А.П. БРАНГУЛИС

ВЕНД И КЕМБРИЙ ЛАТВИИ

Проект № 86

«Восточно-Европейская платформа
(юго-западный край)»

Многоуважаемой Кайке Менс

18.11.85 г [illegible]

МИНИСТЕРСТВО ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ВСЕСОЮЗНОЕ МОРСКОЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МОРСКОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

А. П. БРАНГУЛИС

ВЕНД И КЕМБРИЙ ЛАТВИИ

Стратиграфия, литология и коллекторские свойства

TTÜ GEOLOOGIA INSTITUUT
RAAMATUKOGU
Nr. 5993

РИГА «ЗИНАТНЕ» 1985

26.323
Б 874
УДК 551.732:551.98(474.3)

Брангулис А. П. ВЕНД И КЕМБРИЙ ЛАТВИИ: Стратиграфия, литология и коллекторские свойства. — Рига: Зинатне, 1985. — 136 с.

В монографии изложены результаты многолетнего изучения стратиграфии, литологических особенностей и коллекторских свойств вендских и кембрийских отложений Латвии. Рассмотрены условия залегания вендских и кембрийских отложений, их стратификация, закономерности распределения пород-коллекторов по площади и разрезу, приведены зависимости емкостных и фильтрационных свойств пород от гранулометрического состава, цемента, содержания и состава глинистого вещества. Освещены основные постседиментационные изменения кембрийских пород, их влияние на коллекторские свойства, а также история геологического развития территории в позднем докембрии и в кембрийский период. Произведены классификация пород-коллекторов и прогнозирование их распространения с целью более научно обоснованных и целенаправленных поисков залежей нефти и проведения работ по выяснению возможностей использования рассматриваемых пород в качестве естественной поглощающей среды при сооружении подземных газохранилищ и захоронении не поддающихся очистке промышленных сточных вод.

Табл. 32, ил. 25, библиогр. 63 назв.

Научные редакторы: д-р геол.-мин. наук *А. Ю. Розанов*,
канд. геол.-мин. наук *С. С. Савкевич*

Рецензенты: д-р геол.-мин. наук *А. П. Биркис*,
канд. геол.-мин. наук *И. А. Поливко*

Печатается по решению Редакционно-издательского совета АН ЛатвССР от 9 февраля 1984 года

Б $\frac{1904040000-040}{M811(11)-85}$ 30—85

© Всесоюзный научно-исследовательский институт морской геологии и геофизики, 1985

ПРЕДИСЛОВИЕ

Возникновение интереса к отложениям венда и кембрия Латвии обусловлено оценкой перспектив нефтегазоносности, поисками нефти, газа, минеральных и промышленных вод, изучением возможностей создания подземных хранилищ газа и захоронения в глубокие горизонты не поддающихся очистке сточных вод ряда промышленных предприятий республики. В результате обширных прикладных геологических работ последних 30 лет накоплен огромный фактический материал по стратиграфии, составу, распространению, условиям залегания и литологическим особенностям вендских и кембрийских отложений республики.

Помимо этого, выполнены обширные тематические и научные исследования: структурно-фациальное районирование, изучение стратиграфии, литологических особенностей, коллекторских свойств и постседиментационных изменений кембрийских отложений, а также палеотектонических и палеогеографических особенностей территории Латвии в позднем докембрии и в кембрийский период. Составлены местная и региональная (прибалтийская) стратиграфические схемы венда и кембрия, изданы геологические карты республик Советской Прибалтики и Латвийской ССР в масштабе 1:500 000 с объяснительными записками.

Особенно плодотворными для познания венда и кембрия Латвии стали совместные польско-советские исследования в области стратиграфии, палеонтологии, литологии и палеогеографии венда и кембрия Восточно-Европейской платформы (1973—1982 гг.), а также начатые в 1976 г. и продолжающиеся до настоящего времени работы по проекту № 86 Международной программы геологической корреляции «Восточно-Европейская платформа (юго-западный край)». Результаты совместных исследований и работ по проекту № 86 позволили на качественно новом уровне решить ряд

вопросов истории геологического развития обширного региона и его отдельных частей.

Участие автора настоящей монографии во многих упомянутых работах и исследованиях дало возможность на уровне современных знаний обобщить данные о стратиграфии, литологических особенностях и коллекторских свойствах вендско-кембрийской терригенной толщи и истории геологического развития территории Латвии в позднем докембрии и в кембрийский период.

В ходе многолетнего изучения кембрийских и вендских отложений автору оказывали существенную помощь С. С. Савкевич, А. Ю. Розанов, А. П. Биркис, Х. А. Вийдинг, К. А. Менс, Э. А. Пиррус, Л. Б. Паасикиви, Н. А. Волкова, Л. П. Карпицкая, Е. И. Дмитриев, А. Я. Нагле, А. А. Фрейманис, А. И. Фридрихсоне, Г. И. Миронов, Т. В. Янкаускас, В. А. Коркутис. Всем им и другим геологам, способствовавшим выполнению данной работы, автор выражает свою искреннюю благодарность. Особенно признателен автор А. Я. Нагле за выполненную работу по сбору и систематизации большого количества фактических материалов, а также научным редакторам — доктору геолого-минералогических наук А. Ю. Розанову и кандидату геолого-минералогических наук С. С. Савкевичу за многочисленные ценные советы при выполнении исследований и подготовке настоящей монографии к опубликованию.

Автор

ВВЕДЕНИЕ

Изучение стратиграфии, коллекторских свойств и литологических особенностей глубокозалегающих кембрийских отложений Латвии обусловлено поисковыми работами на нефть и газ, начатыми после Великой Отечественной войны и особенно широко развернутыми в начале 60-х годов. Открытие на территории республики в 1964 г. первого в Прибалтике Кулдигского месторождения нефти, приуроченного к среднекембрийским отложениям, подтвердило ранее высказанные предположения о перспективности кембрийских отложений на нефть и послужило основанием для расширения нефтепоисковых работ. При этом были получены первые данные о распространении в кембрийских отложениях Латвии такого нового вида полезных ископаемых, как промышленные воды (рассолы) с общей минерализацией 100—120 г/л и более, содержащие наряду со значительными концентрациями брома еще многие ценные химические элементы.

В последние годы актуальным стал вопрос о возможности захоронения не поддающихся очистке сточных вод ряда промышленных предприятий республики в глубоких горизонтах, что чрезвычайно важно для предотвращения загрязнения поверхности водоемов, и прежде всего акваторий Рижского залива и Балтийского моря. Первые этапы исследований кембрийской толщи республики, проведенные Управлением геологии Совета Министров Латвийской ССР под руководством А. А. Фрейманиса, подтвердили предположения о возможностях использования кембрийских пород в качестве естественной поглощающей среды. Кембрийские породы используются также в качестве коллектора при подземном хранении газа.

Автор настоящей монографии с 1967 по 1982 г. изучал кембрийские отложения республики. В этот период были получены и обобщены новые фактические данные по стратиграфии, литологическим особенностям и коллекторским свойствам пород. Литолого-стратиграфически изучены керны более 75 новых глубоких скважин, пересмотрены фондовые и архивные материалы по 60 скважинам, пробуренным ранее.

Кроме стандартных и общепринятых определений коллекторских свойств для изучения минерального состава цемента пород и постседиментационных изменений применялись некоторые виды специальных анализов. Глинистое вещество в составе песчаников, алевролитов и собственно глин изучалось рентгеноструктурным методом, при помощи инфракрасной спектроскопии и электронной микроскопии. Состав цемента пород и количественные соотношения между цементами различ-

ного состава и типа изучались в прозрачных шлифах увеличенного размера (до 4—6 см). При изготовлении шлифов применялся способ пропитки слабосцементированных и почти рыхлых разновидностей пород полимеризующейся смесью.

С целью оценки влияния седиментационных факторов на изменение коллекторских свойств песчаников и алевролитов проводилась машинная обработка результатов определения гранулометрического состава, открытой пористости и газопроницаемости пород (факторный анализ). При этом учитывалась и современная глубина залегания пород. Путем изучения важнейших вторичных минералов сделана попытка оценки влияния постседиментационных преобразований на изменение емкостных и фильтрационных свойств пород.

Наряду с исследованием разрезов глубоких скважин в полевых условиях выполнялись обширные лабораторные работы. Изучено более 600 шлифов, произведен подсчет соотношений между цементами различного состава и типа в шлифах, определены состав глинистого вещества в породах, их открытая пористость и газопроницаемость. Кроме того, пересмотрены фондовые и архивные материалы по многим десяткам буровых скважин, вскрывших кембрийские и вендские отложения на территории республики. При определении песчанистости разрезов и выделении толщ-коллекторов широко использовались каротажные диаграммы.

Рентгеноструктурный анализ и инфракрасная спектроскопия глинистого вещества выполнялись соответственно в кабинете минералогии Тартуского государственного университета под руководством К. Р. Утсала и в Геологическом институте АН СССР В. А. Ерощевым-Шаком, а машинная обработка результатов определения гранулометрического состава и коллекторских свойств — в секторе математических методов ВНИГРИ под руководством А. С. Белонина. Остальными определениями занимались в Центральной лаборатории Управления геологии Совета Министров Латвийской ССР.

ГЛАВА I

ИЗУЧЕННОСТЬ ВЕНДА И КЕМБРИЯ ЛАТВИИ

Первые сведения о составе и строении терригенной толщи нижнего палеозоя Латвии относятся к 1948—1954 гг., когда в связи с поисками нефти были пробурены первые скважины до кристаллического фундамента. В скважинах Бауска, Плявиняс, Понкули, Виесите и Акнисте тогда были установлены терригенные отложения, залегающие между фаунистически охарактеризованными породами ордовика и образованиями кристаллического фундамента. Тем самым получили подтверждение предположения Ф. Б. Шмидта, А. П. Карпинского, Ф. Досса, Э. Крауса и других о широком развитии кембрийских отложений в пределах рассматриваемой территории. Несколько раньше, еще в середине 30-х годов, на юго-востоке Латвии, в г. Даугавпилс, была вскрыта верхняя часть разреза кембрийских отложений, описанная Э. Краусом в 1937 г.

В разрезе доордовикской толщи упомянутых первых глубоких скважин В. А. Кузнецовым, Л. И. Станкевич, А. И. Зотовой, Т. С. Теплинской и другими исследователями были выделены гдовская и ламинаритовая свиты валдайской серии, надламинаритовая свита и свита синих глин балтийского комплекса, а также толща песчаников среднего кембрия. Результаты обобщения этих и более поздних данных отражены в работах Б. С. Соколова, Е. М. Люткевича, М. И. Пейсика, Г. Х. Дикенштейна, Э. П. Брунс, Р. М. Мяннила, Р. Ж. Ульст, И. Ю. Пашкевичуса и других исследователей.

В начале 60-х годов Ленинградской конторой разведочного бурения треста «Союзбургаз» в центральной части Латвийской ССР (Инчукалнская структура) проводились поиски и разведка структур, благоприятных для сооружения подземных хранилищ газа. Было пробурено 39 глубоких скважин и начато изучение коллекторских свойств среднекембрийских пород, а также пограничных с ними песчаников нижнего ордовика. Наиболее полные данные получены по Инчукалнским скважинам 2-Р, 7-Р, 9-Р, 13-Р, 20-Р, 21-Р, 25-Р. При общей мощности пород коллекторов 52—73 м для определения пористости и проницаемости отобрано 86 образцов пород кембрия и пограничных слоев нижнего ордовика. Для большинства скважин имеются только единичные определения пористости и газопроницаемости, не позволяющие установить закономерности изменения коллекторских свойств по разрезу и площади в целом. Обобщение результатов работ по Инчукалнской структуре завершено в 1968 г.

Западная часть республики, расположенная в пределах наиболее перспективной на нефть Балтийской синеклизы, долгое время отли-

чалась полным отсутствием данных как о распространении, так и составе додевонских и, в частности, кембрийских отложений. В начале 60-х годов Управлением геологии Совета Министров Латвийской ССР здесь были начаты нефтепоисковые работы, сопровождавшиеся бурением большого числа скважин до кристаллического фундамента. Наряду с нефтепоисковыми работами в процессе геолого-гидрогеологической съемки на остальной территории республики были пробурены параметрические скважины: Стренчи, Валмиера, Стайцеле и Энгуре. В работах принимали участие В. Я. Карпицкий, Л. П. Карпицкая, Е. И. Дмитриев, А. П. Биркис, А. А. Фрейманис, А. А. Сокуренко, Л. А. Сокуренко, Р. З. Тимофеева, Н. Ф. Тимофеев, В. Н. Силантьев, Г. Д. Трацевский и другие геологи. Они внесли большой вклад в изучение стратиграфии и литологических особенностей кембрийских отложений. Однако сведения о коллекторских свойствах обычно ограничиваются приведением значений немногочисленных определений открытой пористости и газопроницаемости песчаников и алевролитов без увязки коллекторских свойств с составом пород, их текстурными и структурными особенностями. Частично это объясняется низким выносом керна по ряду скважин (особенно до середины 60-х годов).

Большим вкладом в изучение стратиграфии и строения нижнепалеозойских отложений Прибалтики являются результаты многолетних научно-исследовательских работ ряда геологов Всесоюзного научно-исследовательского геологоразведочного института (ВНИГРИ). Л. Б. Паасикиви, Е. М. Люткевич, М. С. Закашанский, И. А. Голубков И. С. Гольдберг, И. М. Дукальская, В. Н. Ярошенко, Н. В. Тодоровская, С. С. Савкевич и другие исследователи продолжительное время занимались изучением геологического строения и перспектив нефтегазоносности Прибалтики. Благодаря именно этим плодотворным исследованиям еще в 1964 г. открыто первое в Прибалтике Кулдигское месторождение нефти, приуроченное к среднекембрийским отложениям, а вслед за ним — промышленные месторождения в Литовской ССР и Калининградской области.

Ввиду специфики настоящей работы здесь не рассматривается обширный комплекс вопросов, изученных упомянутыми геологами. Следует обратить особое внимание лишь на работы Е. М. Люткевича по стратиграфии, строению и литологическим особенностям кембрийских отложений, а также работы В. Н. Тодоровской и С. С. Савкевича по коллекторским свойствам кембрийских терригенных пород. В. Н. Тодоровская в отчете коллектива авторов (И. А. Голубков, И. С. Гольдберг и др.) приводит сведения о проницаемости и пористости терригенных пород-коллекторов среди нижне- и среднекембрийских отложений западной части Латвии. С. С. Савкевич и Г. В. Лебедева, рассматривая роль лито- и метагенеза в формировании терригенных коллекторов и глинистых пород-покрышек конкретно в геологических условиях Восточно-Европейской платформы, указывают, что для пород кембрия, залегающих на глубинах 1400—1500 м, характерно преобладание межзерновой проницаемости, которая в зависимости от значений открытой пористости может варьировать в широких пределах. Открытая пористость может быть как первичной, так и вторичной, причем обычно несколько

преобладает первая (особенно в более крупнозернистых разностях пород).

В 1968 г. сотрудниками ВНИИморгео Э. К. Лиелдиеной и А. И. Фридрихсоне [34] изучались стратиграфия и литология кембрийских и ордовикских отложений Латвийской ССР, были составлены литофациальные схемы лонтоваской, сакаской, курземской, кибартайской и тискреской свит, описаны первые 14 скважин в западной части республики, определены ориентировочно соотношения в разрезах между песчаниками, алевролитами и глинами, дана общая литологическая характеристика различных типов пород. Но ограниченность имевшегося к тому времени фактического материала, весьма неравномерное расположение буровых скважин, сосредоточенных главным образом в пределах Пилтенского, Кулдигского и Эдольского локальных поднятий, и низкий выход керна по большинству скважин отразились на однозначности полученных результатов.

Э. К. Лиелдиена и А. И. Фридрихсоне еще в 1968 г. поставили под сомнение ломоносовский возраст низов осадочной толщи и на основе палеонтологической характеристики выделили биостратиграфические подразделения. К числу важнейших выводов этих авторов относятся суждения о среднекембрийском возрасте кибартайских отложений и упомянутое выше заключение о более молодом, чем считалось до того времени, возрасте базальных частей разреза кембрия в Западной Латвии.

В 1968—1970 гг. литологические особенности пород балтийской серии в Северной Прибалтике изучались коллективом исследователей Института геологии Академии наук Эстонской ССР (Х. А. Вийдинг, А. Э. Клеесмент, К. А. Менс и Э. А. Пиррус). В Западной Латвии они выделили (снизу вверх) колкаские и подсакаские слои, сакаскую, курземскую и кибартайскую свиты и толщу песчано-алевритовых пород. При этом колкаские слои, считавшиеся ранее валдайскими, предложили отнести к нижнему кембрию, так как они содержат глауконит и фосфатные гальки, отсутствующие в валдайских отложениях северо-запада Восточно-Европейской платформы. Сами низы разреза, представленные пестроцветными породами (Пилтенская структура), по мнению упомянутых исследователей, вероятно, более древнего возраста.

Интересен вывод эстонских исследователей о том, что остатки трилобитов и ядра Volborthella не позволяют сопоставить подсакаские слои кембрия Западной Латвии (лонтоваская свита, по стратиграфической схеме Э. К. Лиелдиены и А. И. Фридрихсоне) с типичными отложениями лонтоваской свиты Эстонии. Эта часть разреза скорее всего соответствует люкатискому горизонту классических эстонских разрезов. Очень интересен также вывод о нижнекембрийском возрасте песчано-алевритовых пород верхней части кембрийского разреза (тискреской свиты) в Эстонской ССР и об ее соответствии сакаской свите Западной Латвии. Последнее обстоятельство чрезвычайно важно, так как до недавнего времени все исследователи единогласно сопоставляли песчано-алевритовые породы верхней части кембрийского разреза Латвийской ССР с тискреской свитой Эстонии и относили их к среднему или среднему—верхнему кембрию [31, 34, 36].

В 1967—1969 гг. проводились исследования особенностей строения

и формирования локальных структур Западной Латвии (Т. В. Шварц, А. П. Биркис и др.). Авторами кратко рассмотрены вопросы стратиграфии кембрийских отложений Западной Латвии и дана общая характеристика их литологических особенностей.

Попыткой обобщения данных изучения фильтрационных и емкостных свойств кембрийских отложений является работа геологов ВНИИморгео (Ф. К. Волколаков, Т. В. Шварц, и др.), приводящих значения открытой пористости и газопроницаемости среднекембрийских отложений. Автором этого раздела отчета — А. Г. Карамзиной использованы данные до 1967—1968 гг. и совершенно не учтены результаты определения коллекторских свойств кембрийских отложений по многим скважинам, пробуренным к тому времени.

Некоторые черты катагенеза и аутигенного минералообразования в породах кембрия и верхнего докембрия рассмотрены в работе И. А. Апините [1]. Отмечается, что в породах балтийской серии главные аутигенные минералы — глауконит, сидерит и пирит. В верхней части разреза толщи наиболее распространены кальцит и сидерит (в составе цемента), а также пирит, реже галенит, сфалерит, лейкоксен и анатаз. Аутигенное минералообразование в песчаниках ижорской толщи в основном эпигенетического характера благодаря хорошим фильтрационным свойствам рассматриваемых пород. В работе 1971 г. [3] И. А. Апините, основываясь на ограниченном фактическом материале (немногочисленные определения открытой пористости и газопроницаемости среднекембрийских отложений на Инчукалнской структуре и единичные определения по керну других скважин), указывает на некоторые факторы, влияющие на коллекторские свойства пород, и приводит общие сведения о емкостных и фильтрационных свойствах пород остальных стратиграфических подразделений кембрия.

И. А. Апините [2] занималась также изучением глинистого вещества в кембрийских породах Латвии. Согласно данным состава кембрийских глин и глинистого цемента песчаников и алевролитов на основе макроскопического изучения образцов керна 11 буровых скважин, описания шлифов, термического, химического, иммерсионного, а также небольшого количества рентгеноструктурного анализов, преобладающим минералом среди собственно глинистых пород является диоктаэдрическая гидрослюда типа 1 мД, составляющая 50—95% фракции менее 0,001 мм. Другие глинистые минералы представлены главным образом глауконитом, каолинитом и хлоритом. Автор отмечает, что мономинеральные глины в составе кембрийских пород Латвии не зафиксированы, а наиболее распространены хлорит, каолинит и гидрослюда.

Сложный минеральный состав глинистого вещества в цементе песчаников и алевролитов И. А. Апините объясняет изменениями исходного материала в стадиях седименто- и катагенеза.

Новые данные о глинистых минералах в верхнепротерозойско-кембрийской терригенной толще Латвии приведены в статье А. П. Брангулиса, А. Я. Нагле, А. Э. Мурниекса и А. А. Сокуренко [16]. На основе рентгеноструктурного анализа более 600 образцов глинистого вещества песчаников, алевролитов и собственно глин рассмотрены основные закономерности распределения глинистых минералов в породах всех стратиграфических подразделений венда и кембрия Латвии.

Детальные биостратиграфические исследования кембрия Западной Латвии, начатые в 1969 г. сотрудниками Управления геологии Совета Министров Латвийской ССР и Геологического института АН СССР [7], позволили установить развитие на этой территории одного из лучших, практически непрерывных разрезов трилобитовой части кембрия северо-запада Восточно-Европейской платформы. При этом обнаружено присутствие в этих разрезах всех комплексов акритарх, известных ранее из этой части кембрия в пределах Украины и Польской Народной Республики. Авторы работ указали на отсутствие лонтоваских отложений в Западной Латвии. В базальной части кембрийского разреза были выделены вентавская свита и дурбеская пачка. Последняя в то время была отнесена к докембрию на основании сопоставления с рингзакерскими кварцитами Южной Скандинавии, которые, как и дурбеская пачка, содержат остатки Scolithus linearis Hald. Однако более поздние исследования [11] на севере Курземского п-ова подтвердили ошибочность таких представлений, поскольку ниже дурбеских отложений вскрыты отложения, содержащие талсинский комплекс акритарх, позволяющий как дурбескую пачку, так и нижележащие палеонтологически охарактеризованные породы отнести к нижнему кембрию (овишская свита).

Новые данные 1972 г. по разрезу кембрия Восточной Латвии показали принципиальное различие строения древних толщ на западе и востоке республики [7, 8]. На осадочных образованиях верхнего докембрия установлены ровенский и лонтоваский горизонты нижнего кембрия, содержащие соответствующие комплексы акритарх, а также платисолениты и сабеллидитиды. Вышележащая доордовикская часть разреза (пески и слабосцементированные песчаники), не имевшая в то время палеонтологической характеристики, была названа ижорской толщей и по традиции отнесена к среднему кембрию. На этом этапе исследований не вызывала сомнений одновозрастность всех песчаных толщ, залегающих между заведомо нижнекембрийскими и ордовикскими отложениями как на западе, так и востоке Латвии. Однако уже в 1974 г. полученные Т. В. Янкаускасом [61] результаты исследований акритарх из разреза скв. Лудза-15 заставили усомниться в правильности этого представления. Изучение акритарх позволило А. И. Фридрихсоне в 1974 г. уточнить возраст стратиграфических подразделений, ранее выделенных ею совместно с Э. К. Лиелдиеной [34, 55].

Проведенное в 1974 г. структурно-фациальное районирование территории Прибалтики в венде и кембрии и одновременно начатые специальные исследования по изучению стратиграфии и литологических особенностей разреза кембрия в центральных районах Латвии [10, 12] показали, что решение проблемы возраста песчано-алевритовой толщи, относимой к ижорской толще, возможно именно на территории Центральной Латвии. В низах рассматриваемой толщи найдены нижнекембрийские акритархи, однако возраст верхней части толщи остался открытым из-за отсутствия палеонтологического материала.

Следствием дальнейшего обобщения результатов явилась разработка в 1976 г. новой местной стратиграфической схемы кембрийских отложений Латвии [13]. Она велась при тесной увязке полученных материалов с результатами проводившихся на протяжении ряда лет поль-

ско-советских исследований стратиграфии позднекембрийских и кембрийских отложений Восточно-Европейской платформы [4, 28]. При этом результаты исследований стратиграфии кембрия в Западной Латвии стали одной из главных составных частей новой Унифицированной стратиграфической схемы кембрия Прибалтики и всего запада Восточно-Европейской платформы [43].

Стратиграфическое расчленение кембрийских отложений в предлагаемой монографии проводится в соответствии с упомянутой новой местной стратиграфической схемой Латвии. Как и любая схема, она содержит нерешенные вопросы. К ним в первую очередь относятся граница кембрия и докембрия в Западной Латвии и возраст цирмской толщи.

Приведенный обзор исследований свидетельствует о сравнительно слабой изученности литологических особенностей, и прежде всего коллекторских свойств терригенных кембрийских пород Латвийской ССР к концу 60-х годов. Наиболее интересный представительный фактический материал получен после 1969 г., когда были пробурены многие параметрические, структурно-поисковые и глубокие поисковые скважины: Слампе-83, Деголе-59, Нитауре-58, Вишки-25, Ляулены-26, Лудза-15, Аташиене-9, Балдоне-80, Скривери-102, Алуксне-99, Папе-18, Папе-23, Вайнеде-101, а также целый ряд скважин в пределах Дегольской, Виесатской, Лукийской, Дукаской, Никрацской, Калвенской, Снепельской, Добельской, Южно-Кандавской, Вергальской, Бернатской структур. Очень ценный фактический материал получен за последние 10—12 лет, когда были пробурены новые скважины: Овиши-94, Мадона-93, Цирулиши, Вентспилс-3, Лиепая, Рига-2, Балтинава-17, Шкяуне-103, Краслава-104, Малта-105, Нагли-106 и группа скважин в районах Олайне, Рига, Юрмала.

Керн упомянутых и многих ранее пробуренных скважин дал возможность провести детальные исследования стратиграфии, литологических особенностей и коллекторских свойств вендских и кембрийских терригенных пород и влияния постседиментационных изменений на их фильтрационные и емкостные свойства. Более равномерное расположение новых буровых скважин по территории республики, особенно в ее восточной и центральной частях, и повышенный по сравнению с прежними годами вынос керна при проходе слабосцементированных терригенных пород в значительной степени благоприятствовали получению более цельной и объективной картины о вендских и кембрийских отложениях Латвии к 1980 г.

В 1976—1980 гг. во ВНИИморгео были проведены научно-исследовательские работы по изучению палеогеографических особенностей вендских и кембрийских бассейнов осадконакопления, а также палеотектоники территории Латвии. Исследования сопровождались составлением литолого-палеогеографических и палеотектонических карт территории Латвии масштаба 1:1 000 000.

Большое значение имеют результаты исследований польско-советской рабочей группы по проблеме «граница докембрия и кембрия», выполненных в 1971—1980 гг. В ходе этих исследований были разработаны схемы расчленения и корреляции вендских и нижнекембрийских отложений западного края Восточно-Европейской платформы и состав-

лены схематические литолого-палеогеографические карты края платформы, в том числе и территории Латвии в масштабе 1:1 500 000 [4, 5].

С 1976 г. изучение вендских и кембрийских отложений Латвии проводится также в рамках проекта № 86 Международной программы геологической корреляции «Восточно-Европейская платформа (юго-западный край)». Основные результаты этих работ по изучению кембрия опубликованы в 1981 г. в статье «Палеогеография запада Восточно-Европейской платформы в кембрийский период». Помимо палеогеографии приведена корреляция нижне- и среднекембрийских отложений обширного региона, включающего Скандинавию, ПНР, республики Советской Прибалтики, Белоруссию, Украину.

Общая характеристика вендских и кембрийских отложений Латвии отражена в монографии «Геологическое строение и полезные ископаемые Латвии», в объяснительных записках к геологической карте и структурно-формационной карте республик Советской Прибалтики масштаба 1:500 000, а также в опубликованной в 1982 г. книге «Геология республик Советской Прибалтики».

В 1980—1983 гг. во ВНИИморгео проводилось изучение стратотипических и опорных разрезов кембрия Латвии, в 1981 г. завершена геолого-структурная оценка вендско-кембрийской толщи Прибалтики с целью определения возможностей ее использования в качестве естественной поглощающей среды при создании новых подземных хранилищ газа и захоронении не поддающихся очистке сточных промышленных вод.

Таким образом, краткий обзор свидетельствует о сравнительно хорошей геологической изученности вендских и кембрийских отложений Латвии.

ГЛАВА II

УСЛОВИЯ ЗАЛЕГАНИЯ ВЕНДСКИХ И КЕМБРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ

ТЕКТОНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕНДСКО-КЕМБРИЙСКОЙ ТОЛЩИ

Территория Латвии располагается на северо-западе Восточно-Европейской платформы. Тектоническая структура осадочного чехла сформировалась в результате блоковых движений кристаллического фундамента и характеризуется наличием четырех структурных комплексов (этажей). Границы их четко фиксируются региональными перерывами в осадконакоплении и угловыми несогласиями.

Поверхность кристаллического фундамента Латвии обладает общим уклоном к юго-западу и характеризуется сравнительно большими перепадами глубины залегания — от −300 м на северо-востоке (район г. Валмиера) до −1900 м на крайнем юго-западе республики.

При тектоническом районировании кристаллического фундамента и низов осадочного чехла Западную и Центральную Латвию относят к Балтийской синеклизе, восточная часть республики занимает Латвийскую седловину и Южный склон Балтийского щита (рис. I). Балтийская синеклиза располагается в пределах республики только своей северо-восточной частью, а Южный склон Балтийского щита в пределах Латвии представлен только своим южным окончанием, известным под названием Валмиерско-Локновского выступа. Латвийская седловина практически полностью располагается на территории республики. Эти крупные структурные элементы кристаллического фундамента четко выделяются также в низах осадочного чехла [19, 20, 53, 54].

