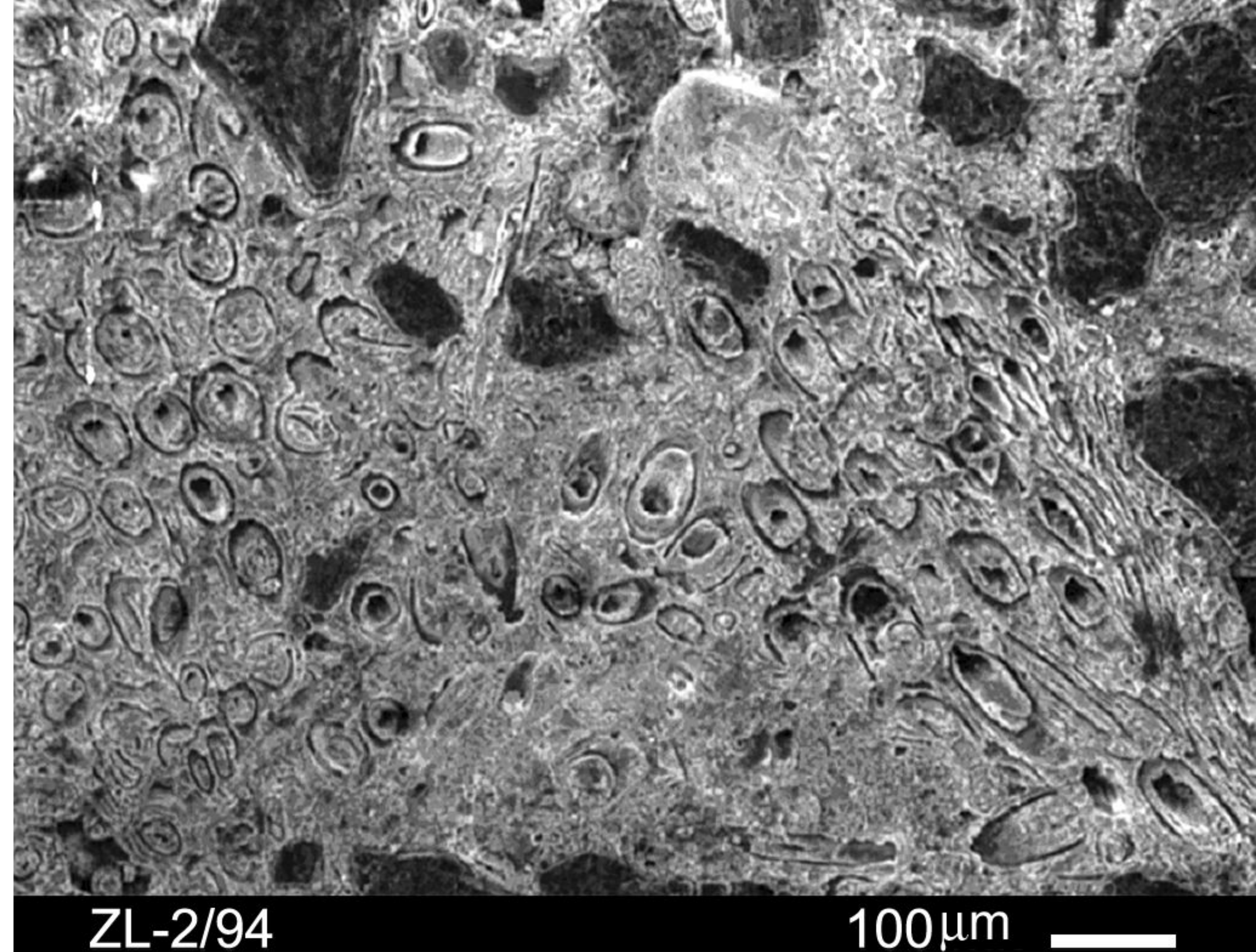
113 Brat.