Балтийская синеклиза охватывает территорию Калининградской области, Западной Литвы, западной и центральной частей Латвии. Восточная граница синеклизы точно не установлена и условно проведена по разлому вдоль западного склона Эрглинского выступа, а на севере республики — вдоль западного склона Валмиерско-Локновского выступа. Западная граница синеклизы находится в Балтийском море.

Латвийская седловина располагается на востоке республики, между Валмиерско-Локновским выступом на севере и Белорусско-Мазурской антеклизой на юге, и является наиболее погруженной по сравнению с упомянутыми положительными структурами.

Южный склон Балтийского щита, представленный Валмиерско-Локновским выступом, занимает северную часть Восточной Латвии и является одной из наиболее крупных положительных структур первого порядка в кристаллическом фундаменте всей Прибалтики. Глубина залегания фундамента в пределах выступа (район г. Валмиера) составляет −350,2 м, а в наиболее поднятой части достигает −252 м (нас. п. Мынисте в Эстонской ССР).

С целью освещения тектонического положения вендских и кембрийских отложений приводится краткая характеристика трех упомянутых крупных структур.

Балтийская синеклиза имеет абсолютные отметки поверхности кристаллического фундамента от —550 м на северо-востоке до —2000 м в акватории Балтийского моря, примыкающей к юго-западному побережью Латвийской ССР. В пределах Западной Латвии поверхность кристаллического фундамента характеризуется абсолютными отметками от —907,6 м на севере Курземского п-ова (скв. Колка-54) до —1900 м на юго-западе, у границы с Литовской ССР.

Наиболее высоким гипсометрическим положением кристаллического фундамента отличается крайняя северо-восточная часть Балтийской синеклизы. Здесь, на восточном побережье Рижского залива, абсолютные отметки фундамента составляют от —650 до —550 м. В целом поверхность кристаллического фундамента характеризуется наличием приподнятых и сопряженных с ними опущенных зон, что обусловлено его блоковым строением.

Наиболее крупные структурные элементы кристаллического фундамента в Балтийской синеклизе: Дундагская моноклиналь, Лиепайская впадина, Западно-Курземское поднятие, Центрально-Курземская депрессия, Восточно-Курземская, Южно-Латвийская и Лимбажская ступени, Средне-Латвийская моноклиналь, а также Салдусско-Слокская и Инчукалнская зоны приразломных поднятий. Детальная характеристика этих структурных элементов приведена в специальных работах [19, 54] и потому здесь не рассматривается. Отметим лишь, что абсолютное большинство этих структур выделяется также в нижнепалеозойской осадочной толще. Особенно четко указанные структурные элементы прослеживаются в каледонском комплексе (этаже), где, за редкими исключениями, носят одноименные названия (см. рис. 1).

К образованиям платформенного этапа развития Балтийской синеклизы относятся породы верхнего протерозоя, палеозоя и мезозоя, слагающие четыре структурных комплекса: байкальский, каледонский, герцинский и альпийский. Ввиду специфики данной работы нами рассматриваются только байкальский и каледонский комплексы, познание структуры которых позволяет более наглядно представить условия залегания кембрийских отложений.

В Балтийской синеклизе к байкальскому комплексу относятся терригенно-туфогенные образования валдайской серии (зурасская толща), развитые только на северо-западе Курземского п-ова в пределах Лиепайской впадины. Мощность пород комплекса не превышает 30 м, его структурный план изучен очень слабо, так как породы этого возраста вскрыты только единичными глубокими скважинами. Имеющиеся данные позволяют полагать, что структурный план байкальского комплекса в Балтийской синеклизе унаследован и в целом повторяет современный рельеф кристаллического фундамента.

Структурный план каледонского комплекса в общих чертах повторяет рельеф фундамента. Впадинам фундамента соответствуют прогибы, а локальным поднятиям — положительные структуры в осадочном чехле. Во впадинах мощность пород, слагающих каледонский струк-

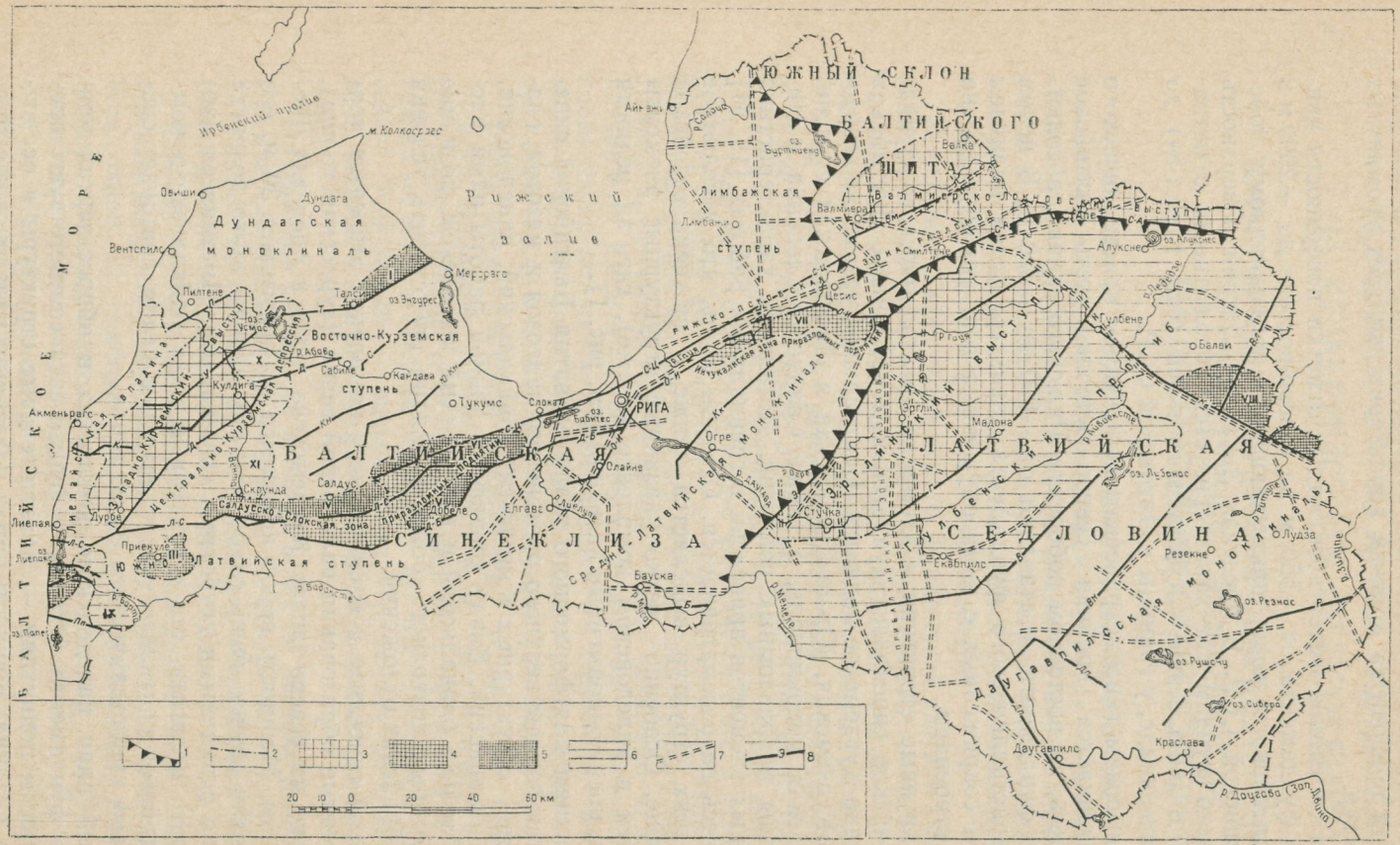


Рис. 1. Схема тектонического районирования кристаллического фундамента Латвийской ССР. Масштаб 1:1 000 000: *1* — границы структурных элементов первого порядка; *2* — второго порядка; *3* — выступы; *4* — зоны приразломных поднятий; *5* — положительные структуры третьего порядка: *I* — Талсинский выступ, *II* — Бернатский выступ, *III* — Приекульский выступ, *IV* — Салдусское поднятие, *V* — Добельское поднятие, *VI* — Слокское поднятие, *VII* — Инчукалнское поднятие, *VIII* — Вилякский выступ; *6* — отрицательные структуры третьего порядка: *IX* — Бартский прогиб, *X* — Рендский прогиб, *XI* — Скрундский прогиб; *7* — основные доплатформенные разломы; *8* — основные платформенные разломы: *П* — Пилтенский; *У* — Усмаский; *К* — Кулдигские; *Т* — Талсинский; *Д* — Дурбеский; *С* — Сабильский; *Кн* — Кандавский; *Ю-Кн* — Южно-Кандавский; *Б* — Бернатские; *Л-С* — Лиепайско-Салдусский; *Д-Б* — Добельско-Бабитский; *С-Ц* — Слокско-Цесисский; *О-И* — Олайнско-Инчукалнский; *Кк* — Кекавский; *Вм* — Валмиерский; *С-А* — Смилтенско-Апский, *Б* — Бауский; *Э* — Эрглинский; *Г* — Гулбенский; *Вл* — Вилякский; *Ка* — Карсавский; *В* — Виеситские; *Вн* — Вилянский; *Дп* — Даугавпилсские; *Р* — Резнаский.

турный комплекс (этаж), увеличивается, а для приподнятых участков характерно сокращение мощности, что обусловлено выпадением из разреза пород венда, нижнего—среднего кембрия, а местами также ордовика и силура.

Представление о современном структурном плане каледонского комплекса и кембрийских отложений дает карта их поверхности (рис. 2).

Как и при тектоническом районировании кристаллического фундамента, в пределах Западной и Центральной Латвии (Балтийской синеклизы) в низах платформенного чехла выделяется ряд структурных элементов (см. рис. 1): Дундагская моноклиналь, Лиепайская впадина, Западно-Курземское поднятие, Центрально-Курземская депрессия, Восточно-Курземская ступень, Салдусско-Слокское поднятие, Южно-Латвийская ступень, Средне-Латвийская моноклиналь, Лимбажская ступень. Большинство этих структурных элементов осложнено валами, прогибами, локальными поднятиями и разрывными нарушениями. Все упомянутые элементы каледонского комплекса охарактеризованы в специальных работах [20, 53, 54], и поэтому нами приведены только общие сведения о тектоническом районировании низов платформенного чехла и рассмотрены некоторые особенности общей структуры в пределах различных частей территории. Поверхность кембрийских отложений в общих чертах, а местами даже в деталях повторяет рельеф кристаллического фундамента (см. рис. 2).

На севере Курземского п-ова маркирующая поверхность кембрийских пород имеет абсолютные отметки от −747 м (скв. Колка-54) до (−950)—(−1100) м (Пилтенский структурный нос и сопряженный с ним Пилтенский прогиб). На побережье Балтийского моря по изогипсе −1000 м выделяется Западно-Курземское поднятие, в целом совпадающее с одноименной зоной в рельефе фундамента. На севере этой зоны группируется ряд локальных поднятий: Эдольское, Усмаское, Северо-Кулдигское, Кулдигское, Снепельское, Дангаское и Павилостское (Вергальское). Все они относятся к брахиантиклиналям и куполам, имеют субширотную или северо-восточную ориентировку и располагаются в виде цепочки вдоль валообразного поднятия фундамента. Сводовые части этих локальных поднятий оконтуриваются изогипсами −900, −950 и −1050 м, при этом наблюдается пологое погружение поверхности кембрийских пород с севера на юго-запад.

В южной части Западно-Курземского поднятия абсолютные отметки поверхности кембрийских отложений достигают −1150 м; приуроченные к этой части вала локальные структуры (Айзпутская, Лиепайская и Дурбеская) более изометричны и характеризуются почти симметричным погружением склонов.

Центрально-Курземская депрессия, состоящая из Скрундского и Рендского прогибов, представляет собой область более глубокого залегания поверхности кембрийских отложений. Отметки кровли кембрия здесь составляют (−1200)—(−1300) м.

В пределах Салдусско-Слокского поднятия кровля кембрия имеет абсолютные отметки от −868 м на своде Слампеского локального поднятия до (−900)—(−1150) м на Салдусском вале и Калвенском локальном поднятии. Следовательно, поверхность кембрия здесь погружается в юго-западном направлении.

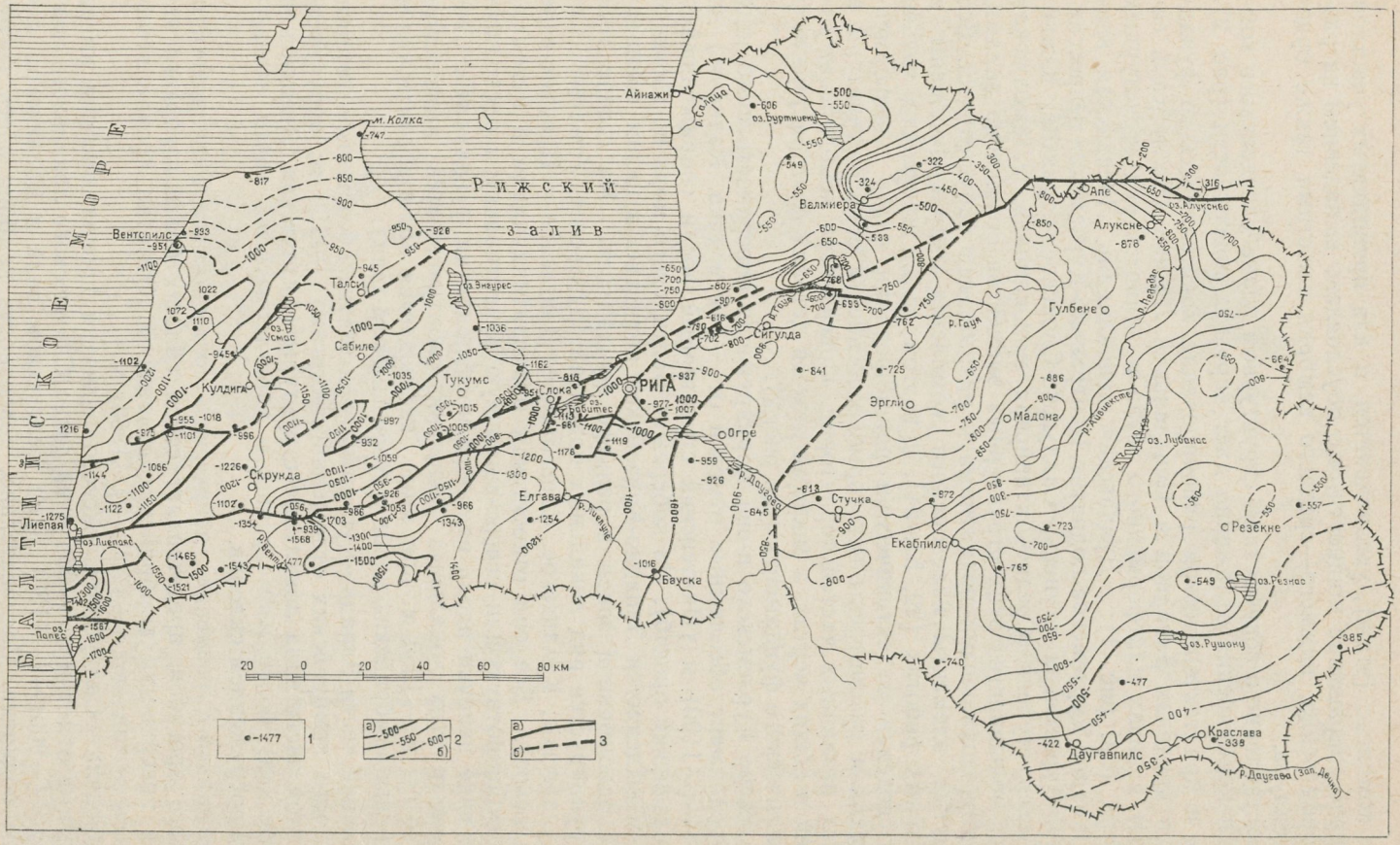


Рис. 2. Структурная карта поверхности кембрийских отложений Латвийской ССР. Масштаб 1 : 1 000 000: *1* — скважина и абсолютная отметка поверхности кембрийских отложений; *2* — изогипсы поверхности кембрия: *а* — установленные, *б* — предполагаемые; *3* — разрывные нарушения: *а* — установленные, *б* — предполагаемые.

Максимальной глубиной современного залегания поверхности кембрийских отложений характеризуется Южно-Латвийская ступень: отложения погружаются к югу и юго-западу от абсолютной отметки −1254 м в районе скв. Кроньауце-57 до (−1700)—(−1900) м на крайнем юго-западе республики, у побережья Балтийского моря. Выделяются отдельные поднятия: Бернатское, Приекульское, Паплакское, Кадикское. Своды этих локальных структур оконтуриваются изогипсой −1500 м.

На западном побережье Рижского залива в пределах Восточно-Курземской ступени и Талсинского вала поверхность кембрийских пород залегает на отметках (−850)—(−1050) м. Наиболее высокое положение кровля кембрия занимает на Талсинском (−850 м) и Южно-Кандавском (−932 м) валах. Здесь же выделяется ряд локальных прогибов с отметками кровли кембрия (−1000)—(−1150) м.

На восточном побережье Рижского залива в пределах северо-восточного борта Балтийской синеклизы (Лимбажская ступень) глубина залегания кровли пород кембрия от −550 до (−900)—(−1000) м.

Абсолютные отметки современной поверхности фундамента в Латвийской седловине изменяются от −650 до −1000 м. Наиболее глубоко кристаллический фундамент залегает в центральной части седловины, где в пределах Гулбенской депрессии его абсолютные отметки достигают −1000 м и более. К юго-востоку и югу от этой депрессии поверхность фундамента воздымается к Белорусско-Мазурской антеклизе до отметок (−650)—(−700) м.

Северная граница Латвийской седловины совпадает с крупной зоной разломов, амплитуда которой достигает 350—500 м. Западная граница седловины проходит по разлому вдоль западного склона Эрглинского выступа, а южная точно не установлена и условно может быть проведена в субширотном направлении южнее г. Даугавпилс (за пределами республики).

Ввиду слабой геолого-геофизической изученности Латвийской седловины рельеф фундамента представляется сравнительно несложным, выделяются Эрглинский выступ, Гулбенская депрессия и Даугавпилсская моноклиналь (см. рис. 1).

Наиболее крупный положительный структурный элемент седловины — Эрглинский выступ, представляющий собой осложненную дизъюнктивными нарушениями зону приподнятого залегания фундамента, ориентированную в субмеридиональном направлении и имеющую протяженность 120 км. Абсолютные отметки фундамента в пределах Эрглинского выступа от −700 до −750 м. На выступе выявлен ряд локальных поднятий.

Наиболее крупная отрицательная структура по поверхности фундамента в Латвийской седловине — Гулбенский прогиб с отметками фундамента до −1000 м и ориентацией в субширотном направлении. Размеры прогиба по изогипсе −900 м составляют 125×35 км.

Даугавпилсская моноклиналь характеризуется общим уклоном поверхности кристаллического фундамента от −700 м в районе г. Даугавпилс до −900 м на границе с Гулбенским прогибом. Кроме этих структурных элементов в седловине выделяются Вилякский выступ, Межарское и Акнистское поднятия.

Структурные особенности пород, слагающих байкальский и каледонский комплексы, в пределах Латвийской седловины изучены недостаточно. Байкальский структурный комплекс сложен краславской вулканогенно-осадочной толщей, терригенными породами валдайской серии (гдовская, котлинская и воронковская свиты), а также лонтоваской свиты нижнего кембрия. Верхняя граница комплекса сильно эродирована. Мощность пород комплекса изменяется от первых метров на восточных склонах Эрглинского вала до 250 м на крайнем юго-востоке республики. При этом наблюдается несоответствие структурных планов поверхности кристаллического фундамента и байкальского комплекса.

Каледонский структурный комплекс в пределах Латвийской седловины представлен нижне- и среднекембрийскими терригенными породами, глинисто-карбонатными образованиями ордовика, силура и терригенными породами нижнего девона.

По поверхности кембрийских отложений в Латвийской седловине выделяются те же структурные элементы, которые установлены в кристаллическом фундаменте (см. рис. 2). Абсолютные отметки глубины залегания поверхности кембрийских пород изменяются от −338 (скв. Краслава-104) до −900 м в центральной части Гулбенской депрессии. На западе Латвийской седловины в пределах сводовой части Эрглинского вала и Акнистского поднятия кровля кембрия залегает на абсолютных отметках 650—750 м. В целом наблюдается погружение поверхности кембрия от района г. Даугавпилс (одноименная моноклиналь) к району г. Алуксне, Гулбене, Мадона, Плявиняс (Гулбенская депрессия) с последующим воздыманием в пределах Эрглинского вала и Южного склона Балтийского щита.

Этот район отличается наиболее высоким гипсометрическим положением кристаллического фундамента, где в пределах так называемого Валмиерско-Локновского выступа его отметки составляют (−300)—(−500) м. Байкальский структурный комплекс на рассматриваемой части выступа не развит, а каледонский отличается сильно сокращенной мощностью, что обусловлено отсутствием ряда стратиграфических подразделений разреза нижнего палеозоя. Так, в сводовой части Валмиерско-Локновского вала из пород каледонского комплекса присутствуют только маломощные (до 20 м) нижне—среднекембрийские терригенные породы, на части территории вала имеют неполную мощность отложения ордовика и силура, а нижнедевонские породы отсутствуют.

Балтийская синеклиза, Латвийская седловина и Валмиерско-Локновский вал отличаются различной степенью полноты стратиграфического разреза кембрия благодаря различной интенсивности опускания или поднятия отдельных зон (см. главу III).

Приведенные данные свидетельствует о больших перепадах глубин залегания вендских и кембрийских отложений на территории республики и о значительных изменениях мощности разреза. С учетом сложной геологической истории развития региона ясно, что глубина залегания пород венда и кембрия в разные геологические периоды отличалась от современной. Так, например, данные анализа плотности, пористости и порового объема глинистых пород кембрия Латвии и

их сопоставление с данными по другим районам подтверждают, что глубины погружения кембрийских и валдайских отложений на важнейших рубежах геологической истории составляли: к началу ордовика до —200 м, на рубеже ордовика и силура от —350 до —600 м, силура и девона от —600 до —900 м, девона и карбона от —1000 до —1500 м. Максимальная глубина погружения кембрийских и валдайских отложений Западной Латвии в мезозое от —1700 до —2400 м. По данным В. С. Щербакова, здесь выделяются наиболее погруженные Пилтенский и Скрундско-Приекульский участки, где глубина погружения толщи терригенных пород кембрия была ниже отметки —2000 м. Восточная и центральная части республики в это время характеризовались глубиной погружения рассматриваемых отложений до (—1200)—(1500) м.

Большая глубина погружения кембрийских отложений наряду с другими факторами, как показано в последующих главах, наложила отпечаток на коллекторские свойства пород и в значительной степени определила ход постседиментационных преобразований.

ГЛАВА III

СТРАТИГРАФИЯ ВЕНДСКО-КЕМБРИЙСКОЙ ТОЛЩИ

В составе вендско-кембрийской терригенной толщи выделяются вендский комплекс и кембрийская система, расчлененные на ряд био- и литостратиграфических подразделений. Сопоставление местных

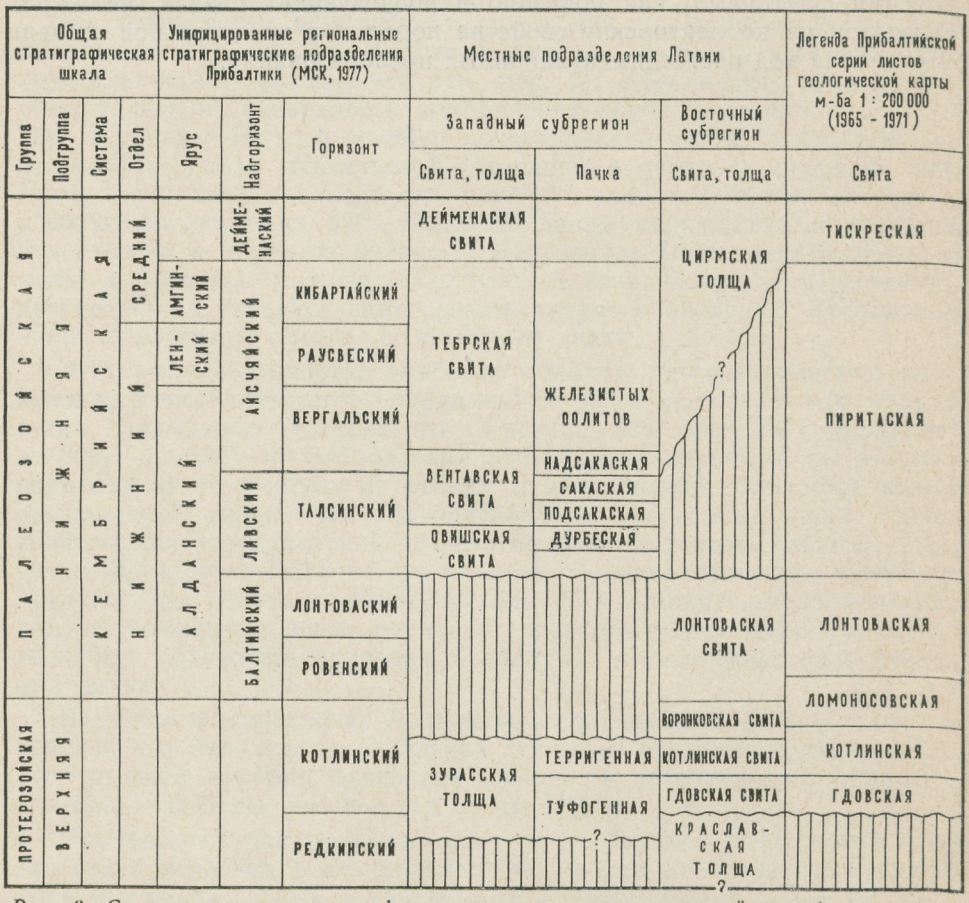


Рис. 3. Сопоставление стратиграфических схем верхнепротерозойских (вендских) и кембрийских отложений Латвии и Прибалтики.

стратиграфических подразделений с общей стратиграфической шкалой и унифицированными региональными стратиграфическими подразделениями республик Советской Прибалтики приведено на рис. 3.

ВЕНДСКИЙ КОМПЛЕКС

Вендский комплекс представлен субщелочными базальтоидными лавами, вулканогенно-осадочными и осадочными породами. Эти обра-

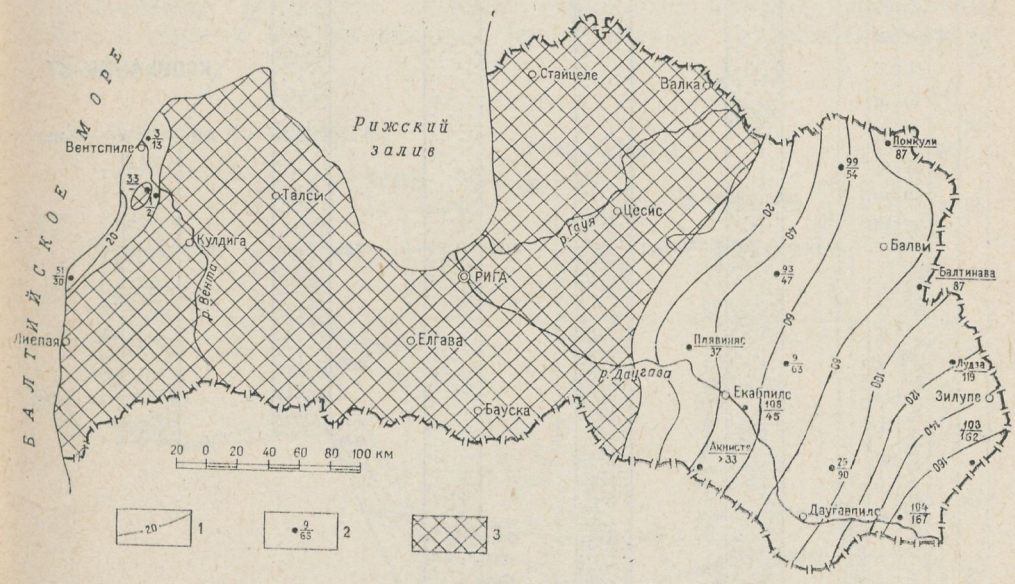


Рис. 4. Схема мощностей отложений вендского комплекса: *1* — изопахиты; *2* — скважина (в числителе — номер, в знаменателе — мощность отложений вендского комплекса в метрах); *3* — область отсутствия отложений вендского комплекса.

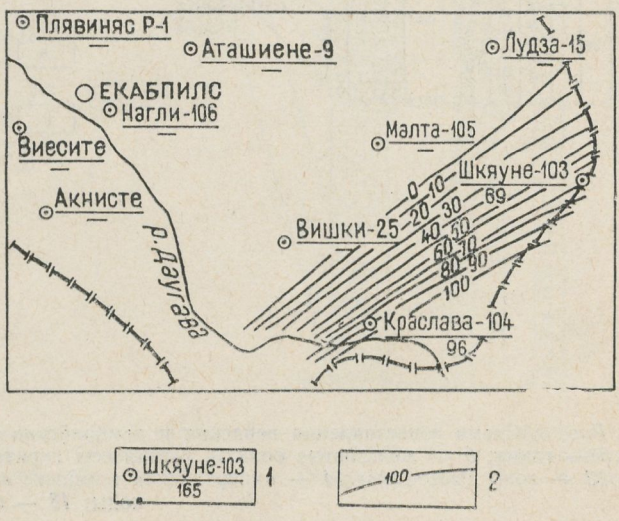


Рис. 5. Схема мощностей краславской вулканогенно-осадочной толщи на юго-востоке Латвии: *1* — скважина (в числителе — наименование и номер, в знаменателе — мощность краславской толщи в метрах); *2* — изопахиты.

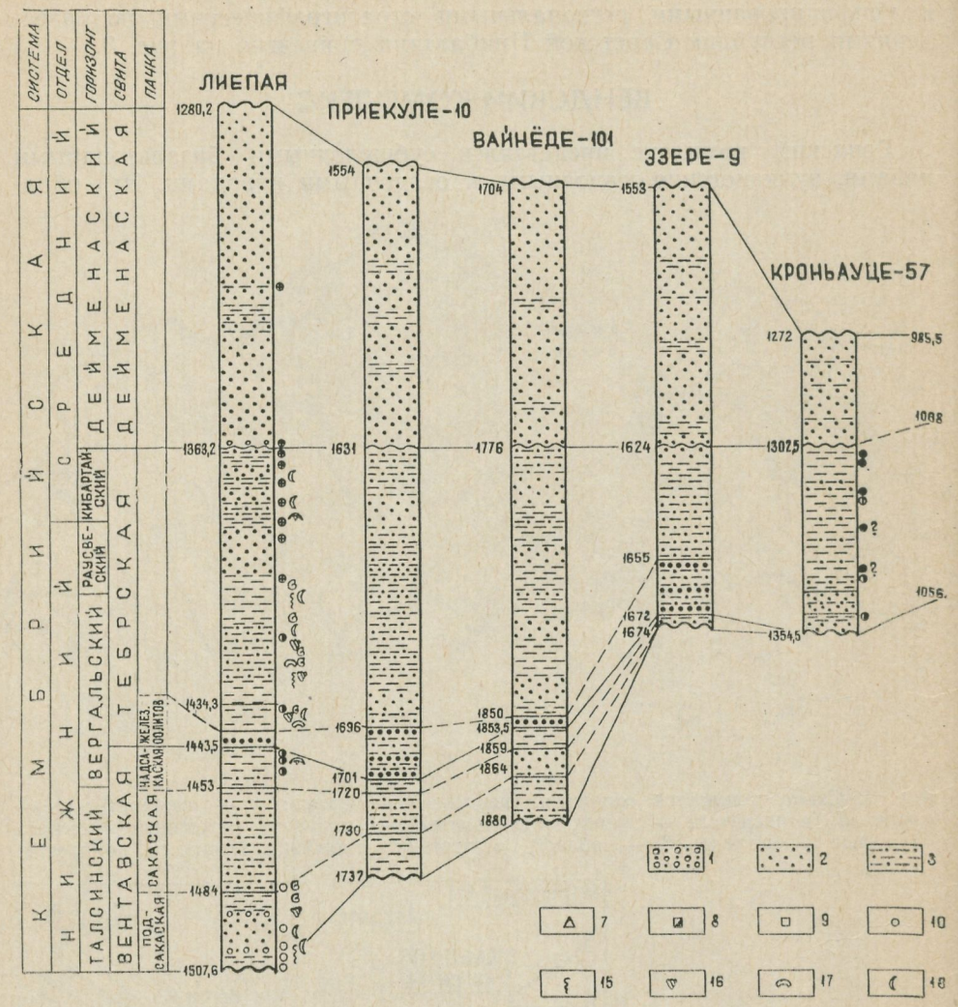
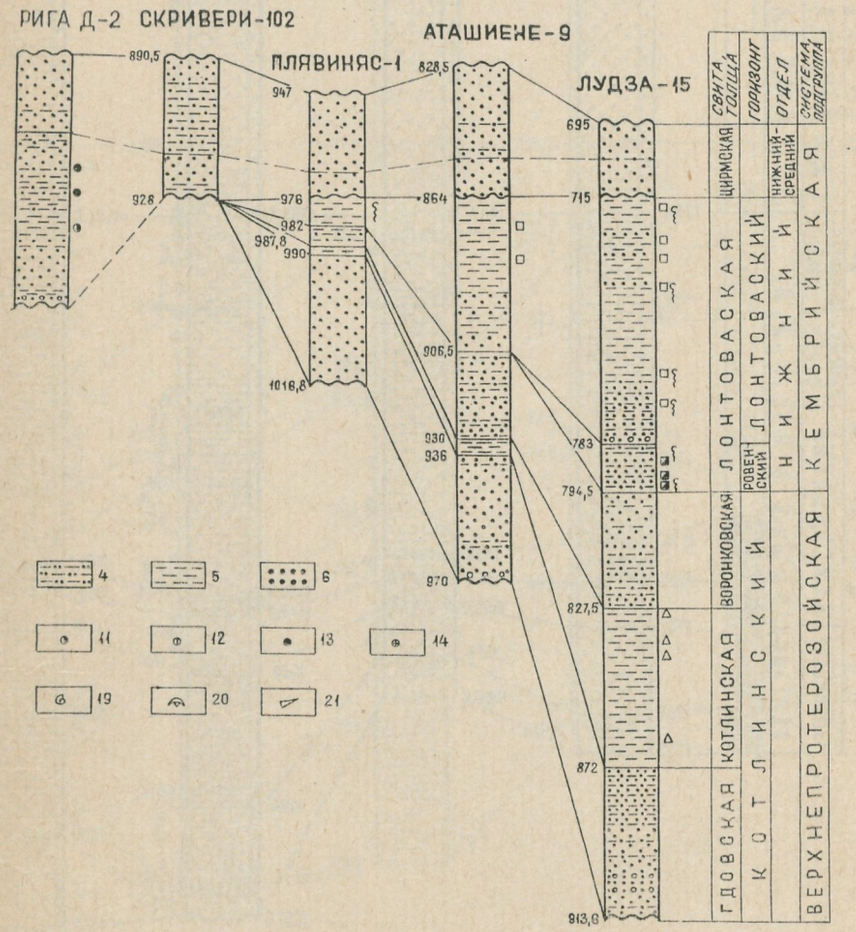


Рис. 6. Схема сопоставления вендских и кембрийских отложений по линии Лиепая—
5 — глина; *6* — железистые оолиты. Комплексы акритарх: *7* — котлинский; *8* — ро-
13 — зоны Protolenus; *14* — кибартайский комплекс зоны Eccaparadoxides oelandicus
коды; *18* — брахиоподы; *19* — головоногие;

зования залегают на разновозрастных породах кристаллического фундамента и повсеместно перекрываются кембрийскими отложениями. Вендские породы распространены только на северо-западе и востоке республики, общая их мощность изменяется от первых метров до 167,0 м (рис. 4—7).

Самые древние вендские породы представлены субщелочными базальтоидными лавами, более молодые, отнесенные к волынской и валдайской сериям, сложены вулканогенно-осадочными и осадочными отложениями. В составе вендского комплекса помимо субщелочных базальтоидных лав выделяются (снизу вверх): краславская вулка-



Лудза: *1* — гравелит, конгломерат; *2* — песчаник; *3* — алевролит; *4* — алевропелит;
венский; *9* — лонтоваский; *10* — талсинский; *11* — вергальский; *12* — раусвеский;
и обедненный среднекембрийский; *15* — черви; *16* — фораминиферы; *17* — остра-
20 — трилобиты; *21* — хиолиты.

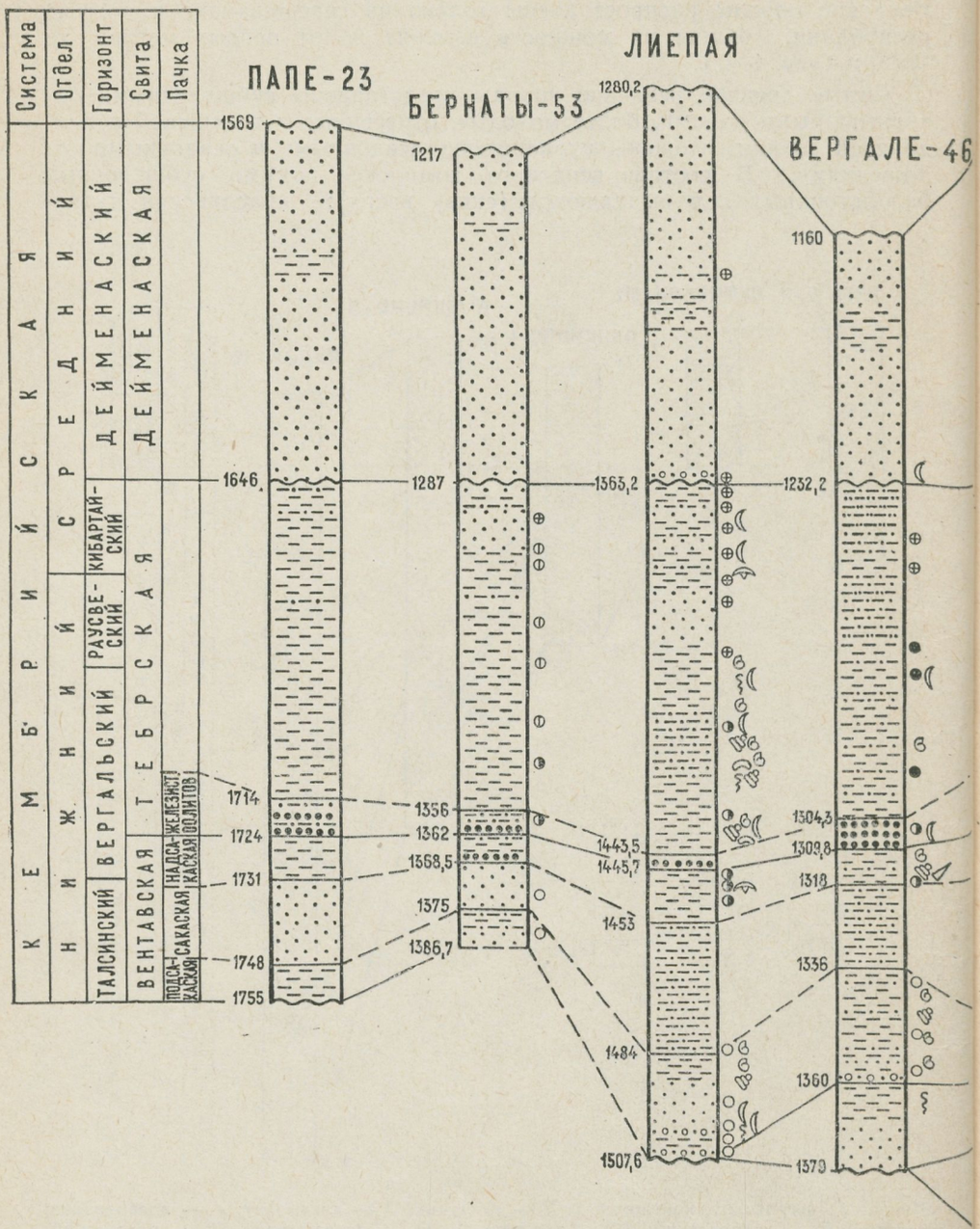
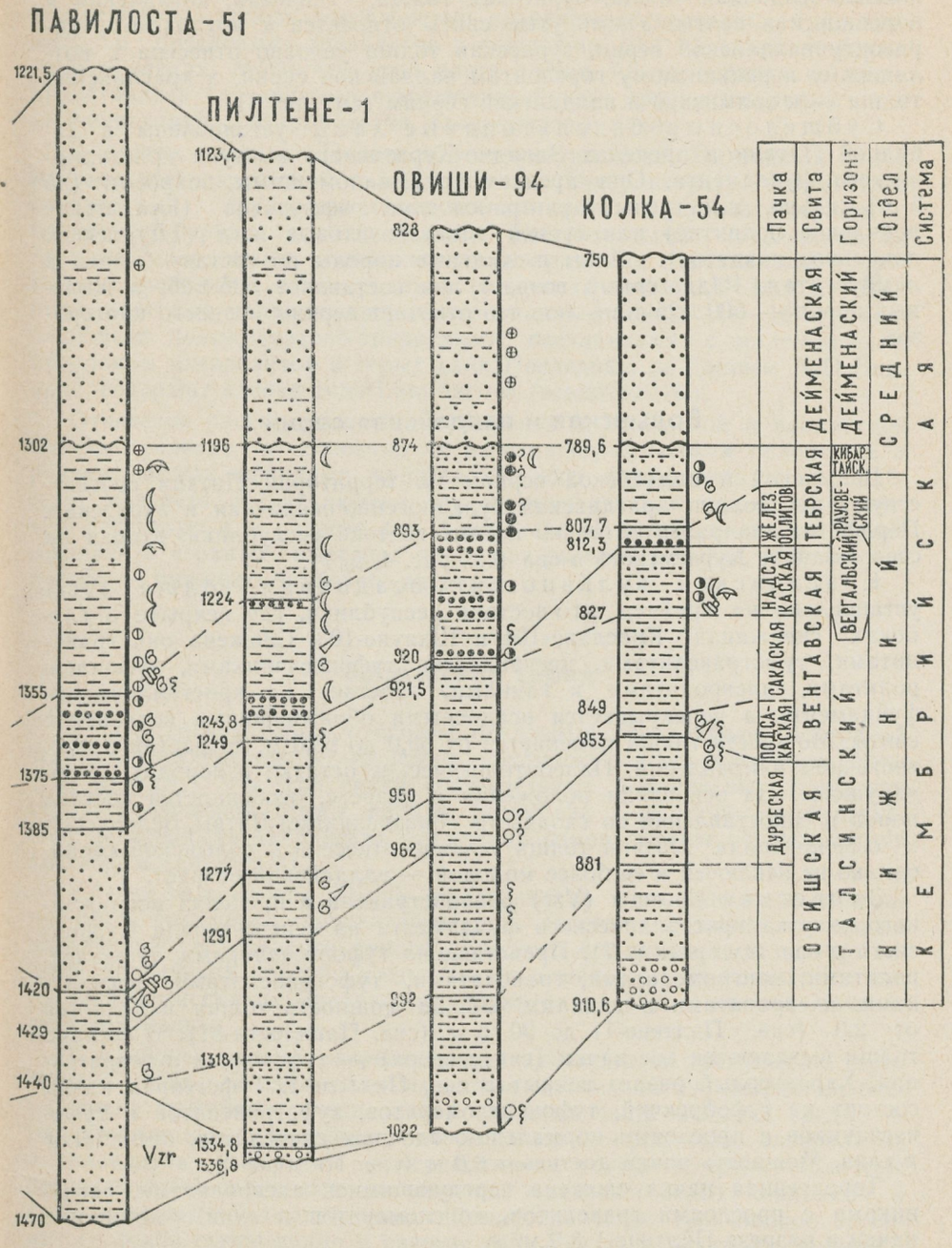


Рис. 7. Схема сопоставления вендских и кембрийск отложений по линии Папе—Колка.

Условные обозначе те же, что и на рис. 6.



ногенно-осадочная толща, зурасская толща, гдовская, котлинская и воронковская свиты. Упомянутые свиты относятся к котлинскому горизонту валдайской серии, зурасская толща условно отнесена к котлинскому и редкинскому горизонтам валдайской серии, а краславская толща — к волынской и валдайской сериям (см. рис. 3).

Субщелочные базальтоидные лавы установлены в Западной Латвии в пределах Западно-Курземского выступа кристаллического фундамента. Они представлены маломощным покровом (до 5 м) сильно выветрелых ультраосновных эффузивов (Кулдигское локальное поднятие) или серией ультрабазитовых жил (Дурбеское локальное поднятие). Лавы и жильные породы по составу близки к лимбургитам. Радиогенный возраст лав составляет 595±25, а жильных пород — 600±25 млн. лет, что отвечает верхам позднего протерозоя.

Волынская и валдайская серии

Волынской и валдайской сериям на территории Латвии соответствуют две толщи: краславская вулканогенно-осадочная и зурасская. Первая из них развита только на юго-востоке республики, вторая на северо-западе Курземского п-ова (см. рис. 4, 5, 7).

Краславская вулканогенно-осадочная толща (Vkr) установлена на крайнем юго-востоке республики, где вскрыта в глубоких скважинах Краслава-104 и Шкяуне-103. Сложена она гравелитами, туфогравелитами, песчаниками, туфопесчаниками, туфоалевролитами, алевролитами и глинами, залегает на кристаллическом фундаменте, а перекрывается осадочными образованиями котлинской свиты. Мощность толщи изменяется от 69,0 до 96,0 м, возрастая в юго-восточном направлении. Палеонтологические остатки в породах не обнаружены. На основании положения в разрезе, особенностей состава пород и сопоставления со сходными образованиями Литвы, Белоруссии и северо-запада Латвии толща условно отнесена к волынской серии, однако не исключен и ее более молодой — валдайский возраст.

Зурасская толща (Vzr) распространена в пределах погруженного участка кристаллического фундамента на северо-западе Курземского п-ова (см. рис. 4, 7). Представлена туфопесчаниками, туфоалевролитами, конгломератами, гравелитами, туфогравелитами, песчаниками, алевролитами и глинами. Общая мощность толщи изменяется от 2,0 (скв. Пилтене-1) до 30,15 м (скв. Павилоста-51). В составе толщи выделяются две пачки (снизу вверх) — туфогенная и терригенная. Характерный разрез вскрыт в скв. Пилтене-1. Туфогенная пачка состоит из туфобрекчий, туфоконгломератов, туфогравелитов и туфопесчаников с прослоями нормально-осадочных гравелитов, песчаников и глин. Мощность пачки достигает 6,0 м (скв. Пилтене-1).

Терригенная пачка сложена чередующимися алевролитами, песчаниками с прослоями гравелитов, конгломератов и глин. Мощность пачки в разрезе Пилтене-1 8,0 м.

В остальных разрезах упомянутые пачки четко не выделяются. Так, например, в разрезе скв. Павилоста-51 к зурасской толще условно

отнесены грубообломочные образования мощностью 30,15 м. Низы толщи здесь слагают косослоистые алевритовые песчаники и алевролиты с прослоями гравелитов в основании (0,2 м) и красно-бурых глин в верхах. Мощность этой части толщи 7,6 м; верхняя ее часть представлена песчаниками с многочисленными прослоями мелкогалечных конгломератов, гравелитов, алевролитов и глин.

В других разрезах Пилтенской структуры (скв. Пилтене-32 и 34) нижняя часть зурасской толщи сложена (снизу вверх): кварцевыми гравелитами, грубозернистыми песчаниками, голубовато-серыми и красновато-бурыми тонкослоистыми алевритистыми и слюдистыми глинами, кварцевыми, полевошпатово-кварцевыми песчаниками с прослоями гравелитов и алевролитов (мощность пачки 2,5—10,4 м). Над ними залегают волнисто-прерывисто-слоистые глины (14—16 м), венчающиеся полевошпатово-кварцевыми песчаниками с маломощными прослоями алевролитов и серых глин. Последние, по данным А. П. Биркиса, содержат пленки типа Laminarites (вендотениды).

Отнесение рассматриваемых отложений к волынской и валдайской сериям условно и основано на их стратиграфическом положении в разрезе между породами кристаллического фундамента и кембрийского возраста. Не исключено, что нижняя часть толщи на Пилтенской структуре и в разрезе скв. Павилоста-51 может оказаться более древней, а верхи ее, имеющие обширное распространение, и более молодого — нижнекембрийского возраста.

Валдайская серия

К валдайской серии отнесены осадочные образования Восточной Латвии, расчлененные на гдовскую, котлинскую и воронковскую свиты (см. рис. 6). Эти три свиты соответствуют котлинскому горизонту стратиграфической схемы валдая республик Советской Прибалтики. Общая мощность валдайских отложений изменяется от первых метров до 116,6 м (см. рис. 4).

Гдовская свита (Vgd) представлена песчаниками и алевролитами с прослоями гравелитов и глин. Залегают гдовские породы на выветрелой поверхности кристаллического фундамента, а перекрываются котлинской свитой; мощность их изменяется от первых метров на восточном склоне Эрглинского поднятия до 63,0 м на юге Латвийской седловины.

В наиболее полных разрезах свиты наблюдается трехчленное строение: в низах залегают разнозернистые полевошпатово-кварцевые песчаники с прослоями алевролитов; средняя часть сложена средне- и разнозернистыми кварцевыми песчаниками с прослоями алевролитов и гравелитов, а верхняя — чередованием тонко- и среднезернистых полевошпатово-кварцевых песчаников, зеленовато-серых кварцевых и слюдисто-кварцевых алевролитов. Наиболее четко трехчленное строение гдовской свиты видно в разрезе скв. Лудза-15, мощность упомянутых частей разреза здесь соответственно 5,4; 18,2 и 18,1 м (снизу вверх).

В породах гдовской свиты палеонтологические остатки не обнаружены. Возраст отложений определен условно по положению в разрезе и на основании сопоставления со сходными образованиями Эстонии, северо-западных районов РСФСР и востока Литвы.

Котлинская свита (Vkt) сложена светлоокрашенными, зеленовато- и голубовато-серыми линзовидно- и тонкослоистыми гидрослюдистыми глинами с прослоями алевролитов и песчаников. Залегают котлинские породы на образованиях краславской толщи (скв. Краслава-104 и Шкяуне-103) или на гдовской свите. Мощность котлинских пород изменяется от 2,2 до 75,0 м, возрастая в юго-восточном направлении.

В глинах свиты обнаружены типичные котлинские акритархи: Leiosphaeridia тип А., L. тип В, пленки типа Laminarites и многочисленные нитевидные остатки органического вещества.

Возраст вмещающих пород определен на основании находок акритарх и сопоставления с хорошо изученными разрезами котлинской свиты Эстонии, Псковской и Ленинградской областей РСФСР.

Воронковская свита (Vvr) состоит из алевролитов, песчаников, глин и гравелитов. В наиболее типичном разрезе (скв. Лудза-15) представлена зеленовато-серыми массивными кварцевыми алевролитами с прослоями (до 10 см) светло-серых слабосцементированных полевошпатово-кварцевых песчаников, мелко- и среднезернистых, косослоистых, мощностью 15,2 м. Венчается свита переслаивающимися мелко-, средне- и крупнозернистыми белыми, почти рыхлыми песчаниками с прослоями зеленовато-серых глин. Глины алевритистые, иногда каолинизированные, в основном гидрослюдистые (до 84%), с каолинитом (до 35%) и хлоритом (до 6%). Мощность верхней части разреза 15,3 м.

Залегает воронковская свита на котлинских породах, а перекрывается нижнекембрийскими образованиями. Местами в ее кровле наблюдается слабовыраженная кора выветривания, свидетельствующая о перерыве в осадконакоплении.

В других разрезах (скв. Вишки-25, Аташиене-9) свита сложена толщей песчаников, алевролитов и гравелитов, а в скв. Алуксне-99 ее разрез представлен (снизу вверх) кварцевыми гравелитами с прослоями песчанистых алевролитов (9 м), разно- и крупнозернистыми косослоистыми кварцево-полевошпатовыми песчаниками (0,5 м) и тонким чередованием темно- и зеленовато-серых алевритистых глин и мелкоразнозернистых полевошпатово-кварцевых песчаников (мощность 0,5 м).

Общая мощность свиты возрастает к востоку от первых метров на восточном склоне Эрглинского поднятия до 30,50 м в разрезе скв. Лудза-15. Палеонтологические остатки в породах свиты не найдены. Возраст пород определен условно по положению в разрезе между фаунистически охарактеризованными котлинскими и лонтоваскими отложениями, а также на основании сопоставления с выделенной в Эстонии и Ленинградской области воронковской свитой. Ранее воронковские отложения относились к ломоносовской свите нижнего кембрия.

КЕМБРИЙСКАЯ СИСТЕМА

Общие сведения

Кембрийские отложения в Латвийской ССР распространены повсеместно и представлены почти исключительно терригенными образованиями: песчаниками, алевролитами и глинами, гравелитами и конгломератами с прослоями бурых оолитовых железняков.

Залегают кембрийские породы на разновозрастных образованиях кристаллического фундамента и верхнего протерозоя (валдайская серия), перекрываются почти повсеместно глинисто-карбонатными или песчаными отложениями ордовика. Исключение составляет район Валмиерско-Локновского вала, где местами в своде структуры они перекрываются девонскими породами.

Общая мощность и глубина залегания кембрийских отложений изменяются в широких пределах и определяются их приуроченностью к различным тектоническим структурам. Последнее обстоятельство обусловливает полноту стратиграфического разреза кембрия, а также литолого-фациальные особенности в тех или иных частях республики. Общая мощность кембрийских отложений изменяется от 12,0 до 227,0 м (рис. 8).

Разрезы кембрия в Западной, Восточной и Центральной Латвии принципиально различаются как по возрастному диапазону, так и литологическим особенностям, составу и мощности. Если на востоке республики наиболее мощная часть разреза кембрия относится к ровенскому и лонтоваскому горизонтам (дотрилобитовые слои, балтийский и томмотский ярусы, по разным авторам), то на западе и в центральной части Латвии (Балтийская синеклиза) эти отложения отсутствуют и разрез представлен в основном отложениями талсинского, вергальского, раусвеского, кибартайского горизонтов и дейменаского надгоризонта (трилобитовая часть нижнего кембрия и средний кембрий). Несколько обособленно могут рассматриваться сильно сокращенные по мощности разрезы Центральной Латвии (цирмская толща), где распространены преимущественно песчано-алевритовые породы, относимые в настоящее время к верхам нижнего и низам среднего кембрия [12, 18, 43].

Для Балтийской синеклизы характерны значительные колебания мощности кембрийских пород: от 132—161 м на севере Курземского п-ова (скв. Талси-55, скв. Колка-54) до 142—180 м на Кулдигском поднятии и более 200 м на западе полуострова (см. рис. 8). Наибольшей мощности они достигают в Лиепайской впадине на побережье Балтийского моря (200—227 м) и в пределах Южно-Латвийской ступени (скв. Приекуле — 199—214 м).

На северо-востоке Балтийской синеклизы (центральная часть Латвии) мощность кембрийских пород уменьшается до 82,0—41,0 м (скв. Кроньауце-57, район г. Рига, скв. Стайцеле-4), еще далее к востоку она продолжает уменьшаться до 12—22 м (скв. Стренчи-3, -8 и Скривери-102). Лишь на востоке Латвийской седловины, в зоне ее сочленения с Московской синеклизой, мощность кембрия возрастает, достигая 122—136,0 м на юго-востоке (см. рис. 8). Здесь в последние годы скв. Лудза-15 вскрыт один из наиболее полных и стратиграфически

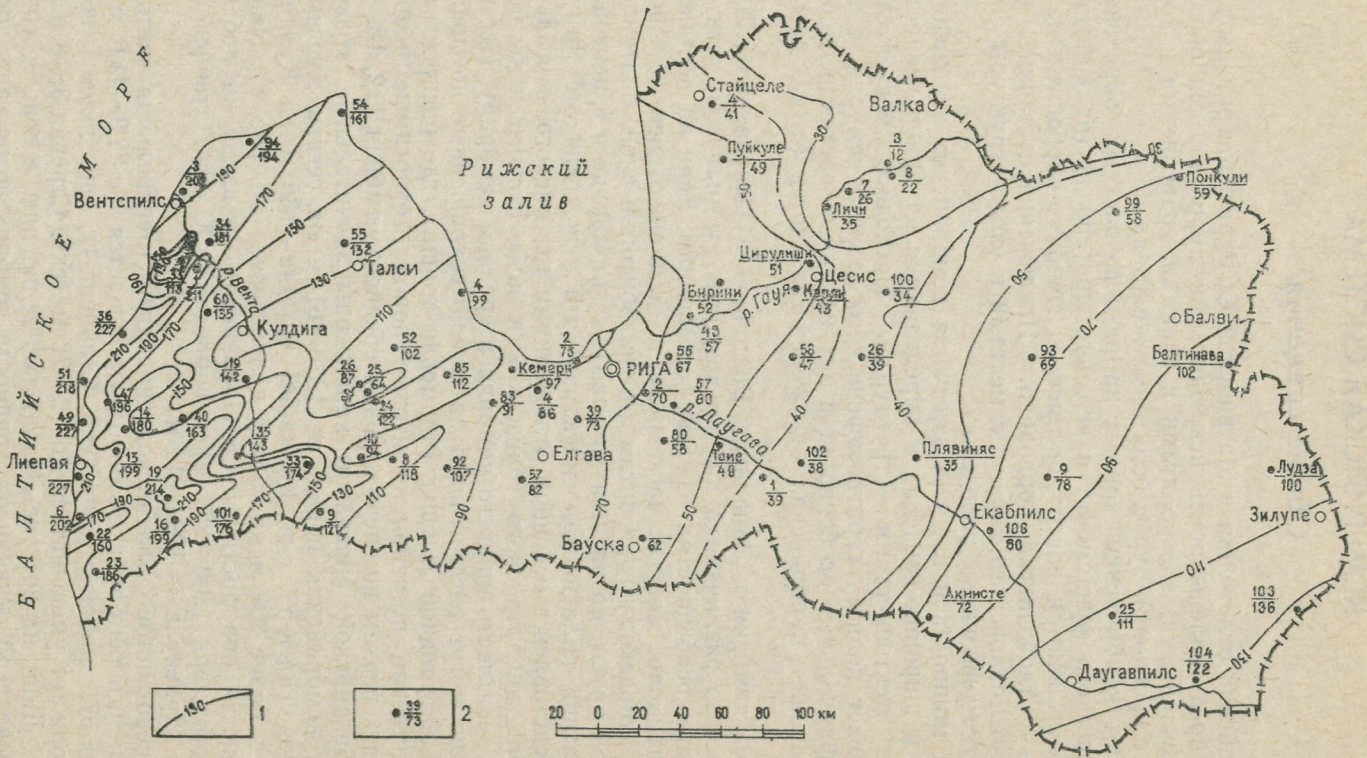


Рис. 8. Схема мощностей кембрийских отложений: *1* — изопахиты; *2* — скважина (в числителе — номер, в знаменателе — мощность кембрийских отложений в метрах).