30 μm

Фиг. 60



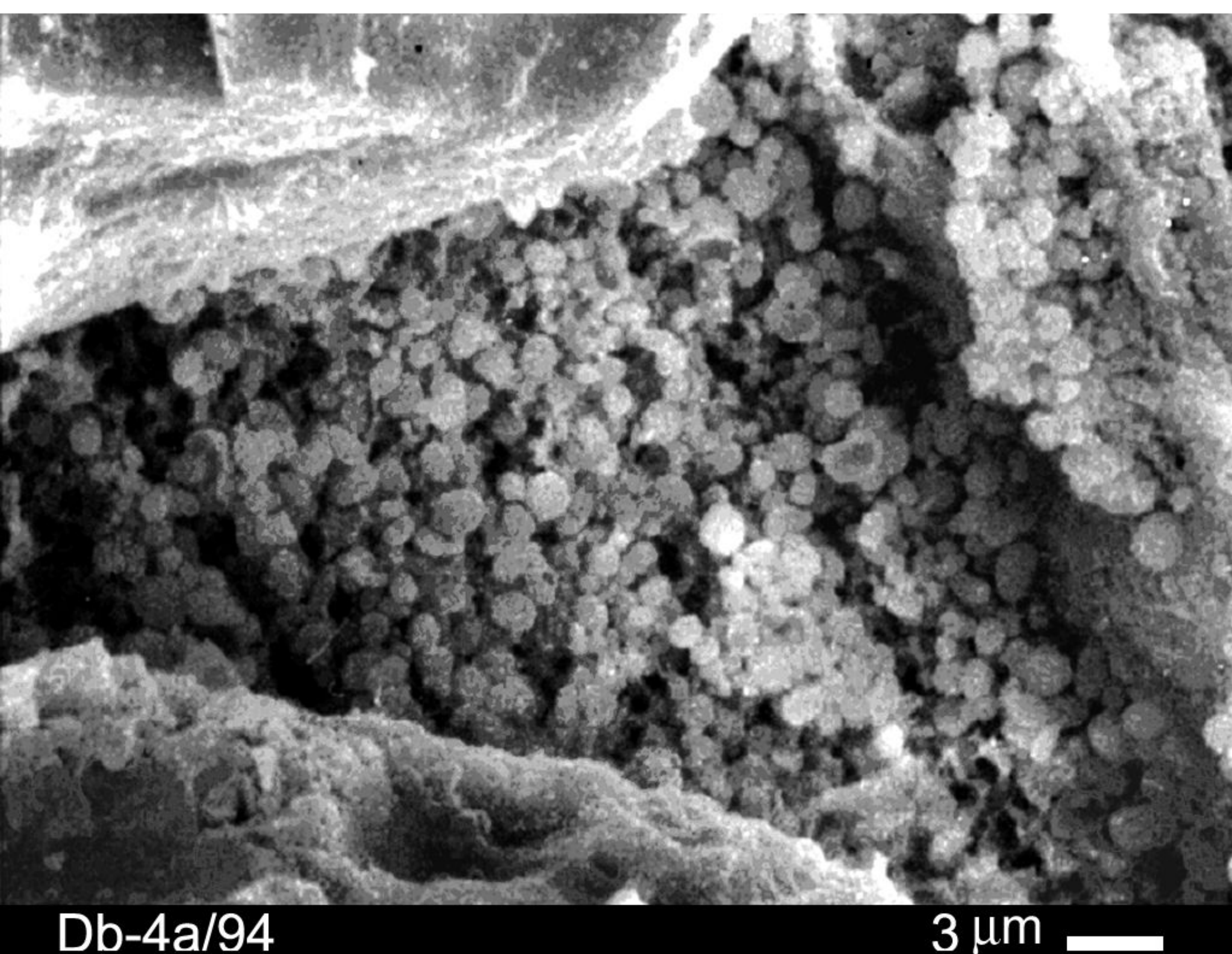
Фиг. 61



ZL-2/94

100µm

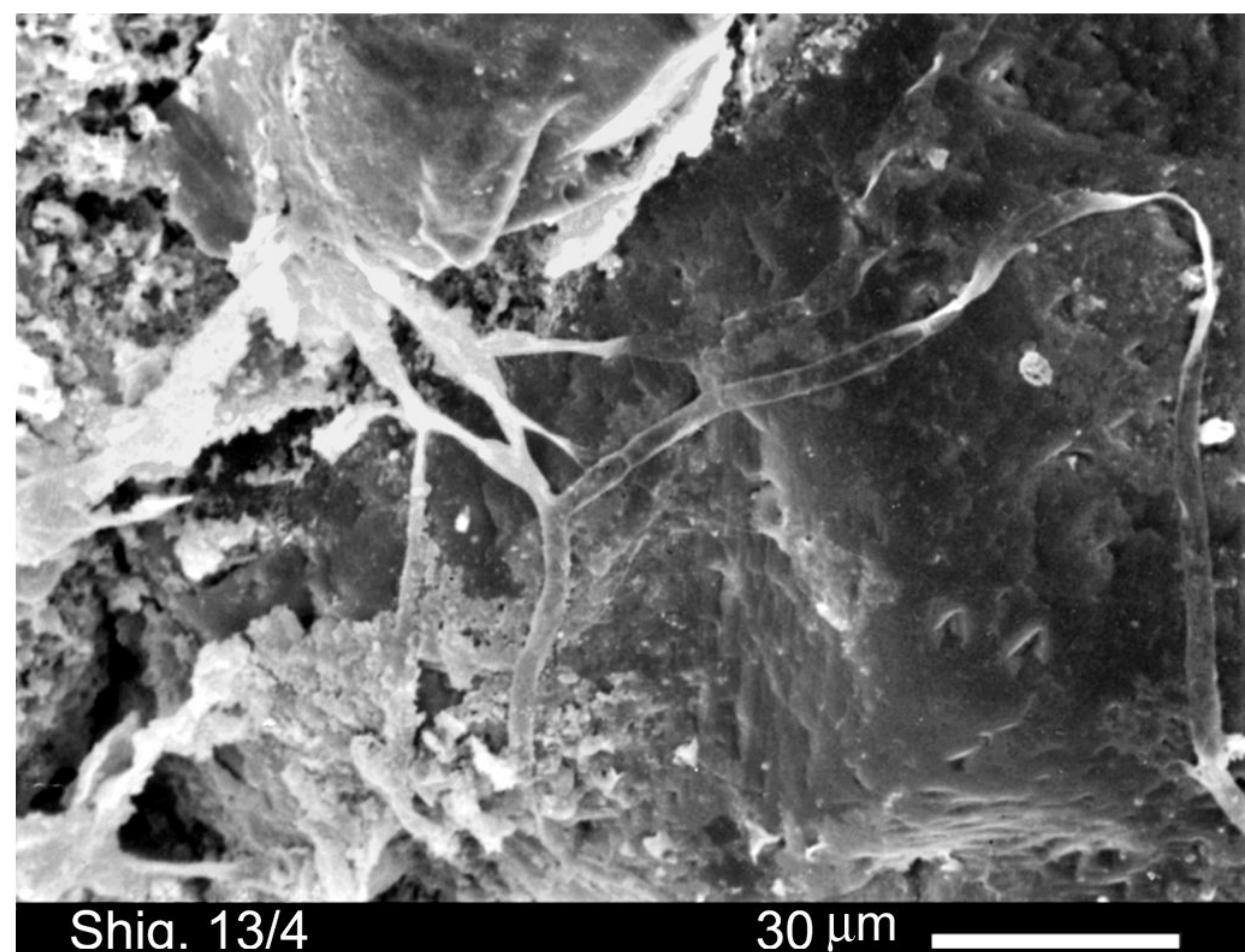
Фиг. 62



Db-4a/94

3µm

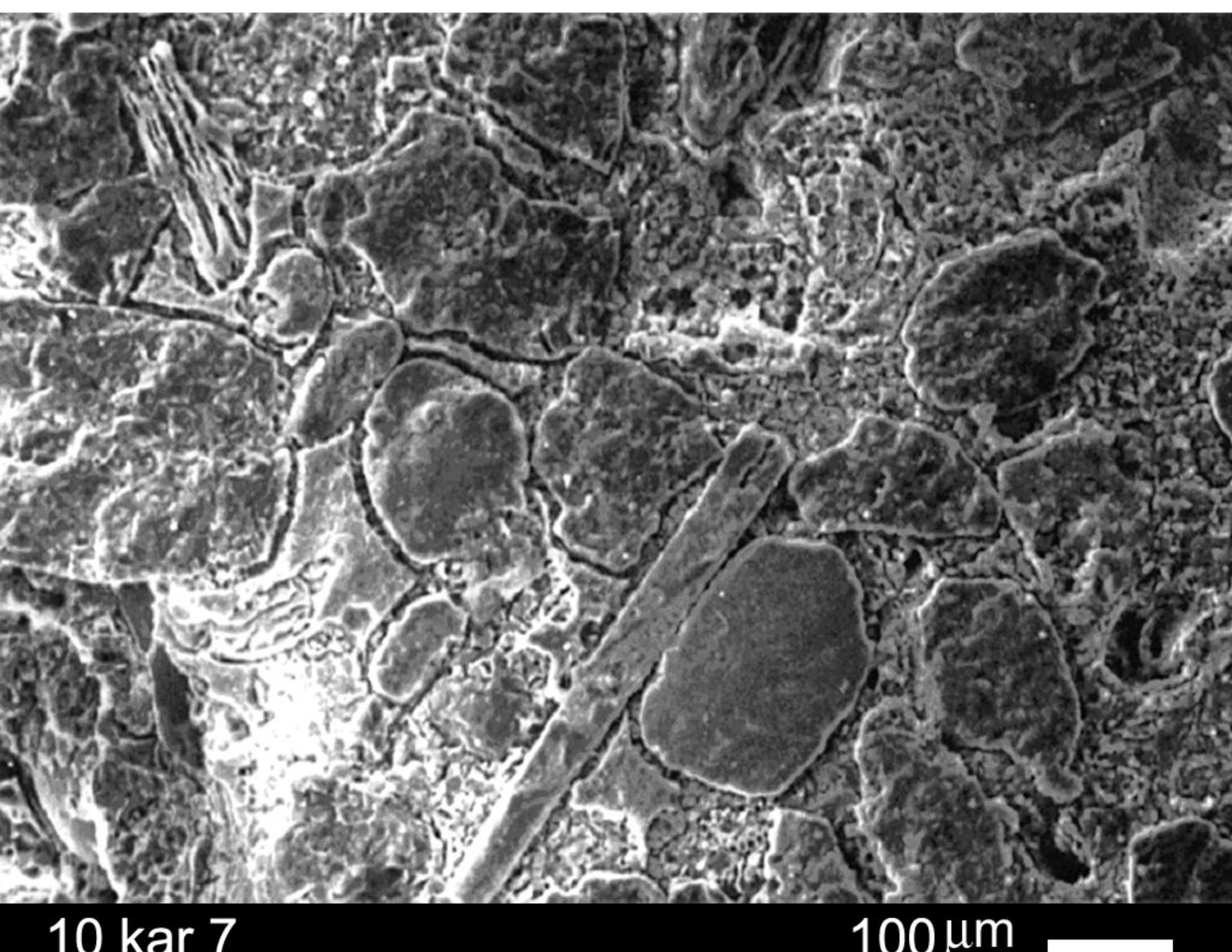
Фиг. 63



Shia. 13/4

30µm

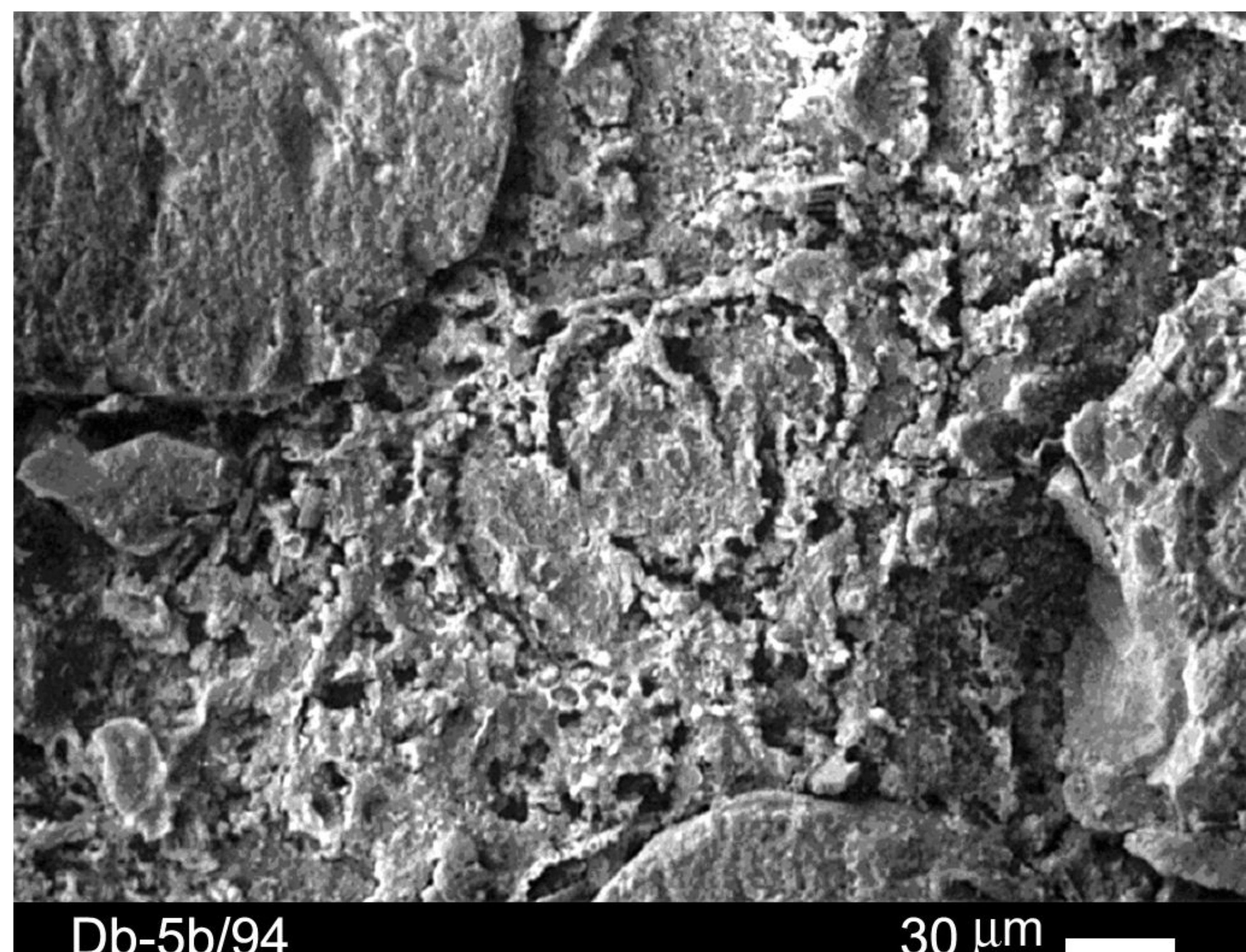
Фиг. 64



10 kar 7

100µm

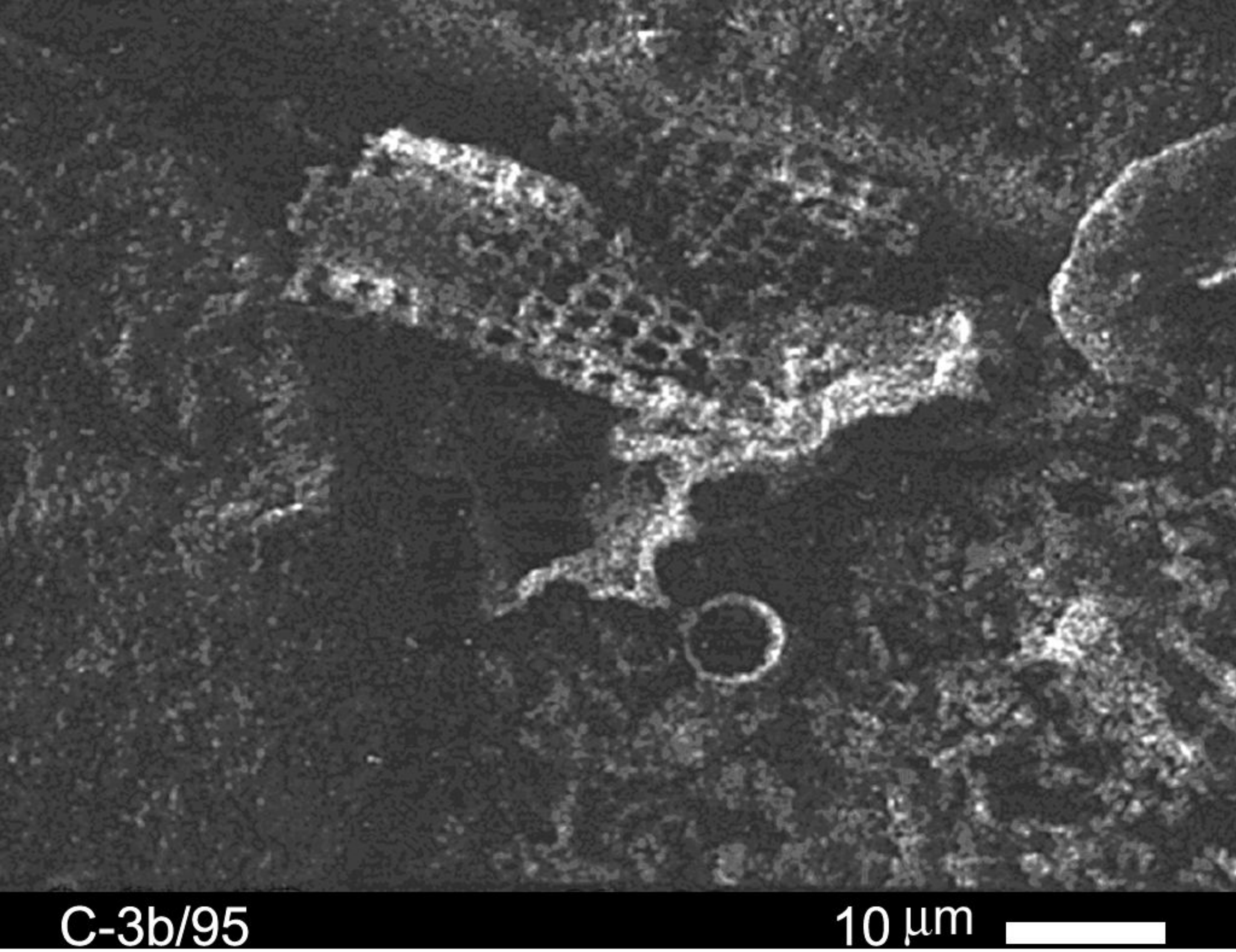
Фиг. 65



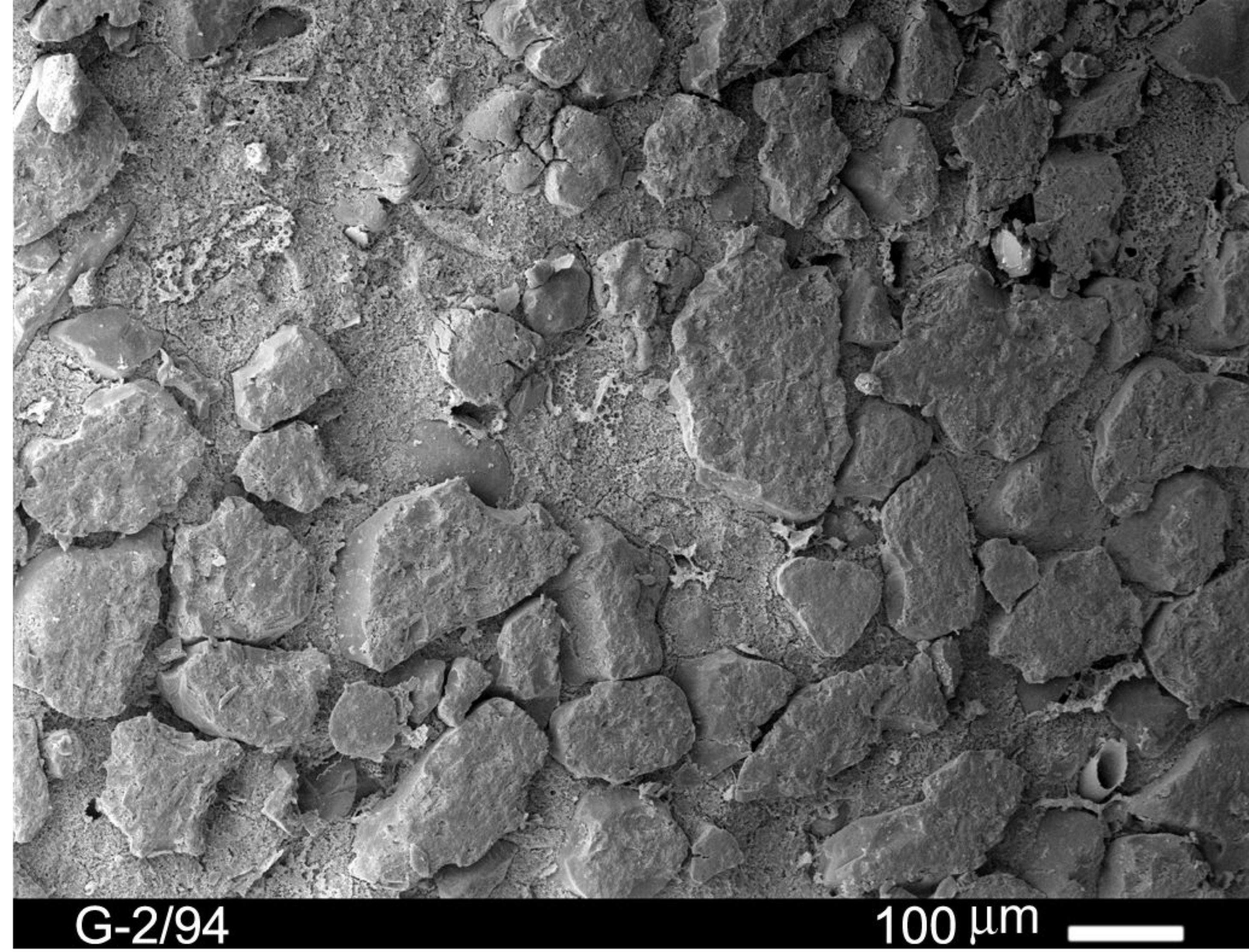
Db-5b/94

30µm

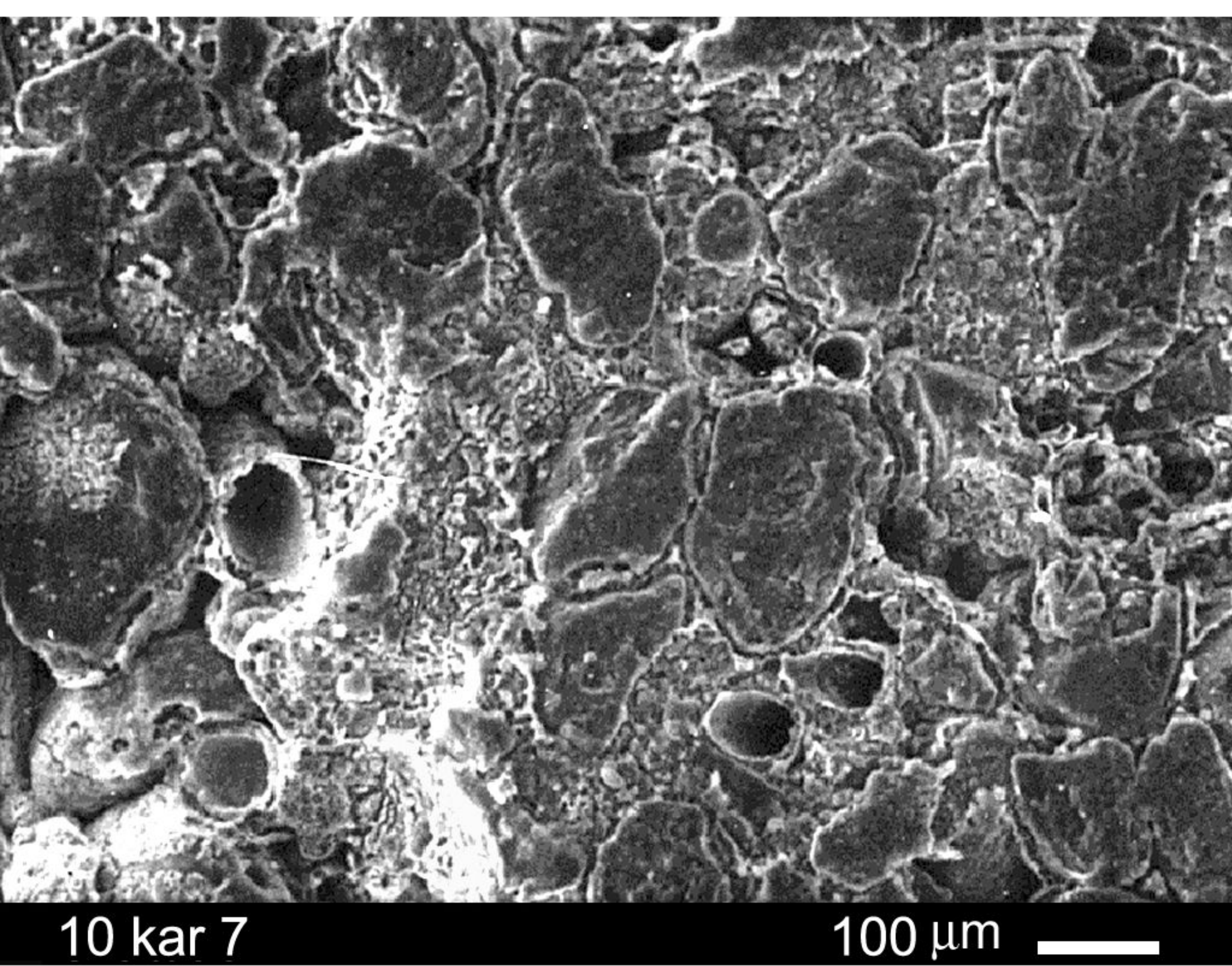
Фиг. 66



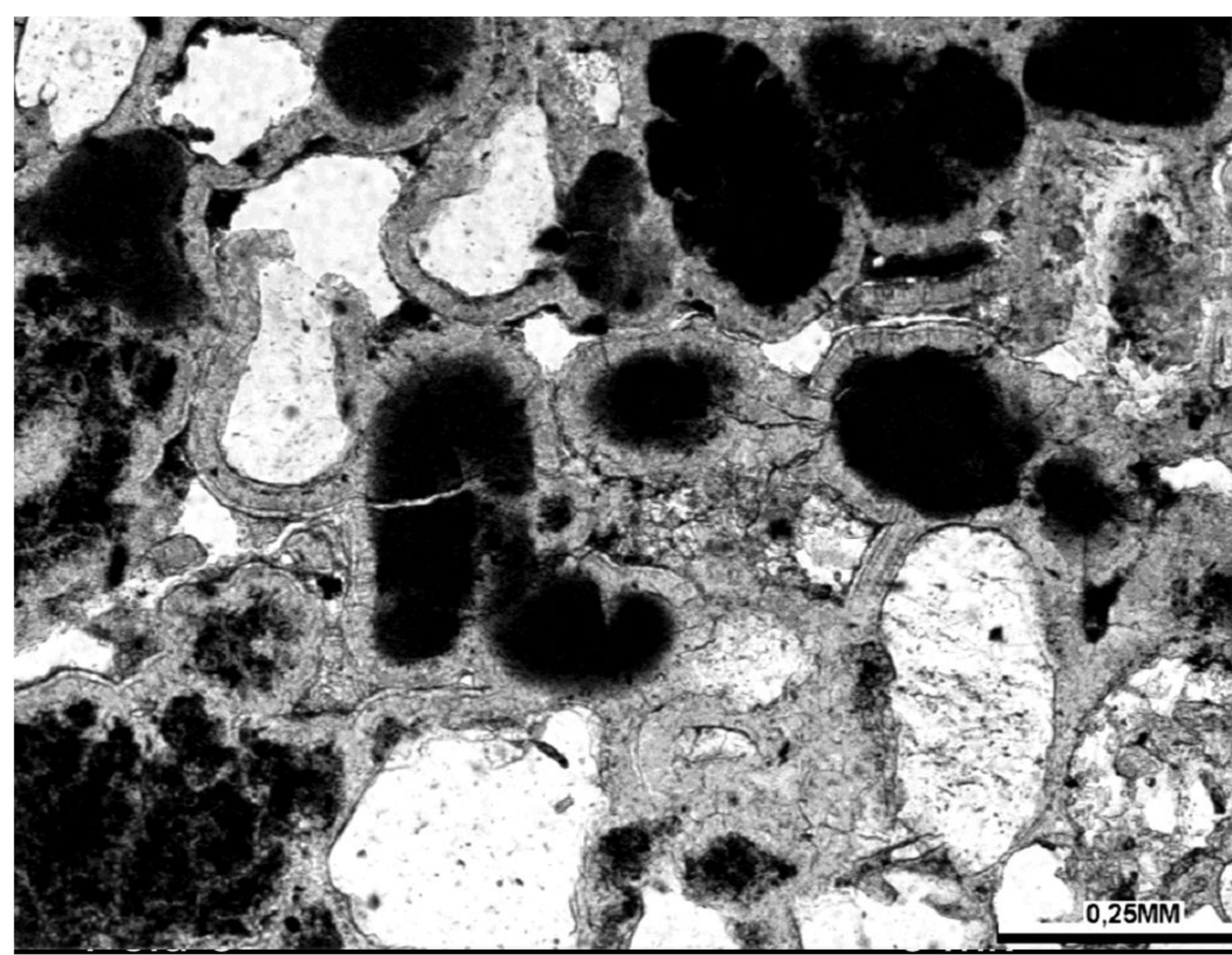