представительных для востока республики разрезов кембрийских отложений. Резкие изменения мощности кембрийских отложений обусловлены различной интенсивностью конседиментационного прогибания в пределах разных тектонических структур республики (Балтийская синеклиза, Валмиерско-Локновский вал, Латвийская седловина). При этом на отдельных приподнятых участках в разрезе отсутствует нижняя часть кембрийских отложений, реже наблюдается выпадение из разреза целых свит. Наиболее ярко это выражено в пределах Валмиерско-Локновского, Эрглинского и Инчукалнского валов, где присутствуют лишь маломощные нижне—среднекембрийские образования (цирмская толща). На Салдусском вале в разрезе отсутствует только самая нижняя часть нижнего кембрия. Кроме того, нередко наблюдается уменьшение общей мощности кембрия, которое обусловлено сокращением мощности всех стратиграфических подразделений кембрия или выклиниванием отдельных пачек.

Наиболее древние кембрийские отложения (дотрилобитовая часть нижнего отдела — лонтоваский и ровенский горизонты) развиты только в восточной части республики. На западе Латвии, в пределах Балтийской синеклизы, эта часть кембрийского разреза, по-видимому, отсутствует и нижний кембрий представлен трилобитсодержащими отложениями талсинского, вергальского и раусвеского горизонтов (овишская, вентавская свиты, большая часть тебрской свиты). Кроме того, здесь присутствуют среднекембрийские отложения кибартайского горизонта, представленные верхами тебрской свиты, и дейменаская свита среднекембрийского возраста, выделенная нами ранее условно в «ижорскую» толщу [7].

Западная часть республики (Балтийская синеклиза), Латвийская седловина и район Валмиерско-Локновского вала в нижнекембрийскую эпоху прогибались асинхронно, причем погружение Балтийской синеклизы началось значительно позднее погружения территории Латвийской седловины.

Верхняя часть разреза кембрия в пределах западного борта Балтийской синеклизы, Латвийской седловины и Валмиерско-Локновского вала (бывшая ижорская толща) выделяется под названием цирмской толщи. Возраст этих отложений трактуется как нижне- и среднекембрийский. Мощность их изменяется от 9,0 до 73,0 м. На Валмиерско-Локновском вале и в Латвийской седловине мощность цирмской толщи довольно выдержанная, в пределах 12—30 м с уменьшением в юго-восточном направлении. Только на Инчукалнской структуре и в районе г. Рига она увеличивается до 70,0—73,0 м.

На основании различий полноты кембрийского разреза и литолого-фациальных особенностей пород произведено структурно-фациальное районирование территории [10]. При этом выделены Восточный и Западный субрегионы, являющиеся составными частями Восточно- и Западно-Прибалтийского регионов, а также переходная зона.

Биостратиграфические подразделения

Результаты исследования палеонтологических остатков из кембрийских отложений Восточной и Западной Латвии (рис. 9) и имеющиеся данные по сопредельным территориям [7, 8, 22, 28, 43] позволили в

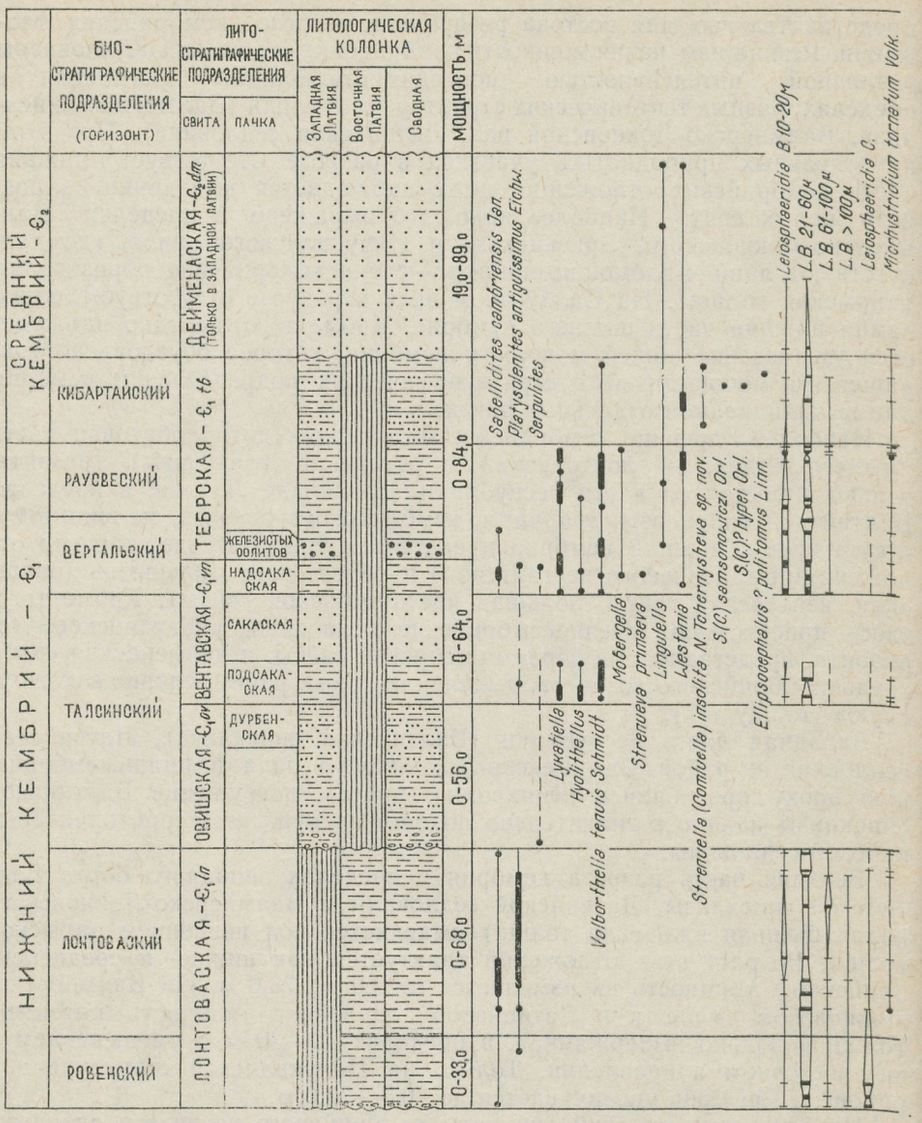


Рис. 9. Распространение палеонтологических остатков в кембрийских отложениях Латвии.

последние годы выделить ряд биостратиграфических подразделений (снизу вверх): ровенский — $\epsilon_1$rv, лонтоваский — $\epsilon_1$ln, талсинский — $\epsilon_1$tl, вергальский — $\epsilon_1$vr, раусвеский — $\epsilon_1$rs, кибартайский — $\epsilon_2$kb горизонты и дейменаский — $\epsilon_2$dm надгоризонт.

Эти биостратиграфические горизонты широко развиты не только в Прибалтике, но и в пределах всей западной части Восточно-Европейской платформы.

Ровенский горизонт — $\epsilon_1$rv

Ровенский горизонт выделяется в основании разреза кембрия восточной части республики. К нему отнесены низы лонтоваской свиты, выделенные нами в последние годы в скв. Лудза-15, Вишки-25, Алуксне-99 и др. [8, 18]. Залегают они на породах, сопоставляемых с выделенной в Эстонской ССР воронковской свитой. Наиболее полный

разрез ровенского горизонта наблюдается в скв. Лудза-15 и Вишки-25, где его мощность составляет соответственно 14,5 и 32,0 м. Породы горизонта представлены чередующимися алевролитами и песчаниками с прослоями глин в верхах. Распределение палеонтологических остатков в породах ровенского горизонта показано на рис. 9. Ровенский горизонт охарактеризован соответствующим комплексом акритарх и многочисленными остатками Sabellidites cambriensis Jan.

Лонтоваский горизонт — $\epsilon_1$ln

Как и ровенский горизонт, лонтоваский развит только на востоке республики. К нему отнесена большая часть разреза лонтоваской свиты. Представлен горизонт глинами с прослоями алевролитов, песчаников, изредка гравелитов. Мощность его изменяется от первых метров на западе Гулбенской депрессии до 80—90 м на юго-востоке республики. Рассматриваемые отложения содержат остатки червей Platysolenites antiquissimus Eichw. (табл. I, *б*, см. на вкладке), Sabellidites cambriensis Jan. и лонтоваский комплекс акритарх (см. рис. 6, 9).

Талсинский горизонт — $\epsilon_1$tl

К талсинскому горизонту отнесены овишская свита и две нижние пачки (подсакаская и сакаская) вентавской свиты, распространенные только в пределах Курземского п-ова. Горизонт сложен в основном песчаниками, алевролитами, глинами с прослоями гравелитов. Наиболее полный его разрез вскрыт скв. Овиши-94 на севере Курземского п-ова, где мощность горизонта 100,5 м. Здесь установлен наиболее полный разрез нижней части горизонта, представленный овишской свитой. К югу и юго-востоку от скв. Овиши-94 мощность отложений талсинского горизонта постепенно уменьшается до первых метров в районе скв. Кроньауце-57 и 26,0 м на юго-западе республики (скв. Папе-23). Наиболее полное представление о палеонтологической характеристике горизонта получено в разрезе скв. Овиши-94 и Лиепая [11, 17]. Горизонт охарактеризован люкатиским комплексом акритарх (см. рис. 6, 9), содержит Volborthella tenuis Schm. (табл. I, *а*; II, *а—в*, см. на вкладке).

Вергальский горизонт — $\epsilon_1$vr

Вергальский горизонт развит только в Западной Латвии. К нему отнесены надсакаская пачка вентавской свиты и пачка железистых оолитов тебрской свиты [7, 13]. Породы горизонта представлены глинами, алевролитами, песчаниками и бурыми железистыми оолитами. Мощность горизонта изменяется от первых метров в районе скв. Кроньауце-57 и Кемери до $\sim$70 м на побережье Балтийского моря. Отложения горизонта содержат одноименный комплекс акритарх, а также Strenueva primaeva, Mobergella, Lingulella, Volborthella tenuis Schm., Westonia botnica и др. (см. рис. 6, 9).

Раусвеский горизонт — $\epsilon_1$rs

Раусвеский горизонт распространен только в Западной Латвии. К нему отнесена средняя часть тебрской свиты. Породы горизонта представлены алевролитами, глинами и песчаниками, общая мощность которых изменяется от первых метров до 15—20 м. Отложения горизонта содержат специфический комплекс акритарх и сопоставляются с зоной Holmia северо-восточной части Польской Народной Республики. Из других палеонтологических остатков в раусвеском горизонте установлены Volborthella tenuis Schm., Mickwitzia monilifera (Linn.), Lykatiella, Platysolenites antiquissimus Eichw. и др. (см. рис. 6, 9).

Кибартайский горизонт — $\epsilon_2$kb

К кибартайскому горизонту отнесена верхняя часть разреза тебрской свиты, развитой в Западной Латвии. Сложен он песчаниками, алевролитами и глинами, охарактеризован акритархами и среднекембрийскими трилобитами Strenuella (Comluella) insolita N., Tchernysheva sp. nov., S (*C.*) samsonowiczi Orl., Ellipsocephalus politomus Linn. (см. рис. 6, 9). Мощность горизонта изменяется от 1—2 до 25 м.

Дейменаский надгоризонт — $\epsilon_2$dm

Верхняя часть разреза кембрийской толщи Латвии отнесена к дейменаскому надгоризонту (свите), который сопоставляется с зоной Eccaparadoxides oelandicus Южной Скандинавии, северо-востока ПНР. Дейменаский надгоризонт по сравнению с кибартайским горизонтом содержит обедненный комплекс акритарх, характеризующийся появлением ряда новых видов (см. рис. 6, 9). Мощность надгоризонта на территории Латвии изменяется от первых метров в районе г. Краслава до 80—90 на западе Курземского п-ова.

Литостратиграфические подразделения

Лонтоваская свита — $\epsilon_1$ln

Лонтоваская свита развита только в Восточной Латвии, где вскрыта скв. Плявиняс, Виесите, Акнисте, Гарсене-2, Понкули, Аташиене-9, Вишки-25, Алуксне-99, Лудза-15, Мадона-93, Шкяуне-103, Краслава-104, Малта-105, Нагли-106 и Балтинава-17. Ее мощность, установленная скважинами, изменяется от 6,0 до 127,0 м. На крайнем юго-востоке республики общая мощность свиты достигает 127,0 м (рис. 10). Залегают лонтоваские отложения на породах валдайской серии, а перекрываются цирмской толщей (рис. 11). Нижняя граница лонтоваской свиты проводится по кровле коры выветривания подстилающих пород. В разрезе скв. Понкули в основании свиты обнаружены гальки белых каолинизированных глин верхнего протерозоя. В состав свиты входят ровенский и лонтоваский горизонты (см. рис. 3).

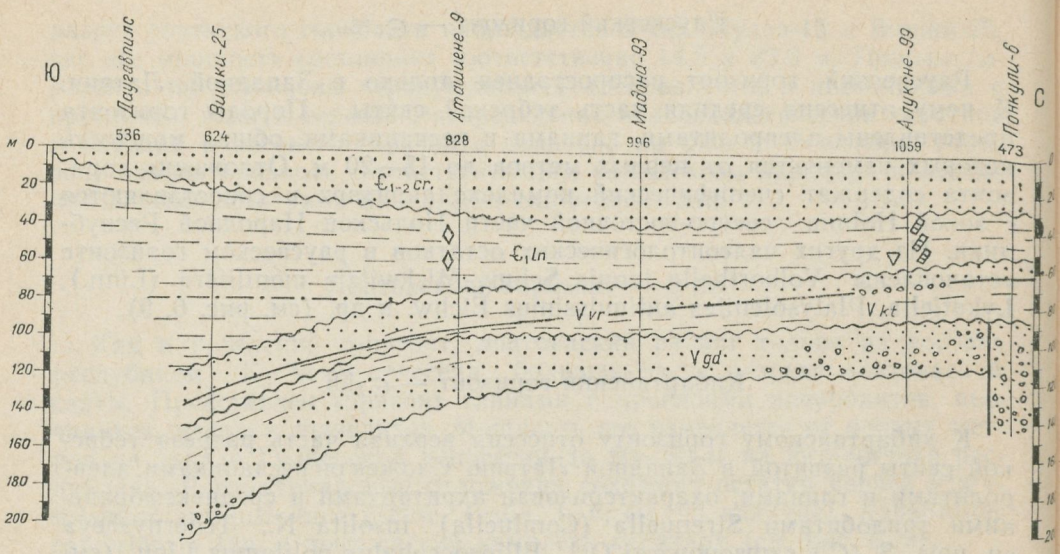


Рис. 10. Схема строения вендско-кембрийской толщи Восточной Латвии.
Условные обозначения те же, что и на рис. 6.

Один из наиболее полных и фаунистически охарактеризованных разрезов лонтоваской свиты, мощностью 82,1 м, вскрыт скв. Лудза-15 в интервале 797,0—714,9 м. Нижняя часть свиты представлена в основном чередованием песчаников и глин, песчаников и алевролитов. В средней части разреза наблюдается переслаивание глин и алевролитов (со спорадическими прослоями песчаников), а верхи свиты сложены преимущественно глинами. В разрезе свиты выделено 5 пачек.

В основании разреза (797,0—781,5 м) залегают кварцевые гравелиты и крупнозернистые кварцевые песчаники с глинистым цементом. Выше (781,5—773,0 м) находится пачка чередующихся серовато-зеленых листоватых глин и песчаников. Песчаники кварцевые, слюдистые, мелкозернистые, тонкогоризонтально-слоистые, серые, в отдельных прослоях крепкосцементированные, с карбонатным и глинистым цементом. Мощность чередующихся слоев глин и песчаников от 1—2 до 4 см.

Следующая пачка (773,0—764,0 м) сложена переслаиванием зеленовато-серых мелко- и тонкозернистых кварцевых песчаников и плотных кварцевых алевролитов. Песчаники массивные и тонкогоризонтально-слоистые с глинистым цементом, алевролиты массивные и слоистые. Мощность чередующихся слоев пород от 1 до 10—12 см, количественное соотношение песчаников и алевролитов 1:1. В нижней и средней частях этой пачки наблюдаются единичные прослои зеленовато-серых глин мощностью 2—10 см. Общая мощность пачки 9,0 м.

Четвертая пачка лонтоваской свиты (764,0—725,0 м) представлена чередованием серовато-зеленых глин и сильно уплотненных песчанистых глин такого же цвета. В верхах этой пачки (5 м) залегают прослои (1—5 см) коричневато-зеленых глин. Глины тонколистоватые,

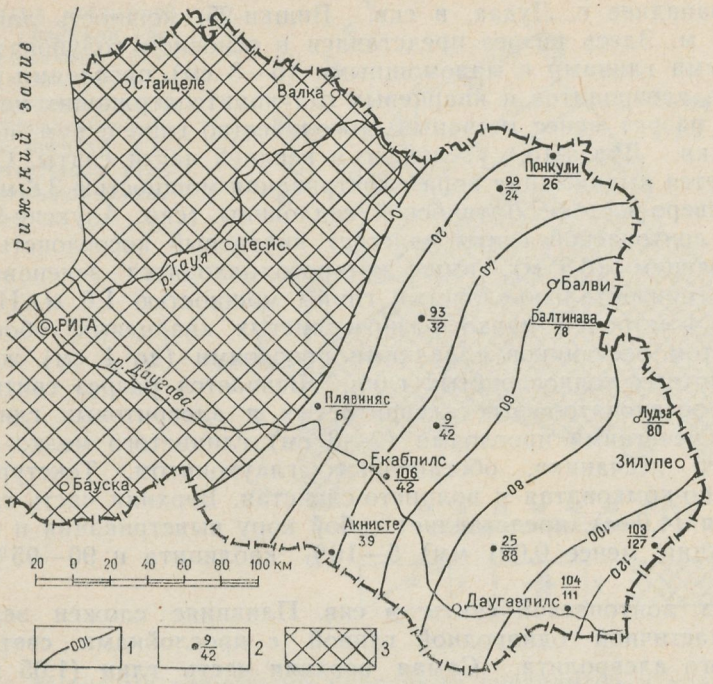


Рис. 11. Схема мощностей лонтоваской свиты: *1* — изопахиты; *2* — скважина (в числителе — номер, в знаменателе — мощность отложений лонтоваской свиты в метрах); *3* — область отсутствия отложений лонтоваской свиты.

алевритистые, нередко с ходами илоедов. Соотношение алевритистых и песчанистых разновидностей глин 1:1, и лишь в самой верхней части явно преобладают песчанистые глины (2:1). Спорадически в составе пачки отмечаются прослои (до 5 см) серых и светло-серых мелко- и тонкозернистых кварцевых песчаников. Глины алевритистые, преимущественно тонколистоватые. Песчанистые глины плотные и тонкослоистые, нередко с многочисленными ходами илоедов.

Пятая пачка (725,0—714,9 м) сложена серовато-зелеными рассланцованными алевритистыми глинами, цвет которых выше по разрезу постепенно становится буроватым и пестрым, а самые верхи (718,5—714,9 м) фиолетовой и зеленовато-желтой (табачной) окраски. Эта часть разреза пачки представляет собой кору выветривания лонтоваской свиты. По данным рентгенографических исследований четырех проб глин из коры выветривания этого разреза установлены следующие количественные соотношения глинистых минералов: гидрослюда (35—95%), каолинит (5—40%), монтмориллонит (0—25%). При этом количество каолинита достигает максимума в самой верхней части коры выветривания. Кроме упомянутых глинистых минералов здесь обнаружен также гётит. Кора выветривания широко распространена как в Латвийской седловине, так и в пределах Эстонской ССР, Ленинградской и Псковской областей [36, 38].

Юго-западнее г. Лудза, в скв. Вишки-25, мощность лонтоваской свиты 88 м. Здесь разрез представлен в основном голубовато-зеленовато-серыми глинами с маломощными (5—8 см) прослоями песчанистых глин, алевролитов и кварцевых глауконитсодержащих песчаников. В целом разрез менее песчаный, и количество глин в нем, по сравнению со скв. Лудза-15, увеличено в верхней части свиты. Отчетливо наблюдается выраженная кора выветривания мощностью 3,8 м.

На северо-востоке Латвийской седловины (скв. Алуксне-99) в основании лонтоваской свиты залегает кварцевый косослоистый песчаник с гравием (0,8 м), выше которого находятся зеленовато-серые плотные горизонтально-слоистые глины мощностью 1,6 м. На глинах залегает 4-метровая пачка разнозернистых кварцевых, обогащенных глауконитом песчаников с редкими прослоями (до 1 см) желтовато-серых плотных тонкослоистых глин. Венчается разрез свиты пачкой плотных зеленовато-серых алевритистых и алевритовых глин с единичными нечеткими прослоями (2—6 см) глинистого мелко- и тонкозернистого песчаника, обогащенного глауконитом. Текстура пород линзовидно-комковатая и волнисто-слоистая. Верхняя часть глин пестроцветная (4,0 м), представляет собой кору выветривания и содержит (во фракции менее 0,001 мм) 5—10% каолинита и 90—95% гидрослюд.

Разрез лонтоваской свиты в скв. Плявиняс сложен зеленовато-серой пластичной однородной глиной с прослойками светло-серого слюдистого алевролита. Самая верхняя часть глин (1,05 м) здесь также пестроцветная и является корой выветривания. Возраст рассматриваемых отложений определяется находками лонтоваского комплекса акритарх в третьей пачке разреза скв. Лудза-15: Granomarginata squamacea Volk., G. prima Naum., Micrhystridium tornatum Volk., Leiosphaeridia тип C, L. тип B, а также многочисленными Sabellidites cambriensis Jan., мелкими сабеллидитидами и более редкими Platysolenites antiquissimus Eichw. (глуб. 772 и 764 м). В четвертой пачке обнаружен лонтоваский комплекс акритарх, Platysolenites antiquissimus Eichw., а в ее низах — Platysolenites lontowa Öpik. (см. рис. 6, 9, 11).

Овишская свита — $\epsilon_1 ov$

Овишская свита представляет собой наиболее древние нижнекембрийские отложения Западной Латвии, развитые только на северо-западе Курземского п-ова, западнее линии Талси—Кулдига—Лиепая (рис. 12). Вскрыта она в скв. Овиши-94, Пилтене-1, -30, -31, -34, Павилоста-51, Колка-54, Талси-55, в скв. Вергальского локального поднятия, а также скв. Эдоле-60, Дреймани-11, Дурбе-15, Вентспилс-3. Ранее различными авторами эта часть разреза относилась к валдайской серии [6], лонтоваской свите [34] или дурбеской пачке докембрия [7]. Овишская свита впервые выделена в разрезе скв. Овиши-94 в 1975 г. [11]. Залегает она на выветренной поверхности кристаллического фундамента или породах зурасской толщи. Мощность свиты 60,0 м (скв. Овиши-94). Сложена свита песчаниками, алевролитами,

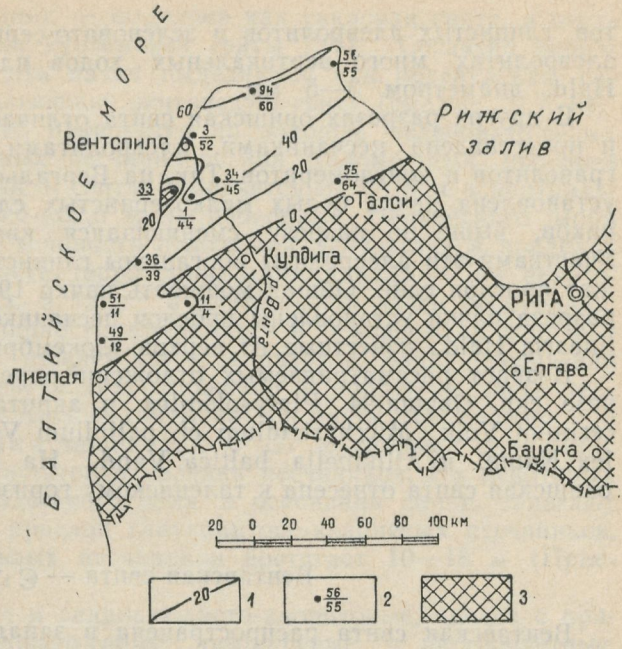


Рис. 12. Схема мощностей отложений овишской свиты: *1* — изопахиты; *2* — скважина (в числителе — номер, в знаменателе — мощность отложений овишской свиты в метрах); *3* — область отсутствия отложений овишской свиты.

глинами, а также маломощными прослоями гравелитов и конгломератов.

Ниже приводится краткое описание стратотипического разреза свиты, вскрытого скв. Овиши-94 в интервале 962,0—1022,0 м.

1. 1022,0—1018,0 м. Серые разнозернистые косослоистые кварцевые песчаники, в маломощных (2—5 мм) нечетких слойках обогащенные кварцевыми гравийными зернами или глинисто-алевритовым материалом.

2. 1018,0—1016,0 м. Зеленовато-серые и пестроцветные аргиллитоподобные горизонтально-слоистые глины с линзовидными и прерывистыми слойками (до 4 мм) кварцевых алевролитов и песчаников. Отдельные прослои песчаников содержат гравийные зерна кварца, встречаются присыпки глауконита. В глинах нередки ходы илоедов, на глубине 1017,5 м найдены остатки Serpulites.

3. 1016,0—1010,0 м. Светло-серые, преимущественно мелкозернистые, плотные, косослоистые кварцевые песчаники с полуокатанными гравийными зернами кварца.

4. 1010,0—1008,0 м. Пестроцветные неяснослоистые глинистые алевролиты с прерывистыми прослоями крупнозернистого кварцевого алевролита.

5. 1008,0—992,0 м. Белые разнозернистые кварцевые алевролиты с прослоями пестроцветных глинистых алевролитов и красновато-коричневых глин.

6. 992,0—966,0 м. Светло-серые крупнозернистые горизонтально-слоистые кварцевые алевролиты с нечеткими прослоями (1—5 см) пестроцветных сильноглинистых горизонтально-слоистых алевролитов.

7. 966,0—962,0 м. Переслаивание белых крупнозернистых алевроли-

тов, глинистых алевролитов и зеленовато-серых алевритистых глин. В алевролитах много вертикальных ходов илоедов Scolithus linearis Hald. диаметром 3—5 мм.

В других разрезах овишская свита отличается меньшей мощностью и представлена песчаниками, алевролитами и глинами с прослоями гравелитов и конгломератов. Так, на Вергальском локальном поднятии установлена пачка белых мелкозернистых слюдисто-кварцевых песчаников, выше по разрезу сменяющаяся кварцевыми алевролитами. Участками эти алевролиты обогащены глинистым материалом и содержат прослои глин. Общая мощность пачки 19,0 м. В нижней половине разреза пачки установлены прослои песчаников, содержащие Scolithus linearis Hald., известные из верхов «эокембрия» Южной Швеции.

Возраст рассматриваемых отложений определяется находками в разрезе скв. Овиши-94 Platysolenites и акритарх Baltisphaeridium cf. cerinum Volk., Micrhystridium cf. pallidium Volk., Leiomarginata simplex Naum. и Alliumella baltica Vand. На основании этих находок овишская свита отнесена к талсинскому горизонту [11, 43].

Вентавская свита — $\epsilon_1$vn

Вентавская свита распространена в западной части республики и представлена глинами, алевролитами и песчаниками. Строение ее почти повсеместно трехчленное: в низах залегает пачка глин с базальными песчаниками в основании, в средней части — алевролиты с прослоями песчаников, в верхней — пелито-алевролитовые породы. В начальной стадии изучения этих отложений нижняя пачка была отнесена

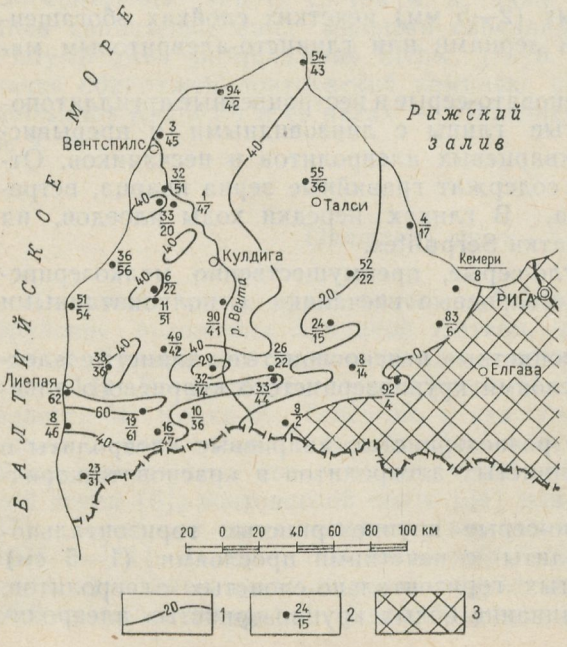


Рис. 13. Схема мощностей вентавской свиты: *1* — изопахиты; *2* — скважина (в числителе — номер, в знаменателе — мощность отложений вентавской свиты в метрах); *3* — область отсутствия отложений вентавской свиты.