Фиг. 67



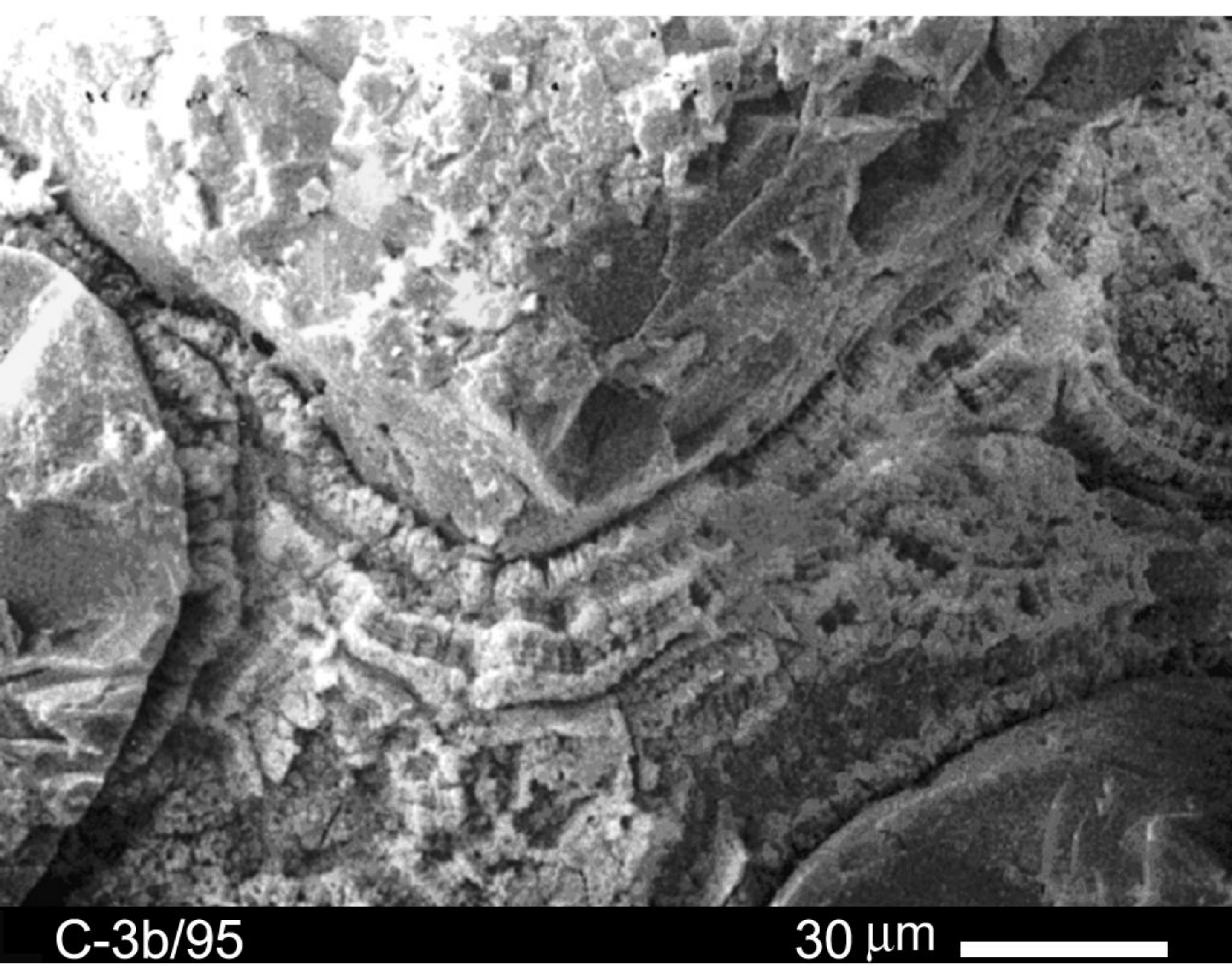
Фиг. 68



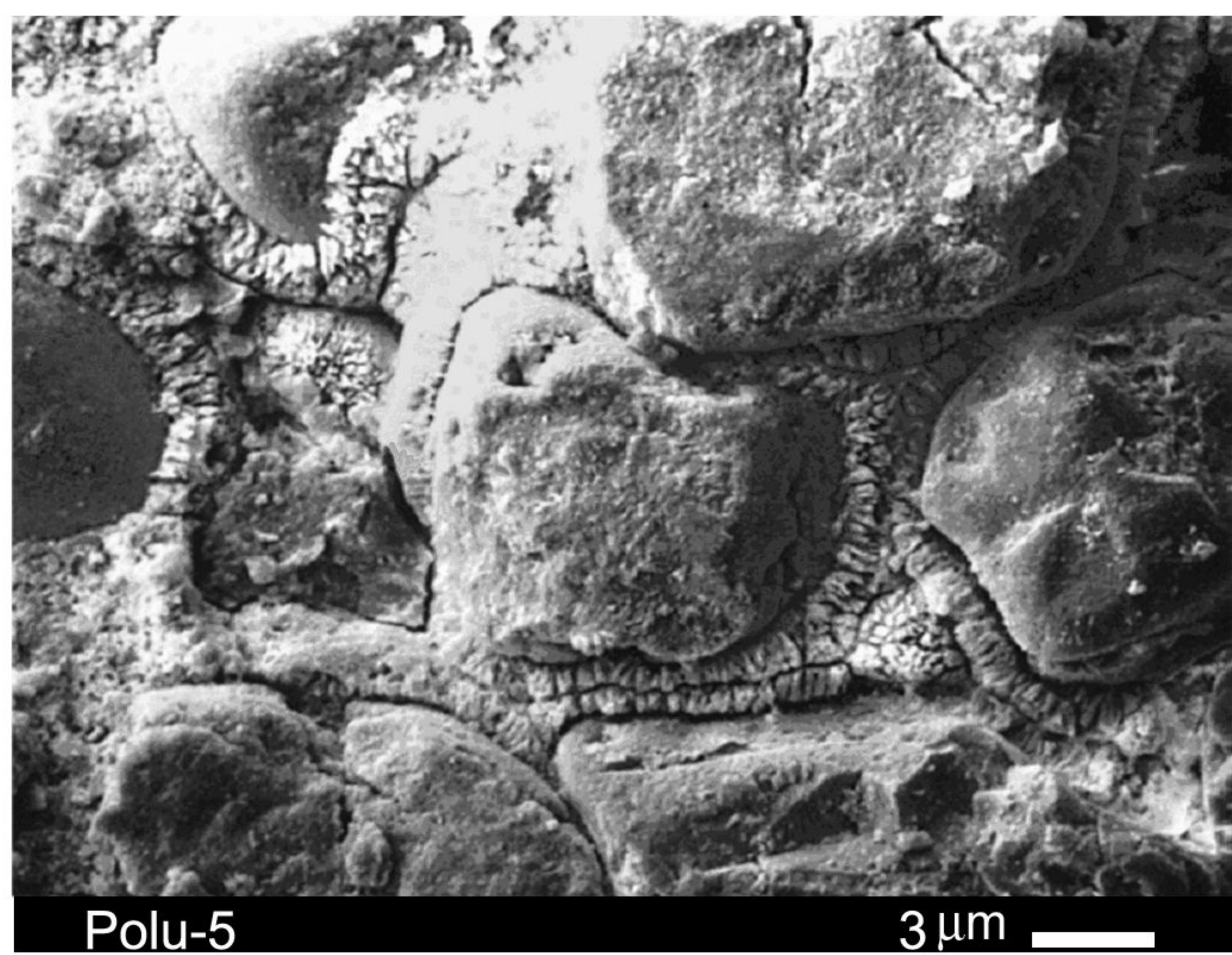
Фиг. 69



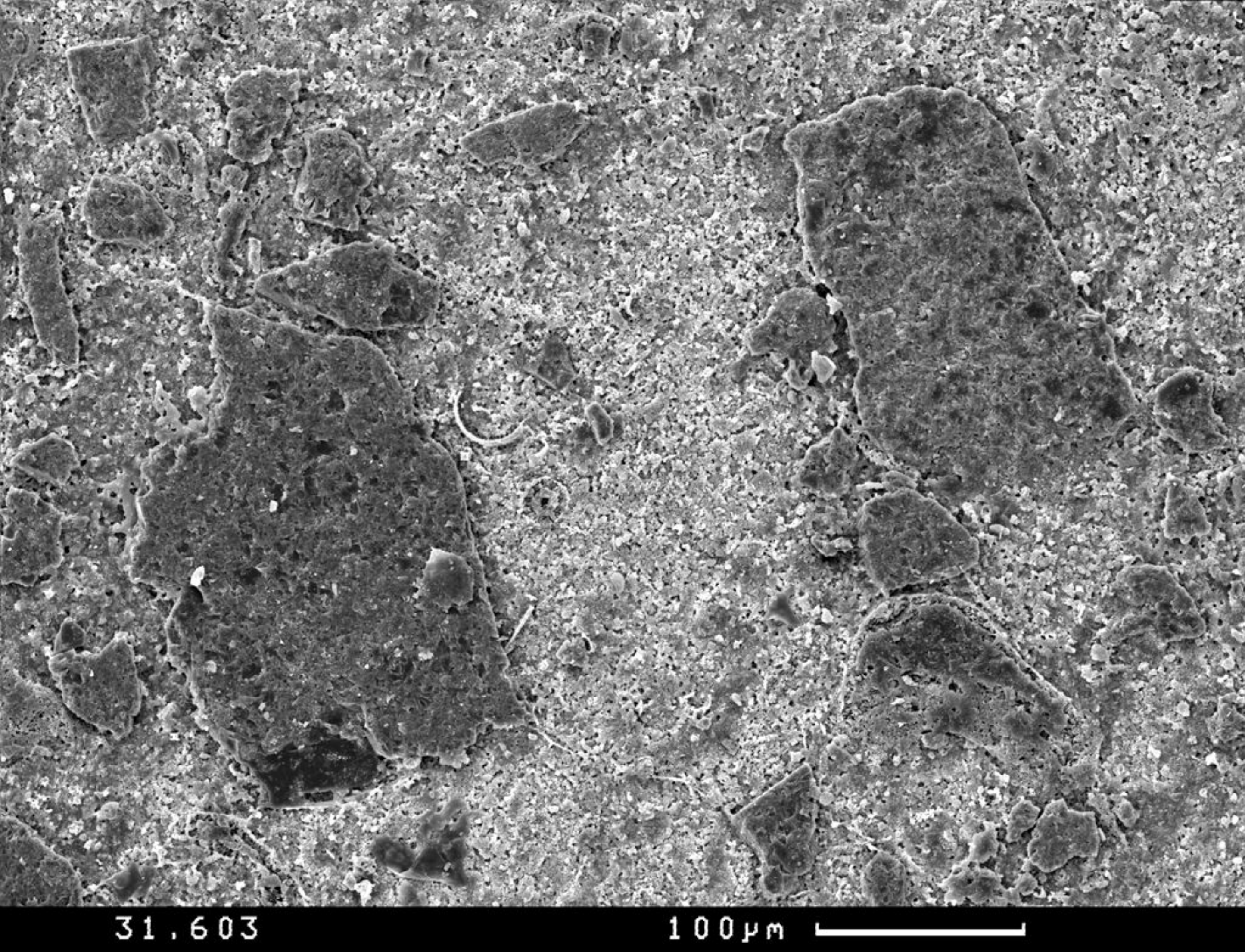
Фиг. 70



Фиг. 71



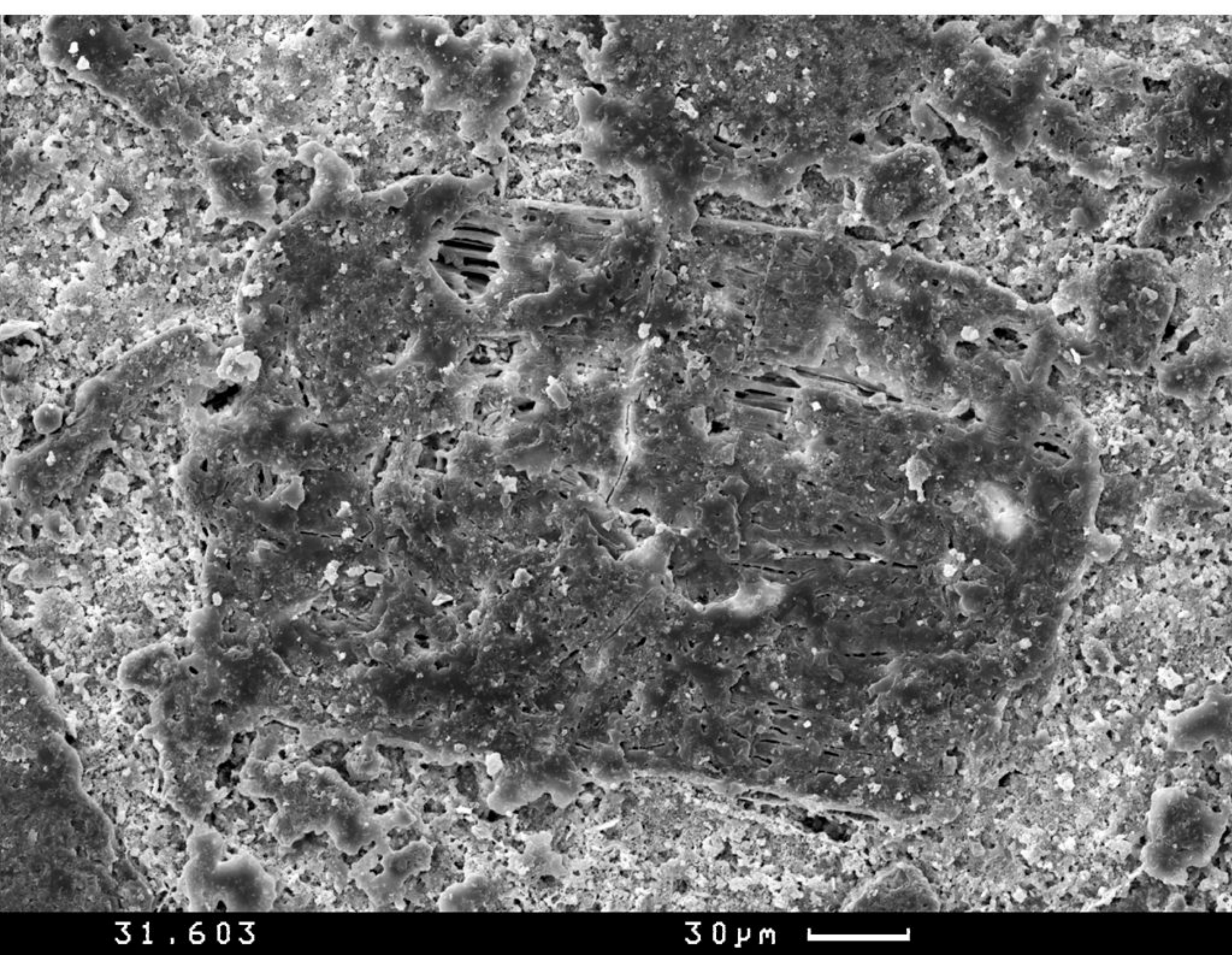
Фиг. 72



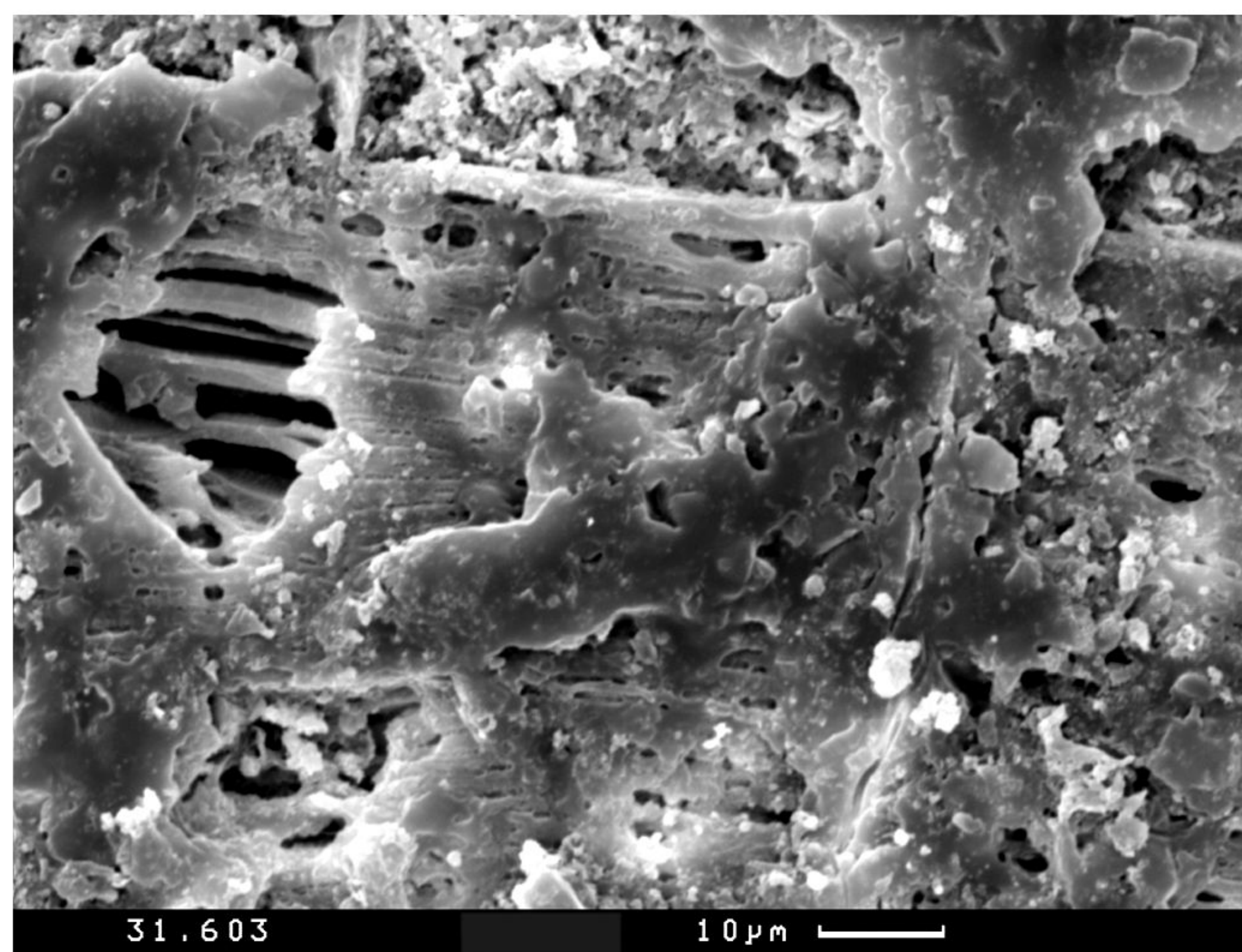
Фиг. 73



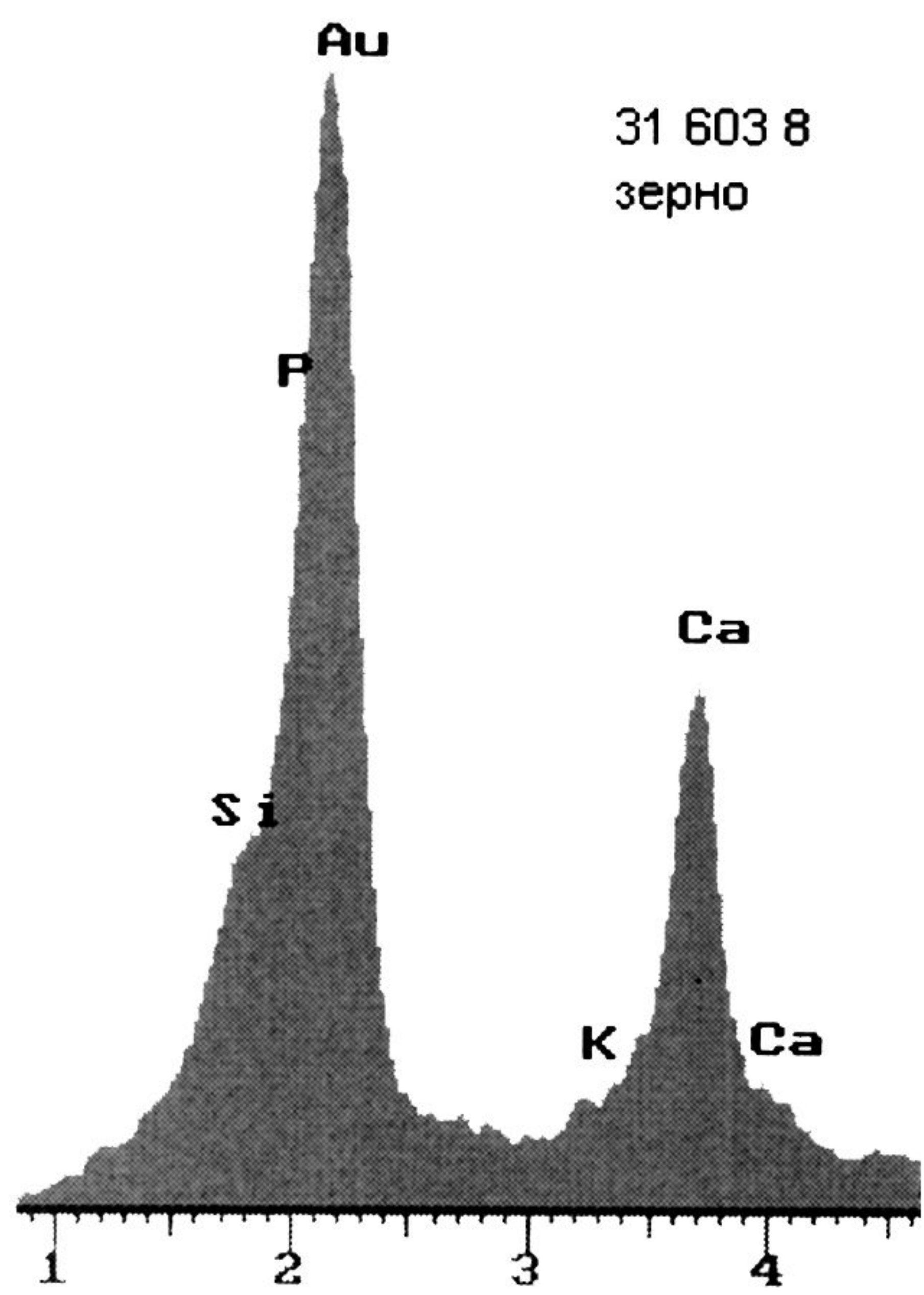
Фиг. 74



Фиг. 75



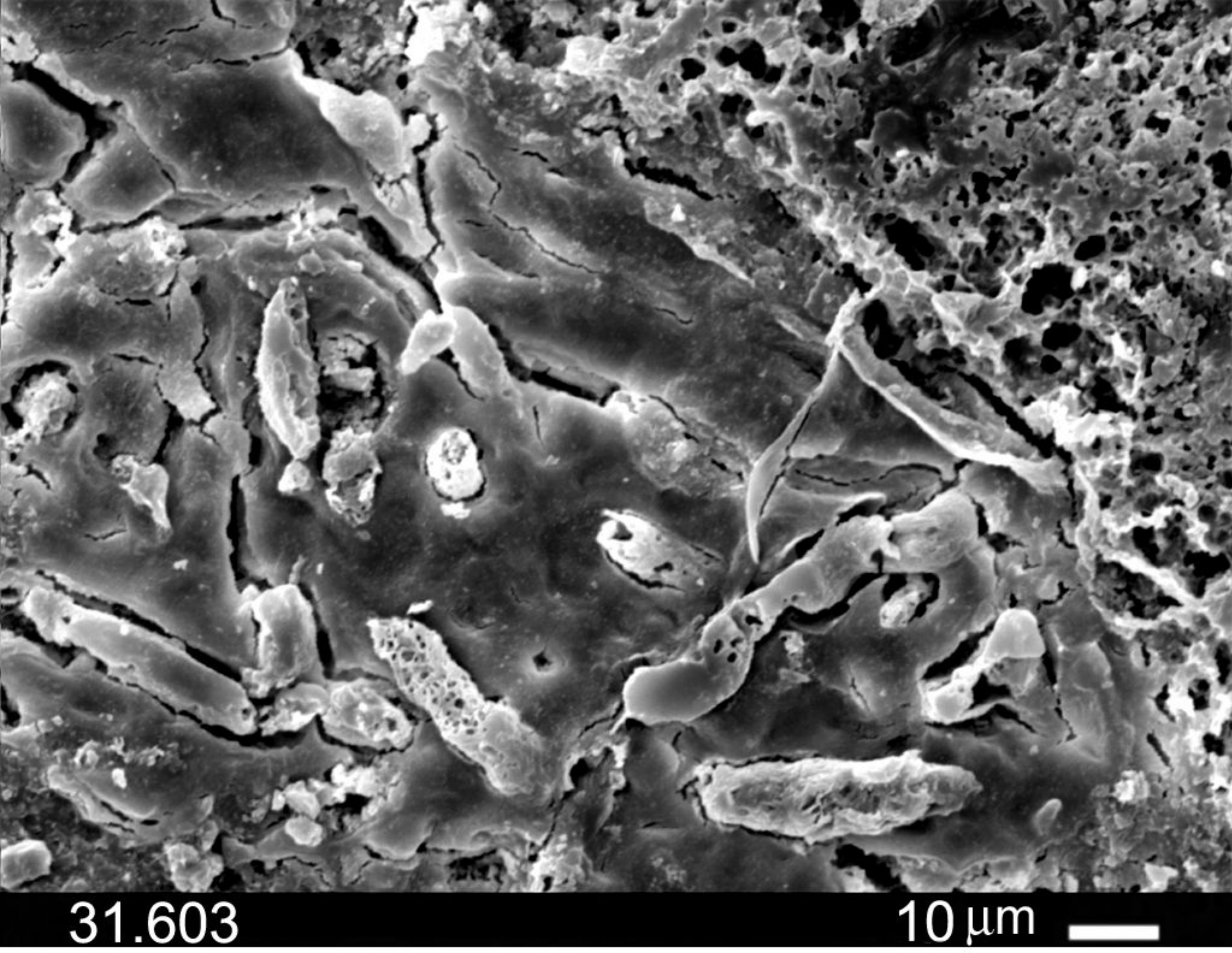
Фиг. 76



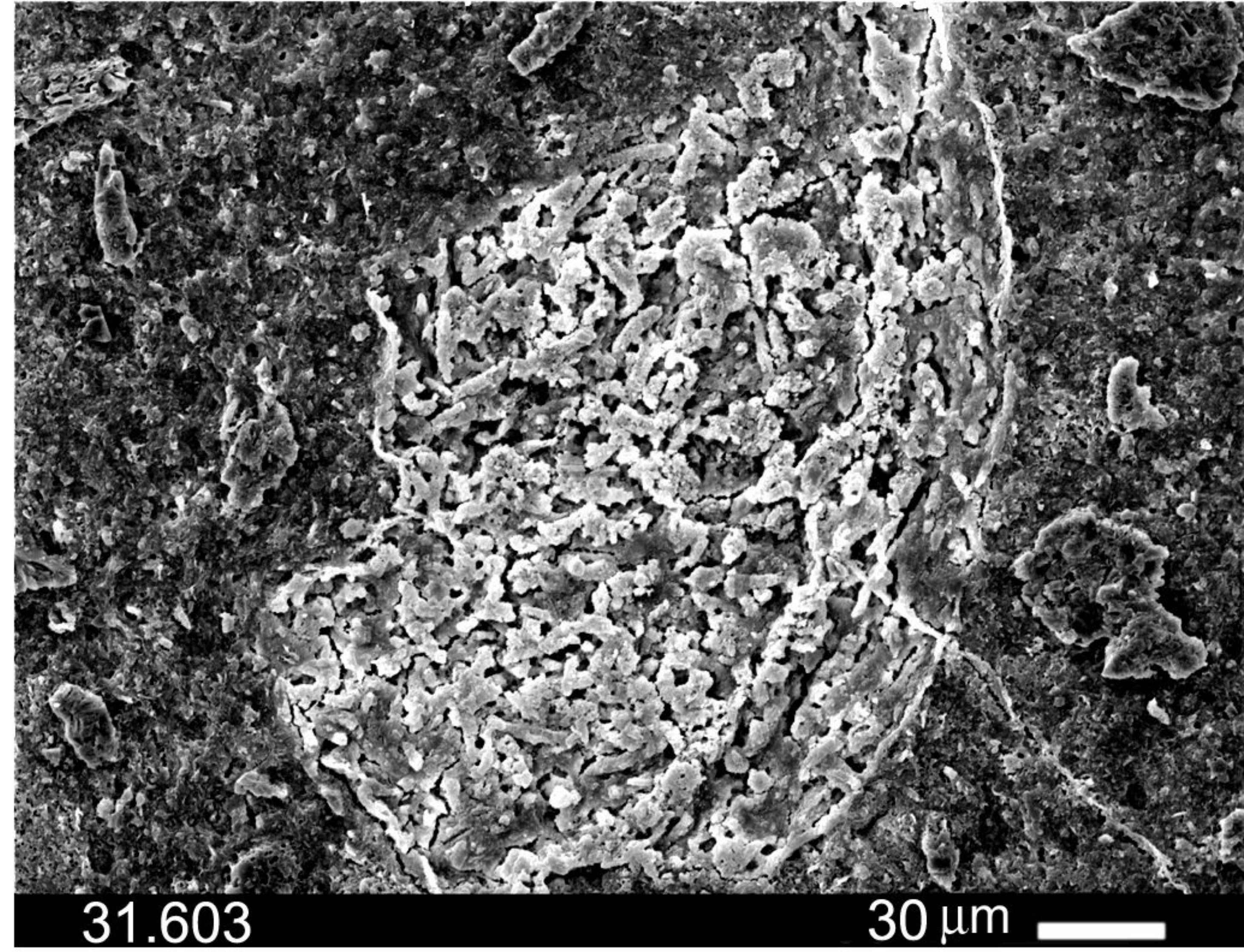
Фиг. 77



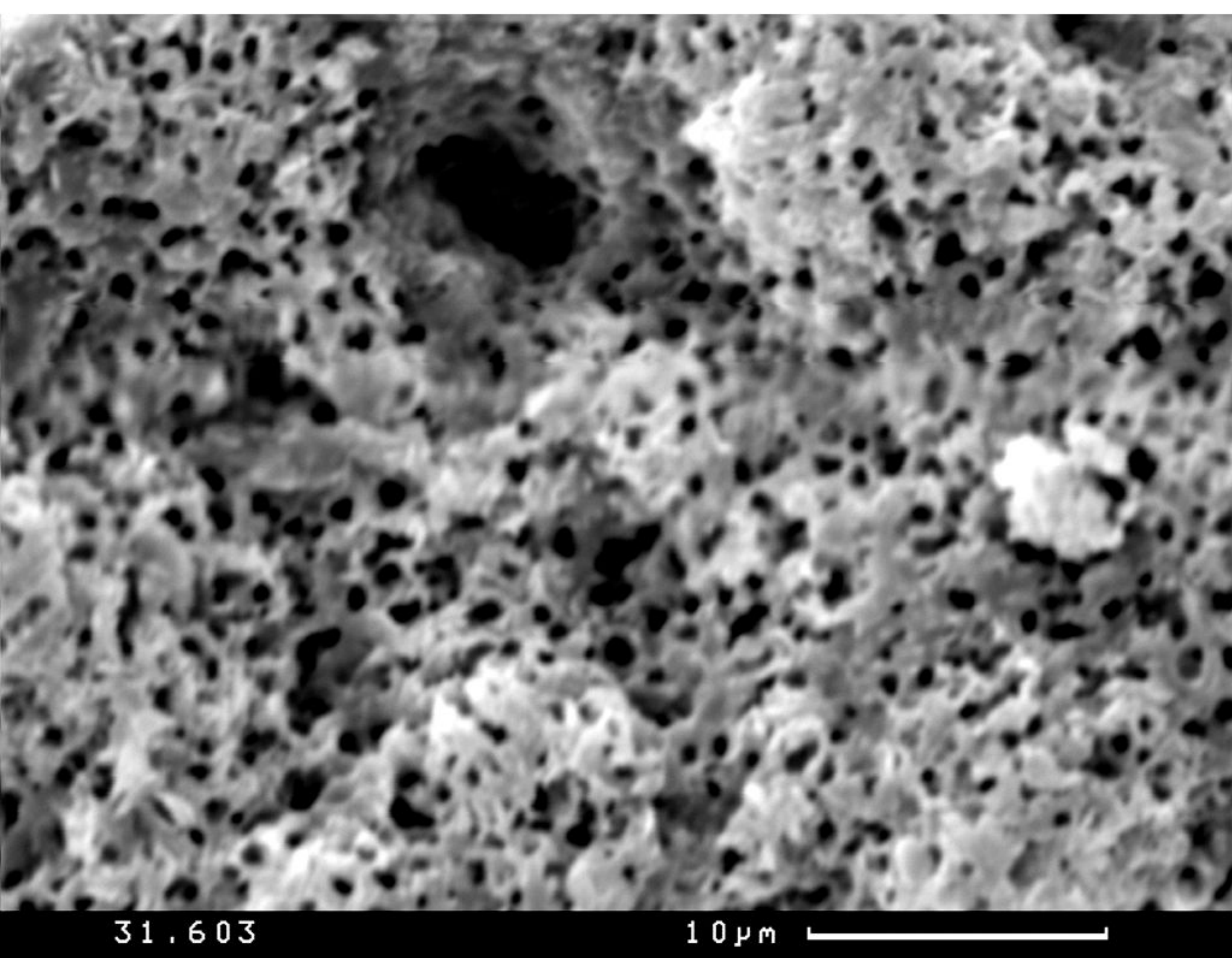
Фиг. 78



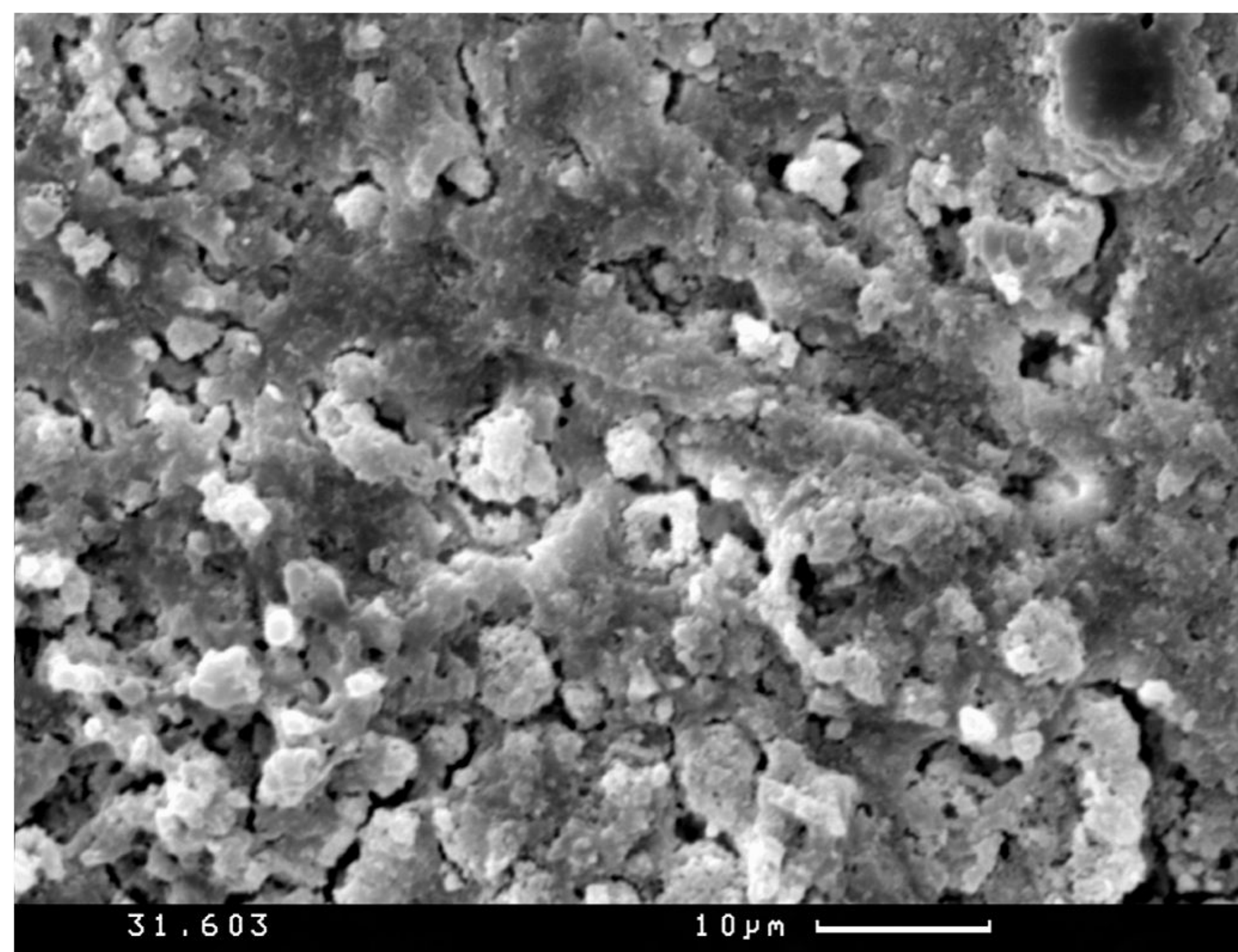
Фиг. 79



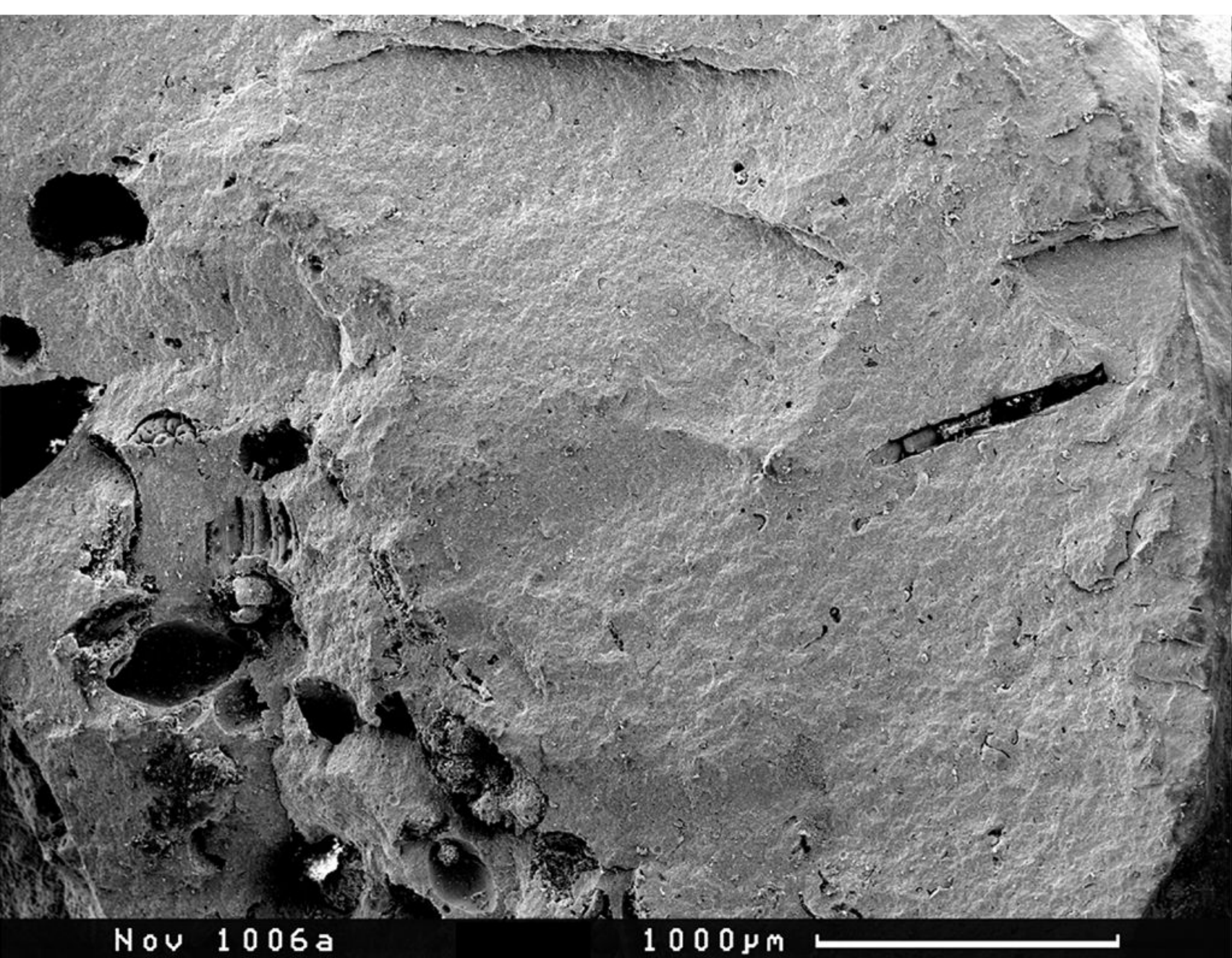
Фиг. 80



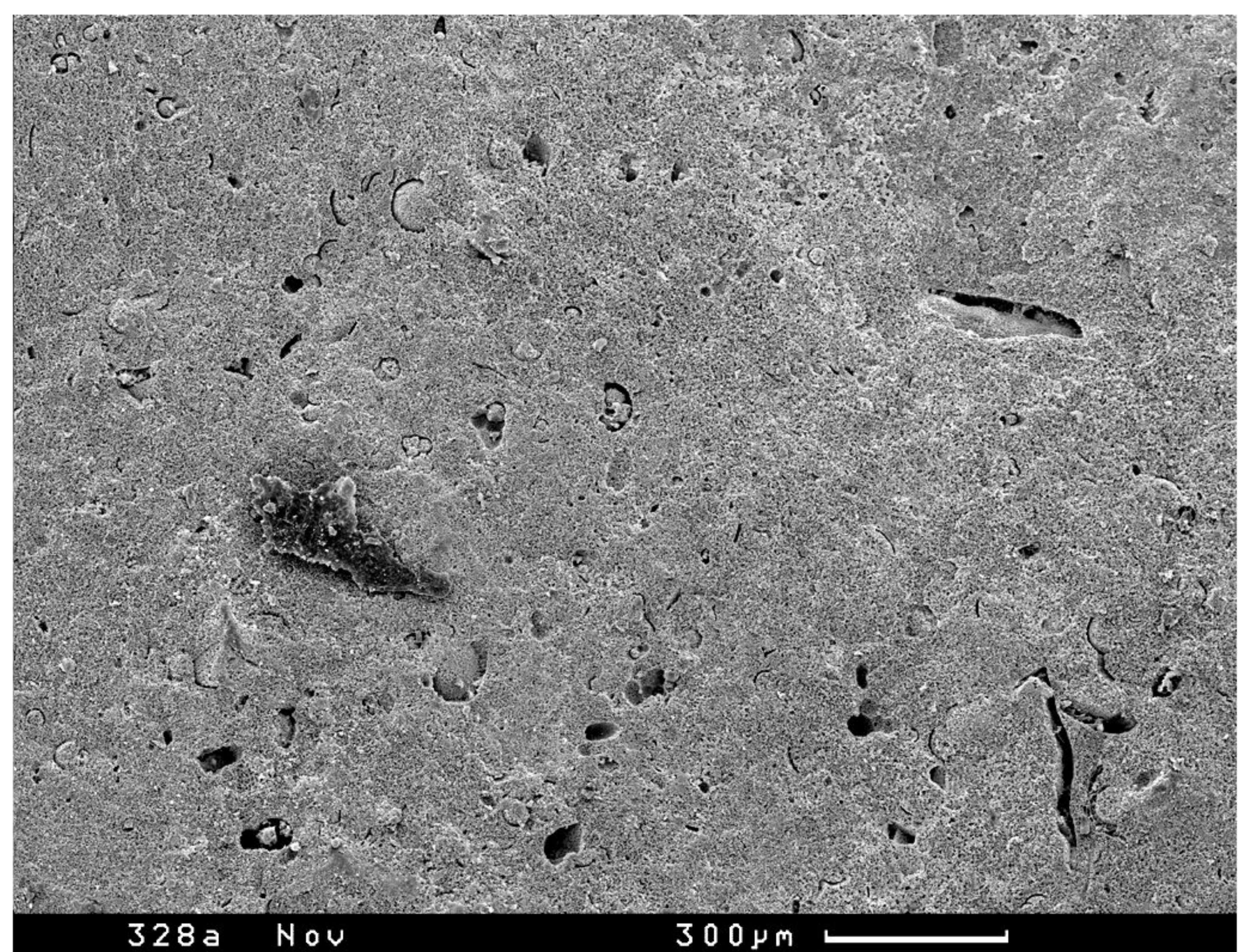
Фиг. 81



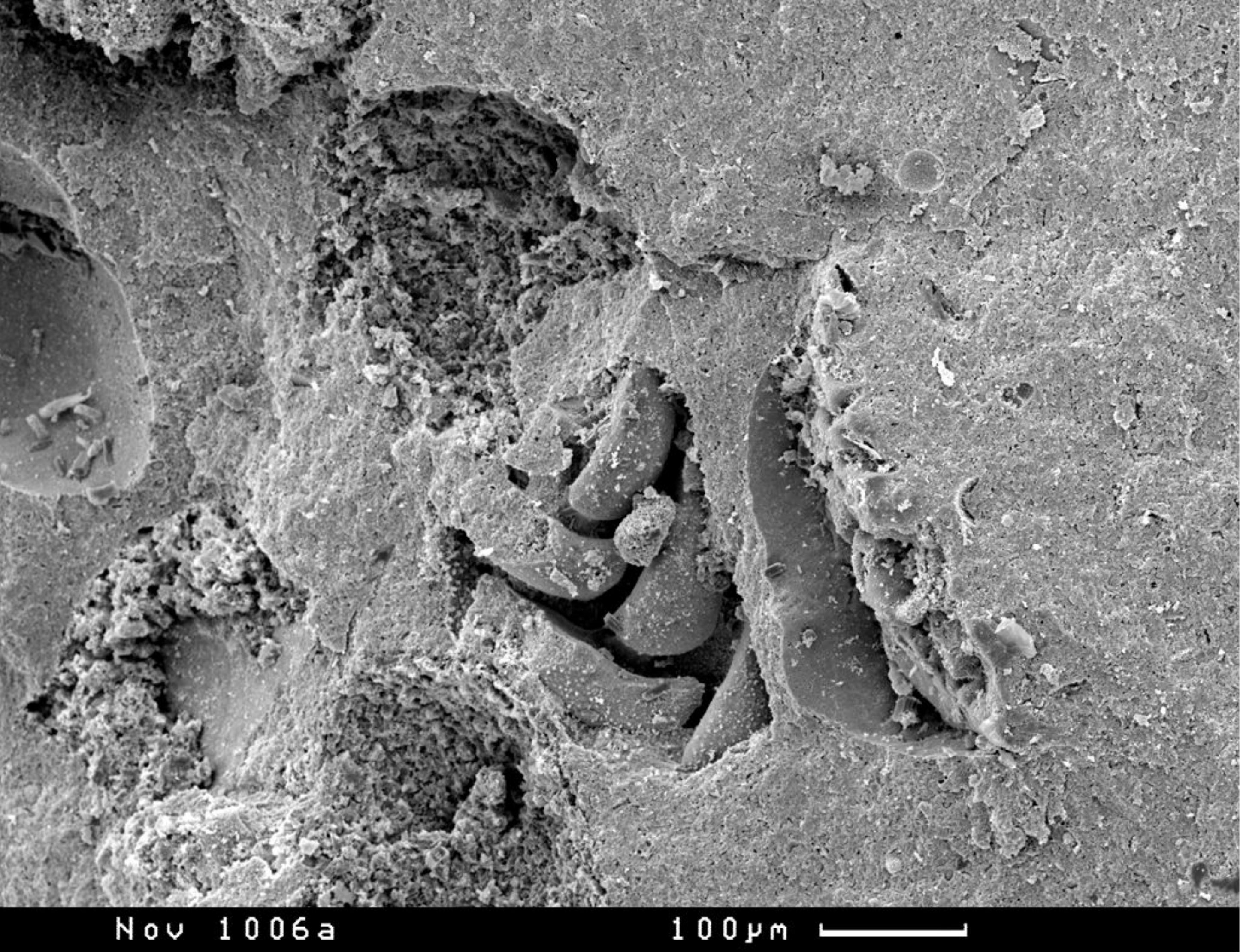
Фиг. 82



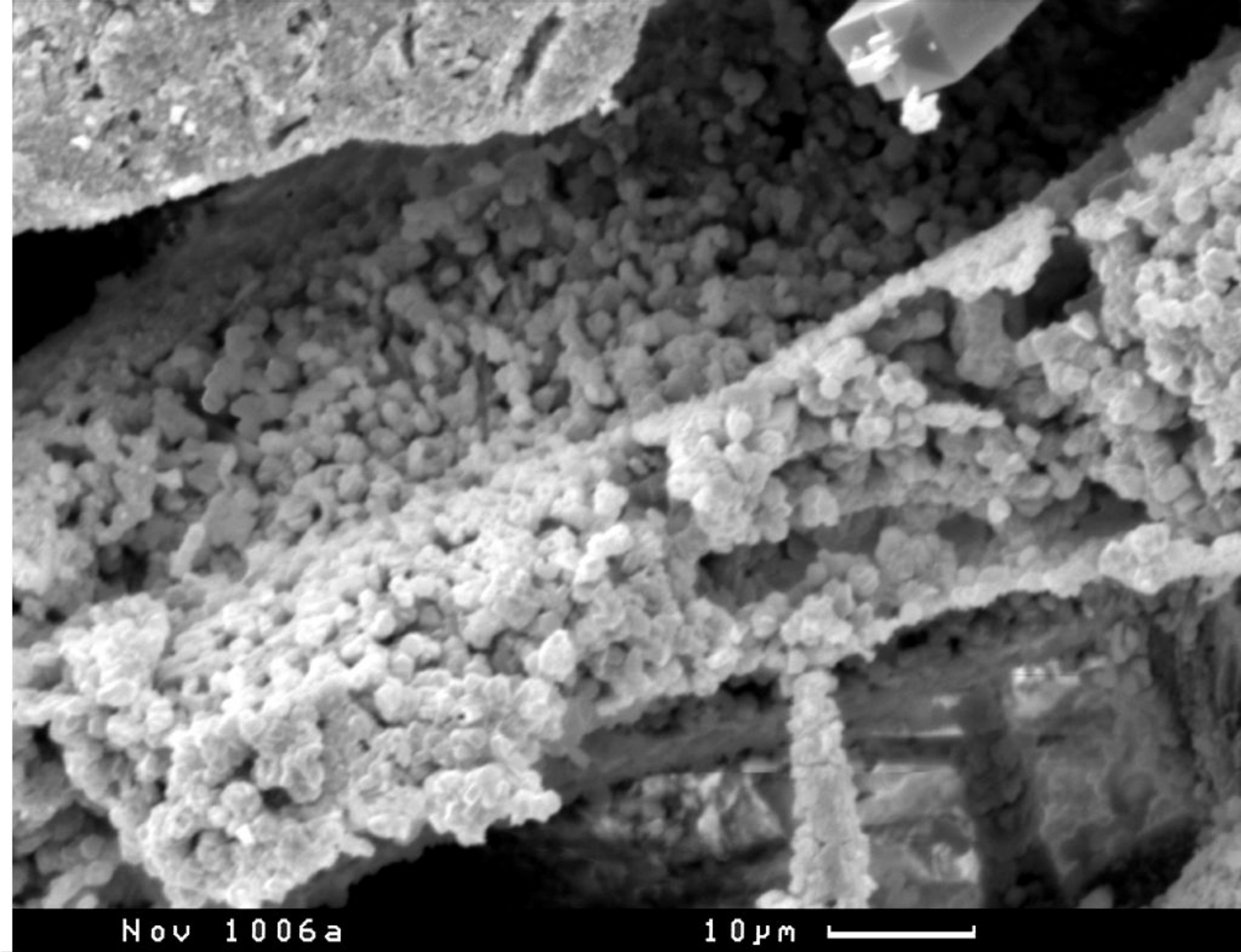
Фиг. 83



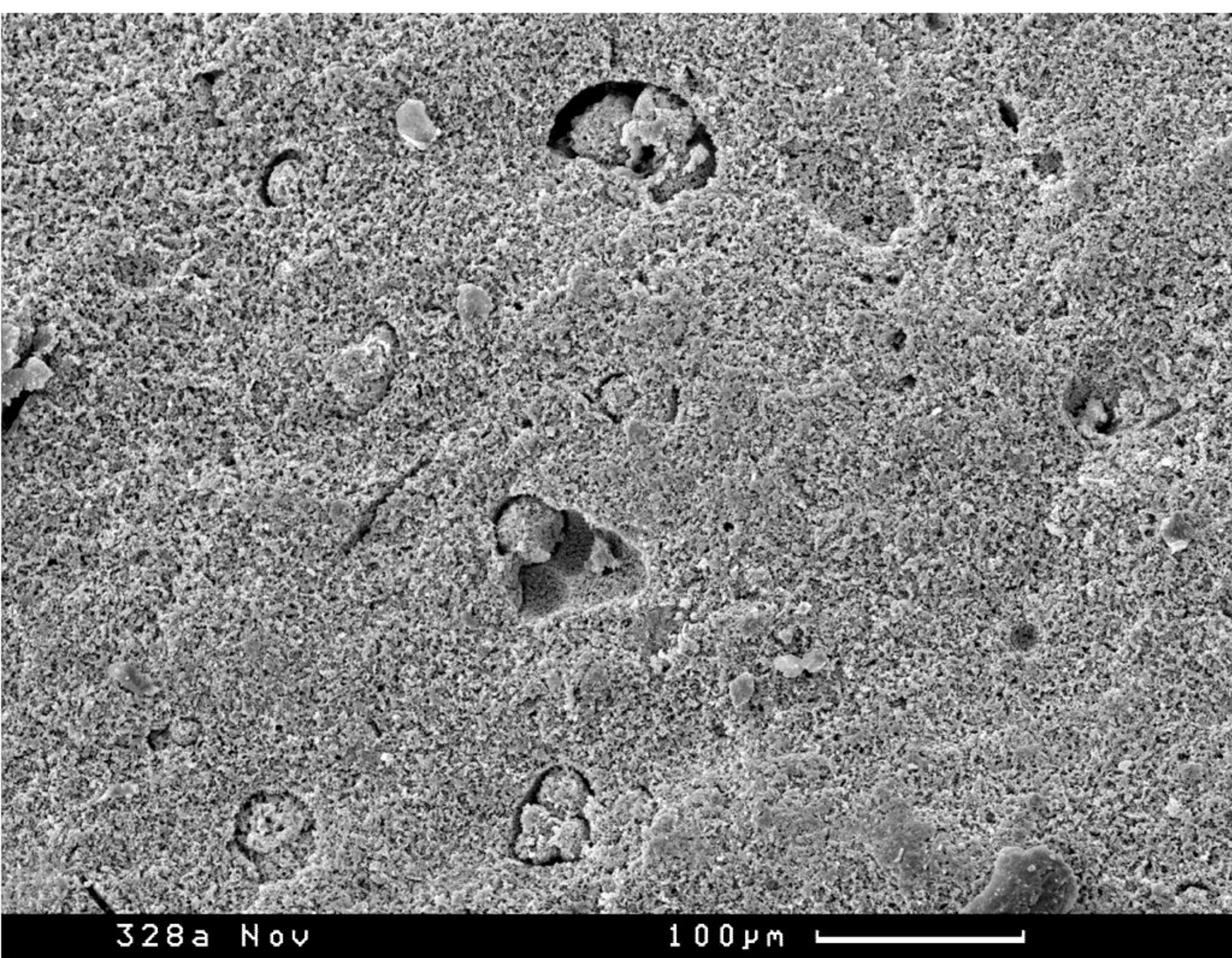
Фиг. 84



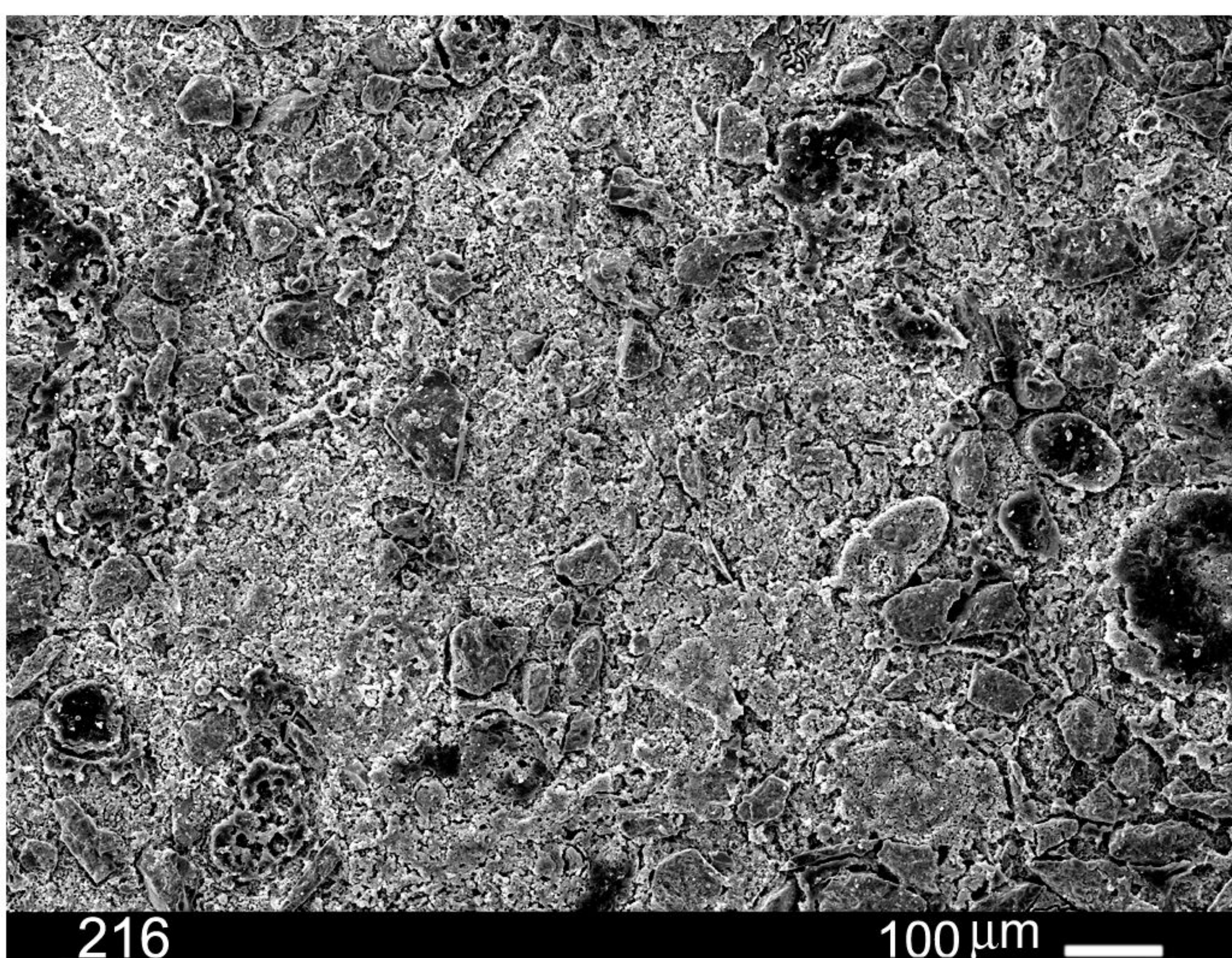
Фиг. 85



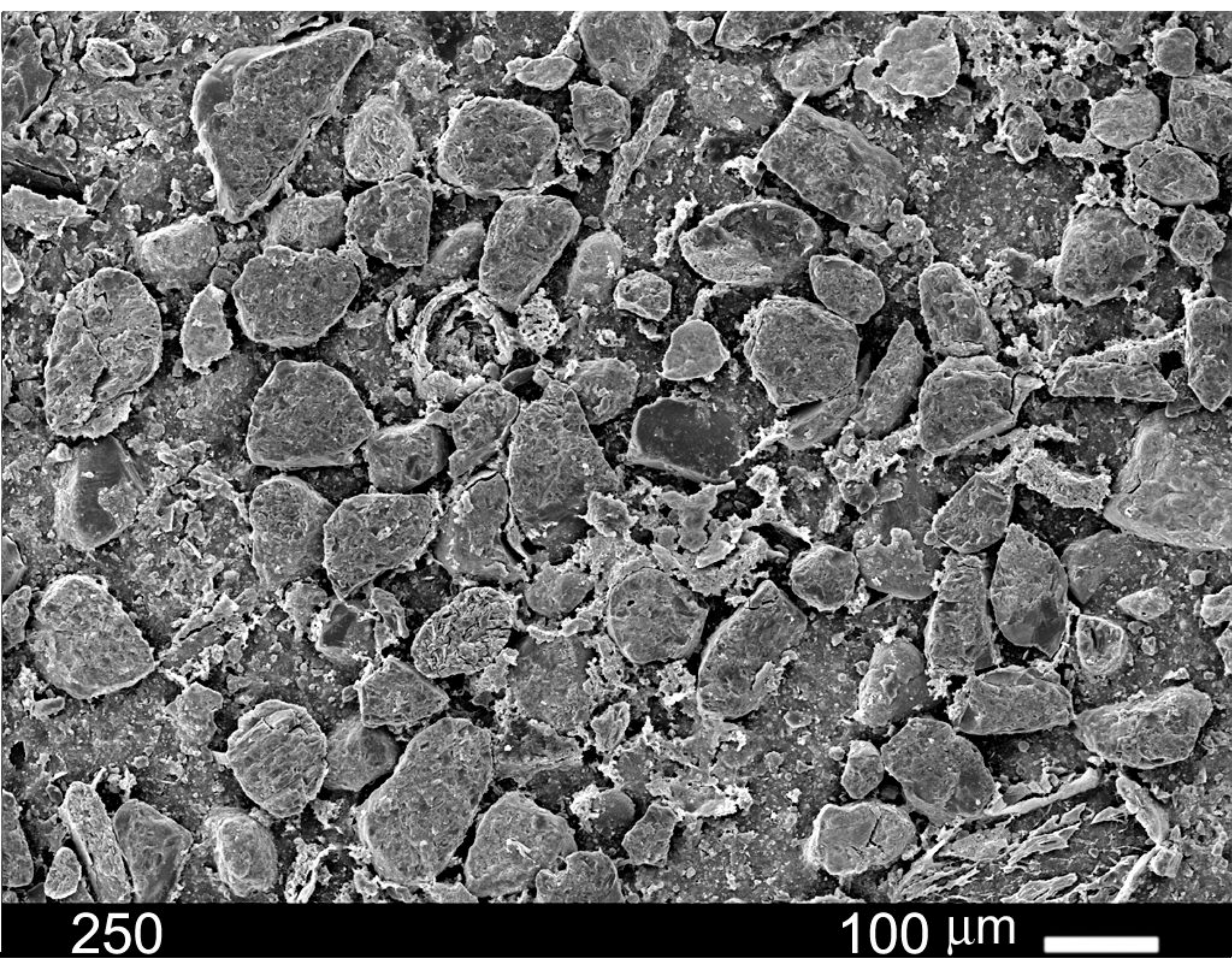
Фиг. 86