к лонтоваской свите, средняя — выделена как сакаская свита, а верхняя — включена в состав курземской свиты [34]. Согласно новым представлениям [7, 13], эти пачки выделяются как подсакаская, сакаская и надсакаская, слагающие вентавскую свиту (см. рис. 3, 7, 9).

Нижняя граница свиты проводится по подошве зеленовато-серых глин, глауконито-кварцевых песчаников или маломощных прослоев гравелитов. Общая мощность свиты изменяется от 2—8 м в центральной части Латвии до 45,0—62,6 м на побережье Балтийского моря (рис. 13). Максимальная мощность отложений отмечается в пределах наиболее погруженной части территории, минимальная — на некоторых локальных поднятиях, а также в центральной части республики. При этом уменьшение мощности происходит в основном за счет выпадения или сокращения нижней части ее разреза. Ввиду увеличения песчанистости разреза вентавских отложений в восточной части территории их развития расчленение свиты на три пачки невозможно.

Подсакаская пачка мощностью 0—27 м сложена глинами с тонкими прослоями алевролитов и изредка песчаников. На некоторых участках Вергальско-Кулдигского вала в основании пачки залегают маломощные (до 0,2 м) прослои глауконитово-кварцевых песчаников. Иногда мощность базальных песчаников достигает 10—18 м (Приекульское поднятие).

Глины гидрослюдистые и гидрослюдисто-хлоритовые, иногда с примесью каолинита, зеленовато-серые, темно-серые и пестроцветные, горизонтально- и волнисто-слоистые, с алевритистыми и слюдистыми присыпками на плоскостях наслоения. Часто в глинах наблюдаются тонкие прослои алевролитов и ходы червей, выполненные глауконитово-кварцевым материалом. Характерна примесь кластического материала алевритового размера (до 10—15, реже 50—60%), который представлен преимущественно кварцем (76—80%), полевыми шпатами (5—30%), глауконитом (до 4—5%) и сидеритом (до 10%). Повышенное содержание алевритовой примеси обусловлено наличием тончайших прослоев алевролитов. Нередко в глинах встречаются и более мощные линзовидные и прерывистые прослои белых и зеленовато-серых алевролитов и мелкозернистых песчаников.

Алевролиты глинистые, полевошпатово-кварцевые со значительной примесью слюды и глауконита (до 10—20%) и сложным глинистым, кварцевым и полевошпатовым регенерационным цементом. Иногда наблюдается вторичная цементация сидеритом, кальцитом и гётитом.

Песчаники крупно- и мелкозернистые, алевритистые, преимущественно косослоистые, реже горизонтально-слоистые, олигомиктовые, кварцевые и глауконитово-кварцевые с глинистым, кварцевым регенерационным, глауконитово-кварцевым цементами порового, пленочного и контактного типов. На отдельных участках породы развит карбонатный цемент, часто корродирующий и замещающий обломочные зерна и глинистые минералы.

Довольно часто верхняя часть пачки, мощностью 3—5 м, представлена буровато-коричневыми, буровато-фиолетовыми, буровато-лиловыми и охристо-желтыми тонкослоистыми и прерывисто-слоистыми глинами с прослоями такого же цвета алевролитов. Такие пестроцветные глины наиболее часто встречаются на Пилтенской и Кулдигской

площадях и обычно обогащены гидроокислами железа (гётит), гематитом, тонко рассеянным в глинистом материале. В некоторых скважинах, расположенных на Вергальско-Кулдигском вале, среди пестроокрашенных глин установлены прослои гравелита, залегающего на неровной поверхности глин. В разрезе скв. Павилоста-51 в верхах рассматриваемой пачки залегают пестроцветные косослоистые глауконитово-кварцевые песчаники с прерывистыми прослоями алевролита сходного состава и прослоем конгломерата мощностью в 2 см. Галька конгломерата — аргиллитоподобная глина, кварц и фосфатизированный алевролит. Цемент сложен песчанистой глиной и глауконитом.

В скв. Вергале-46 подсакаская пачка имеет мощность 24 м и представлена зеленовато-серыми, в верхах пестроцветными, глинами с тонкими (1—5 мм) прослоями и линзами алевролитов и песчаников. В основании разреза залегает прослой гравелита (0,8 м) и мелкогалечных конгломератов, выше постепенно переходящих в грубозернистые кварцевые и аркозовые песчаники.

Подсакаская пачка почти повсеместно распространена в Балтийской синеклизе. Характерной особенностью является уменьшение ее мощности на локальных поднятиях в 2—3 раза.

Сакаская пачка развита на большей части Западной Латвии и сложена алевролитами и песчаниками с редкими маломощными прослоями глин. Спорадически в основании пачки встречаются гравелиты и конгломераты.

Алевролиты белые и светло-серые, хорошо отсортированные, со слоистой, массивной или пятнистой текстурой. Слоистость горизонтальная, линзовидная и пологонаклонная. Обломочный скелет алевролитов представлен кварцем (85—95%), ортоклазом (5—10%), слюдами (1—2%) и минералами тяжелой фракции (до 0,5%). Тяжелые минералы представлены цирконом (до 55%), турмалином (35%), лейкоксеном (до 52%), анатазом (до 42%), а также эпидотом, рутилом, сфеном и амфиболом. Для зерен кварца и полевого шпата характерно широкое развитие процесса регенерации; мусковит и биотит хлоритизированы, глауконитизированы и аморфизированы. Примесь глинистого материала достигает 5%, песчаной фракции до 15—20%. Цемент алевролитов глинистый, кварцевый и полевошпатово-кварцевый регенерационный, спорадически карбонатный (сидерит и кальцит).

Песчаники кварцевые, реже полевошпатово-кварцевые (кварца 90—95%, калиевых полевых шпатов 5—10%) с мусковитом и биотитом. В разностях с небольшим содержанием глинистого вещества или при его отсутствии широко развиты конформные и регенерационные структуры, иногда наблюдается сидеритовый цемент. Общая мощность сакаской пачки изменяется от 0 до 35,5 м.

Надсакаская пачка сложена пелито-алевролитовыми породами с прослоями глауконитово-кварцевых и кварцевых песчаников, алевритистых глин и слюдистых алевролитов. Мощность прослоев этих разновидностей пород изменяется от 2—3 до 30—40 см. Это зеленовато-серые, плотные, слоистые породы с многочисленными ходами илоедов, выполненными алевритовым материалом (текстура «kraksten»). Иногда наблюдаются обильные пиритизированные и ожелезненные остатки водорослей.

Кластический материал представлен кварцем (70—90%), полевыми шпатами (10—30%) и слюдами. Из аутигенных минералов встречаются пирит, сидерит, глауконит и фосфат. Глинистое вещество в этих породах сложено гидрослюдами с примесью каолинита и хлорита.

Мощность надсакаской пачки обычно 5—10 м, реже до 13—15 м (скв. Павилоста-51, Приекульское поднятие). Минимальные мощности пачки характерны для сводовых частей локальных поднятий, где иногда имеет место полное выклинивание пород пачки.

Нижнекембрийский возраст пород вентавской свиты определяется находками в подсакаской пачке акритарх, свойственных талсинскому горизонту, а также на основании акритарх, аналогичных таковым из слоев с трилобитами зоны Holmia северо-восточной части ПНР [7]. В стратотипе вентавской свиты в нижней пачке (скв. Вергале-46) обнаружены акритархи Baltisphaeridium cerinum Volk., B. dubium Volk., B. orbiculare Volk., Micrhystridium tornatum Volk., M. pallidium Volk., Archaeodiscina Volk., Tasmanites sp., Leiosphaeridia тип B., Leiomarginata aff. simplex Naum., Granomarginata squamacea Volk. Кроме того, по всей пачке найдены: Volborthella tenuis Schm., обломки трилобитов, песчаные фораминиферы Lykatiella и неопределимые обломки хиолитид. В сакаской пачке палеонтологические остатки не встречены, а в надсакаской это Baltisphaeridium ciliosum Volk., B. compressum Volk., B. varium Volk., Micrhystridium tornatum Volk., M. spinosum Volk., M. parvum Volk., M. dissimilare Volk., Estiastra minima Volk., Leiosphaeridium тип B., Volborthella tenuis Schm., Lykatiella, Hyolithellus sp. [7, 13]. В скв. Колка-54 в подсакаской пачке обнаружены Platysolenites antiquissimus [13], а в скв. Пилтене-1, -30 и Стирнас-18 — Hyolithellus sp., Lykatiella, Scolithus (см. рис. 6, 9).

Рассматриваемые палеонтологические остатки характерны для зоны Holmia, и по комплексу акритарх подсакаская и генетически с ней связанная сакаская пачки отнесены к талсинскому горизонту, а верхняя (надсакаская) — к низам вергальского [7, 13, 18]. Большое сходство комплексов фауны в нижней и верхней пачках и отсутствие перерыва позволяют объединить все три пачки в единое литостратиграфическое подразделение — вентавскую свиту и, на наш взгляд, не дают возможности выделить сакаскую пачку в качестве самостоятельной свиты.

Возраст отложений, включенных нами в вентавскую свиту, и особенно ее нижней части, разными исследователями трактовался по-разному. Э. К. Лиелдиена и А. И. Фридрихсоне в 1968 г. нижнюю пачку вентавской свиты отнесли к валдайской серии и лонтоваской свите (ее верхи), а эстонские геологи Г. А. Вийдинг, А. Э. Клеесмент, К. А. Менс, Э. А. Пиррус в 1970 г. в разрезах ряда скважин Западной Латвии на этом уровне выделили подсакаские слои мощностью от 0,6 (скв. Энгуре-4) до 24,0 м (скв. Межвагари-13). Эти авторы справедливо отметили, что по составу макрофауны указанная часть разреза не может быть сопоставлена с лонтоваской свитой приглинтовой полосы Северной Эстонии. К нижнему кембрию ими были отнесены и подстилающие вентавскую свиту терригенные породы, залегающие на образованиях как кристаллического фундамента, так и валдайской (?) серии. Этот вывод обоснован наличием в рассматриваемой части разреза ходов

илоедов, глауконита и фосфатных галек, не встречаемых в валдайских отложениях Северной Прибалтики.

Таким образом, расчленение трилобитсодержащих нижнекембрийских отложений — сравнительно сложная проблема и еще во многом дискуссионная. В настоящее время подсакаские глинистые отложения отнесены к нижнему кембрию (вентавская свита) и сопоставляются с люкатиской свитой, а сакаская и надсакаская пачки — с тискреской свитой, выделенными на территории Эстонской ССР. Верхняя граница вентавской свиты условно проведена по подошве бурых оолитовых железняков, которые, по нашему мнению, отражают перерыв в осадконакоплении на обширной территории Западной Латвии. По аналогии с Эстонской ССР рассматриваемые отложения вентавской свиты отнесены к трилобитовому нижнему кембрию и, таким образом, являются более молодыми, чем лонтоваская свита Эстонии и Восточной Латвии.

Тебрская свита — $\epsilon_{1-2}tb$

Отложения, относимые к тебрской свите, распространены повсеместно, за исключением крайнего юго-востока республики (рис. 14). Залегают они на вентавской свите или кристаллическом фундаменте. Граница тебрской и вентавской свит проводится по подошве бурых оолитовых железняков, а в районах их отсутствия — условно по данным каротажа.

Общая мощность тебрской свиты изменяется от первых метров на

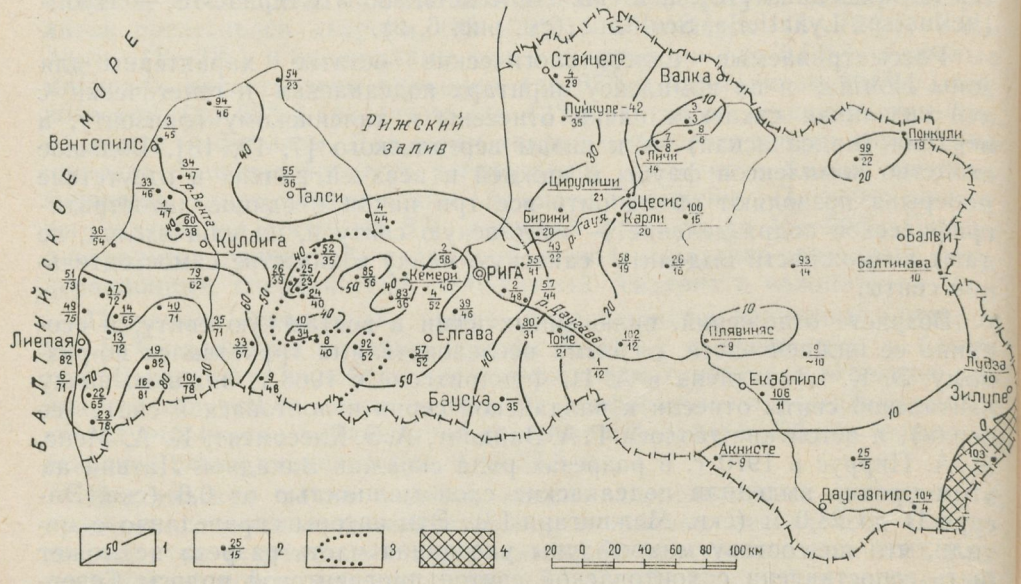


Рис. 14. Схема мощностей тебрской свиты: *1* — изопахиты; *2* — скважина (в числителе — номер, в знаменателе — мощность отложений в метрах); *3* — восточная граница распространения железистых оолитов; *4* — область отсутствия отложений тебрской свиты.

северо-востоке и востоке Латвии до 73—85 м на побережье Балтийского моря (см. рис. 8, 9, 14). Восточная граница распространения тебрских отложений достоверно не установлена, поскольку в направлении восточного борта Балтийской синеклизы происходят значительные фациальные изменения, из разреза выпадает маркирующий горизонт с бурыми железистыми оолитами и увеличивается песчанистость разреза в целом. Отсутствие надежных палеонтологических находок не позволяет достоверно расчленить песчано-алевритовую толщу (цирмская толща), развитую восточнее линии скв. Кемери—Кроньауце.

В строении свиты четко выделяются две пачки (снизу вверх): 1) железистых оолитов и 2) глин и алевролитов, изредка песчаников. В пределах Кулдигской и Пилтенской локальных структур обнаружен довольно мощный железорудный пласт (2—5 м), перекрывающийся алевролитами, обогащенными оолитами. На Салдусском, Лиепайском, Эдольском и Приекульском поднятиях имеется несколько (от 1 до 5—7) маломощных прослоев оолитовых железняков, приуроченных к небольшому интервалу разреза, равному 1—6 м, а в скв. Павилоста-51 мощность пачки достигает 19 м. Здесь отмечается переслаивание алевритистых глин, алевролитов и маломощных прослоев железистых оолитов. Распространение железистых оолитов показано на рис. 14. Восточнее линии скв. Энгуре—Деголе-59 и Вайнёде-101 типичные оолиты не обнаружены.

Пачка железистых оолитов состоит из переслаивающихся алевритистых глин, алевролитов и маломощных прослоев железистых оолитов. Слоистость обусловлена послойным расположением оолитов, цементирующего их алеврито-глинистого материала и обломочных минералов (кварц и др.).

Оолиты сложены гётитом, реже гидрогётитом, иногда шамозитом. Размеры оолитов колеблются от 0,05 до 1,5 мм, форма круглая, овальная или плоская. Внутреннее строение концентрическое, обычно в центре с обломком кварца, реже полевых шпатов, фосфата, ильменита и циркона. Цементирующее вещество оолитов представлено гидрогётит-глинистым материалом. Глинистый материал, как правило, сложен гидрослюдами, каолинитом и хлоритом, в некоторых случаях (скв. Вентспилс-3) установлены шамозит и смешанослойные образования — монтмориллонит-гидрослюда (скв. Слампе-83). Содержание Fe_2O_3 в железистых оолитах изменяется от 16,0 до 64,5%. На отдельных участках облик базальной части пачки железистых оолитов брекчие-конгломератовидный, нижний ее контакт с породами вентавской свиты резкий, неровный, с карманообразными углублениями. По нашему мнению, это свидетельствует о перерыве в осадконакоплении.

Пачка глин и алевролитов не имеет четкой нижней границы. Мощность ее изменяется от 14,0 (скв. Колка-54) до 70—80 м (Бернатская и Приекульская структуры, скв. Павилоста-51). Обычно средняя мощность пачки не превышает 40—60 м, а максимальные ее значения характерны для более погруженных зон (Лиепайская впадина и Южно-Латвийская ступень). Сложена пачка чередующимися глинами и алевролитами с редкими прослоями песчаников. Верхняя часть пачки иногда содержит гравелиты.

Глины серые, фиолетово- и серо-желтые, серо-зеленые, иногда с коричневатым оттенком, тонкослоистые с присыпками, линзочками и неправильной формы включениями алевритового материала, содержат обильные ходы червей, выполненные алевритовым материалом кварцевого и глауконитово-кварцевого состава (текстура типа «kraksten»). Слоистость глин неправильная, волнистая, горизонтальная, линзовидная и наклонная, реже косая. Структура глин алевролитовая и пелитовая, часто, особенно в нижней части пачки, наблюдаются переходные разности к алевролитам. Основные минералы в составе глин — гидрослюды с примесью каолинита и хлорита. В низах пачки имеется значительная примесь сидерита, хлорита, а верхи обогащены каолинитом. В единичных случаях установлены разбухающие разновидности гидрослюд (скв. Папе-18) и смешанослойные образования типа монтмориллонит-гидрослюды (скв. Слампе-83).

Аутигенные минералы в глинах пачки представлены глауконитом, сидеритом, пиритом, гидроокислами железа, лейкоксеном, кальцитом и доломитом. Наиболее часто встречается глауконит. Нередко аутигенные минералы корродируют обломочные зерна пород.

Алевролиты светло- и зеленовато-серые, красновато-коричневые, горизонтально-, реже косо-, пологоволнисто- и линзовидно-слоистые с регенерационным полевошпатово-кварцевым, кварцевым и глауконитовым цементами. Это мелко- и среднезернистые глинистые породы кварцевого и олигомиктового состава (кварц — 70—90%, полевые шпаты — до 25%, слюды — до 10%) с контактовыми, реже пленочными типами цемента. Очень часто сложный глинисто-кварцевый регенерационный цемент алевролитов участками замещен карбонатом.

Песчаники залегают в виде прослоев мощностью от нескольких сантиметров до 3—4 м. Это светло-зеленовато-серые, изредка желтовато- и буровато-серые мелко- и разнозернистые, хорошо отсортированные породы. Обычно они косо- и горизонтально-слоистые, кварцевые, реже олигомиктовые с глинистым и кварцевым регенерационным цементом. В составе цемента песчаников наличествуют также аутигенный глауконит, сидерит и гётит, спорадически встречаются гидрослюдисто-хлоритовый и хлоритовый цементы.

Наиболее полный и палеонтологически охарактеризованный разрез тебрской свиты мощностью 77,6 м в стратотипической местности (скв. Вергале-46, инт. 1309,8—1232,3 м) нами разделен на ряд пачек и слоев [7, 13]. В нижней части разреза свиты залегает также пачка железистых оолитов мощностью 5,5 м. Сложена она серыми и бурыми глинами, содержащими три наиболее мощных (0,4—1,0 м) и несколько тонких прослоев бурых железистых оолитов. На пачке последних залегают плотные темно-серые и серые алевритовые, алевритистые и слюдистые глины с частыми тонкими (до 1—2 мм) прослоечками светло-серого слюдисто-кварцевого алевролита. Для этой части разреза свиты весьма характерны неправильная слоистость и текстура типа «kraksten». Мощность глин 38,3 м.

Глины перекрываются пачкой светло-серых и белых слюдисто-кварцевых алевролитов. Это глинистые породы, содержащие тонкие прослои и линзочки серой листоватой глины. В средней части пачки алевролиты и глины содержат прослойки белых и светло-серых слю-

дисто-кварцевых песчаников. Мощность этой части разреза 26,0 м.

Верхняя часть тебрской свиты в разрезе скв. Вергале-46 представлена серыми алевритистыми глинами и слюдистыми глинистыми алевролитами, среди которых встречаются тонкие (до 2 мм) прослои и линзы светло-серого кварцевого алевролита, изредка песчаника. Мощность этой пачки 7,8 м.

Возраст тебрской свиты определен на основании следующих палеонтологических находок: в нижней части разреза обнаружен тот же комплекс акритарх, который развит в верхах вентавской свиты [7]. На глубине 1293,0 м и выше обнаружены акритархи, свойственные отложениям зоны Protolenus северо-восточной части Польской Народной Республики [7, 13]. Этот комплекс акритарх из скв. Вергале-46 и Вергале-45 по сравнению с более древними характеризуется появлением ряда новых форм акритарх: Deunffia dentifera Volk., Micrhystridium notatum Volk., Pterospermopsis solida Volk. — и резким сокращением таких форм, как Micrhystridium lanatum Volk., M. dissimilare Volk. Здесь также найдены Volborthella tenuis и Westonia botnica. Кроме того, в отложениях тебрской свиты (скв. Вергале-49) на глубинах 1245,6 и 1243,6 м А. Ю. Розановым в 1972 г. найдены среднекембрийские трилобиты, определенные К. Лензион как Strenuella (Comluella?) aff. samsonowiczi Orl., S. (C.?) hypei Orl. и Ellipsocephalus cf. politomus Linn. [33].

В разрезе тебрской свиты (скв. Бернаты-53, инт. 1347—1295 м) Т. В. Янкаускас обнаружил акритархи: Micrhystridium cf. obscurum Volk., M. obscurum Volk., M. (?) lanatum Volk., M. tornatum Volk., M. notatum Volk., M. sp. nov., Tasmanites volkovae Kirj., Baltisphaeridium tuberculatum Fridr., B. varium Volk., B. papillosum Volk., Leiosphaeridia orcholenca Tim.

Сходные формы акритарх определены Т. В. Янкаускасом из самых низов разреза тебрской свиты в скв. Бернаты-53 (глуб. 1357 м), а также в скв. Кроньауце-57 (глуб. 1349 и 1316 м). В верхах свиты им же обнаружены ядра Volborthella tenuis Schm. и фрагменты неопределимых брахиопод. По мнению Т. В. Янкаускаса, упомянутые формы акритарх характерны для вергальского и раусвеского горизонтов нижнего кембрия местной стратиграфической схемы Литовской ССР, а самая верхняя часть разреза в этой скважине относится к среднему кембрию.

К. А. Менс в породах тебрской свиты, в разрезе скв. Павилоста-51 (глуб. 1307 и 1322 м), обнаружены остатки трилобитов, из которых один экземпляр определен как Strenuella (Comluella) insolita N. Tschern. Кроме того, в тебрской свите (скв. Пилтене-1, -30, Плиенкалны-14, Колка-54) найдены остатки Mickwitzia sp., Westonia botnica, Volborthella sp. Hyolithellidea, Lingulella sp., L. cf. nathorsti Linn., L. cf. ferruginea Salter, Lykatiella, а в скв. Лиепая также Ellipsocephalus c. f. politomus Lnrs. Перечисленные палеонтологические находки позволяют отнести рассматриваемые отложения к среднему и нижнему отделам кембрийской системы.

Из-за отсутствия достаточно четких литологических признаков и

ограниченного распространения фауны уверенно провести границу между отложениями нижнего и среднего отделов кембрийской системы в Латвии пока невозможно.

Цирмская толща — ϵ_{1-2}cr

Цирмская толща представлена песчаниками, алевролитами, глинами. К толще условно отнесены сравнительно маломощные (первые метры — 62,0 м) отложения центральной и восточной частей республики, где достоверно невозможно расчленить тебрские и дейменаские свиты.

Залегает цирмская толща на коре выветривания лонтоваских глин (Латвийская седловина) или на кристаллическом фундаменте (в пределах Валмиерско-Локновского вала и северо-восточного борта Балтийской синеклизы). Мощность толщи возрастает к западу — от 14—20 м в районе скв. Даугавпилс и Лудза-15 до 58—62 м в центральной части республики (скв. Балдоне-80, Бауска, Рига-2 и др.).

Наиболее характерные разрезы толщи вскрыты скв. Цирулиши (Цесис), Личи, Бирини, Олайне-1, Рига-2, Балдоне-80, Дзербене-100, Ляулены-26, Алуксне-99, Лудза-15, Вишки-25, Аташиене-9, Мадона-93 [12, 18]. Перекрываются рассматриваемые отложения либо песчаниками с оболидами, либо глауконитсодержащими песчаниками ордовика; при этом нередко граница выражена очень четко (скв. Лудза-15 и др.).

Цирмская толща сложена белыми и светло-серыми мелко- и среднезернистыми кварцевыми песчаниками и алевролитами с прослоями голубовато-серых, реже темно-серых гидрослюдистых и гидрослюдисто-каолинитовых глин. Песчаники, как правило, очень слабо сцементированы глинистым, часто каолинитовым цементом, почти рыхлые, но в отдельных прослоях в кровле толщи крепко сцементированы пойкилокластическим, карбонатным, реже гипсовым цементом. В составе толщи явно преобладают песчаники и алевролиты (90—95% разреза), глины встречаются в виде прослоев, резко изменчивых по мощности.

В Центральной Латвии разрез цирмской толщи четко подразделяется на четыре пачки (снизу вверх):

1) кварцевые песчаники, алевролиты и гравелиты с прослоями зеленовато-серых глин. Мощность 6,0—11,5 м;

2) мелко- и тонкозернистые кварцевые песчаники и алевролиты с прослоями черных и темно-серых глин. Мощность 10,6—40,5 м;

3) мелко- и тонкозернистые кварцевые песчаники и алевролиты с прослоями зеленовато- или голубовато-серых глин, нередко содержащих пирит. Мощность 7,0—23,0 м;

4) светло-серые слабосцементированные, почти рыхлые кварцевые песчаники и алевролиты с прослоями светло-зеленовато-серых каолинизированных глин. Мощность 7,3—49,0 м.

Такое строение разреза цирмской толщи с отчетливо выраженной маркирующей пачкой, содержащей прослои черных или темно-серых глин, четко прослеживается через северо-восточный борт Балтийской синеклизы до линии скв. Кемери—Рига—Бирини—Цирулиши (Цесис)—Личи [12, 18]. На западном склоне Эрглинского вала (скв.

Ляулены-26, Дзербене-100) маркирующая пачка нечетко выражена и маломощна, а далее к востоку, в пределах Латвийской седловины, расчленение цирмской толщи на пачки невозможно.

Рассматриваемые отложения долгое время относились к ижорскому горизонту (толще) среднего (или среднего и верхнего) кембрия [7, 8, 63]. Вначале эта толща была выделена под названием «фукоидные песчаники» и относилась к нижнему кембрию. Согласно унифицированной схеме (1962 г.) и легенде прибалтийской серии листов Государственной геологической карты СССР, она именуется тискреской свитой.

В последнее время Т. В. Янкаускас опубликовал работу, в которой указывает, что в породах цирмской толщи (скв. Лудза-15) найдены акритархи, характерные для нижнего кембрия Прибалтики (вергальский комплекс) и свойственные верхам зоны Holmia Западной Европы [61]. На этом основании Т. В. Янкаускас относит рассматриваемые отложения Латвийской седловины (Восточная Латвия) к нижнему кембрию и считает их аналогом тебрской свиты Западной Латвии.

С другой стороны, в глинах цирмской толщи (скв. Алуксне-99, инт. 1070,0—1075,5 м; скв. Инчукалнс-2, инт. 989,0—995,0 м) А. И. Фридрихсоне обнаружила акритархи, сходные с таковыми из комплекса дейменаской свиты Западной Латвии: Leiosphaeridia тип B, L. sp. sp. и новый вид Pterospermopsimorpha sp. В нижней части разреза цирмской толщи, в скв. Инчукалнс-2 (глуб. 1008—1034 м), найден комплекс акритарх, содержащий Tasmanites volkovae Kirj., Kildinella div. sp. и Dictyotidium (?) sp. В скв. Стренчи на глубине 366,8—371,6 м также определены дейменаские акритархи [55].

В Центральной Латвии в породах второй пачки цирмской толщи (скв. Балдоне-80) установлены акритархи вергальского и раусвеского горизонтов, а в скв. Рига-2 — акритархи раусвеского горизонта [12]. В разрезах скв. Рига-2 и Цирулиши, Дзербене-100 обнаружен специфический комплекс акритарх, возраст которых определен как вергальско-раусвеский. Кроме того, нижняя часть разреза толщи (первая и вторая пачки) в скв. Нитауре-58 и Дзербене-100 содержит Scolithus linearis [12]. На основании упомянутых находок акритарх предполагается вергальский возраст первой пачки и раусвеский — второй пачки в основной ее части [12]. Верхи третьей и вся четвертая пачка в Центральной Латвии относятся, вероятно, к среднему кембрию.