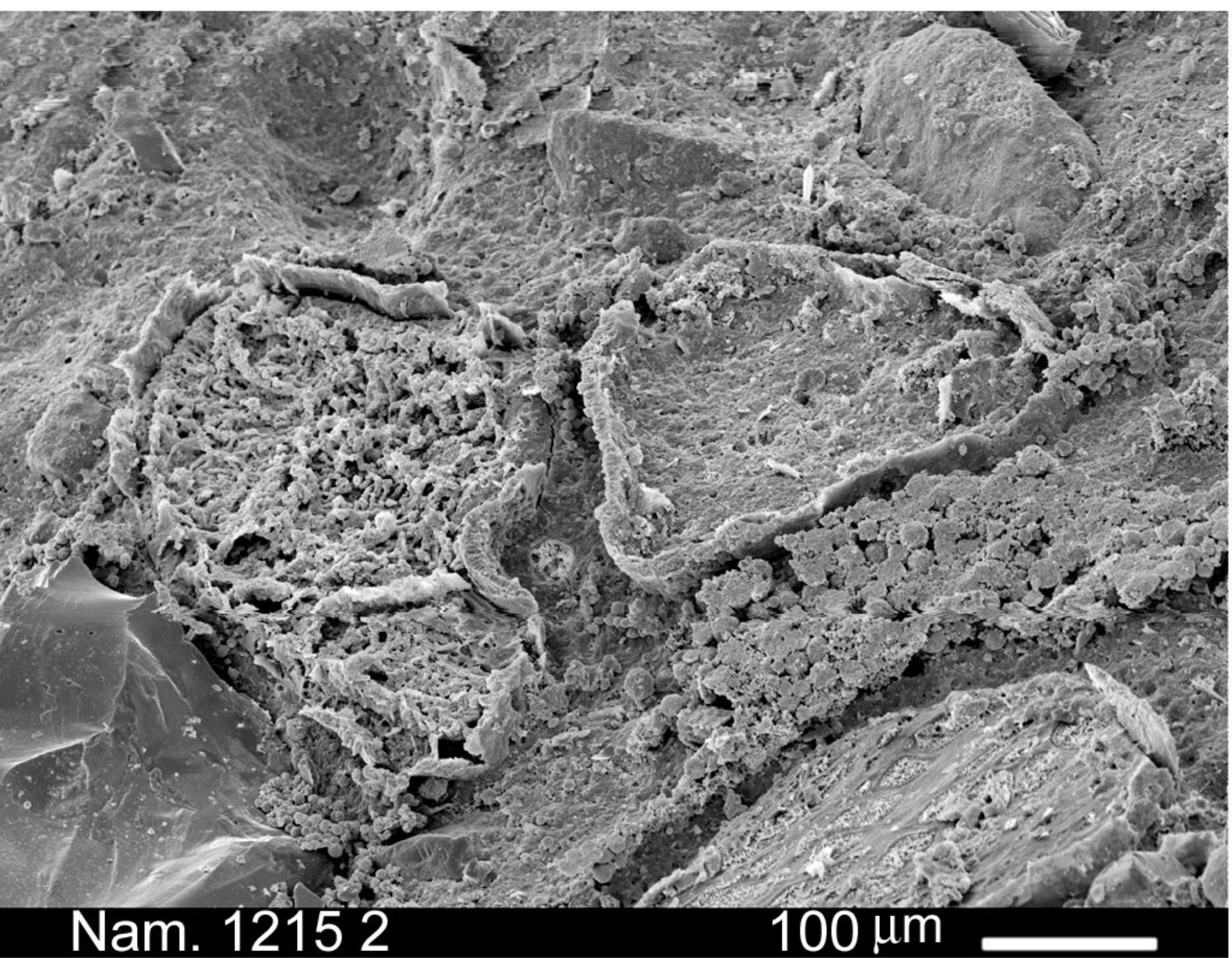
Фиг. 87



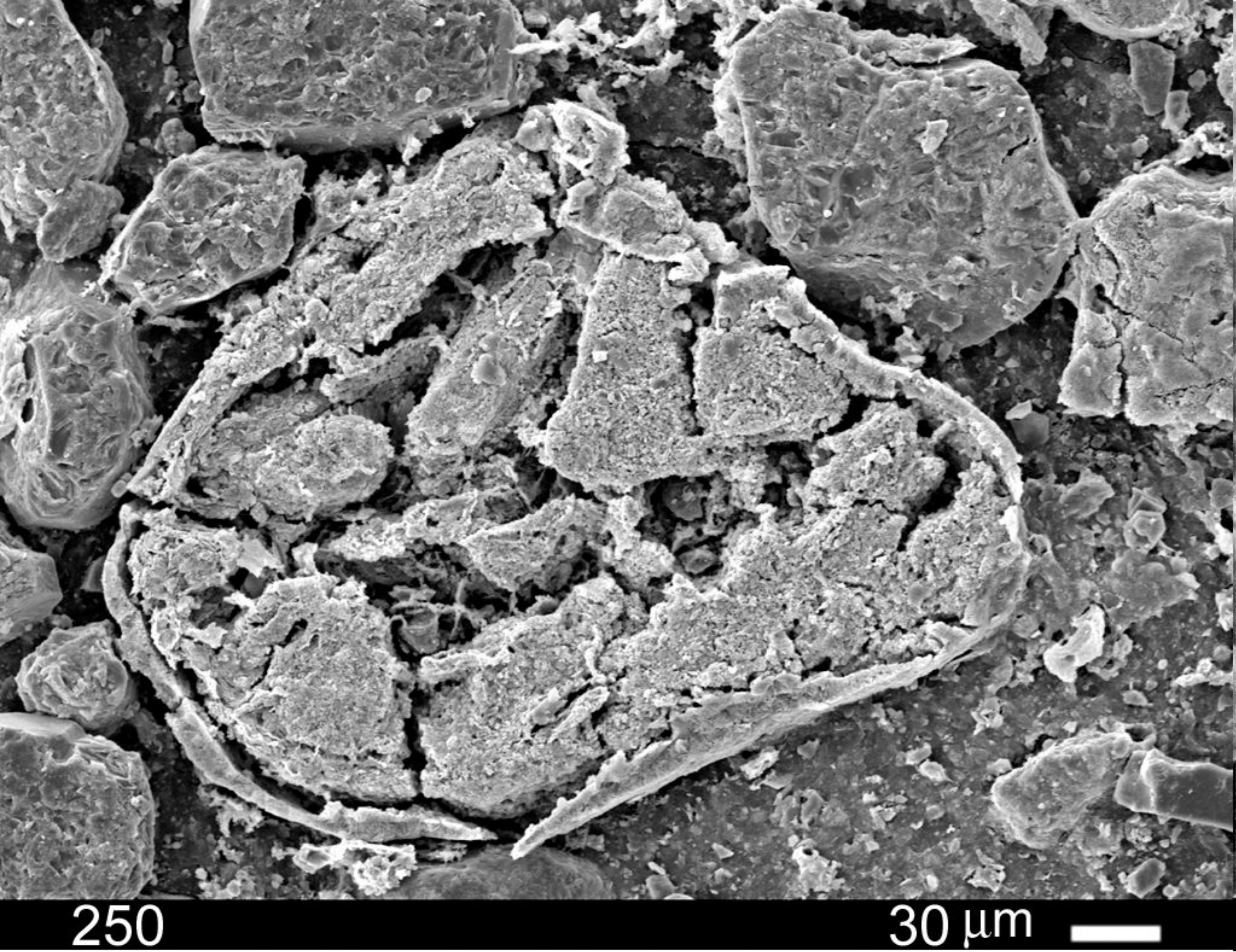
Фиг. 88



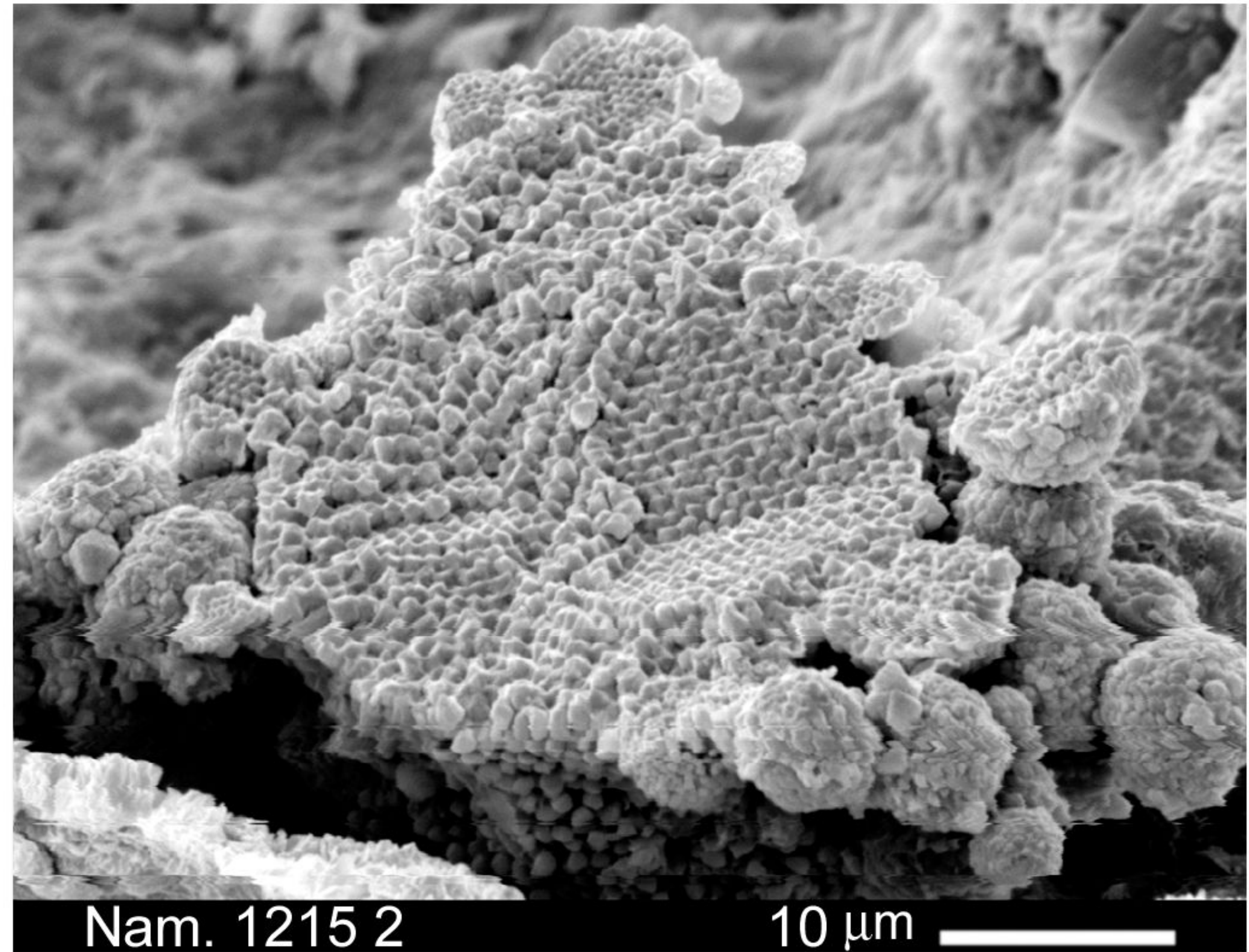
Фиг. 89



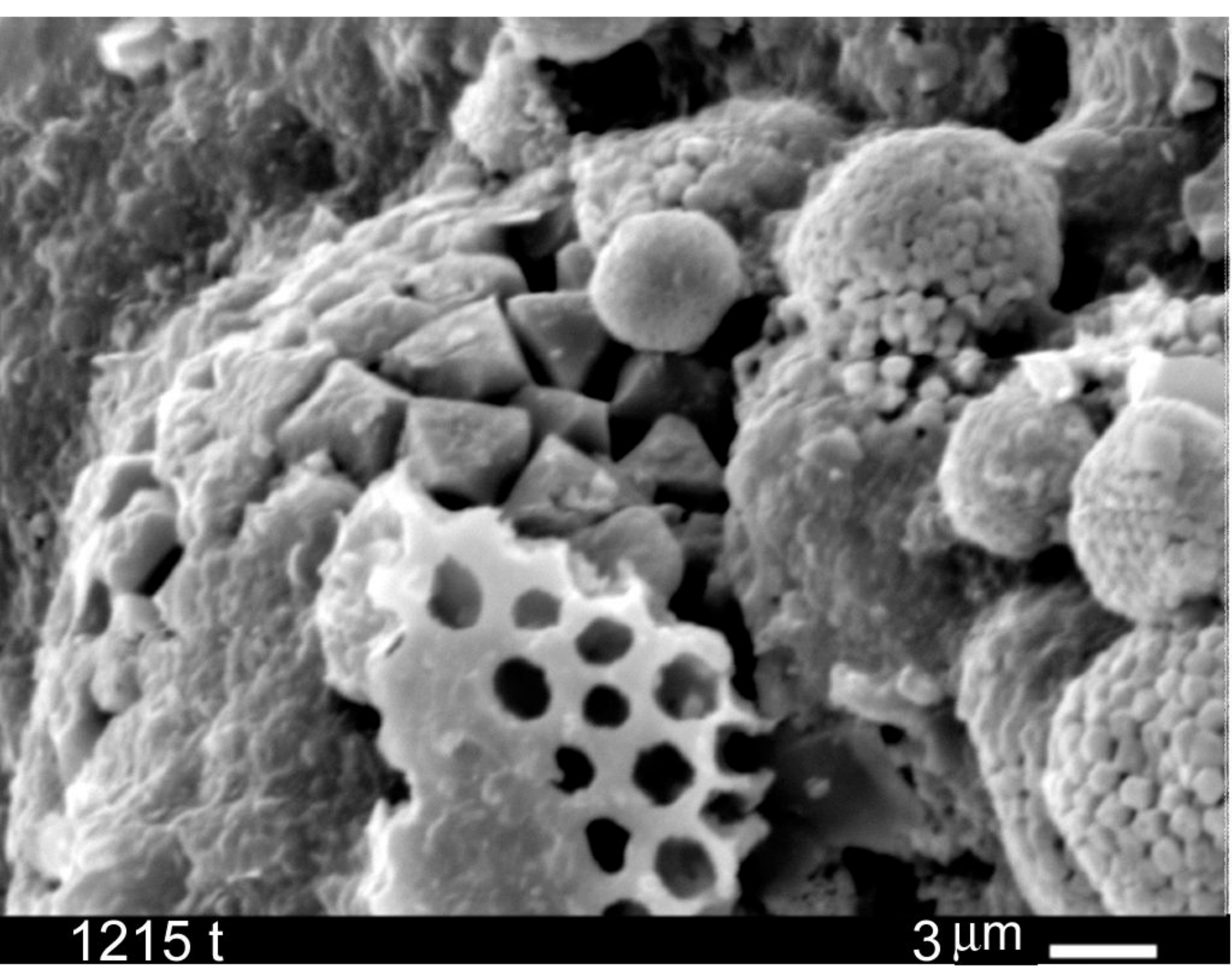
Фиг. 90



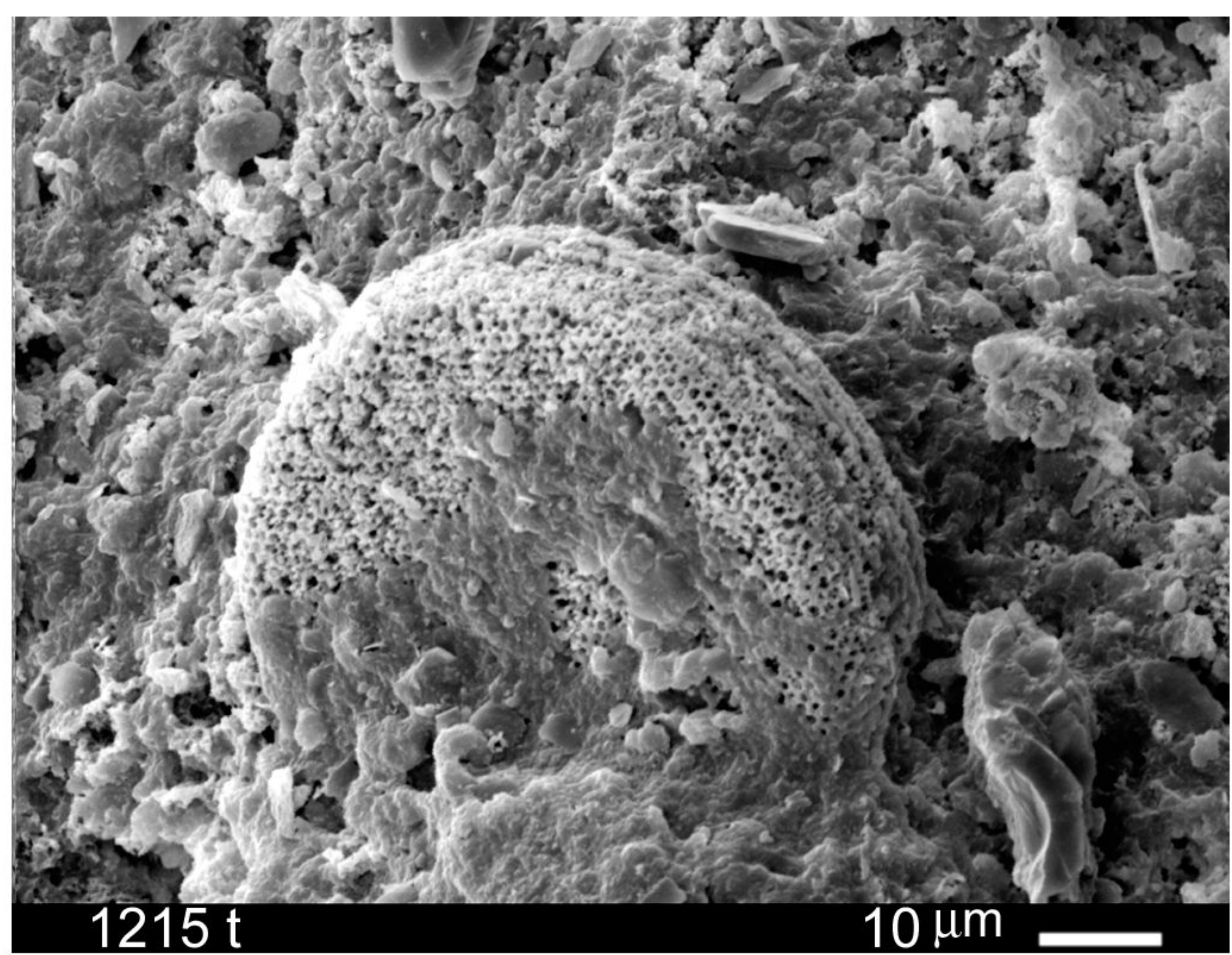
Фиг. 91



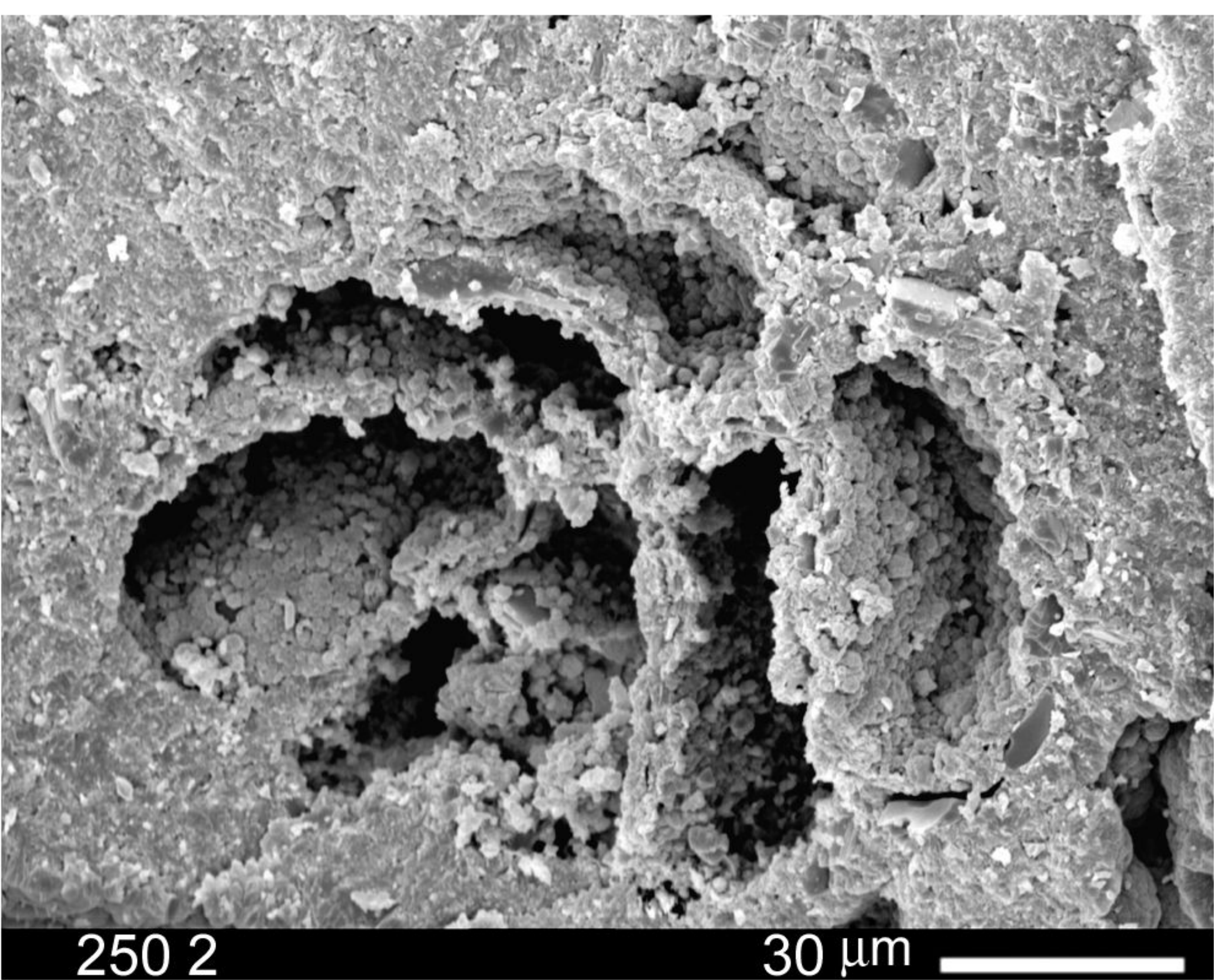
Фиг. 92



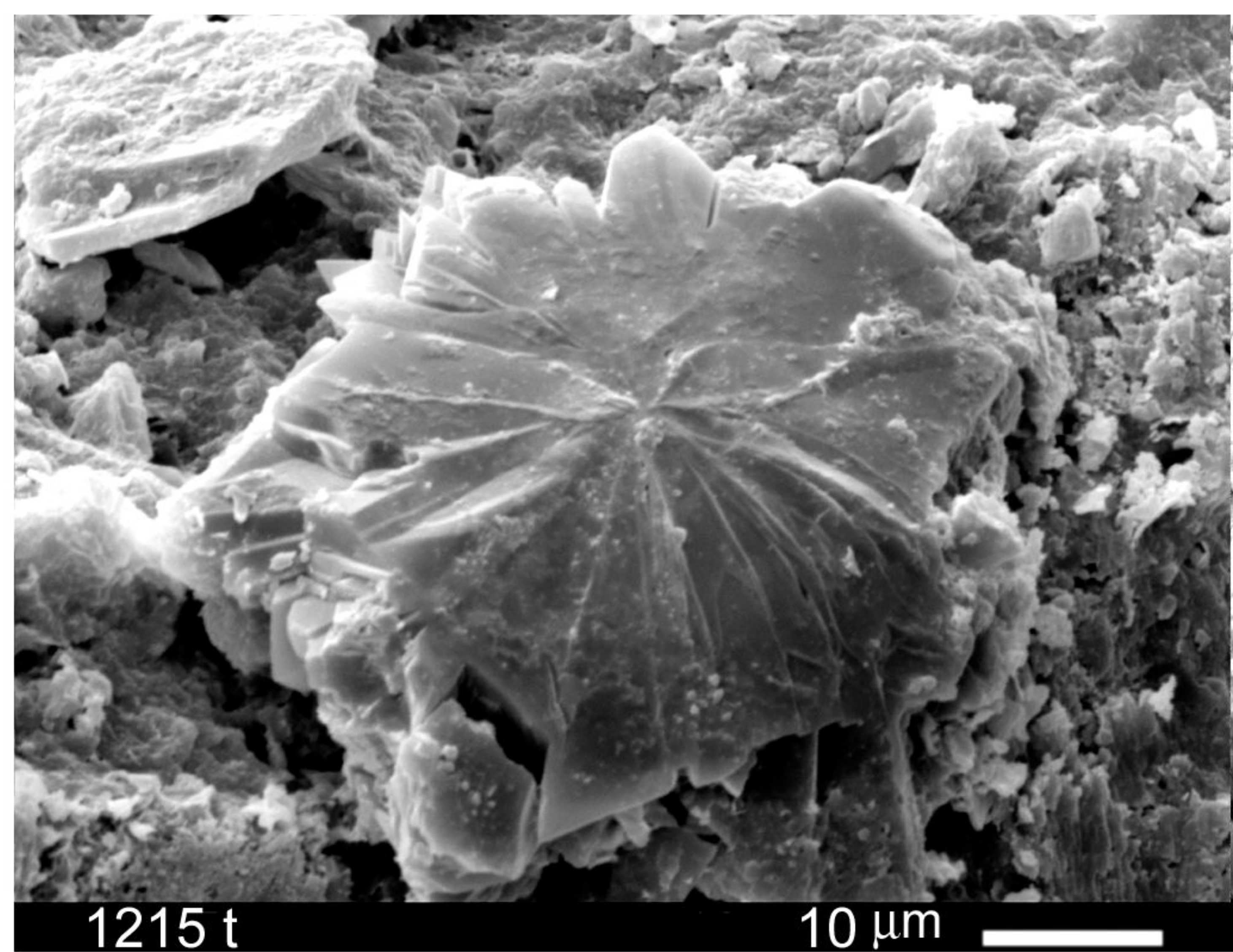
Фиг. 93



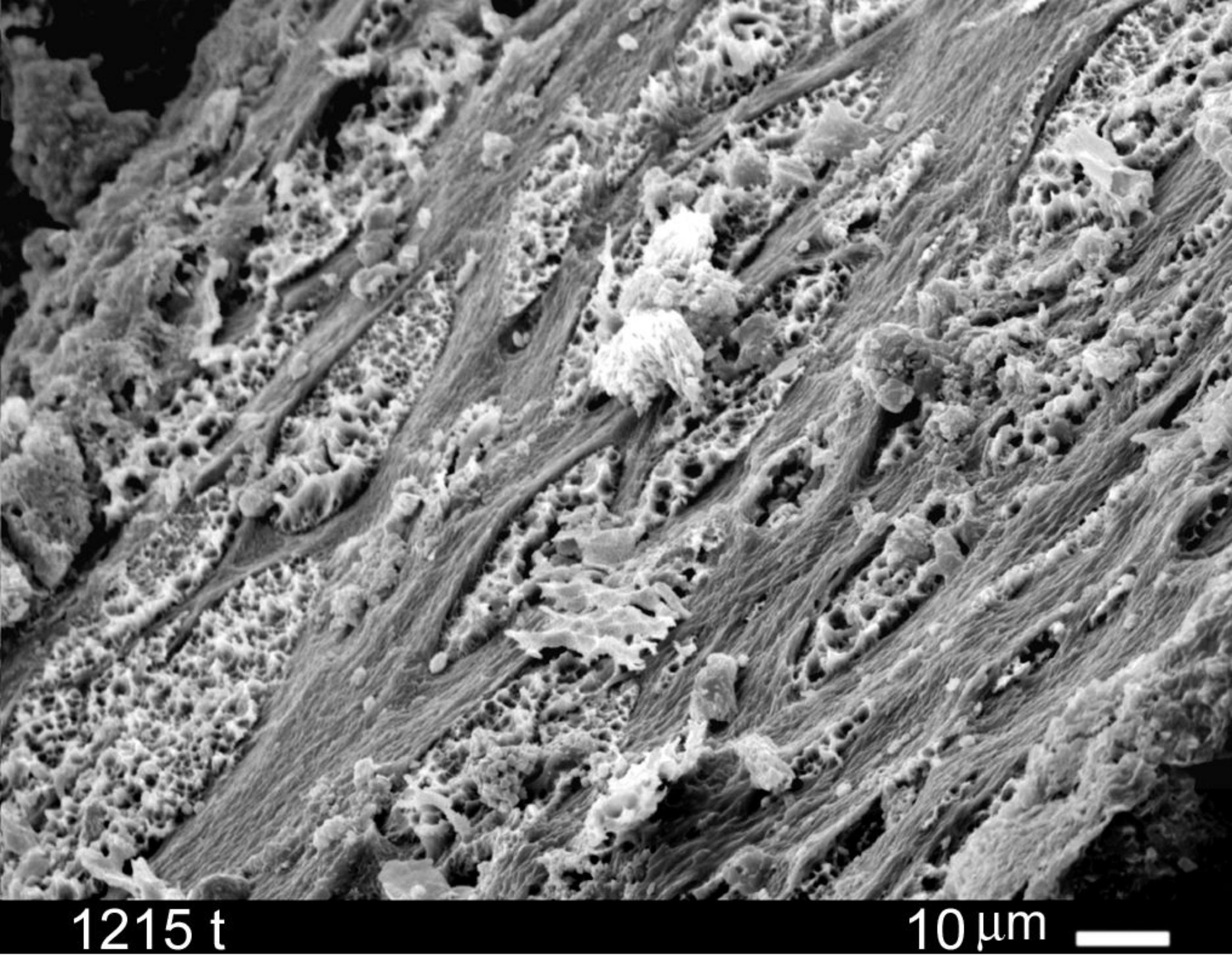
Фиг. 94



Фиг. 95



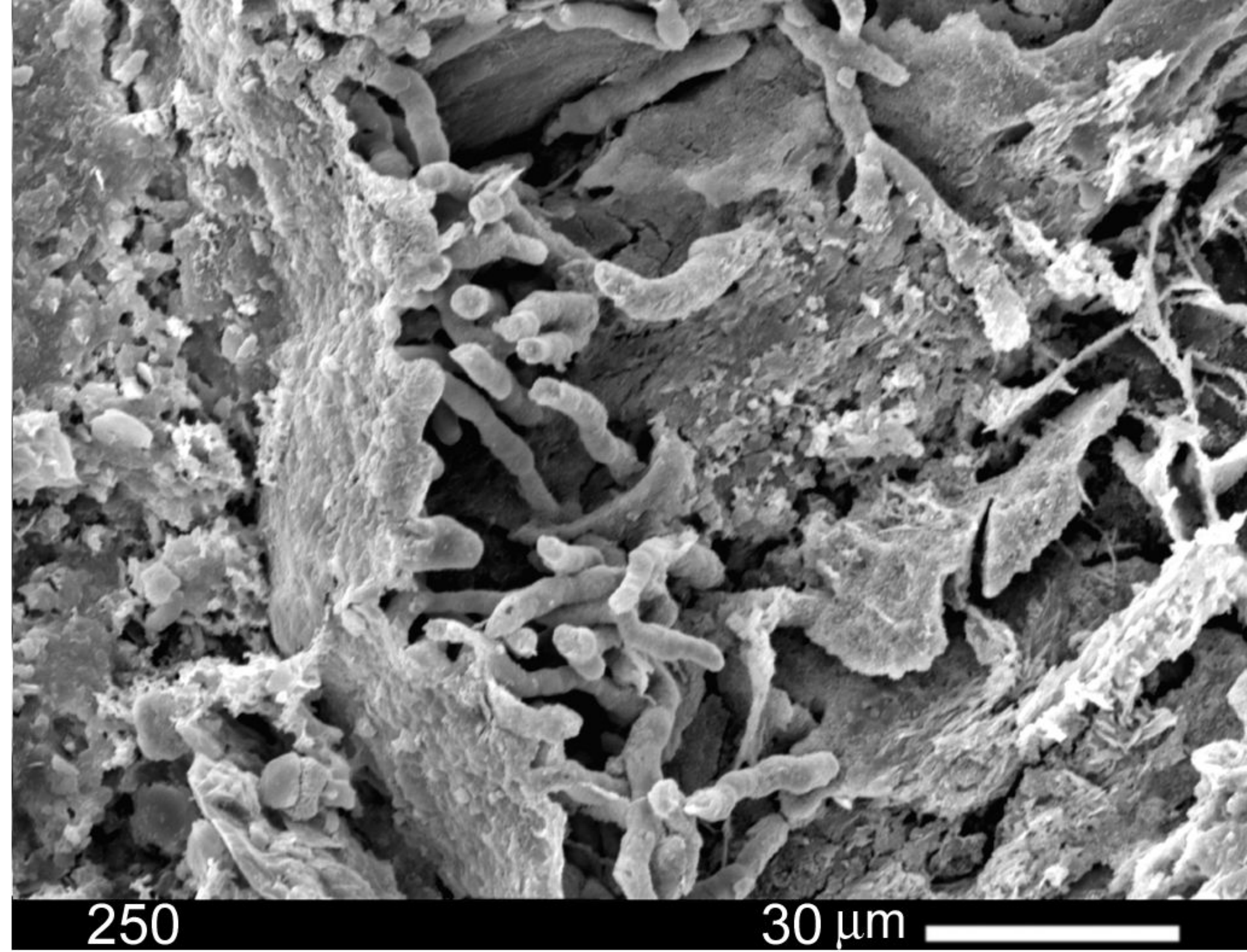
Фиг. 96



1215 t

10 μm