На основании изложенных данных в настоящей работе верхняя часть разреза цирмской толщи условно отнесена к дейменаской, а нижняя — к тебрской свите.

Таким образом, возраст цирмской толщи неясен. Скудная палеонтологическая характеристика, слабая изученность литологических особенностей пород заставляют относить эту толщу к нижнему и среднему отделам кембрия.

Дейменаская свита — $\epsilon_2$dm

Дейменаская свита развита повсеместно, при этом нами допускается, что дейменаские, как и тебрские отложения в Центральной Латвии, слагают цирмскую толщу.

Залегают дейменаские отложения почти повсеместно на тебрской свите, их контакт на некоторых поднятиях (Кулдига, Салдус) неровный, с карманообразными углублениями, слабоожелезненный. Иногда в основании дейменаской свиты залегает конгломерат с галькой алевролитов, мергелей, аргиллитоподобных глин (Вергальско-Кулдигский вал). В большинстве разрезов Западной и Центральной Латвии граница устанавливается достаточно четко по смене глинистых и пелито-алевролитовых пород тебрской свиты песчаниками.

Мощность свиты изменяется от первых метров на северо-востоке и востоке Латвии до 83,0 м на юго-западе республики (рис. 15). Представлена дейменаская свита песчаниками, алевролитами и глинами. Песчаники явно преобладают в разрезе (до 75—90%). Алевролиты и глины составляют 10—30%, мощность их изменяется от 0,2 до 3—4 м, достигая в единичных случаях 10 м. Подсчет по керну и данным каротажа процентного содержания глин в разрезе толщи показывает, что количество последних изменяется от 0—10% (в Латвийской седловине и на локальных поднятиях) до 15—30% — в пределах Балтийской синеклизы, достигая максимума в Скрундском прогибе и Лиепайской впадине.

Песчаники светло-серые и белые, кварцевые, мелкозернистые, волнисто-горизонтально-слоистые, реже линзовидно- и косослоистые, иногда массивные или с глобуляровой текстурой. Обломочный скелет песчаников хорошо сортирован и составляет более 90% всей породы. Среди обломочных минералов резко преобладает кварц (95—99%), остальные представлены пелитизированным калиевым полевым шпатом (до 5%), мусковитом и биотитом. Отдельные песчаники, обогащенные алевритовым материалом, иногда (Эдольское локальное под-

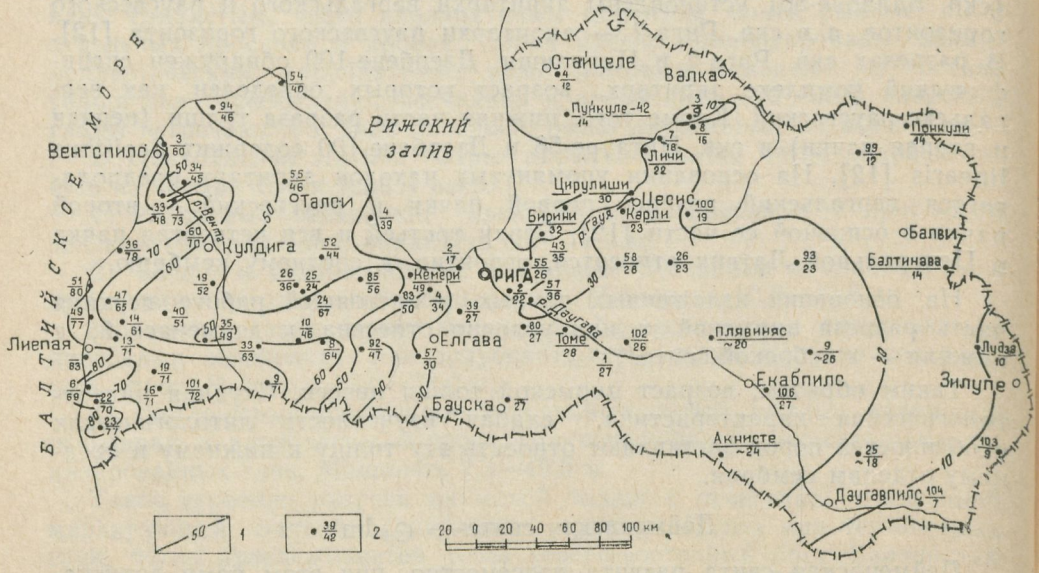


Рис. 15. Схема мощностей дейменаской свиты: *1* — изопахиты; *2* — скважина (в числителе — номер, в знаменателе — мощность отложений в метрах).

нятие) содержат до 15—20% глауконита. Цемент песчаников глинистый и кварцево-регенерационный, в верхней части толщи часто каолинитовый, вторично-карбонатный, редко гипсовый. Вторично-карбонатный цемент (кальцит и доломит) обычно сильно корродирует обломочные зерна кварца, и эти разновидности песчаников характеризуются пойкилитовой структурой цемента. Нередко в верхах толщи в песчаниках наблюдаются скопления пирита, галенита и сфалерита, частично замещающие зерна кварца.

Алевролиты по составу и текстурно-структурным особенностям очень сходны с песчаниками. Они светло-, буровато- и зеленовато-серые, прерывисто- и волнисто-горизонтально-слоистые, реже косослоистые, нередко массивные. Это крупно- и мелкозернистые кварцевые породы, иногда с примесью калиевых полевых шпатов (до 8%), слюд (5%) и акцессорных минералов (ильменит, лейкоксен, роговая обманка, циркон и рутил). Содержание обломочной части в алевролитах обычно 85—90%, в глинистых разновидностях пород до 60—75%. Цемент алевролитов глинистый и регенерационный кварцевый.

Глины серые, зеленовато- и буровато-серые, иногда аргиллитоподобные, в основном алевритистые с горизонтальной, реже линзовидной слоистостью. В составе их преобладают гидрослюды с примесью хлорита, каолинита, глауконита, доломита и сидерита.

Рассматриваемые отложения, согласно унифицированной стратиграфической схеме (1964 г.), до недавнего времени именовались тискреской свитой [7, 8, 31] и возраст их условно был принят как средне-верхнекембрийский. В 1970—1972 гг. эстонские исследователи Г. А. Вийдинг, А. Э. Клеесмент, К. А. Менс, Э. А. Пиррус, Э. А. Кала отнесли тискреские отложения в стратотипе северо-запада континентальной Эстонии и в разрезах кембрия о-ва Хийумаа к нижнему кембрию и сопоставили с сакаской пачкой Западной Латвии. В то же время верхнюю толщу песчано-алевритовых пород юго-восточной части Эстонии (бывшая тискреская свита) эти авторы сопоставили с ижорскими породами Ленинградской области и отнесли к среднему и верхнему кембрию. Геологи ВНИГРИ (Л. Б. Паасикиви и др.) всегда сопоставляли тискрескую свиту Прибалтики с ижорской толщей Ленинградской области.

В Литве в пределах Балтийской синеклизы [23] на основании изучения акритарх верхняя песчано-алевритовая толща (тискреская свита, по В. А. Коркутису) включается в состав дейменаской серии среднего кембрия, выделенной впервые В. Ф. Сакалаускасом в 1966 г.

Находки фауны в породах дейменаской свиты редки. В низах разреза обнаружена Westonia (скв. Пилтене-1), а в верхах — Obolus appolinis Eichw., O. appolinis maximus Mickwitzia.

На западе республики в дейменаской свите (скв. Вергале-46, глубины 1250 и 1244 м) установлен комплекс акритарх, аналогичный таковому в отложениях зоны Eccaparadoxides oelandicus Северо-Восточной Польши [7]: Baltisphaeridium ciliosum Volk., Micrhystridium notatum Volk., M. obscurum Volk., M. spinosum Volk., M. tornatum Volk., Cymatiosphaeridia и Leiosphaeridia тип B. Этот комплекс акритарх аналогичен установленному в среднекембрийских отложениях зоны Eccaparadoxides oelandicus Северо-Восточной Польши [7].

Кроме того, дейменаские породы Латвии содержат остатки Westonia cf. finlandensis Walc., W. botnica, Lingulella cf. nathorsti Linn. и акритархи Baltisphaeridium insigne (Fridrichs.), Dyctiotidium (?) sp., Pterospermopsimorpha sp., Leiosphaeridia sp. sp., Alliumella baltica Vand., Ooidium sp.

Таким образом, четких данных о возрасте рассматриваемой толщи нет. В последнее время литовские геологи [23] сходные отложения Балтийской синеклизы относят к среднему кембрию и выделяют в составе дейменаской серии (горизонта). Согласно местной стратиграфической схеме кембрия Латвии [13], эта толща условно отнесена к среднему кембрию под названием «дейменаская свита», в унифицированной стратиграфической схеме кембрия Прибалтики она выделена как дейменаский надгоризонт.

Почти повсеместно на кембрийских отложениях с перерывом залегают оболовые кварцево-глауконитовые песчаники, аргиллитоподобные глины и аргиллиты, а местами и глины нижнего ордовика, перекрывающиеся мощной толщей осадочных пород ордовика, силура и девона (а на юго-западе республики также карбоновыми, пермскими и более молодыми мезозойскими образованиями). Исключением является свод Валмиерско-Локновского вала, где на кембрии залегают терригенные девонские породы.

ГЛАВА IV

ПОРОДЫ-КОЛЛЕКТОРЫ

Породы-коллекторы в разрезе кембрия и венда Латвии представлены песчаниками и алевролитами. Маломощные и не выдержанные по площади прослои гравелитов и конгломератов практического интереса не представляют.

Необходимость оценки коллекторских свойств исследуемых пород определяется перспективами выявления новых месторождений нефти и рядом ранее упомянутых причин. Поэтому здесь рассматриваются не только коллекторы в составе дейменаской свиты как наиболее перспективные на нефть в Прибалтике, но и породы-коллекторы среди более древних толщ кембрия, а для сопоставления приводятся некоторые сведения о фильтрационных и емкостных свойствах пород валдайской серии.

НИЖНЕКЕМБРИЙСКИЕ ПОРОДЫ-КОЛЛЕКТОРЫ

В составе нижнего кембрия восточной части Латвии, представленного лонтоваской свитой, в качестве потенциальных коллекторов интерес представляют алевролиты, песчаники и гравелиты, залегающие в виде маломощных прослоев среди глин. На западе республики в составе овишской и вентавской свит выделяются сравнительно мощные и выдержанные по вещественному составу пачки песчаников и алевролитов, представляющие особый интерес как потенциальные коллекторы.

Фильтрационные и емкостные свойства нижнекембрийских терригенных пород Латвии изменяются в широких пределах. Значения открытой пористости, газопроницаемости, а также зависимость проницаемости от пористости* приведены на рис. 16, 17.

Пористость терригенных пород нижнего кембрия (лонтоваская, овишская и вентавская свиты) в целом изменяется от 1—2 до 31%. Согласно графику частоты встречаемости значений пористости (см. рис. 16), абсолютное большинство изученных образцов песчаников и алевролитов характеризуется значениями пористости в пределах 16—31%, а меньшей пористостью обладают только 9,5% всех образцов.

Общий характер зависимости проницаемости от пористости (см. рис. 17) показывает, что 50 образцов из 318 отличаются проницае-

---

* Здесь и далее для краткости взамен терминов «открытая пористость» и «газопроницаемость» используются термины «пористость» и «проницаемость».

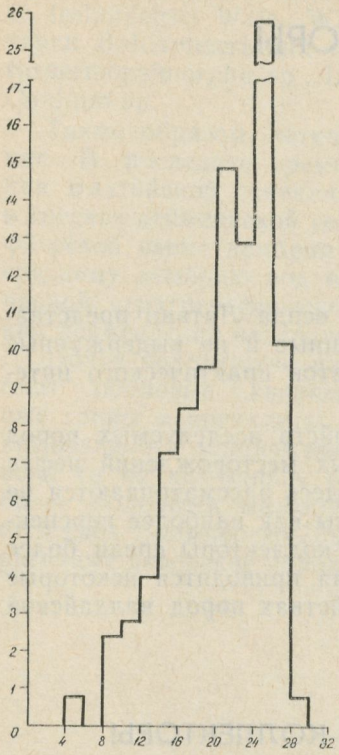


Рис. 16. Гистограмма открытой пористости пород лонтоваской, овишской и вентавской свит нижнего кембрия.

мостью менее 1 мД, а в целом проницаемость изменяется от первых десятков до 2000 мД и более. Большая часть песчаников и алевролитов имеет проницаемость от 20—25 до 500—700 мД, и только единичные образцы отличаются аномальными, низкими или очень высокими значениями проницаемости при пористости 12—31%.

Так, например, при открытой пористости 14,4 и 14,9% в скв. Вергале-49 и Дурбе-38 обнаружены песчаники с повышенной проницаемостью, равной соответственно 490,0 и 130,6 мД. В то же время некоторые довольно низкопористые песчаники и алевролиты (12—18%) отличаются очень высокой проницаемостью (600—1800 мД). Эти явления наблюдаются не только среди нижнекембрийских терригенных пород, и их причины будут объяснены ниже. Из 318 изученных образцов нижнекембрийских пород только у семи проницаемость в пределах 1000—2000 мД, а у трех она даже превышает 2000 мД (на рис. 17 они не показаны).

Лонтоваская свита

В низах лонтоваской свиты спорадически встречаются прослои песчаников, алевролитов и плохо отсортированных песчано-алевритовых пород, представляющие определенный интерес как потенциальные коллекторы. Так, в разрезе скв. Лудза-15, в интервале 791,6—793,8 м, залегают средне-мелкозернистые кварцевые (с глауконитом) горизонтально- и косослоистые песчаники с маломощными прослоями зеленовато-серых глин и алевролитов. Пористость этих пород 15,9—16,2%, а проницаемость изменяется от 118,0 до 153,4 мД. При этом максимальные значения проницаемости соответствуют среднезернистым разностям, полностью лишенным глинистой примеси и на 95,8% сложенным зернами песчаной размерности. Увеличенное содержание алевритовых частиц в песчаниках и примесь глинистой фракции (менее 0,005 мм) даже в небольших количествах (до 1,6%) снижают проницаемость песчаников на 30%. В скв. Вишки-25 низы лонтоваской свиты сложены

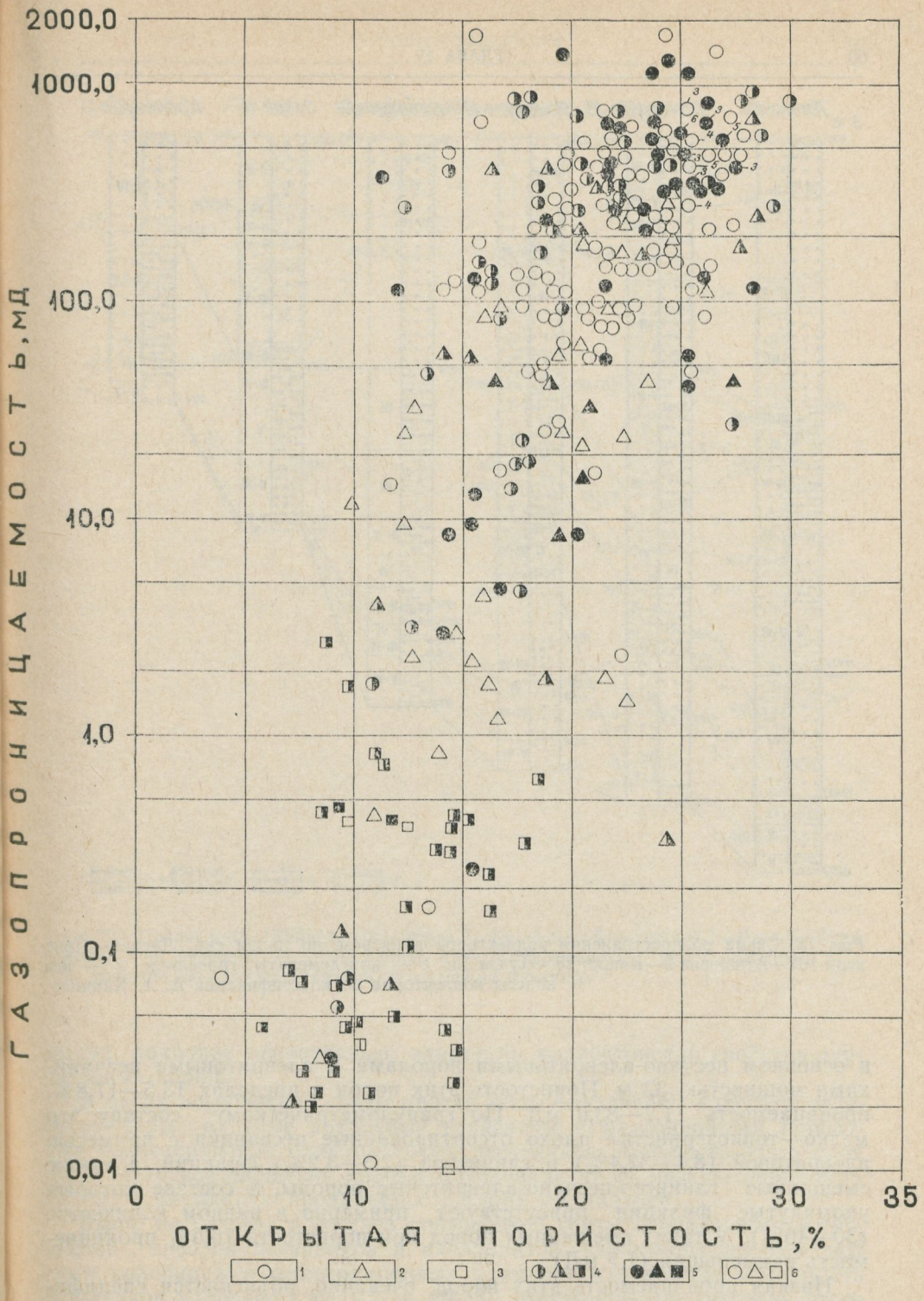


Рис. 17. График зависимости газопроницаемости от открытой пористости для пород лонтоваской, овишской и вентавской свит нижнего кембрия: *1* — песчаники; *2* — алевролиты; *3* — глины; *4* — лонтоваские породы; *5* — овишские; *6* — вентавские.

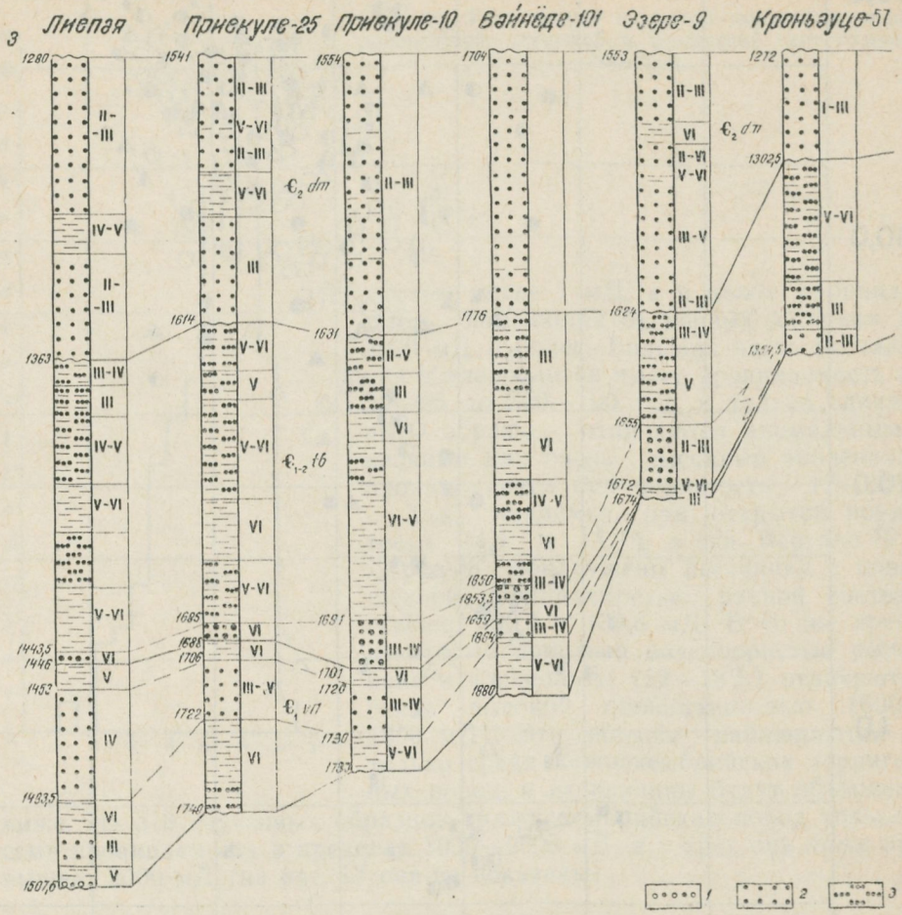
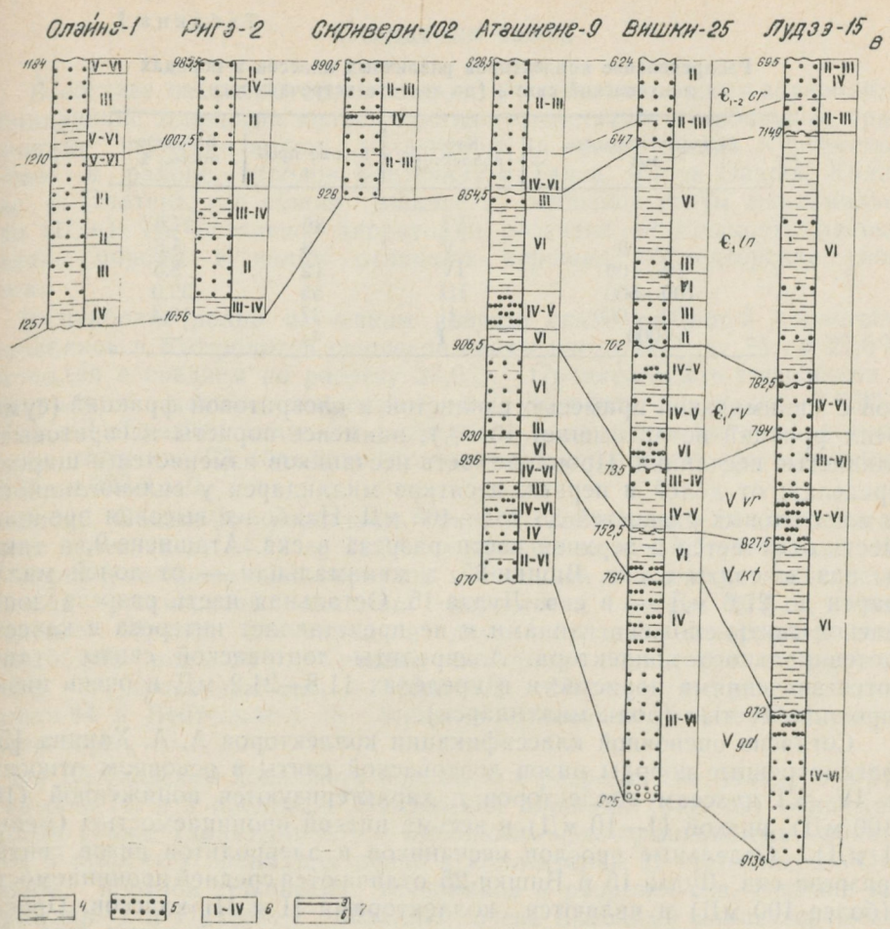


Рис. 18. Схема распространения коллекторов в разрезе по линии скв. Лиепая—Приекуле-25—Приекуле-10—Вайнёде-101—Эзере-9—Кроньауце-57—Олайне-1—Рига-2—Скривери-102—Аташиене-9—Вишки-25—Лудза-15: *1* — конгломераты, гравелиты; *2* — песчаники; *3* — алевролиты; *4* — глины; *5* — туфопесчаники, туфоалевролиты; *6* — классы коллекторов по классификации А. А. Ханина; *7* — границы: *а* — между свитами, *б* — между пачками.

в основном песчано-алевритовыми породами и алевритовыми песчаниками мощностью 32 м. Пористость этих пород в пределах 13,6—17,8%, проницаемость 1,7—83,0 мД. По гранулометрическому составу это мелко—тонкозернистые плохо отсортированные песчаники с примесью алевритовой (8,4—32,4%) и глинистой (2,3—3,2%) фракций, а также смешанные глинисто-песчано-алевритовые породы, в составе которых упомянутые фракции присутствуют примерно в равном количестве (30—40%). У таких смешанных пород при пористости 16,5% проницаемость наименьшая (1,7 мД).

Низкая проницаемость этих пород, очевидно, объясняется спецификой состава глинистого цемента: кроме каолинита (50%), гидрослюд (40%) присутствует также монтмориллонит (10%), который, как известно, наиболее отрицательно влияет на коллекторские свойства терригенных пород.



В низах лонтоваской свиты иногда (скв. Алуксне-99) залегают зеленовато-серые плотные кварцевые гравелиты с маломощными прослоями разнозернистых олигомиктовых песчаников. Мощность этого слоя 0,6 м. Плотное сложение породы обусловливает ее низкую пористость (1,9%) и ничтожную проницаемость (доли миллидарси).

Выше по разрезу в составе лонтоваской свиты спорадически встречаются прослои песчаников и алевролитов, характеризующиеся резкими колебаниями фильтрационных и емкостных свойств. Пористость песчаников изменяется от 9,1 до 29,2%. Максимальные значения этого показателя свойственны мелко- и тонкозернистым разностям песчани-

Таблица 1

Распределение коллекторов различных классов в породах лонтоваской свиты (по частоте встречаемости)

Газопроницаемость, мД	Класс коллектора	Кол-во проб	Встречаемость, %
<1	VI	39	27,6
1—10	V	8	5,6
10—100	IV	12	8,5
100—500	III	55	39,0
500—1000	II	27	19,3
>1000	I	—	—

ков с минимальной примесью глинистой и алевритовой фракций (сумма этих фракций не превышает 15,6%), наименее пористы алевритовые и глинистые песчаники. Проницаемость песчаников изменяется в широких пределах: от долей и первых десятков миллидарси у сильноглинистых и алевритовых разностей до 284—405 мД. Наиболее высокая проницаемость отмечается в верхней части разреза в скв. Аташиене-9, а также в низах свиты в скв. Вишки-25, а минимальная — от долей миллидарси до 27,6 мД — в скв. Лудза-15. Остальная часть разреза лонтоваской свиты сложена глинами и не представляет интереса в качестве потенциального коллектора. Алевролиты лонтоваской свиты отличаются значениями пористости в пределах 11,8—24,2 мД и очень низкой проницаемостью (доли миллидарси).

Согласно оценочной классификации коллекторов А. А. Ханина [57], рассмотренные породы низов лонтоваской свиты в основном относятся к IV—VI классам коллекторов и характеризуются пониженной (10—100 мД), низкой (1—10 мД) и весьма низкой проницаемостью (меньше 1 мД). Отдельные прослои песчаников и алевролитов низов свиты в разрезе скв. Лудза-15 и Вишки-25 отличаются средней проницаемостью (более 100 мД) и являются коллекторами II и III классов. Прослои песчаников и алевролитов в разрезе лонтоваской свиты (скв. Аташиене-9 и Вишки-25) представляют собой коллекторы III класса, а в разрезе скв. Лудза-15 спорадически встречаются прослои песчаников и алевролитов, отличающиеся наихудшими коллекторскими свойствами (VI класс).

На юго-востоке Латвии, в разрезах скв. Шкяуне-103, Краслава-104, Малта-105 и Нагли-106, в лонтоваской свите установлены прослои песчаников и алевролитов. Коллекторские свойства этих пород приведены в табл. 6. Частота встречаемости коллекторов различных классов в разрезе лонтоваской свиты отражена в табл. 1, а распределение по площади показано на рис. 18.

Таким образом, лонтоваские отложения характеризуются незначительным распространением песчаников и алевролитов, представляющих практический интерес как коллекторы. Ввиду малой мощности пород-коллекторов, невыдержанности их в разрезе и на площади, резких изменений фильтрационных и емкостных свойств эти породы на востоке Латвии должны рассматриваться как малоперспективные для захоронения промышленных стоков.

Овишская свита

В составе овишской свиты широко развиты песчаники и алевролиты, обладающие хорошими коллекторскими свойствами. Наибольшее практическое значение имеют коллекторы на северо-западе Курземского п-ова, в районе городов Вентспилс и Талси, мысов Овиши, Колка, нас. п. Пилтене, где общая мощность овишской свиты максимальна (до 60 м). На остальной территории развития ее мощность меньше, однако породы в целом отличают хорошие коллекторские свойства.

В наиболее полно изученном разрезе скв. Вентспилс-3 пористость песчаников и алевролитов овишской свиты изменяется от 14 до 27,6%, составляя в среднем по разрезу 23,0%. Проницаемость песчаников и алевролитов также изменяется в широких пределах — 0,25—666,0 мД. Средние значения пористости и проницаемости по результатам изучения 39 образцов песчаников составляют соответственно 23,3% и 333,9 мД.

В скв. Овиши-94 пористость овишских песчаников и алевролитов имеет значения от 14,35 до 28,3%, а проницаемость 8,5—762,0 мД. Из 12 проанализированных образцов песчаников и алевролитов в семи случаях установлены значения пористости более 20%, только у одного образца песчаника и двух образцов алевролитов значения были ниже 20%. Средняя величина пористости составляла 22,3% а проницаемости — 302,2 мД. Породы в разрезах скв. Овиши-94 и Вентспилс-3 в основном относятся ко II—III классам коллекторов.