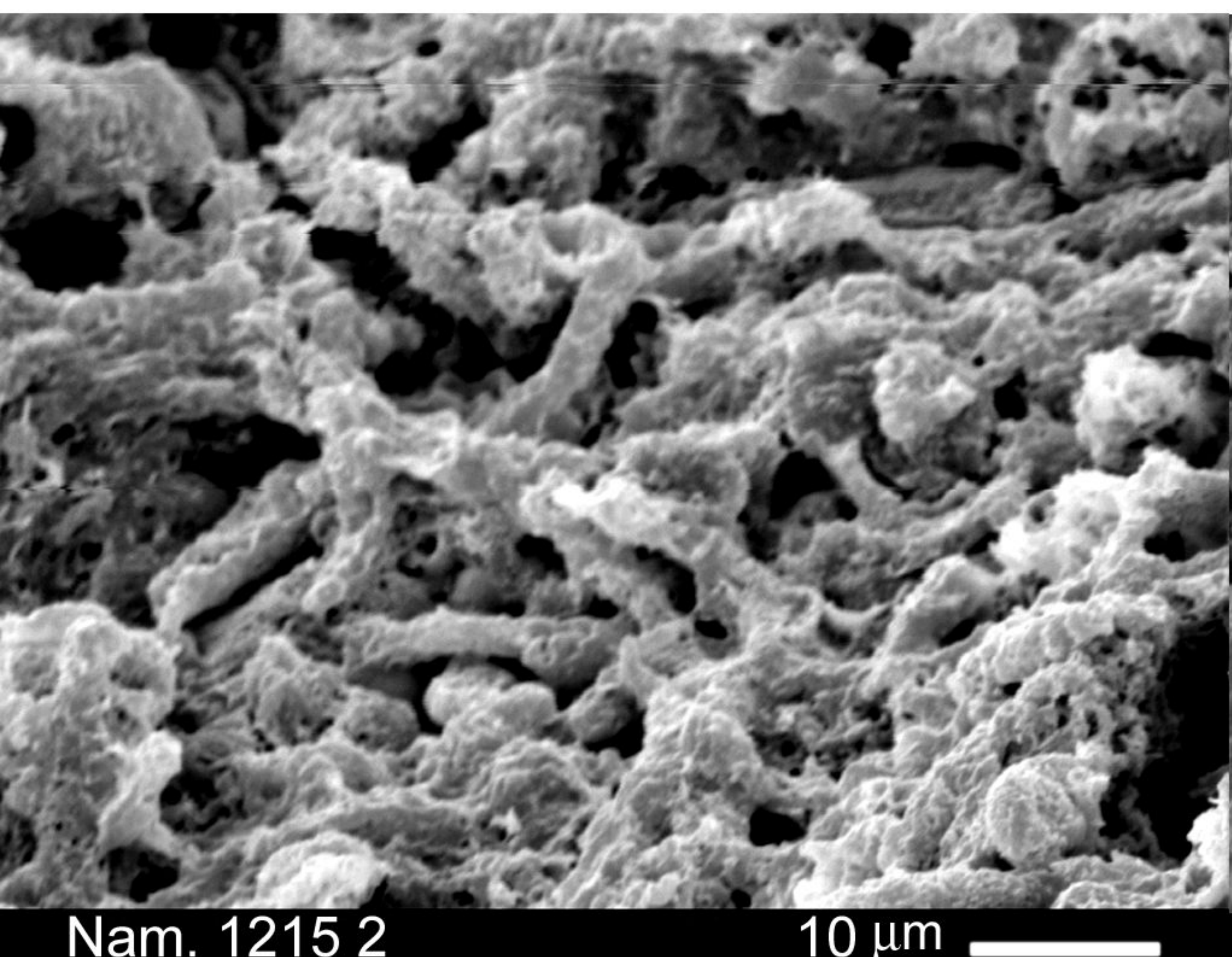
Фиг. 97



250

30 μm

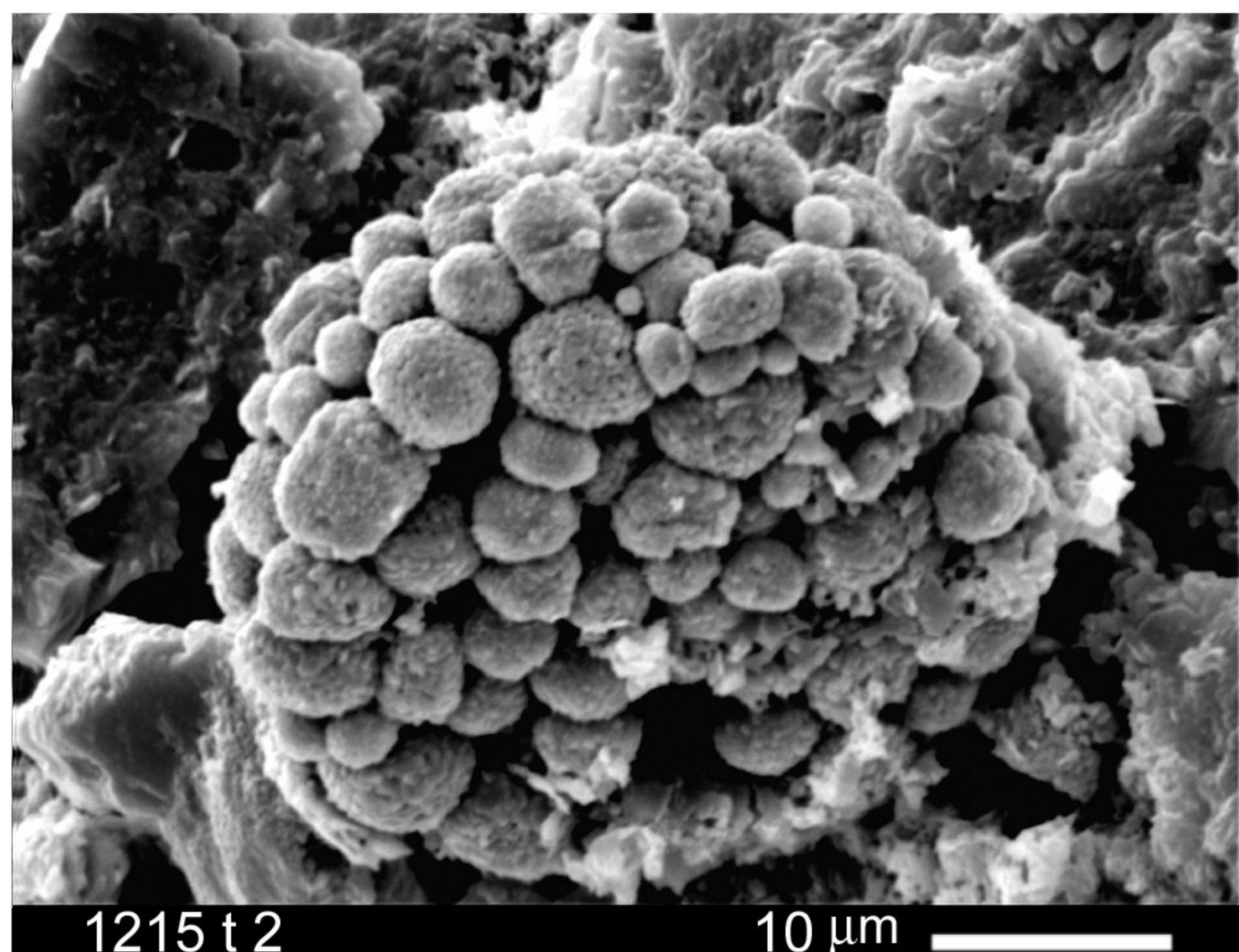
Фиг. 98



Nam. 1215 2

10 μm

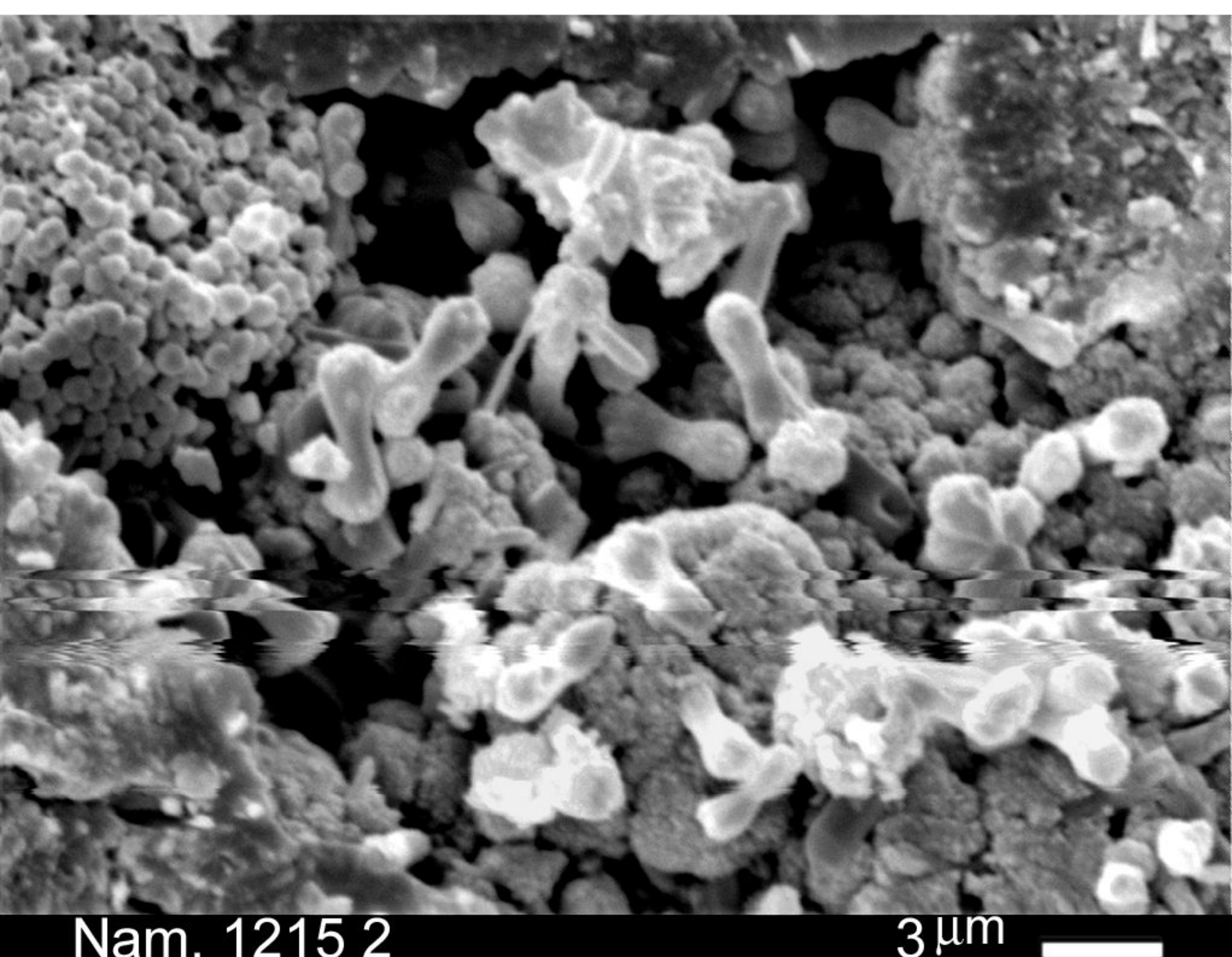
Фиг. 99



1215 t 2

10 μm

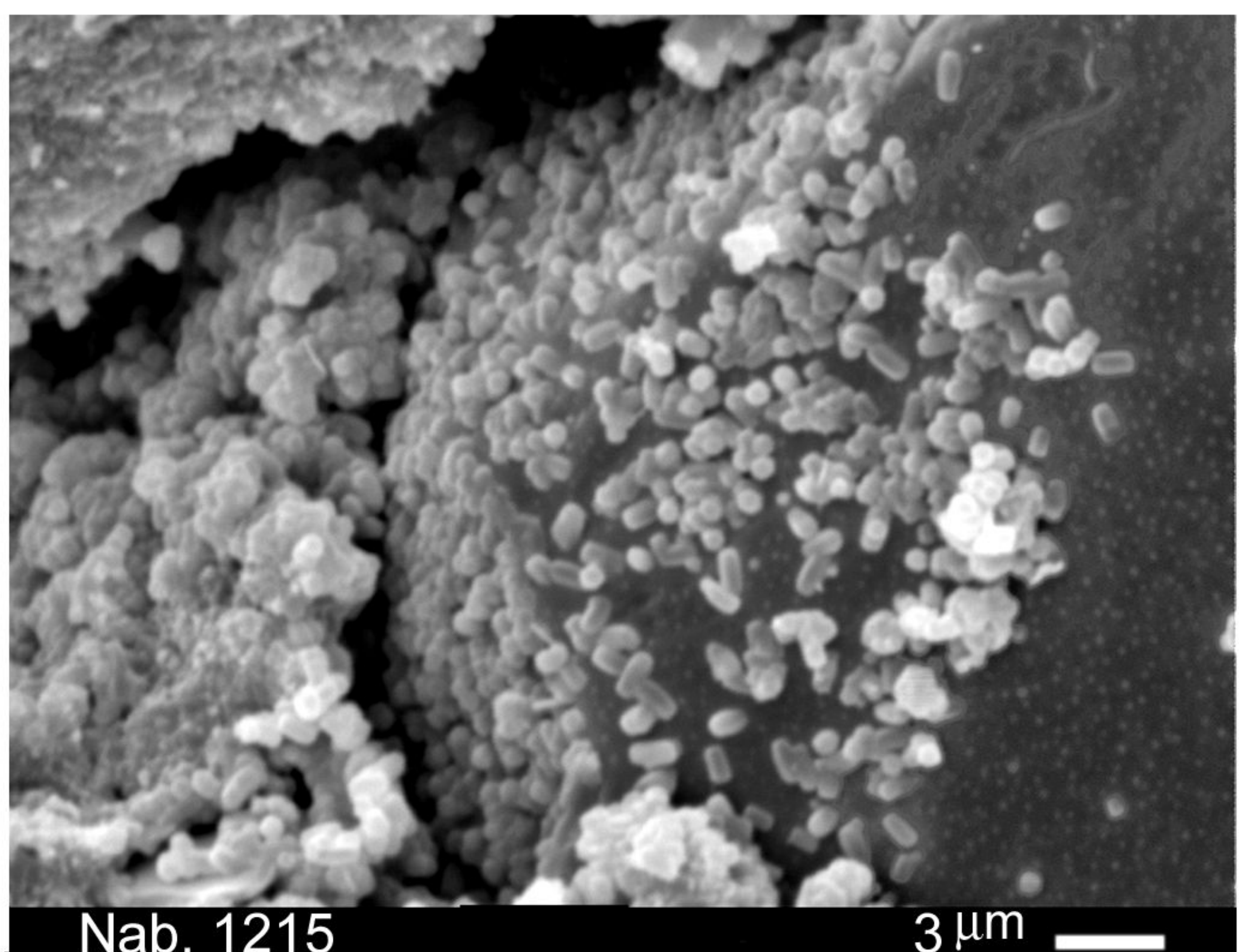
Фиг. 100



Nam. 1215 2

3 μm

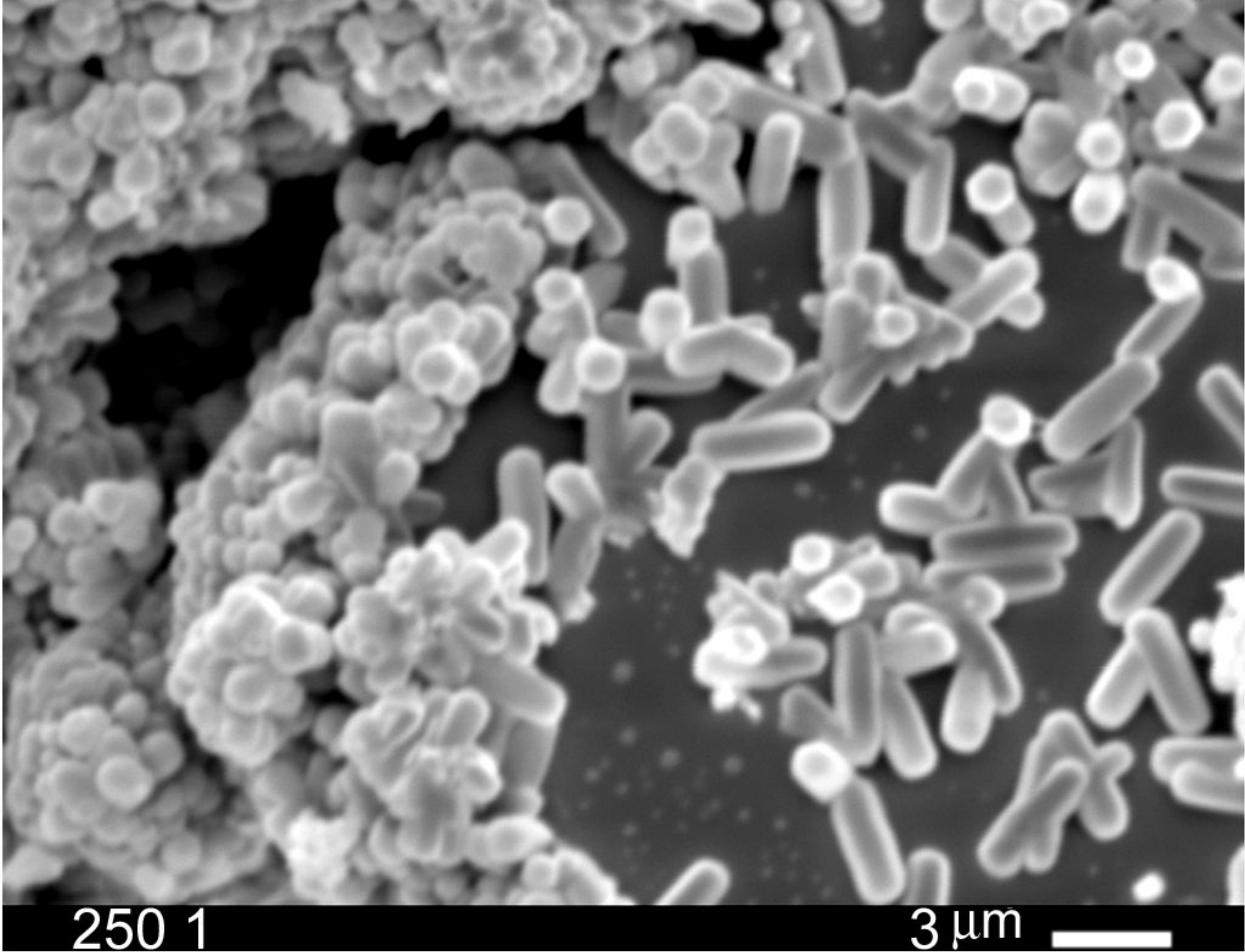
Фиг. 101



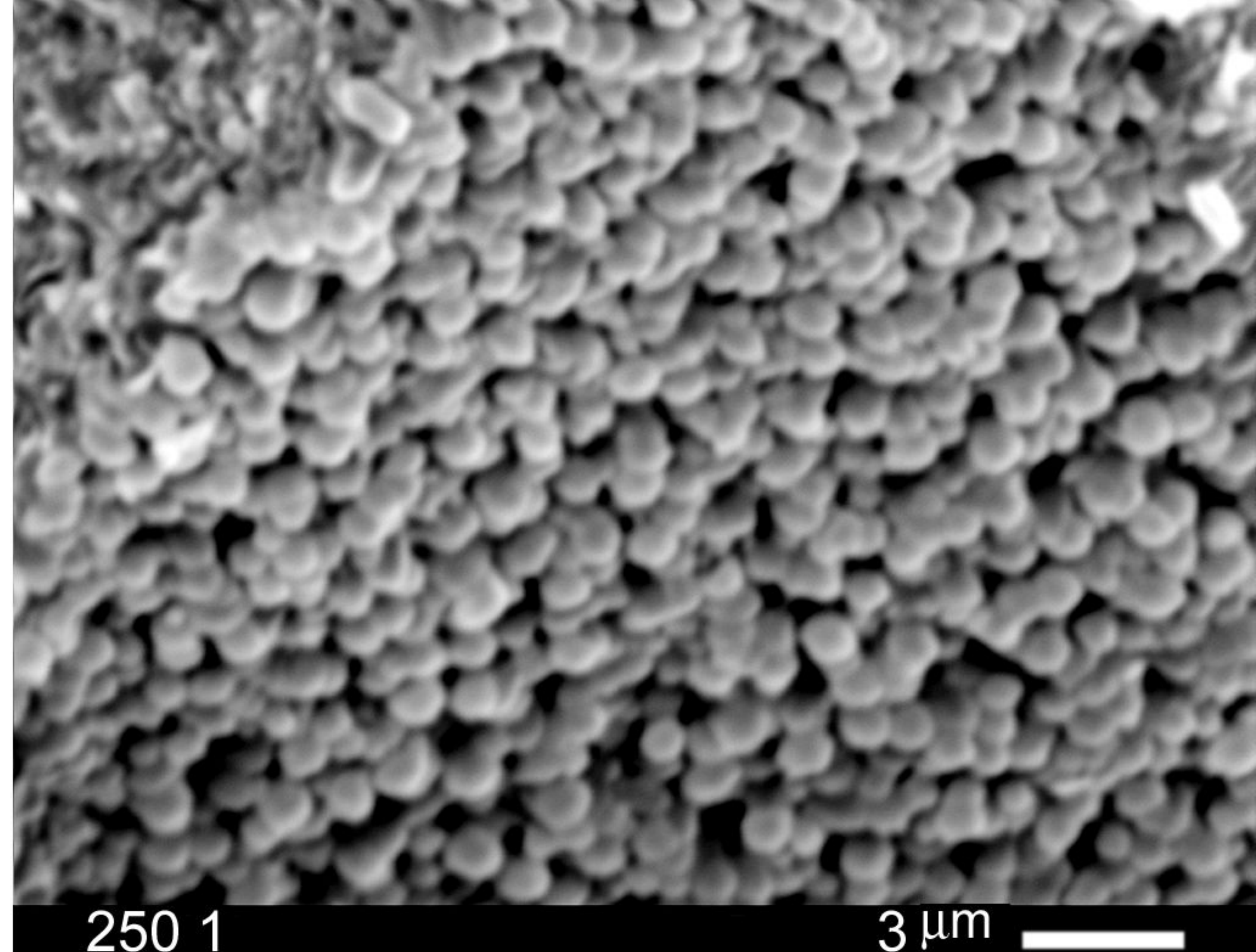
Nab. 1215

3 μm

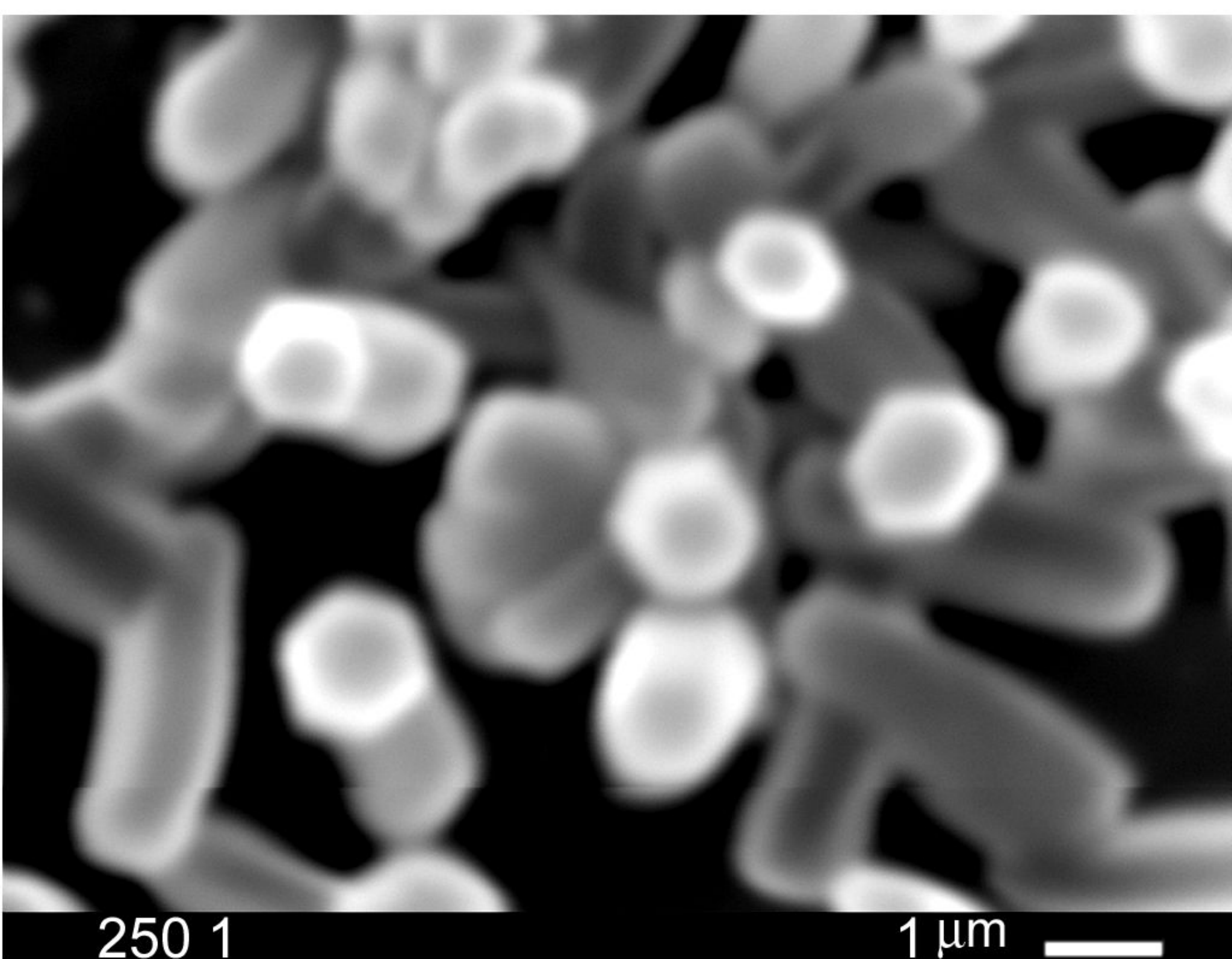
Фиг. 102



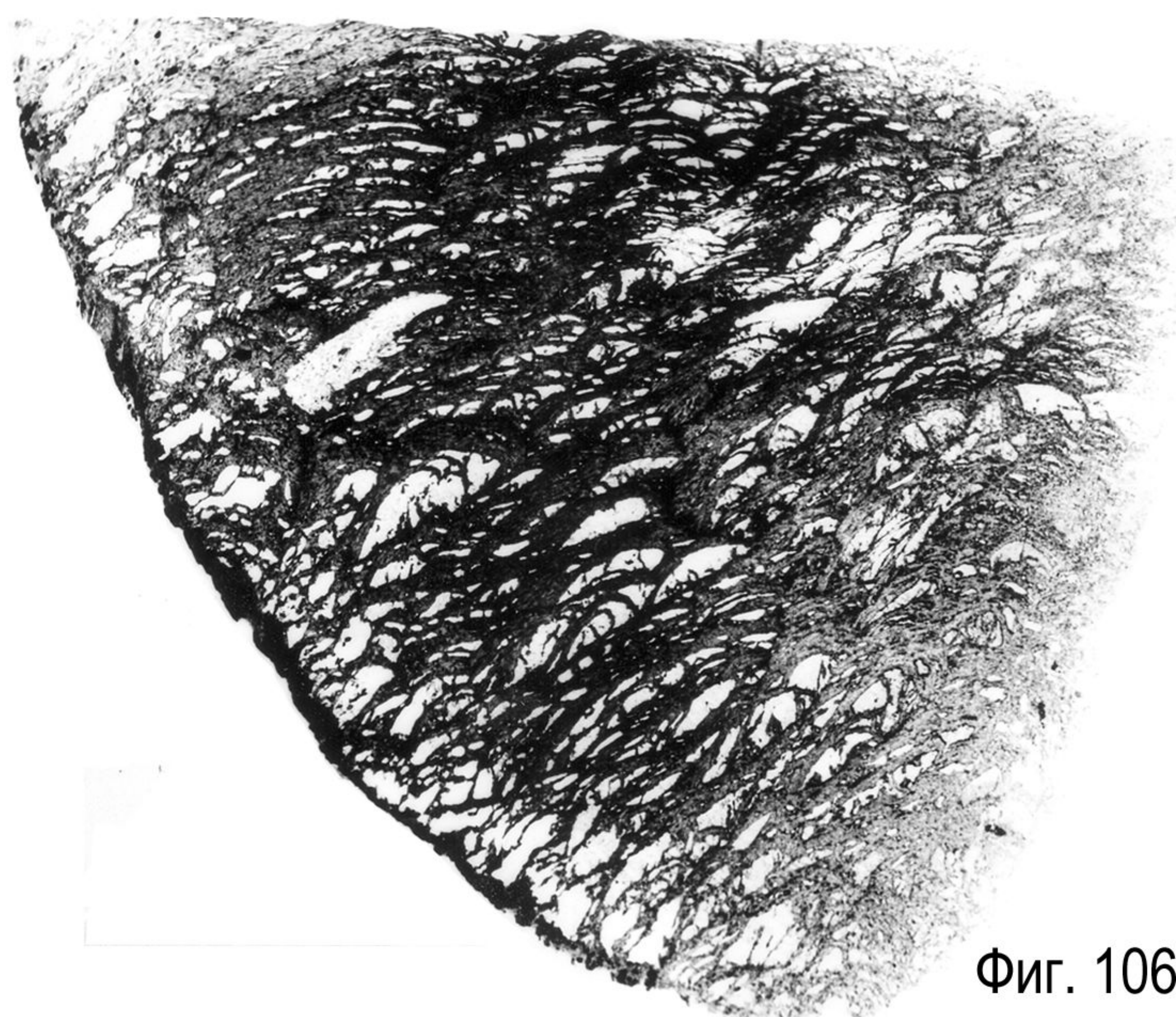
Фиг. 103



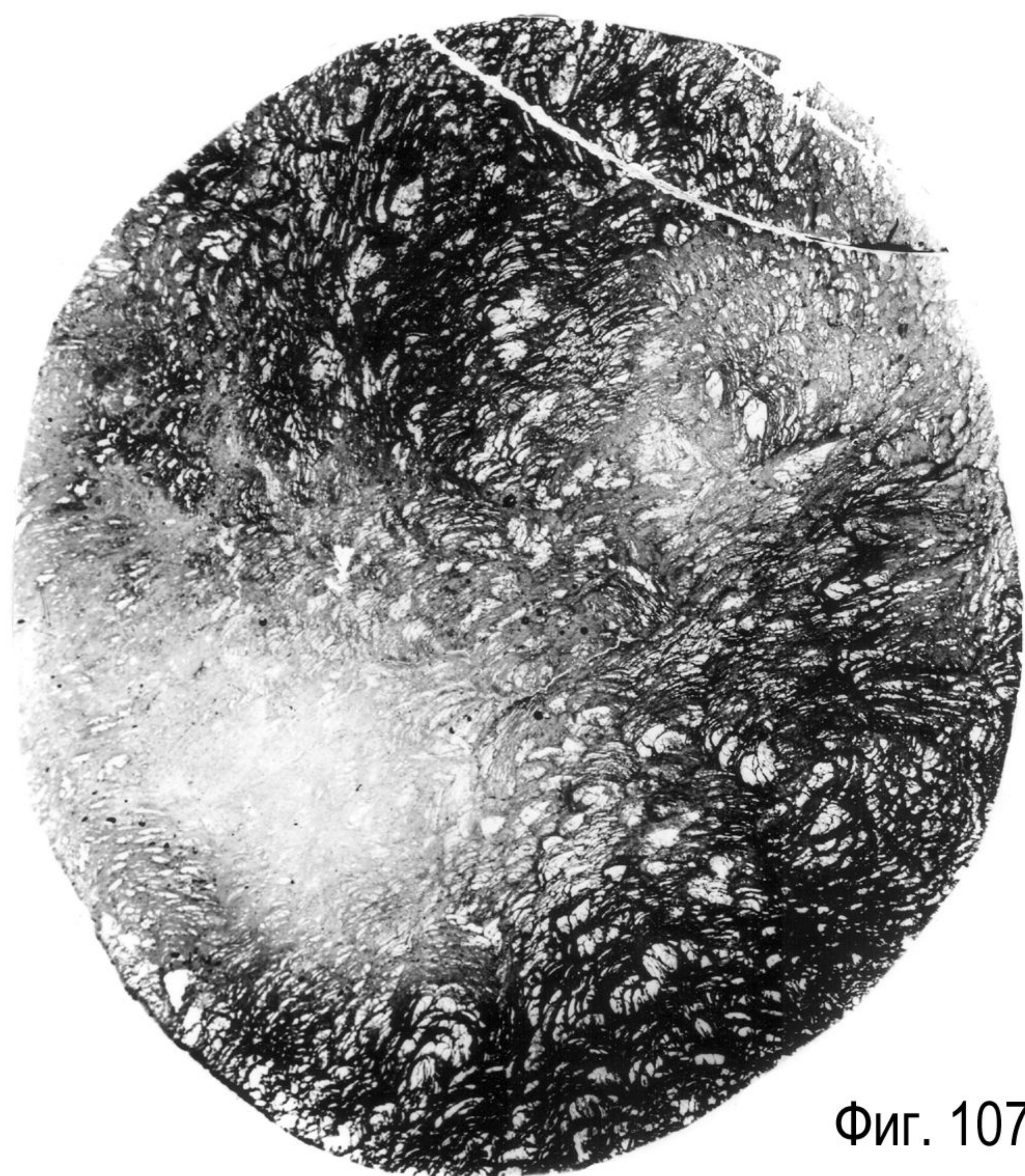
Фиг. 104



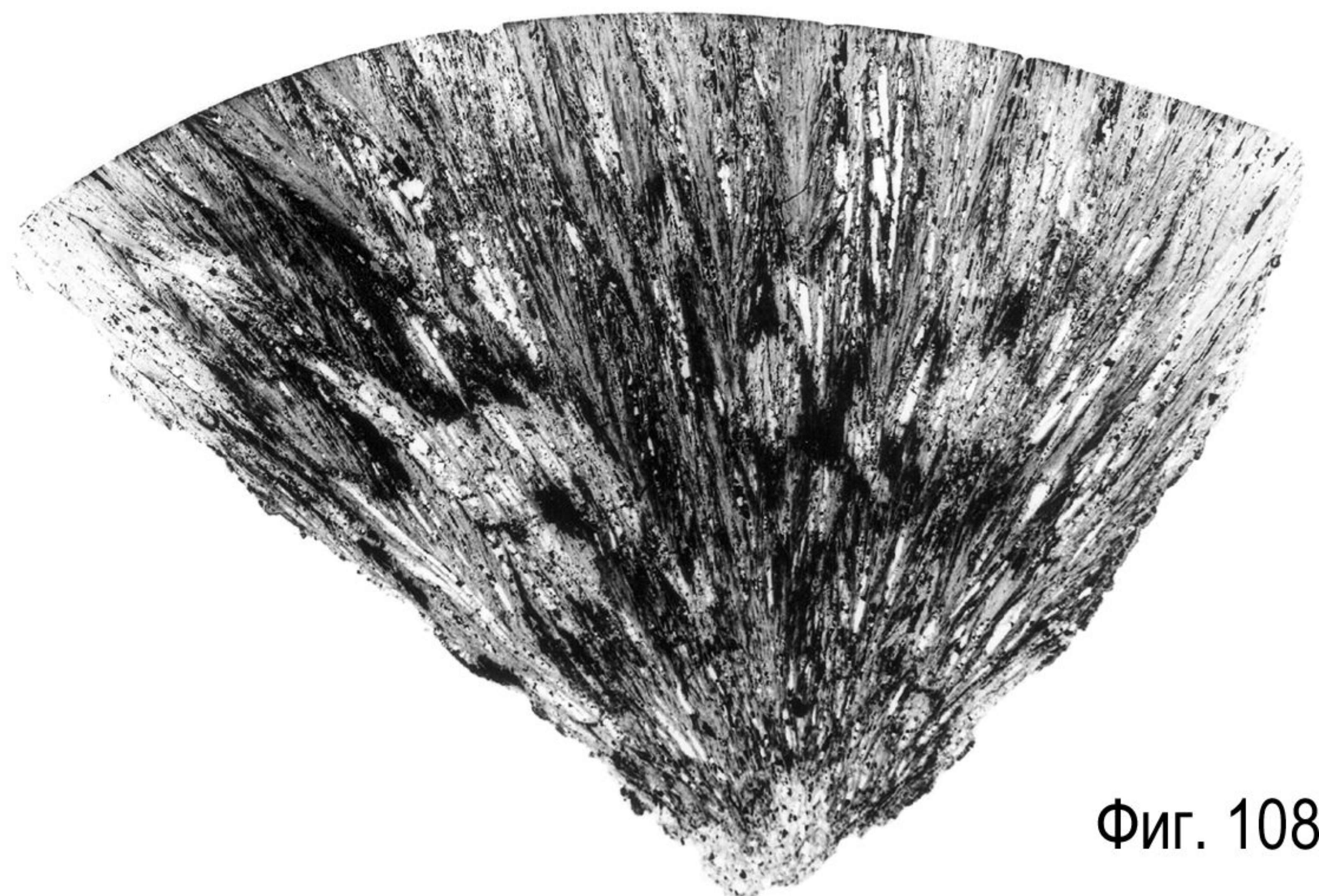
Фиг. 105



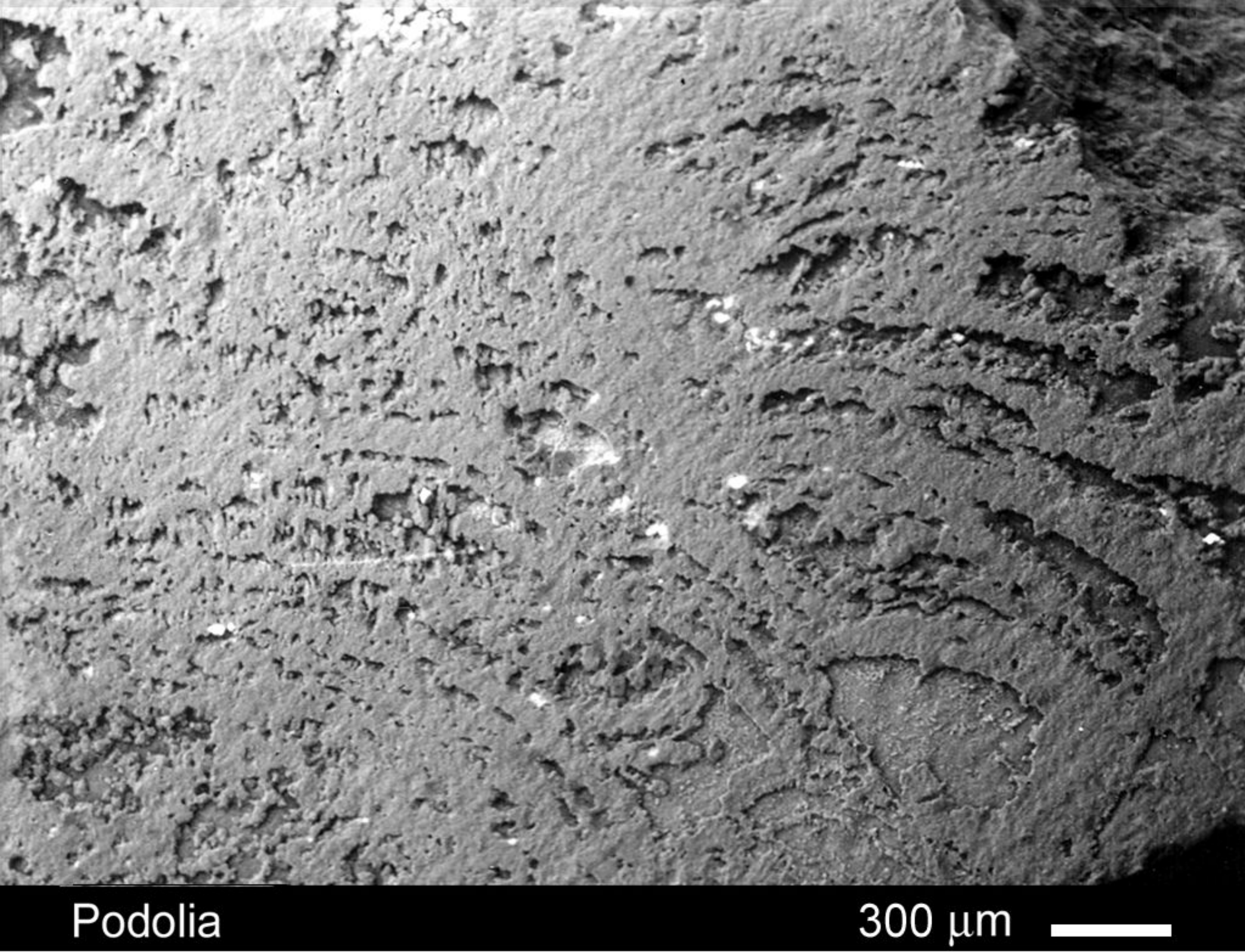
Фиг. 106



Фиг. 107



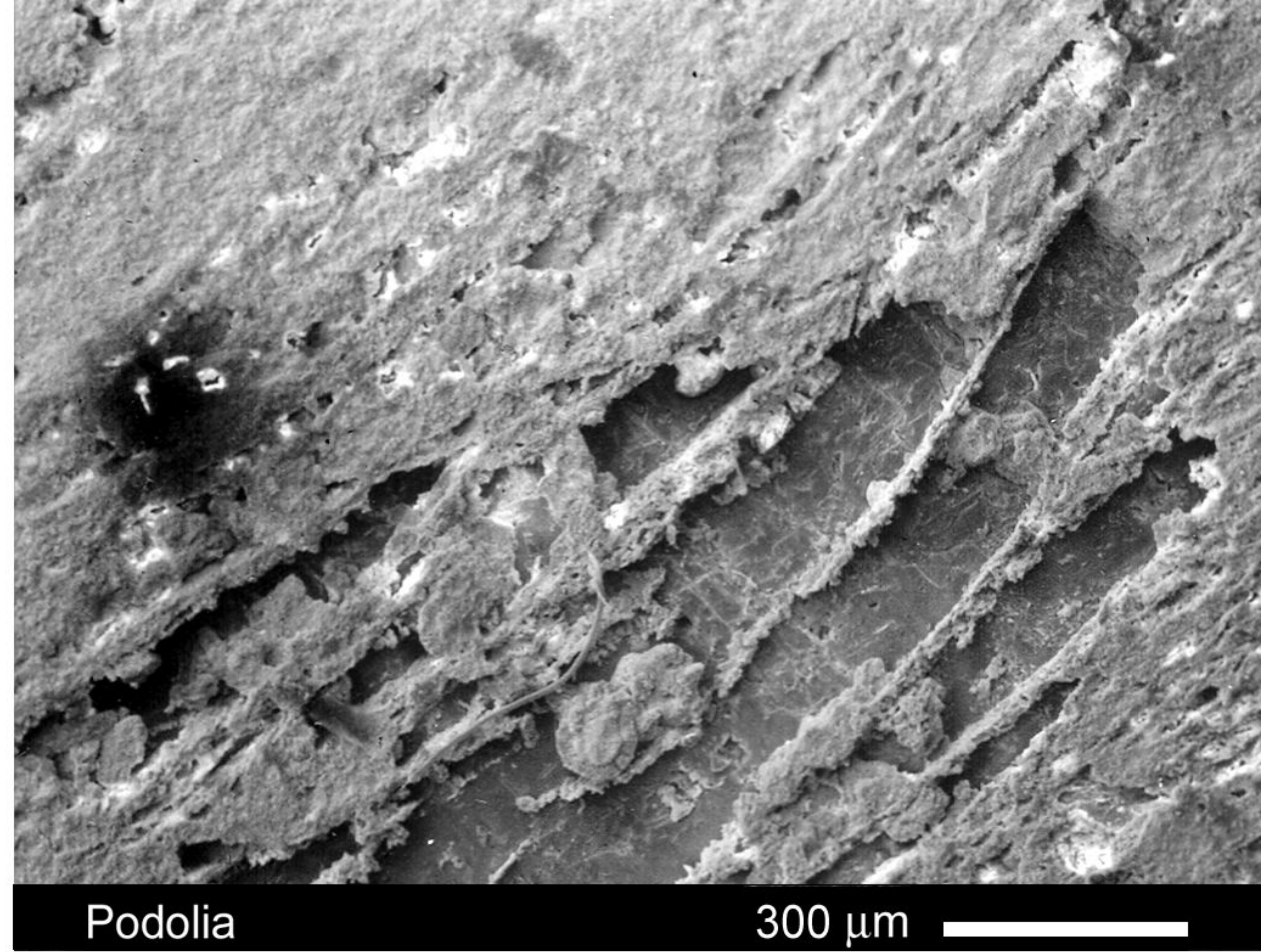
Фиг. 108



Podolia

300 μm

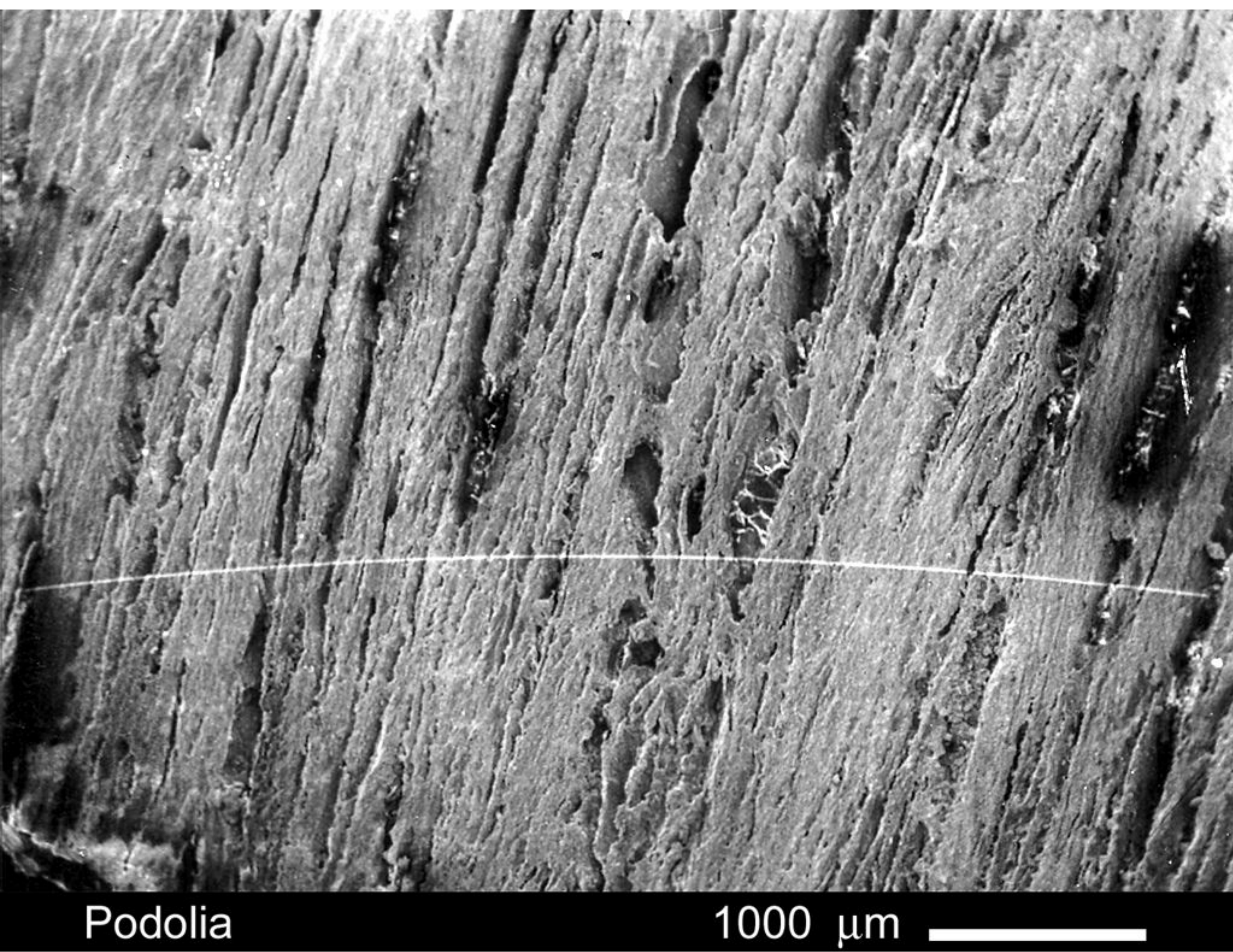
Фиг. 109



Podolia

300 μm

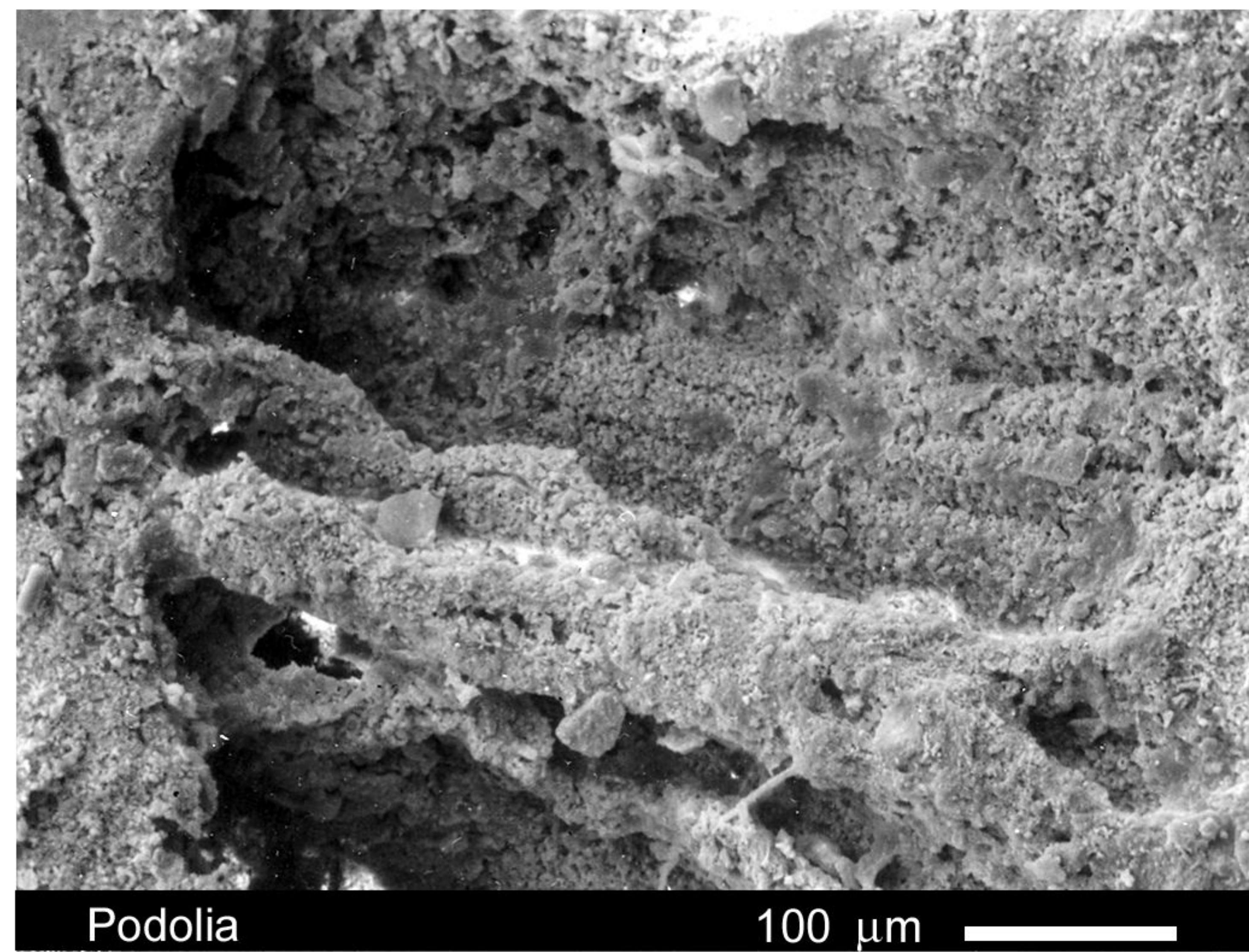
Фиг. 110



Podolia

1000 μm

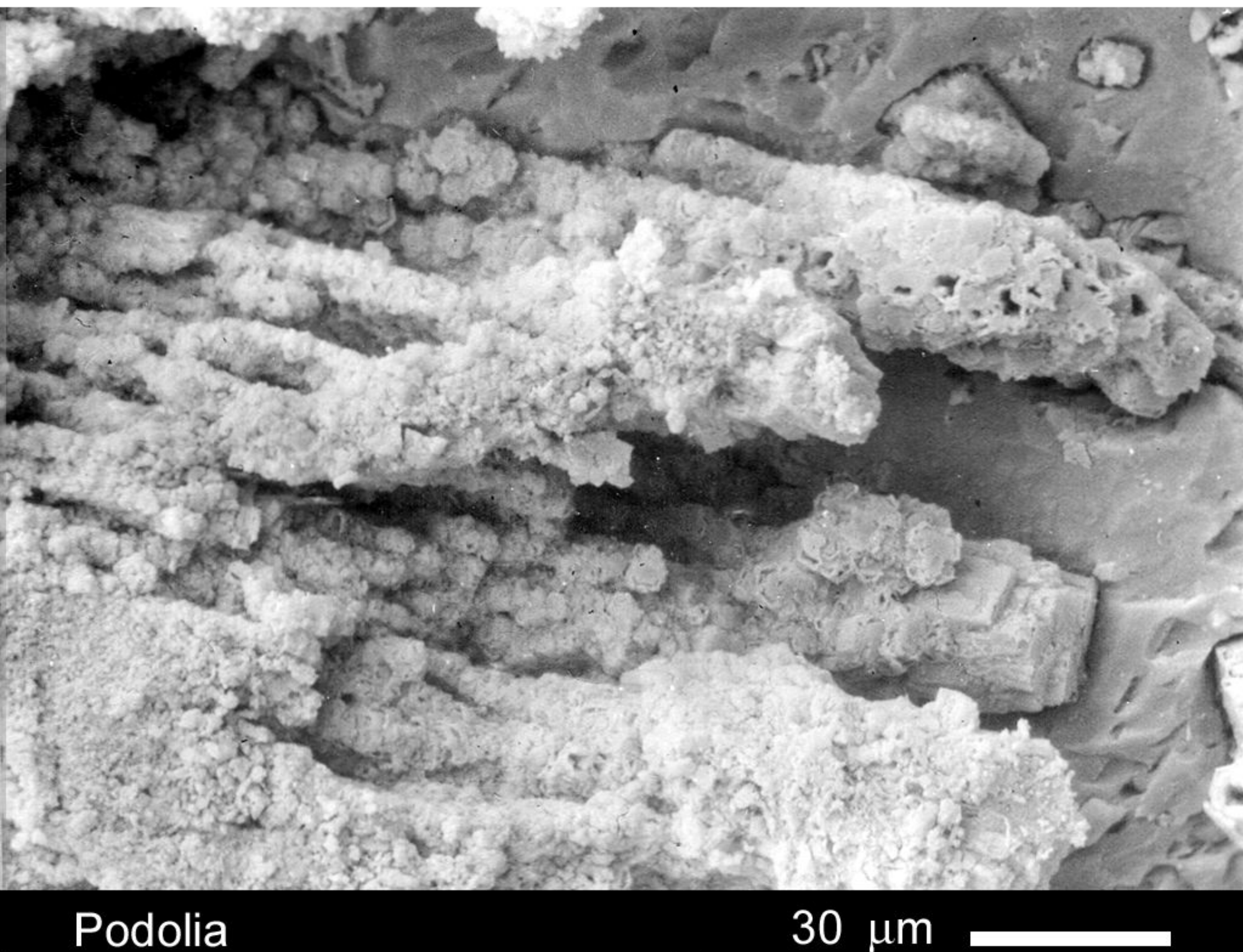
Фиг. 111



Podolia

100 μm