На Вергальском локальном поднятии, в разрезах скв. Павилоста-51, Дреймани-11, и в пределах Пилтенской площади (рис. 19) овишские породы также характеризуются высокими фильтрационными свойствами и относятся преимущественно к коллекторам II—III классов. Отдельные прослои овишских песчаников в разрезах скв. Вергале-46, Дреймани-11 и Пилтене-1 обладают очень высокими коллекторскими свойствами и принадлежат к I классу. Частота встречаемости пород-коллекторов различных классов в разрезе овишской свиты приведена в табл. 2.

Таблица 2

Распределение коллекторов различных классов в породах овишской свиты (по частоте встречаемости)

Газопроницаемость, мД	Класс коллектора	Кол-во проб	Встречаемость, %
<1	VI	4	5,8
1—10	V	6	8,7
10—100	IV	8	11,6
100—500	III	28	40,6
500—1000	II	19	27,5
>1000	I	4	5,8

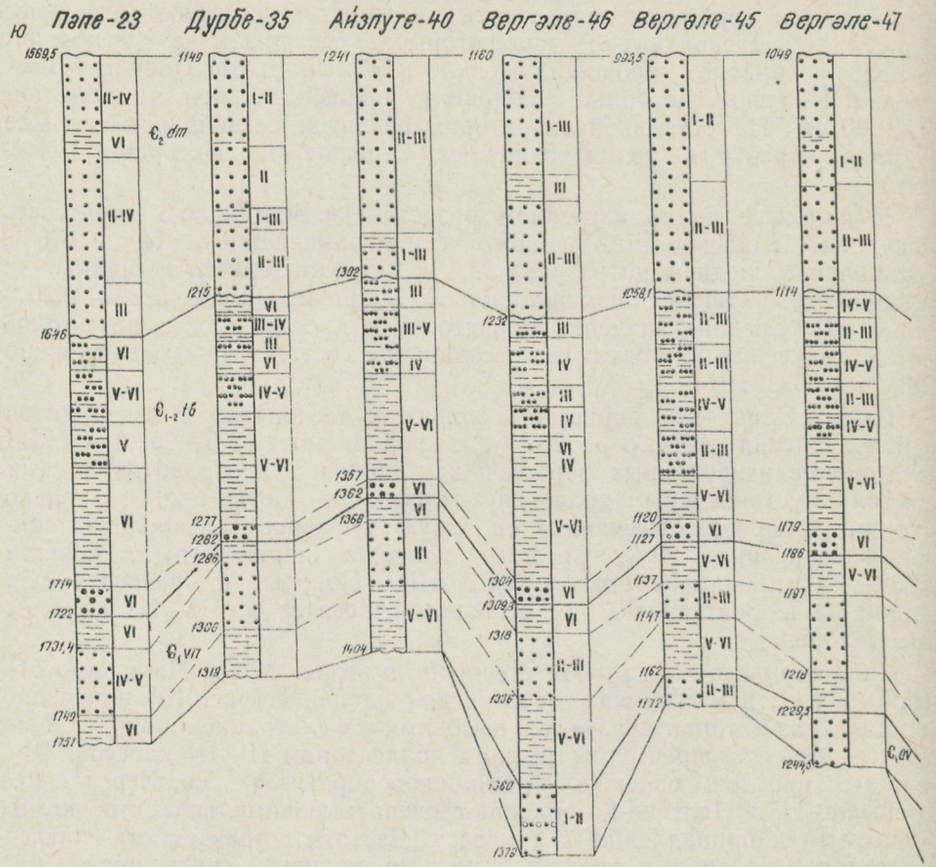
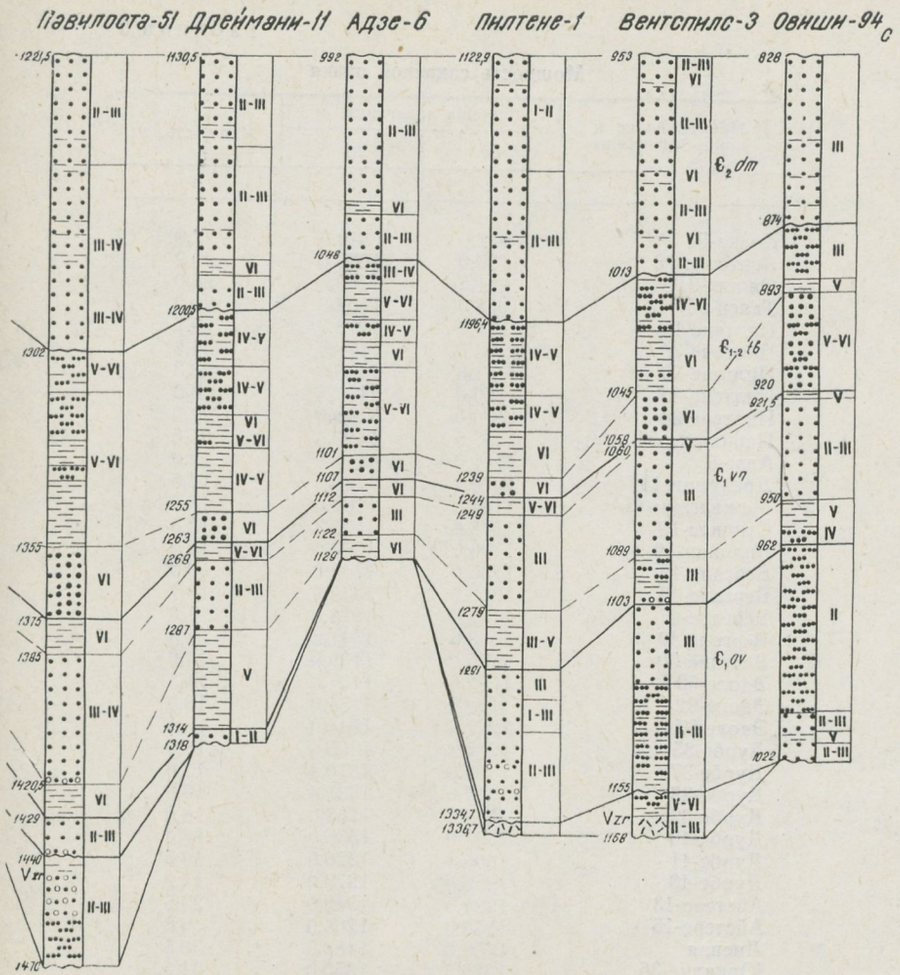


Рис. 19. Схема распространения коллекторов в разрезе по линии скв. Папе-23—Дурбе-35—Айзпуте-40—Вергале-40—Вергале-45—Вергале-47—Павилоста-51—Дреймани-11—Адзе-6—Пилтене-1—Вентспилс-3—Овиши-94.

Условные обозначения те же, что и на рис. 18.

Вентавская свита

Породы-коллекторы вентавской свиты представлены песчаниками, алевролитами и гравелитами. Если в подсакаской (нижней) пачке свиты, а также в надсакаской (ее верхи) песчаники и алевролиты залегают в виде довольно маломощных и не выдержанных по разрезу и площади прослоев, то средняя часть свиты — сакаская пачка, сложенная песчаниками и алевролитами, — почти повсеместно распространена в Западной Латвии и частично в центральной части республики и представляет первоочередной интерес как коллектор. Общая мощность сакаской



пачки изменяется от 0 до 35,5 м, достигая максимума в пределах наиболее глубоко погруженных зон — Лиепайской впадины (скв. Павилоста-51) и Южно-Латвийской ступени (скв. Приекуле-19), где мощность отложений соответственно 35,5 и 33,0 м.

Глубина залегания и мощности пород сакаской пачки в разрезах скважин Западной Латвии приведены в табл. 3, которая совместно с рис. 6, 7, 13, 18 и 19 дает представление о распространении рассматриваемых потенциальных коллекторов и показывает увеличение их мощности в сторону акватории Балтийского моря.

Сакаская пачка характеризуется выдержанным вещественным со-

Таблица 3

Мощность сакаской пачки

Наименование и номер скважины	Глубина залегания, м		Мощность, м
	от	до	
1	2	3	4
Колка-54	827,0	849,0	22,0
Вентспилс-3	1089,0	1060,0	29,0
Овиши-91	921,5	949,5	28,0
Талси-55	1088,0	1108,0	20,0
Пилтене-1	1249,0	1278,7	29,7
Пилтене-30	1154,5	1178,5	24,5
Пилтене-32	1141,0	1169,3	28,3
Пилтене-33	1179,0	1187,5	8,5
Пилтене-34	1136,0	1158,0	22,0
Павилоста-51	1385,5	1420,5	35,0
Адзе-6	1111,0	1121,0	10,0
Дреймани-11	1270,0	1286,5	16,5
Межвагари-13	1144,0	1161,0	17,0
Стирнас-18	1178,8	1191,3	12,5
Вилцини-19	1190,0	1203,0	13,0
Вергале-45	1136,0	1146,0	10,0
Вергале-46	1318,0	1336,0	18,0
Вергале-47	1197,0	1218,0	21,0
Вергале-49	1313,6	1341,2	27,6
Вергале-50	1125,0	1139,0	14,0
Эдоле-60	1092,5	1104,0	11,5
Эдоле-62	1135,5	1154,0	18,5
Эдоле-67	1227,5	1244,0	16,5
Дурбе-35	1287,0	1305,0	18,0
Дурбе-37	1357,0	1370,0	13,0
Дурбе-38	1302,6	1321,4	18,8
Дурбе-39	1245,0	1263,0	18,0
Дурбе-40	1368,0	1386,0	18,0
Дурбе-41	1306,5	1326,0	19,5
Дурбе-43	1255,0	1270,0	15,0
Айстере-13	1321,5	1345,0	23,5
Айстере-15	1258,0	1266,0	8,0
Лиепая	1453,0	1483,5	30,5
Юркалне-36	1318,5	1350,0	31,5
Юрмалциемс-30	1592,0	1608,0	16,0
Бернаты-53	1368,5	1375,0	6,5
Бернаты-6	1332,5	1352,0	20,5
Бернаты-7	1354,0	1366,0	12,5
Бернаты-8	1455,0	1468,0	13,0
Бернаты-20	1336,0	1350,0	14,0
Бернаты-22	1412,0	1425,0	13,0
Бернаты-24	1381,0	1397,0	16,0
Папе-18	1661,0	1677,0	16,0
Папе-23	1731,0	1748,0	17,0
Приекуле-10	1720,0	1730,0	10,0
Приекуле-11	1728,0	1752,0	24,0
Приекуле-12	1720,0	1740,0	20,0
Приекуле-16	1730,0	1741,0	11,0
Приекуле-19	1691,5	1727,0	35,5
Приекуле-25	1706,0	1722,0	16,0
Вайнёде-101	1859,0	1864,0	5,0
Эзере-9	1673,0	1674,0	1,0
Кандава-52	1184,0	1195,0	11,0
Кандава-24	1389,0	1398,5	9,0

Окончание таблицы 3

1	2	3	4
Циецере-10	1104,5	1114,5	10,0
Деголе-59	1252,5	1260,5	8,0
Энгуре	1123,5	1136,0	12,5
Кемери	1061,0	1064,0	3,0
Рагациемс	1160,0	1171,0	11,0

ставом на всей площади ее развития. Это почти мономинеральные мелко- и тонкозернистые кварцевые песчаники и крупнозернистые кварцевые алевролиты. На севере Курземского п-ова и на побережье Балтийского моря в составе сакаской пачки несколько преобладают алевролиты.

Наиболее полное представление о фильтрационных и емкостных свойствах сакаской пачки составлено по скважинам Вергальского локального поднятия, а также Овиши-94, Вентспилс-3 и Лиепая.

На севере Курземского п-ова (скв. Вентспилс-3, Овиши-94) получены наиболее многочисленные данные (36 определений) о емкостных и фильтрационных свойствах вентавских пород. Так, преобладающие в разрезе скв. Вентспилс-3 песчаники характеризуются величиной пористости 16,8—27,6% (в среднем 23,8%) и проницаемостью 2,4—551,5 мД (в среднем 283,5 мД). Для алевролитов эти величины соответственно составляют в среднем 19,5% и 95,7 мД (6 определений). В целом вентавские породы относятся к коллекторам III класса, исключая единичные прослои глинистых алевролитов и глин в низах и верхах свиты (подсакаская и надсакаская пачки).

В разрезе скв. Овиши-94 также преобладают песчаники с хорошими коллекторскими свойствами. Пористость вентавских песчаников здесь изменяется в пределах 22,1—27,3% (в среднем 25,4%), а проницаемость составляет 45,7—760,0 мД при средней величине 309,5 мД.

Единичные прослои алевролитов характеризуются значениями пористости 14,0—22,4% и проницаемостью 0,8—266,0 мД. Единичные прослои песчаников с максимальными емкостными и фильтрационными показателями в разрезе скв. Овиши-94 относятся к коллекторам II класса, самая верхняя часть свиты (надсакаская пачка) — к V классу, а вся остальная часть — ко II—III классам.

Остальная территория северной части Курземского п-ова менее изучена. Имеющиеся единичные определения пористости, литологические особенности, небольшая глубина погружения вентавских пород позволяют прогнозировать здесь развитие коллекторов II и III классов. Например, единичные пробы песчаников и алевролитов свидетельствуют о том, что пористость пород в Пилтенском прогибе более 22—23%, а проницаемость достигает 913 мД.

Пористость тонкозернистых песчаников в районе скв. Вергале-49 (периклиналь одноименного локального поднятия) находится в пределах 20,1—27,1%, а в своде структуры — 19,6—26,8% (скв. Вергале-46, -47). Наиболее высокие значения этого показателя характерны для хорошо отсортированных тонкозернистых кварцевых песчаников, содержащих 70,0—91,6% фракции 0,1—0,05 мм и отличающихся явным

преобладанием фракции тонкого песка или же примерно одинаковым количеством двух смежных песчаных фракций (0,1—0,05 и 0,25—0,1 мм), сумма которых достигает 95%. Для таких высокопористых песчаников характерна небольшая примесь алевритовых частиц (4,8—7,6%) и полное отсутствие глинистых примесей.

В скв. Вергале-47 такие высокопористые песчаники также тонкозернистые, но здесь наблюдается примесь глинистой фракции (до 2,4%) и несколько повышенное (до 11,6%) содержание алевритовой примеси (в одном случае 27,6%), которые снижают открытую пористость. Кроме того, в разрезе сакаской пачки (скв. Вергале-49) наличествуют смешанные песчано-алевритовые породы с общим содержанием песка и алеврита 92% и глинистых частиц до 8,0%. Они отличаются несколько пониженной пористостью (22,2%).

Алевролиты встречаются спорадически. Это крупнозернистые песчанистые и песчаные разности с высокой пористостью (до 25,3%). В сводовой части структуры обнаружены прослои алеврито-песчаных пород с пористостью 24,3—24,9%.

Проницаемость сакаских песчаников и алевролитов в пределах Вергальского поднятия отличается колебаниями в широком диапазоне — 67,1—680,0 мД. Максимальные величины (400—680 мД) отмечаются у хорошо отсортированных тонкозернистых песчаников с небольшой примесью алевритовых частиц (4,2—7,6%) и практически без глинистой примеси. Песчаная фракция в этих песчаниках составляет 90,0—96,8%. Как правило, наивысшей проницаемостью обладают самые высокопористые песчаники (пористость 24,0—27,2%), и только в единичных случаях высокие значения проницаемости присущи мелко—тонкозернистым песчаникам с несколько пониженной пористостью (20,6%).

Несколько худшую проницаемость (105,5 мД) имеют плохо отсортированные песчаные алевролиты, отличающиеся высокой пористостью. Это обусловлено повышенным содержанием глинистых частиц и карбонатностью. Смешанные песчано-алевритовые породы, сложенные примерно в одинаковых соотношениях тонкозернистым песком и крупным алевритом, плохо отсортированы и обладают проницаемостью до 218 мД при пористости 22,2%. На юго-западном (пологом) склоне Вергальского локального поднятия тонкозернистые песчаники сакаской пачки отличаются высокими значениями пористости и несколько меньшими — проницаемости по сравнению с остальной структурой. Здесь почти чистые кварцевые тонкозернистые песчаники с небольшой примесью алеврита (7,2%) при высокой пористости (26,8%) характеризуются проницаемостью 292,8 мД. В других песчаниках, почти аналогичных по составу и текстурным особенностям, но с повышенным содержанием алевритовой примеси (до 27,6%) и небольшой примесью глинистых частиц (2,4%) проницаемость, несмотря на их высокую пористость (24,4—26,4%), снижается до 166,2—206,0 мД. Наименьшие фильтрационные показатели при этом наблюдаются в случаях интенсивного развития глинистого и кварцевого регенерационного цемента в породе. На проницаемость отрицательно влияет минеральный состав глинистого вещества в цементе песчаников.

Прослои песчаников и алевролитов в нижней и верхней пачках вентавской свиты характеризуются резко изменчивыми емкостными и

фильтрационными свойствами. Кроме того, из-за малой мощности и невыдержанности в разрезе и по площади они не представляют практического интереса как коллекторы.

В целом среднее значение пористости нижнекембрийских песчаников и алевролитов на Вергальском поднятии 17,0%, а проницаемости — 556,9 мД.

По классификации А. А. Ханина, породы сакаской пачки в пределах Вергальского поднятия, за редкими исключениями, относятся к коллекторам III класса и характеризуются средними показателями проницаемости (100—500 мД). Только один из исследованных образцов (скв. Вергале-47, глуб. 1208,0 м) отличается пониженной проницаемостью и принадлежит к IV классу коллекторов. Это — тонкозернистый кварцевый песчаник с обильным глинистым и кварцевым регенерационным цементом, содержание которого составляет соответственно 47,8 и 52,2% от всего цемента при количестве обломочной составляющей около 50,0%. Пленочный и поровый типы глинистого цемента, дополненные кварцевым регенерационным, сильно снижают пористость (до 19,6%) и особенно проницаемость, составляющую всего 67,7 мД. В то же время иногда в низах пачки (скв. Вергале-49) встречаются тонкозернистые кварцевые песчаники с повышенной проницаемостью (662—680 мД). Эти разности характеризуются минимальным содержанием глинистой и алевритовой примесей. Это — коллекторы II класса, но развитые спорадически.

Рассматривая изменение фильтрационных и емкостных показателей вентавских пород к югу от Вергальского поднятия в сторону их погружения, необходимо отметить ухудшение коллекторских свойств. Так, в пределах Лиепайского поднятия (Лиепайская, Дурбеская и Айзпутская структуры) при среднем значении пористости 19,7% проницаемость ухудшается более чем в три раза и составляет в среднем 152,5 мД. Одновременно на отдельных локальных поднятиях (скв. Айзпуте-40, Дурбе-39), как на своде, так и в пределах опущенного блока, породы сакаской пачки сохраняют достаточно высокие коллекторские свойства — пористость колеблется в пределах 20,1—24,4%, проницаемость — 271,6—554,0 мД. Это — тонкозернистые кварцевые песчаники с пленочным или поровым глинистым (от 33,8 до 67,2% всего цемента), или кварцевым регенерационным (14,4—66,2%) цементом. Изредка в отдельных участках породы наблюдается карбонатный цемент порового типа. Разновидности, обогащенные карбонатным или кварцевым регенерационным цементом, отличаются пониженной проницаемостью, которая в целом все же достаточно высока для данной территории — 271—300 мД. Причина высокой проницаемости может быть объяснена близостью зоны тектонического нарушения и возникновением микротрещиноватости, которая, как известно, резко улучшает фильтрационные свойства пород.

В разрезе скв. Лиепая сакаская пачка представлена исключительно алевролитами, открытая пористость которых изменяется от 10,0 до 20,7%. Средняя величина пористости по 18 определениям составляет 16,7%, что намного ниже по сравнению с показателями у сакаских пород ранее рассмотренных районов. Проницаемость этих алевролитов находится в пределах 1,3—199,0 мД при средней ее величине 49,2 мД

(проанализировано 13 образцов в интервале 29,0 м). В четырех образцах, в основном из верхней части сакаской пачки, алевролиты отличаются резко пониженными проницаемостью (до 20 мД) и пористостью (до 16%). Отдельные прослои плотных массивных песчаников в низах вентавской свиты характеризуются резко изменчивыми коллекторскими свойствами. Так, пористость этих пород колеблется от 4,0 до 4,6%, а проницаемость — от долей мД до 110,5 мД.

Еще южнее (Бернатское поднятие, скв. Бернаты-53) пористость пород равна 14,7%, а на крайнем юго-западе республики, в скв. Папе-18, -23, этот показатель составляет в среднем 15,0 и 15,4%. Проницаемость песчаников и алевролитов, залегающих здесь на глубинах более 1660 и 1722 м, обычно меньше 100 мД и нередко составляет доли миллидарси. Несколько повышенные фильтрационные свойства присущи только среднеокатанным мелкозернистым кварцевым песчаникам с очень незначительным содержанием цемента. Изучение этих пород под микроскопом показывает, что их текстура пористая — наблюдаются мелкие щелевидные поры размером 0,02—0,08 мм, благоприятно влияющие на проницаемость. В этом же разрезе нередко встречаются мелкозернистые кварцевые песчаники с полнопоровым глинистым цементом, в обломочной части которых много глауконита. Наряду с этим на отдельных участках породы наблюдаются регенерированные зерна кварца и сильное уплотнение породы. Хотя пористость таких пород сравнительно высока (13,5%), они практически непроницаемы и не представляют интереса как коллектор. В целом же, несмотря на большую глубину залегания, сакаские песчаники и алевролиты в районе Папеской структуры относятся к коллекторам IV класса.

При проходке глубоких разведочных скважин выход керна недостаточно высок, при этом более слабо сцементированные породы с лучшими фильтрационными и емкостными показателями легче размываются. С другой стороны, сравнение результатов определения коллекторских свойств на Папеской и еще более погруженной Гаргждайской структурах (Литовская ССР) показывает, что по мере погружения кембрийских отложений к югу их емкостные и фильтрационные свойства резко ухудшаются.

На остальной территории Западной Латвии коллекторские свойства нижнекембрийских отложений изучены в ряде скважин на Южно-Кандавком и Кулдигском локальных поднятиях, а также в районе Кемери и Рагациемс. Так, в скв. Вилцини-19 пористость нижнекембрийских песчаников и алевролитов составляет в среднем 20,5%, а проницаемость 118,3 мД. На Южно-Кандавской структуре (скв. Кандава-24, -25) пористость рассматриваемых пород 19,6 и 21,5% при проницаемости 302,0 и 64,0 мД. Еще восточнее, в разрезе параметрической скв. Деголе-59, проницаемость пород этого возраста составляет всего 136,6 мД при пористости 22,1%.

В районе скв. Кемери вентавская свита в основном сложена только песчаниками с хорошими коллекторскими свойствами: пористость в среднем 21,2%, проницаемость 261,3 мД. Для единичных прослоев алевролитов эти величины несколько ниже — 19,5% и 126,4 мД. Песчаникам, залегающим в кровле свиты, присущи наименьшие значения проницаемости (110,3 мД) и пористости (19,1%), а преобладающая

Таблица 4

Распределение коллекторов различных классов в породах вентавской свиты (по частоте встречаемости)

Газопроницаемость, мД	Класс коллектора	Кол-во проб	Встречаемость, %
<1	VI	9	6,3
1—10	V	10	7,0
10—100	IV	37	25,9
100—500	III	68	47,5
500—1000	II	16	11,2
>1000	I	3	2,1

проницаемость — в пределах 239,0—374,0 мД. Эти породы относятся к коллекторам III класса.

При рассмотрении изменений коллекторских свойств по площади (см. рис. 18, 19) видна общая тенденция к улучшению емкостных и фильтрационных показателей песчаников и алевролитов вентавской свиты в западном направлении; она выражается в увеличении значений как пористости, так и проницаемости. Последнее обстоятельство позволяет предполагать улучшение коллекторских свойств рассматриваемых пород в акватории Балтийского моря, особенно в ее прибрежной части, где кембрийские отложения еще не погружены на большие глубины (например, район структуры Лиепая-море).

Южнее Лиепайско-Салдусского разлома коллекторские свойства нижнекембрийских пород по мере их погружения ухудшаются, достигая минимальных значений емкостных, и в особенности фильтрационных, показателей на юго-западе Латвийской ССР.

Общее количество образцов пород вентавской свиты, по которым определены фильтрационные и емкостные показатели, составляет 143. Частота встречаемости образцов, относящихся к породам-коллекторам различных классов, приведена в табл. 4, а распределение коллекторов по площади и разрезу показано на рис. 18, 19.

Хорошие коллекторские свойства сакаских песчаников и алевролитов обусловлены в первую очередь седиментологическими факторами. Хорошая отсортированность, практически мономинеральный кварцевый состав пород, небольшая примесь алевролитовой и глинистой фракций благоприятствуют сохранению хороших емкостных и фильтрационных показателей. Пленочный, реже неполнопоровый глинистый цемент гидрослюдистого состава, редкие проявления базального типа цементации и сравнительно ограниченное развитие кварцевого регенерационного цемента также оказывают благоприятное влияние на коллекторские свойства сакаских пород.

Песчаники и алевролиты вентавской свиты представляют собой коллекторы бромсодержащих рассолов. Они могут быть рекомендованы в качестве естественной поглощающей среды для захоронения не поддающихся очистке сточных вод промышленных предприятий на всей территории Западной Латвии. Особенно благоприятны для этого север-

ная часть Курземского п-ова и побережье Балтийского моря севернее г. Лиепая, где распространены наилучшие коллекторы в составе сакаской пачки.

НИЖНЕ- И СРЕДНЕКЕМБРИЙСКИЕ ПОРОДЫ-КОЛЛЕКТОРЫ

Породы-коллекторы в составе объединенной нижне- и среднекембрийской толщи приурочены к тебрской свите и цирмской толще.

Тебрская свита

В составе тебрской свиты гранулярные коллекторы представлены песчаниками и алевролитами. Глубина залегания кровли свиты изменяется от −725,5 м в пределах Дундагской моноклинали на севере Курземского п-ова до −1776 м на юго-западе республики (Южно-Латвийская ступень).

Песчаники свиты характеризуются примесью алеврита от первых процентов до 20—30%, изредка даже 40%, и переменным содержанием глинистых частиц, преимущественно до 10—20%, реже 30%. Около 25% изученных образцов песчаников содержат примесь алевритовых и глинистых фракций (до 20% каждой); согласно классификации Л. Б. Рухина, они относятся к алевритовым и глинистым разновидностям. Около 10% образцов заключают в себе глинистую и алевритовую примесь (до 30% каждой) и относятся к алевритово-глинистым, а 51 проба содержит тех и других примесей (алевритов и глин) до 40%.

Алевролиты в основном глинистые и песчанистые и содержат преимущественно 20—40% глинистой и песчаной фракций. Количество проанализированных образцов глин небольшое, в основном это сильноалевритовые и слабопесчанистые разновидности.

Смешанные песчано-алевритовые породы составляют 20% всех проб и представляют собой смеси, сложенные песчаными частицами (60—40%) и алевритом с примесью глинистых частиц (10—30%). Пористость и проницаемость определены у 323 образцов пород тебрской свиты. Эти анализы в основном относятся к различным разновидностям песчаников, в той или иной степени содержащих алевритовую и глинистую примеси, а также к алевролитам и смешанным породам, в которых содержание какой-либо из трех основных фракций не превышает 60%.

Породы-коллекторы в составе тебрской свиты представлены песчаниками и алевролитами, обычно приуроченными к верхней части разреза. На рис. 17, 18 приведены коллекторы разных классов по профилям. Как потенциальные коллекторы наиболее интересны северная и восточная части территории распространения тебрской свиты, а также субмеридиональная полоса от района скв. Талси-55 на севере до Приекульского поднятия на юге Курземского п-ова, где песчаники и алевролиты слагают 35—50%, иногда даже 70% всей мощности свиты. Несколько повышенная песчанистость разреза наблюдается также на сводах некоторых локальных поднятий (Приекульское, Салдусское, Дурбеское), а максимального развития песчаники и алевролиты дос-

тигли в пределах северо-восточного борта Балтийской синеклизы (скв. Нитауре-58, Балдоне-80, Олайне-1, Рига-2, Бирини, Пуйкуле-42, Личи и Цирулиши).

Емкостные и фильтрационные свойства тебрских пород в Балтийской синеклизе изменяются в широких пределах: пористость песчаников и алевролитов — от первых процентов до 31%, а проницаемость — от долей и первых миллидарси до 598,9 мД. Из графика частоты встречаемости пористости (рис. 20) видно, что у 9% образцов она составляет 1—10%, у 11% — более 25%, а у подавляющего большинства — 10—25%.

На северо-западе Курземского п-ова (скв. Вентспилс-3, Овиши-94) пористость тебрских пород изменяется в широких пределах. Так, в разрезе скв. Овиши-94 она составляет 11,2—16,0% при среднем значении 14,2%. Эти данные соответствуют алевролитам, а единственный проанализированный образец песчаника характеризуется пористостью 24,6%. В детально изученном разрезе свиты в скв. Вентспилс-3 средняя величина пористости песчаников составляет 20,7% при ее экстремальных значениях 14,7 и 27,2% (количество образцов — 16).