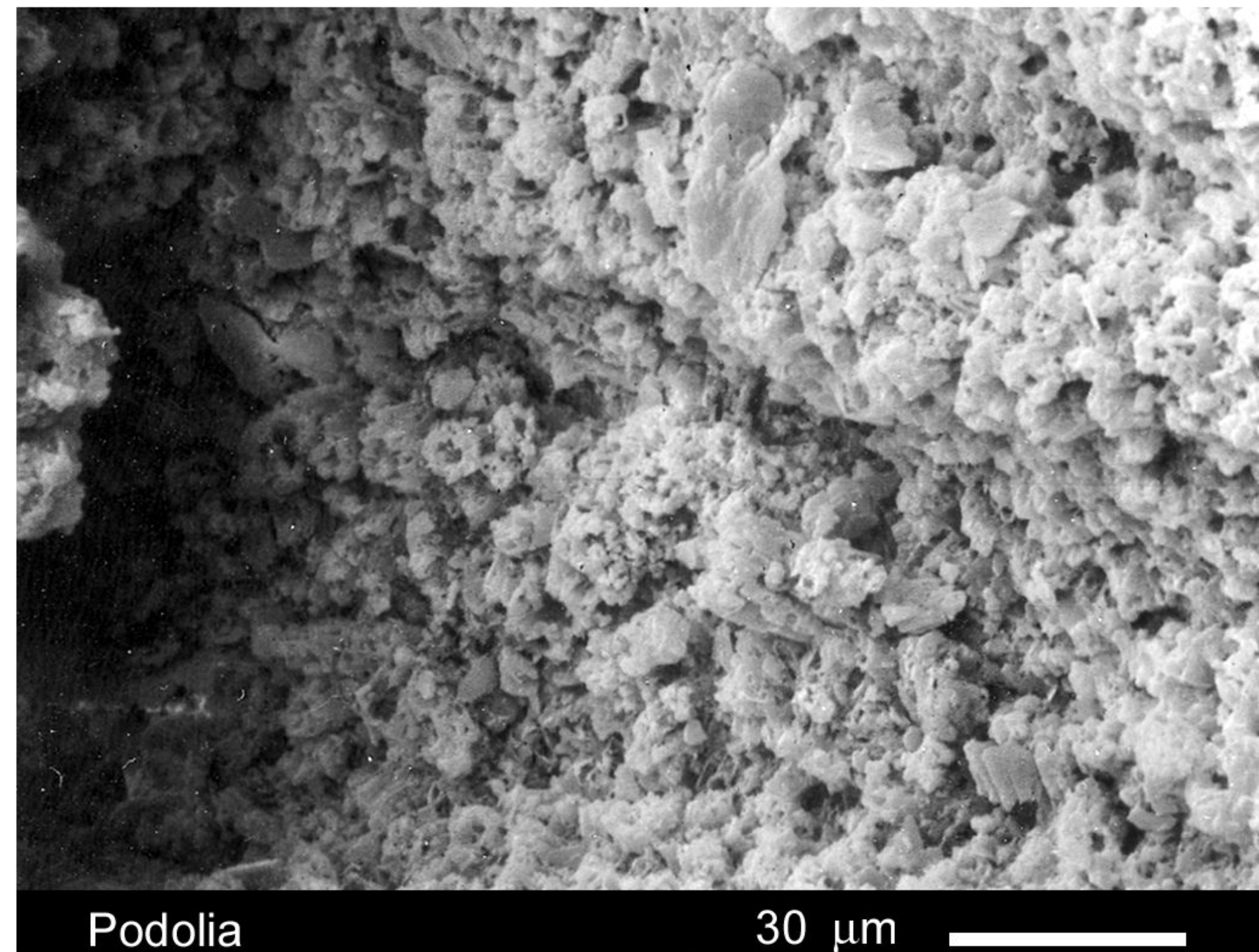
Фиг. 112



Podolia

30 μm

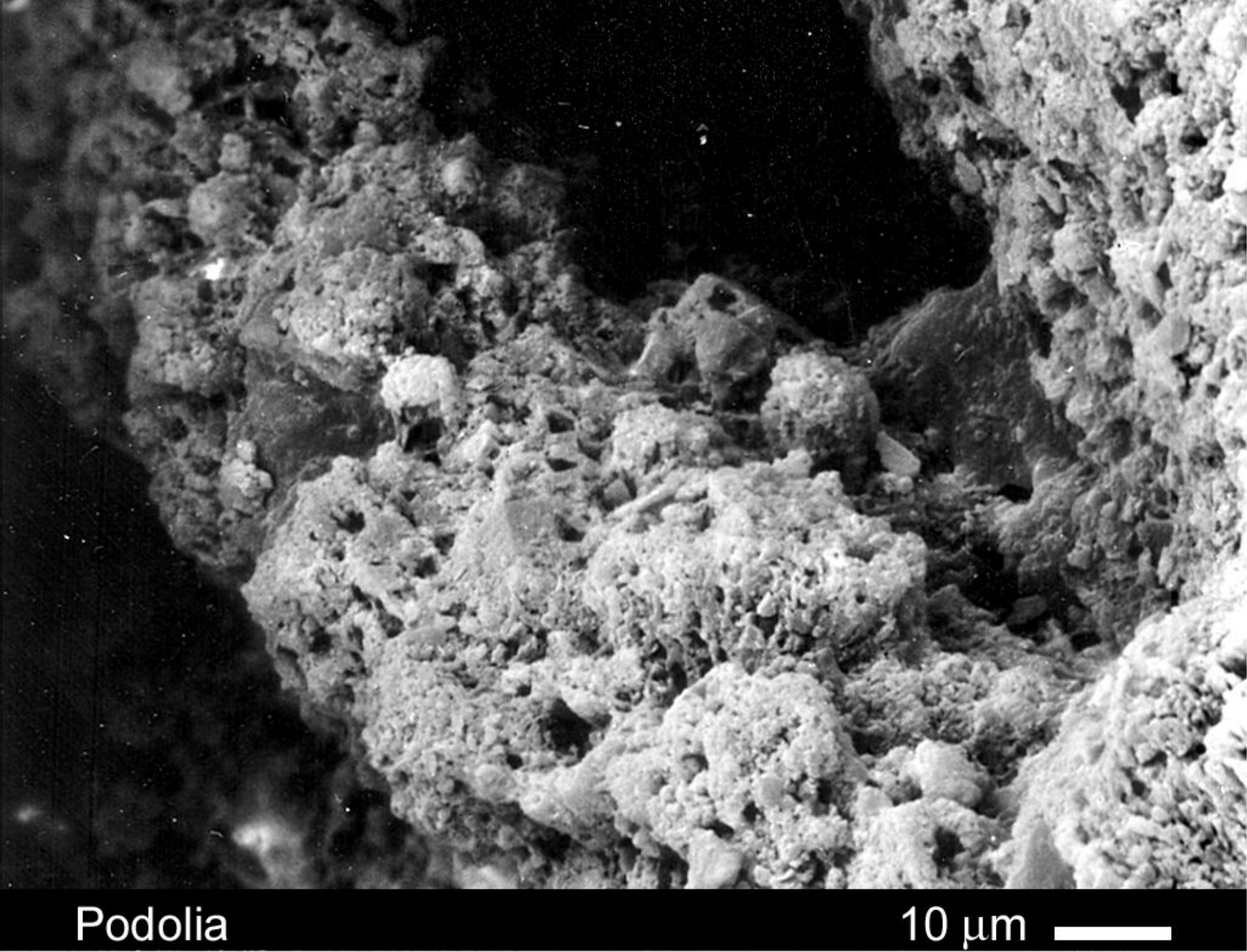
Фиг. 113



Podolia

30 μm

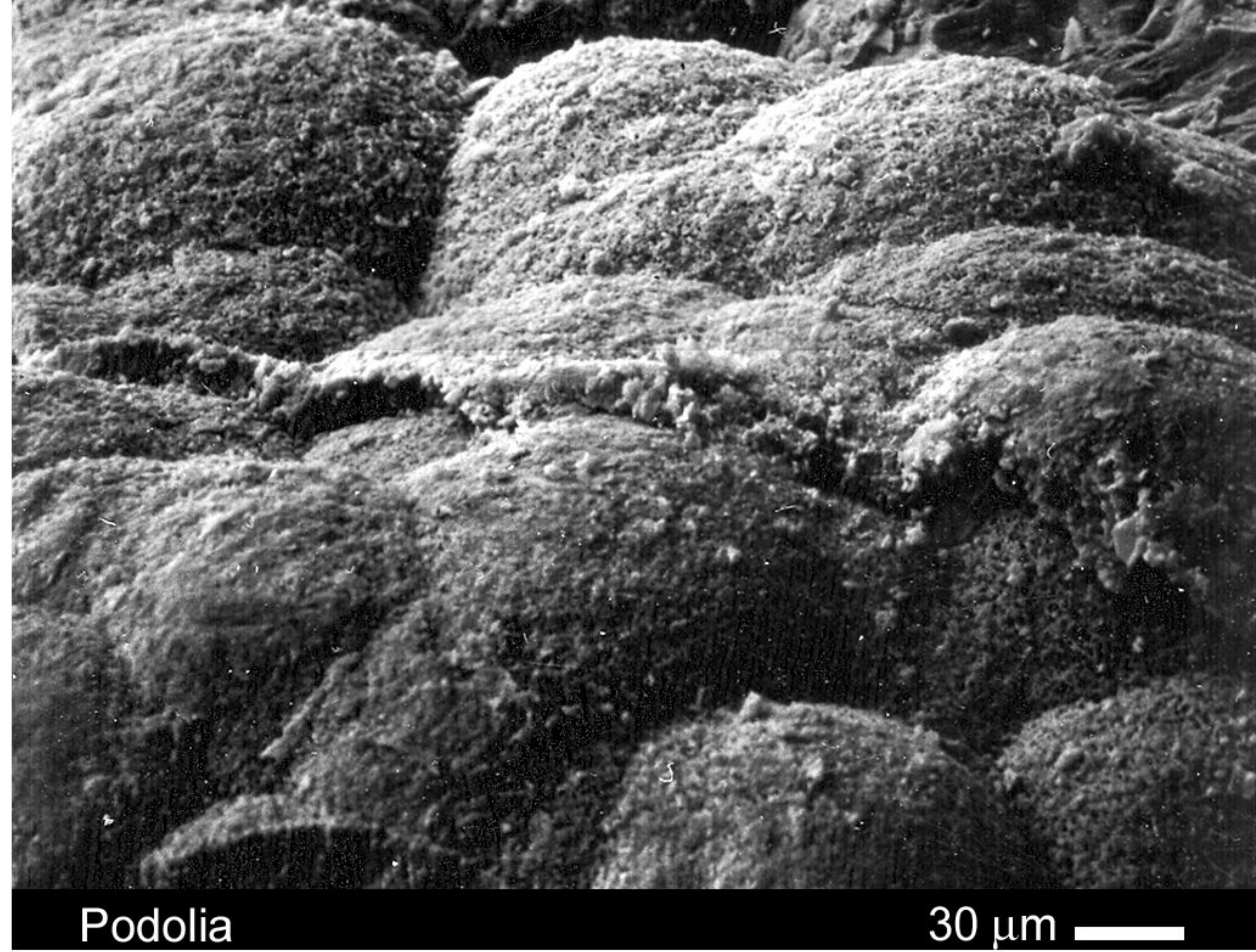
Фиг. 114



Podolia

10 μm

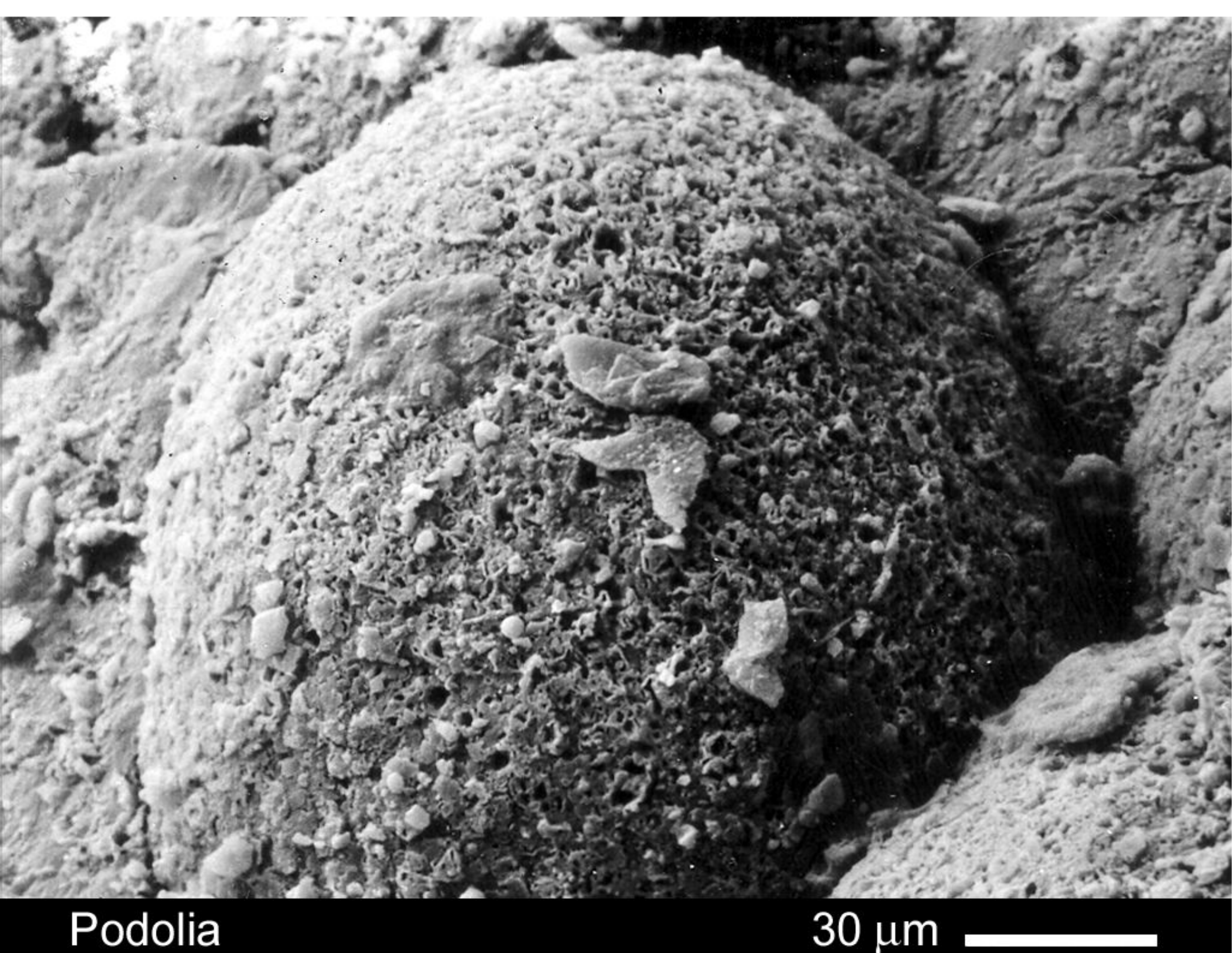
Фиг. 115



Podolia

30 μm

Фиг. 116



Podolia

30 μm

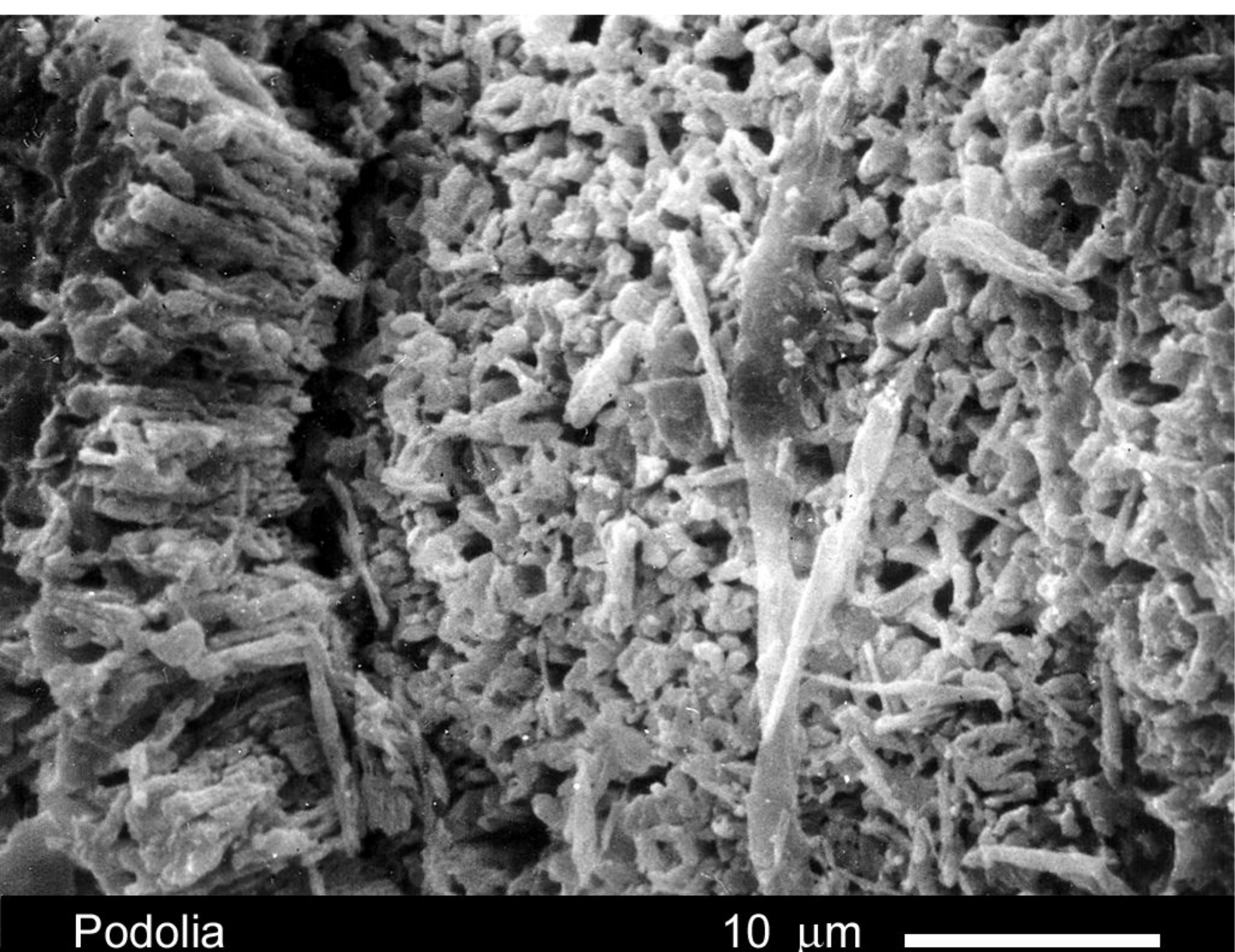
Фиг. 117



Podolia

30 μm

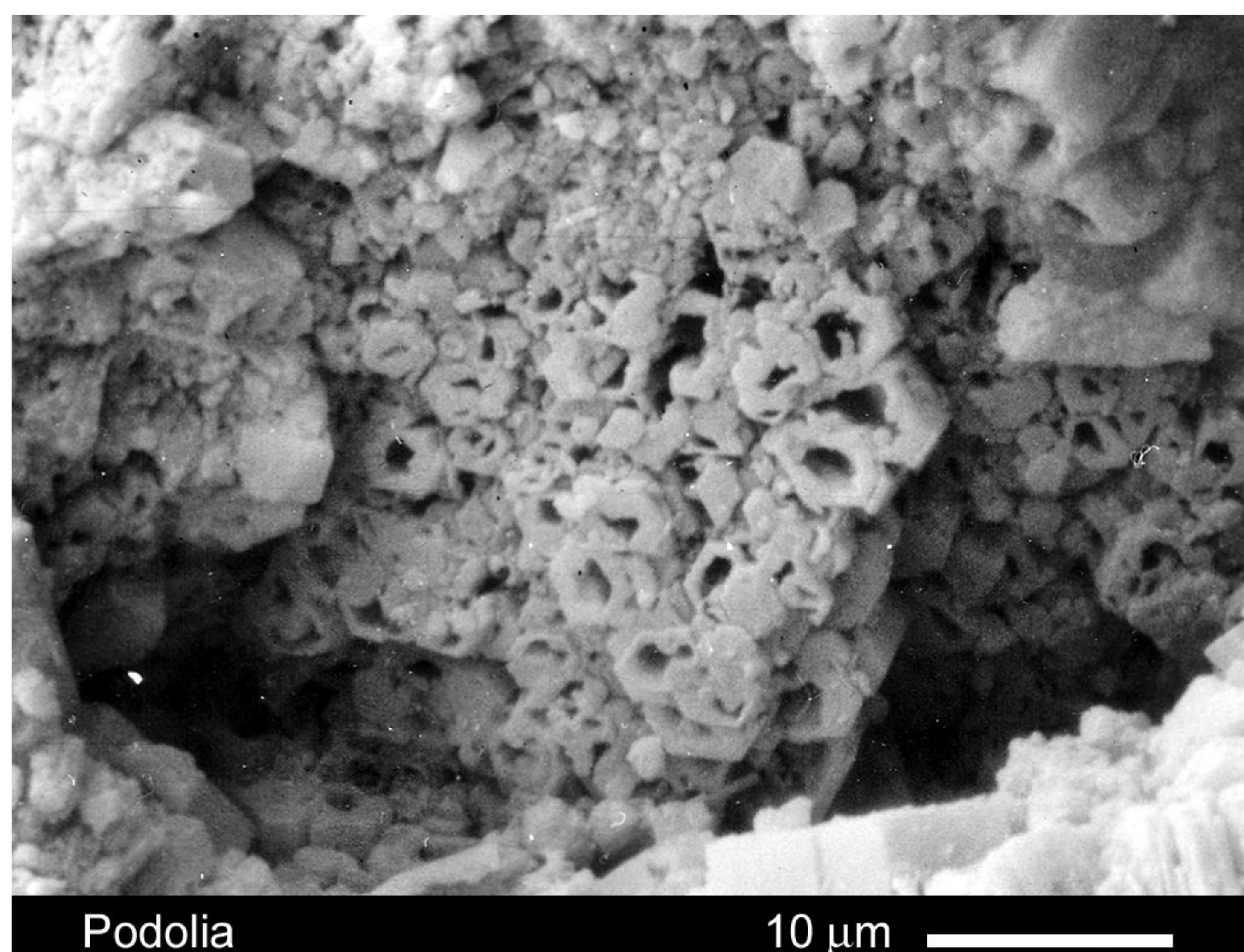
Фиг. 118



Podolia

10 μm

Фиг. 119



Podolia

10 μm

Фиг. 120