Пористость тебрских алевролитов в этом разрезе 12,4—23,1% (среднее значение — 16,3%). При этом наихудшие емкостные свойства имеют алевриты пачки железистых оолитов, а также породы, залегающие на 10—15 м выше кровли этой пачки. Среднее значение пористости всех изученных образцов тебрских песчаников и алевролитов в разрезе скв. Вентспилс-3 составляет 18,9%.

В пределах Кулдигского локального поднятия данные пористости песчаников тебрской свиты получены по керну скв. Дреймани-11. Пористость образцов, анализированных на коллекторские свойства, изменяется от 12,3 до 24,5%. Эти значения относятся к тонкозернистым песчаникам, содержащим 7,0—18,2% алевритовой и 0,8—7,0, реже 15,2% глинистой фракций. Содержание песчаной фракции в этих породах колеблется от 66,0 до 89,6%, не превышая в среднем 80%. Песчаная фракция в целом характеризуется явным преобладанием тонкозернистых частиц (56,0—77,8%), ничтожной примесью среднезернистого песка (обычно доли и первые единицы процента) и небольшим содержанием мелкозернистой фракции (3,4—16,7%, в одном случае 50,2%). Здесь же отмечаются смешанные алеврито-песчаные породы с минимальными значениями пористости и проницаемости (12,2—14,2% и 0,16—0,19 мД), сложенные в примерно

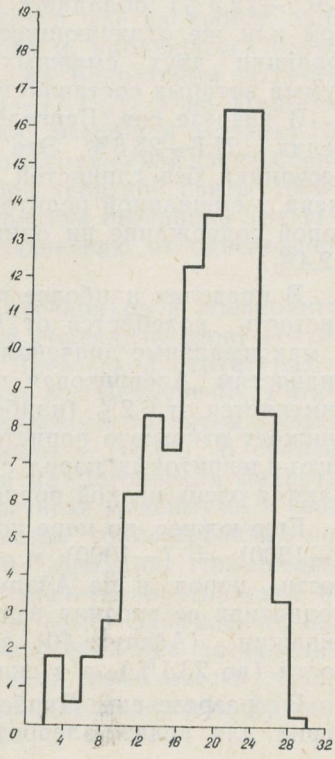


Рис. 20. Гистограмма открытой пористости пород тебрской свиты и цирмской толщи.

одинаковых соотношениях алевритовыми и песчаными частицами с примесью глинистой фракции в пределах 9,6—11,2%. Высокие емкостные свойства этих пород обусловлены явным преобладанием одной фракции.

Несколько южнее, на Вергальском поднятии, среднее значение пористости, по данным 47 определений, у песчаников и алевролитов составляет 21,5%, минимальные средние значения соответствуют наиболее пониженной части структуры, максимальные (24,2%) — скв. Вергале-46. В своде структуры (скв. Вергале-45) отмечаются наиболее пористые породы. Песчаники отличаются более повышенным содержанием песчаной фракции (до 97,2%) и переменной долей (2,8—27,8%) примеси алевритовых частиц, а глинистая составляющая нередко отсутствует или же присутствует в количестве до 7,0%. Песчаники практически лишены среднезернистой фракции, а мелкозернистая фракция в них составляет 0,4—12,8%.

Алевролиты и смешанные пелито-алеврито-псаммитовые породы обладают несколько пониженной открытой пористостью (19,2—22,6%). Содержание глинистой фракции 11,2—15,2%, алеврита 32,4—50,4 и песчаника 38,4—53,2%. Максимальные значения пористости характерны для глинистых разновидностей.

На северо-западном склоне Вергальского поднятия пористость пород также высокая (20,8—28,5%). Эти песчаники в основном тонко-, реже мелкозернистые. В них песчаная фракция составляет 60,6—95,4%, алевритовая 4,6—15,0% (редко до 20—30%), а глинистая изменяется от нуля до 3—6% (изредка 16—19%). Минимальной пористостью (20,9—22,3%) обладают разности, обогащенные глинистым материалом или же отличающиеся явным преобладанием в составе песчаной фракции двух смежных размерностей (мелко- и тонкозернистой), сумма которых составляет 90% и более.

В разрезе скв. Вергале-49 пористость песчаников находится в пределах 21,8—25,6%. Это тонкозернистые или мелко—тонкозернистые песчаники без глинистой примеси. Минимальная пористость обнаружена у смешанной пелито-псаммито-алевритовой породы, в составе которой содержание ни одной из трех основных фракций не превышает 42,4%.

В пределах наиболее погруженной части Вергальской структуры пористость колеблется от 15,8 до 20,0% у тонкозернистых песчаников, а максимальные значения присущи средне- и тонкозернистым разновидностям. Алевритовая примесь у тонкозернистых разностей обычно изменяется от 6,2% (наиболее пористые песчаники) до 30,0—44,8%, что снижает открытую пористость до 16,1%. Богатые пиритом прослои пелито-алевритовых пород с небольшой примесью песчаных частиц отличаются очень низкой пористостью (2,7%).

Еще южнее, по мере погружения кровли тебрской свиты до глубины (−1200) — (−1300) м, наблюдается дальнейшее уменьшение пористости пород, и на Айзпутском, Лиепайском и Дурбеском локальных поднятиях ее средняя величина всего 16,6%. Здесь только в одной из скважин (Айзпуте-40) зафиксированы повышенные значения пористости (до 23,1%), а в скв. Дурбе-35 наблюдается снижение до 13,0%.

В разрезе скв. Дурбе-36 минимальная пористость (11,1%) характерна для пелито-алеврито-псаммитовых пород, отличающихся повы-

шенной глинистостью (до 38,4%) и незначительной примесью (до 6,8%) песчаной фракции. В одном случае глинистые алевриты отличаются повышенной пористостью (20,3%).

В скв. Дурбе-38 пористость тонкозернистых песчаников находится в пределах 14,5—22,8%. Максимальные значения соответствуют наименее глинистым (фракция<0,005 мм, 1,6—4,8%), минимальные — алевритовым и более глинистым (до 16%) породам. Алевролиты здесь песчаные и глинистые, крупнозернистые, с пористостью 11,2—12,2%.

На Айзпутском поднятии имеются только единичные определения пористости, значения которой изменяются от 16,7 до 25,1%. Исходя из повышенного содержания в песчаниках глинистой и алевритовой фракций ожидается, что породам тебрской свиты здесь также присущи несколько пониженные емкостные свойства.

В разрезе скв. Лиепая пористость тебрских песчаников и алевролитов изменяется от 11,6 до 22,1%. Средняя величина 18,3%, а экстремальные значения в одном случае ниже 16% и в одном выше 20%.

В одной из наиболее погруженных частей запада Латвии — Лиепайской впадине — пористость тебрских песчаников и алевролитов составляет 13,5—16,7% (при проницаемости в доли миллидарси). Почти чистые тонкозернистые песчаники с небольшой примесью (5,2—7,6%) алеврита имеют низкую пористость, что, очевидно, обусловлено широким развитием глинистого и кварцевого регенерационного цемента в породах.

При прослеживании изменения пористости тебрских песчаников к югу в пределах Бернатской и Папеской структур, где их кровля залегает соответственно глубже 1294 и 1584—1684 м, наблюдается резкое ухудшение этого показателя. Так, например, на Бернатском поднятии пористость составляет в среднем 13,3% (5,1—17,7%), а на Папеской структуре 2,8—13,1%. В параметрических скв. Эзере-9 и Вайнёде-101, расположенных в пределах наиболее глубоко погруженной части Южно-Латвийской ступени (глубина залегания пород тебрской свиты 1600—1800 м), обнаружены сравнительно высокопористые песчаники (от 11—15 до 23—27%), отличающиеся по этому показателю от одновозрастных пород Бернатской и Папеской структур.

Представление об изменении пористости песчаников и алевролитов тебрской свиты на северо-востоке Балтийской синеклизы дают результаты, полученные на Южно-Кандавской, Дегольской структурах, а также в разрезах скв. Кроньауце-57, Балдоне-80, Нитауре-58, Рига-2, Олайне-1 и Рагациемс. На своде Южно-Кандавского поднятия средняя величина пористости 20,8%, а на периклинали — 15,4%. В среднем пористость по этой структуре равна 17,4%, а на Дегольском поднятии изменяется у песчаников от 11,8 до 24,8%, достигая максимума в своде структуры, а также у практически безглинистых тонкозернистых песчаников, содержащих до 6,4% алевритовой фракции. Повышенные глинистость и алевритистость (до 25—30%) значительно снижают пористость песчаников (до 13—18%). В сводовой части Слампеского поднятия наиболее пористы также мелко- и тонкозернистые песчаники с минимальной примесью алевритового материала, практически лишенные глинистых частиц. В песчаниках содержание пелитовой фракции более 8—9% снижает пористость до 18—13%.

В разрезе скв. Кроньауце-57 пористость песчаников и алевролитов равна в среднем 11,4%, экстремальные значения этого показателя 5,0 и 19,8%. Повышенные значения пористости (более 14%) характерны в основном для среднезернистых песчаников с минимальной примесью глинистой фракции (2,4—3,8%) и содержанием зерен песчаной размерности до 90—97%.

В пределах северо-восточного борта Балтийской синеклизы пористость возможных аналогов тебрских пород в составе цирмской толщи (ее низы) обычно выше 18—20%, а максимальные значения достигают 25,8%. Только единичные прослои в разрезе скв. Балдоне-80, Нитауре-58 обладают пониженной пористостью (3,7 и 11,1%). Эти разновидности песчаников отличаются повышенным суммарным содержанием глинистой и алевритовой фракций (30—40%) или же интенсивным развитием кварцевого регенерационного цемента.

В связи с поисками и разведкой естественных поглощающих сред для захоронения промышленных сточных вод наиболее хорошо изучены коллекторские свойства тебрских пород в разрезах скв. Рига-2 и Олайне-1. Пористость песчаников и алевролитов, по результатам исследования 49 образцов, изменяется от 7,2 до 27,6%, составляя в среднем 19,0%. Наилучшими емкостными и фильтрационными свойствами в этом районе отличается разрез в скв. Рига-2, где пористость в основном выше 20% и только единичные прослои глинистых алевролитов характеризуются пониженной (10—18%) величиной. Высокопористые разновидности тебрских пород в скв. Рига-2 отличаются также повышенной проницаемостью (300—942 мД). В скв. Олайне-1 пористость тебрских пород значительно ниже (7,2—22,4%) и обычно не превышает 20%. Проницаемость этих пород по сравнению с породами разреза скв. Рига-2 понижена и только в семи образцах из 27 превышает 200 мД. Ухудшение емкостных и фильтрационных показателей в разрезе скв. Олайне-1 обусловлено повышенной глинистостью разреза.

В скв. Рагациемс песчаники тебрской свиты обладают пористостью в пределах 14,0—23,4% (среднее значение 20,5%), при этом установлен прослой песчаника с пористостью 11,7%. Здесь также обнаружены низкопористые алевролиты. В скв. Кемери пористость тебрских песчаников 20,6—23,0%.

Северо-восточнее района г. Рига пористость тебрских пород повышается. Здесь в пределах бортовой части Балтийской синеклизы, в разрезах скв. Бирини, Личи, Цирулиши и Пуйкуле-42, установлены сравнительно высокопористые песчаники и алевролиты. Так, большинство проанализированных образцов в скв. Бирини обнаруживает пористость выше 20% и только в трех случаях из 16 зафиксированы значения 9,6—11,2%; экстремальные значения равны 9,6 и 26,2%, а средняя величина 19,7%.

Крайняя северо-восточная бортовая часть синеклизы (скв. Личи, Цирулиши, Пуйкуле-42) характеризуется несколько повышенной пористостью тебрских пород. Средняя ее величина здесь по 22 образцам песчаников из скв. Личи и Цирулиши составляет 19,6%. Только единичные прослои плотных песчаников тебрской свиты отличаются пониженными емкостными свойствами. Наилучшие емкостные показатели отличают тебрские породы в разрезе скв. Пуйкуле-42; средняя величина

пористости песчаников и алевролитов здесь составляет 25,0%. Минимальная ее величина только по двум образцам из 29 меньше 2,1%, а максимальная достигает 29,1%.

Коллекторские свойства условно относимых к тебрской свите пород Восточной Латвии здесь не рассматриваются, так как они приведены в разделе «Цирмская толща» главы IV.

Пористость пород тебрской свиты изменяется в широких пределах и обусловливается гранулометрическим составом обломочной части, содержанием алевритовой и глинистой фракций, глубиной залегания пород и структурным положением (более подробно эти вопросы рассмотрены в главе V). Преобладание в составе песчаников одной, в основном тонкозернистой, фракции придает породе высокую пористость. Этот вывод совпадает с выводом в отношении других регионов [57]. Плохо отсортированные породы, как правило, обладают пониженной емкостью, а примесь алевритовой и глинистой фракций отрицательно влияет на фильтрационные свойства пород, нередко снижая их в 1,5—2 раза и более.

По мере погружения кровли тебрских пород от абсолютных отметок —1000 м на севере Курземского п-ова (Дундагская моноклиналь) до (—1200) — (—1300) м в пределах Кулдигской и Вергальской структур и до (—1500) — (—1800) м южнее Лиепайско-Салдусского разлома (Папеская структура, скв. Вайнёде-110 и др.) происходит резкое снижение пористости до 5—9% вследствие значительного уплотнения пород под действием нагрузки вышележащих пород (давление нагрузки). Последнее на глубинах 1300 и 1500—1700 м составляет соответственно 360—495 атм [35]. Большая глубина залегания и возрастание давления нагрузки под действием повышенной температуры (до 62,5°С на уровне поверхности кембрия в пределах Папеского локального поднятия) благоприятствуют протеканию процессов катагенеза. Это приводит к структурным преобразованиям пород с появлением конформных контактов между зернами кластических минералов. Происходит растворение по принципу Рикке, что в итоге приводит к широкому развитию регенерационных цементов, обусловливающих пониженную пористость рассматриваемых пород (более подробно эти вопросы рассмотрены в главе VI).

Проницаемость песчаников и алевролитов тебрской свиты изменяется от долей миллидарси до 1500—1800 мД. Из 323 проанализированных образцов пород свиты у 48 значения проницаемости менее 1 мД (рис. 21). В основном это песчаники и алевролиты с пористостью до 10—15%, и только в единичных случаях такие плохо проницаемые породы имеют несколько повышенные (до 18%) значения данного показателя. Величина проницаемости рассматриваемых пород 0,8—0,02 мД, у большинства из них она выше 0,1 мД. В целом здесь, не считая редких исключений, наблюдается небольшое увеличение проницаемости у более пористых песчаников и алевролитов (0,15—0,85 мД).

Низкопроницаемые породы в разрезе тебрской свиты отмечаются преимущественно на Дурбеском локальном поднятии и в пределах наиболее погруженной части Южно-Латвийской ступени (Папеская структура), где кровля отложений тебрской свиты залегает глубже 1550—1750 м. Встречены они также в Лиепайской впадине (скв. Павилоста-

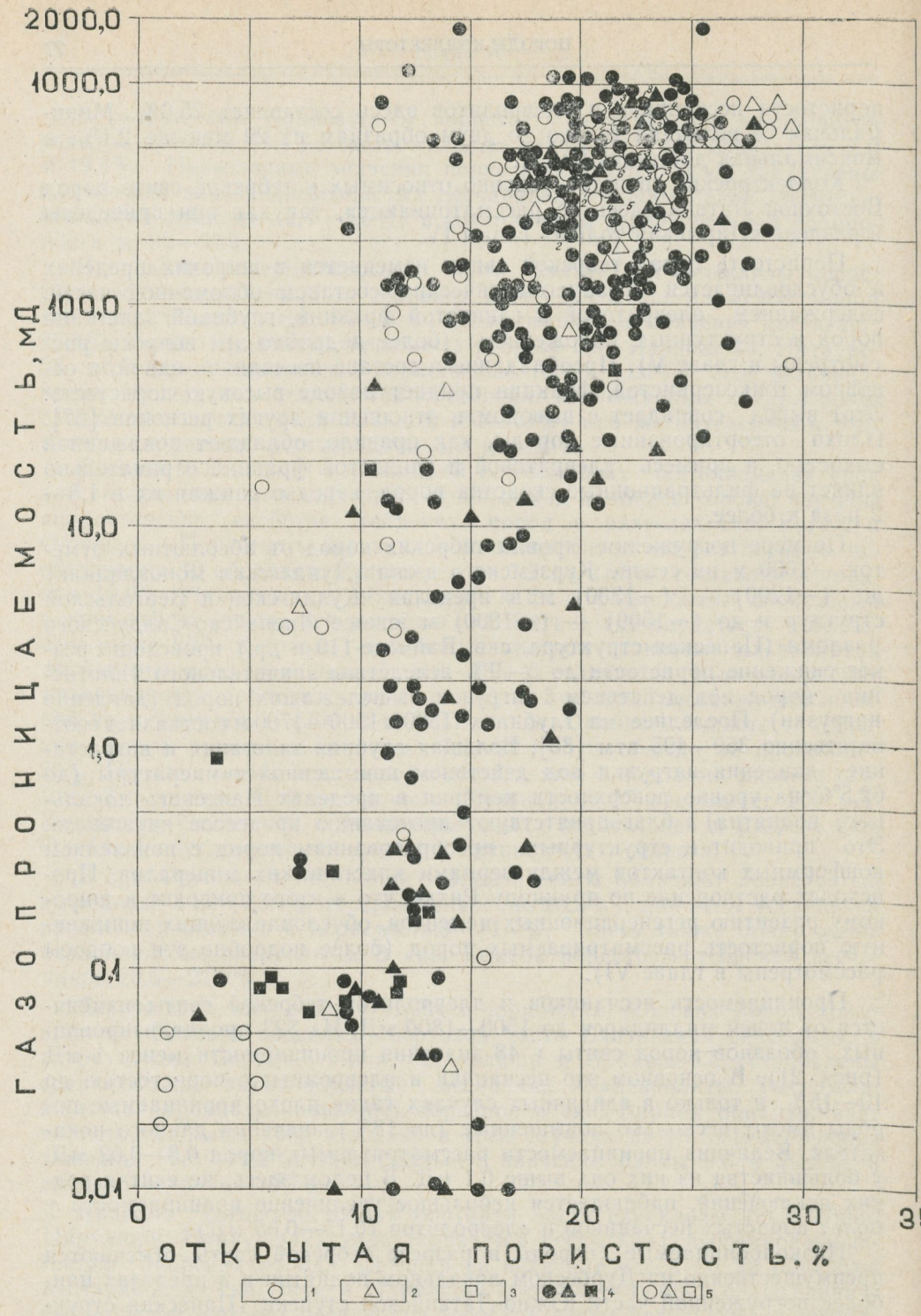


Рис. 21. График зависимости газопроницаемости от открытой пористости для пород тебрской свиты и цирмской толщи: *1* — песчаники; *2* — алевролиты; *3* — глины; *4* — тебрские породы; *5* — цирмские породы.

51) и местами на Кулдигском и Вергальском локальных поднятиях.

Чаще всего такие плохопроницаемые (практически непроницаемые) породы наблюдаются на Дурбеском поднятии и в основном в нижней части разреза тебрской свиты, где они представлены глинистыми алевролитами, алевролитами, реже тонкозернистыми алевролитами и глинистыми песчаниками, содержащими глинистой фракции 11,2—38,6%. На Кулдигской локальной структуре (скв. Дреймани-11, Вилцини-19) также установлены сравнительно пористые (11,2—12,2%) алевритовые тонкозернистые песчаники и песчанистые алевролиты с проницаемостью в доли миллидарси. Низкая проницаемость обусловлена составом цемента. При изучении этих пород под микроскопом обнаружено большое содержание в цементе песчаников глинистого вещества (до 69%), что, очевидно, сильно ухудшает фильтрационные свойства пород.

В Лиепайской впадине, где тебрская свита залегает на глубине до −1370 м, выявлены прослои практически непроницаемых пород. Так, в разрезе скв. Павилоста-51 это тонкозернистые, хорошо отсортированные песчаники с небольшой примесью алеврита (3,2—6,4%) или же сильноалевритовые (до 30,9%), глинистые (до 17,7%), тонкозернистые песчаники. Изучение их под микроскопом показывает, что породы содержат сложный глинистый и кварцевый регенерационный цементы. В разновидностях с уменьшенным количеством глинистого вещества в цементе сравнительно широко развит вторичный кварцевый регенерационный цемент (до 30% всего цементирующего вещества), что сильно снижает проницаемость пород.

Таким образом, плохая проницаемость песчаников и алевролитов тебрской свиты обусловлена, с одной стороны, повышенной глинистостью этих пород, а с другой — более глубоким залеганием их в отдельных районах Балтийской синеклизы. С последним обстоятельством, в случаях малого содержания глинистого вещества в цементе пород, связано интенсивное проявление процессов преобразования обломочной части, а также цемента пород. Развитие кварцевого регенерационного цемента и конформных структур, как правило, приводит к пониженной проницаемости песчаников и алевролитов. Породы эти обычно очень сильно уплотнены. Например, при глубоком залегании рассматриваемых пород на Папеском локальном поднятии (до 1800 м) их удельный вес составляет 2,68—2,72 г/см^3, что значительно выше, чем в районах менее глубокого залегания.

Проницаемость абсолютного большинства проанализированных образцов пород тебрской свиты выше 1 мД (275 проб, или 85,2%). На рис. 21. показан характер зависимости между газопроницаемостью и открытой пористостью по 323 пробам керна из 32 скважин, расположенных сравнительно равномерно по территории распространения тебрских отложений. Распределение этих проб по величине проницаемости отражено в табл. 5.

Рассмотрим изменения фильтрационных свойств тебрских песчаников и алевролитов по площади и разрезам.

На севере Курземского п-ова (скв. Вентспилс-3, Овиши-94) получены наиболее полные данные о проницаемости тебрских пород. В разрезе скв. Вентспилс-3 проницаемость песчаников изменяется от

Таблица 5

Распределение коллекторов различных классов в породах тебрской свиты (по частоте встречаемости)

Газопроницаемость, мД	Класс коллектора	Кол-во проб	Встречаемость, %
<1	VI	49	15,1
1—10	V	25	7,7
10—100	IV	60	18,6
100—500	III	122	37,9
500—1000	II	59	18,3
>1000	I	8	2,4

долей миллидарси до 422,0 мД, составляя в среднем 110,5 мД (по 16 определениям). Для алевролитов экстремальные значения проницаемости равны 0,7 и 73,7 мД при среднем значении 14,0 мД (по 11 определениям). Средняя величина проницаемости песчаников и алевролитов 71,2 мД. Резко изменчивой проницаемостью характеризуются тебрские породы и в разрезах скв. Овиши-94, Колка-54 и Пилтене-1: например, в скв. Овиши-94 0,2—152,2 мД (в среднем 28,6 мД). В целом тебрские песчаники и алевролиты в рассмотренных скважинах, согласно классификации А. А. Ханина, относятся к V и VI классам, а единичные прослои песчаников — к IV и III классам коллекторов (см. рис. 17, 18).

В Пилтенском прогибе в разрезе тебрской свиты преобладают песчаные и песчанистые алевролиты и среднезернистые песчаники с переменным содержанием глинистых частиц — 1,2—25—35%, которые по аналогии с другими структурами, вероятно, обладают достаточно высокой пористостью и пониженной проницаемостью из-за повышенного в целом содержания глинистых частиц. Песчаники и алевролиты верхней части разреза свиты здесь принадлежат к IV—V классам коллекторов (см. рис. 18).

На локальных структурах Западно-Курземского поднятия коллекторские свойства тебрских пород изменяются в широких пределах и определяются структурным положением и особенностями вещественного состава песчаников и алевролитов. Наиболее высокие показатели коллекторских свойств соответствуют прослоям максимально пористых тонкозернистых песчаников, приуроченных к своду Вергальского поднятия, где проницаемость пород верхней части разреза 319,2—581,0 мД при пористости 25,0—26,3%.

Согласно классификации А. А. Ханина [57], эти песчаники и алевролиты относятся к III и частично II классам коллекторов и характеризуются средними и высокими показателями проницаемости и емкости. В то же время алевролитовые и глинистые песчаники и песчанистые алевролиты в средней части разреза тебрской свиты (скв. Вергале-45) со значениями проницаемости 16,9—41,3 мД, несмотря на высокую пористость, относятся к IV классу коллекторов с пониженной проницаемостью; некоторые прослои тонкозернистых песчаников по фильтрационным свойствам (2,7 мД) представляют собой коллектор V класса с низкой проницаемостью. На юго-восточном, осложненном раз-

ломом склоне Вергальского поднятия (скв. Вергале-46) в основном развиты коллекторы III класса со средними показателями фильтрационных свойств (120,3—396,8 мД) и очень высокой емкостью (более 20%). В случаях повышенного содержания в породе глинистых (16,0—19,2%) и алевритовых (до 23,4%) частиц проницаемость уменьшается до 60,2—67,0 мД, и эти песчаники, по классификации А. А. Ханина, принадлежат к IV классу, а их коллекторские свойства, несмотря на высокую пористость, оцениваются как пониженные.

На северо-западном склоне Вергальского локального поднятия (скв. 47) коллекторские свойства тебрских пород изменяются в пределах 13,7—1860,0 мД при пористости 13,3—25,6%. Рассматриваемые породы по величине проницаемости относятся к IV, III, II и редко I классам коллекторов. В разрезе скв. Вергале-49, расположенной в наиболее погруженной части структуры, коллекторские свойства в зависимости от состава песчаников и алевролитов изменяются в очень широких пределах: пористость 12,3—27,7%, а проницаемость 0,7—773,0 мД (единичный случай), в среднем 163 мД, что меньше, чем в своде структуры. Таким образом, эти породы принадлежат ко II (единицы), III, IV, V, VI классам (по А. А. Ханину). На примере Вергальского поднятия отчетливо видно отрицательное влияние на коллекторские свойства повышенного содержания глинистых частиц в породе и глубины залегания последней.

Несколько южнее Вергальского локального поднятия, в пределах Дурбеской структуры, среднее значение проницаемости составляет всего 67,6 мД, средняя величина пористости равна 16,6%. В целом в верхней части разреза тебрской свиты развиты коллекторы III—V классов, отдельные прослои относятся ко II и III классам.

Наивысшее значение проницаемости отмечено в сводовой части Дурбеского (скв. Дурбе-41) локального поднятия (221,5 мД), а также в скв. Айзпуте-40, расположенной в пределах опущенного блока одноименной положительной локальной структуры (344,0 мД).

Судя по разрезу скв. Дурбе-41, такая повышенная проницаемость характерна для тонкозернистых песчаников с небольшими алевритовой (8,6%) и глинистой (1,2%) примесями. Пористость этих пород соответственно 16,7 и 25,1%, и они относятся к III классу коллекторов. Однако проницаемость преобладающего количества образцов песчаников и алевритов в пределах Дурбеской структуры до 100 мД, а в ряде случаев даже менее 1 мД. По классификации А. А. Ханина эти породы относятся к IV, V и VI классам коллекторов, не имеющим промышленного значения.

Низкая проницаемость пород обусловлена содержанием повышенного количества кварцевого регенерационного цемента и главным образом алевритовых и глинистых частиц, сумма которых нередко превышает 40—60%.

В разрезе скв. Лиепая верхняя часть тебрской свиты мощностью около 10 м относится к III и IV классам коллекторов. Коллекторы III класса обнаружены также в верхах нижней половины разреза свиты. Преобладающее большинство песчаников и алевролитов в этой скважине обладает низкими коллекторскими свойствами и относится к V и VI классам. В целом газопроницаемость в разрезе изменяется в преде-

лах 1,8—437,0 мД, средняя ее величина 167,3 мД (по 14 определениям).

На крайнем юго-западе республики, в районе наиболее глубокого залегания пород тебрской свиты (Папеская структура), из 13 проанализированных образцов песчаников и алевролитов только у трех проницаемость находится в пределах 1,3—1,7 мД, обычно у всех остальных она не превышает 1 мД (V—VI классы коллекторов). Несколько глубже залегающие песчаники верхней части разреза свиты в скв. Вайнёде-101 отличаются средними значениями проницаемости — 150,1—318,5 мД (пористость 21,8—27,4%) и относятся к III классу коллекторов.

В центральной части Курземского п-ова (Южно-Кандавское поднятие) проницаемость также резко изменчива — от 1—21 до 200—600 мД и преобладающее большинство пород относится к III классу коллекторов, реже к IV и II.

В своде Слампеского локального поднятия развиты в основном тонкозернистые песчаники и крупнозернистые песчанистые алевролиты с проницаемостью 195,5—730,6 мД, и эти породы могут быть отнесены к III и II классам коллекторов со средними и высокими показателями емкостных и фильтрационных свойств (пористость колеблется в пределах 15,6—24,0%). Породы отличаются высоким содержанием песчаной фракции (78,6—93,2%), небольшой примесью глинистых (0—6,4%) и алевритовых частиц.

На Дегольском локальном поднятии, в его сводовой части, встречены мелкозернистые песчаники с высокими значениями проницаемости (610—650 мД) и пористости (22,8—24,8%), что позволяет отнести эти породы ко II классу коллекторов. В то же время на склоне структуры проницаемость песчаников находится в пределах 15,5—82,7 мД. Здесь даже самые высокопористые средне- и тонкозернистые песчаники (21,7—23,5%) обладают пониженными фильтрационными свойствами (39,7—82,7 мД), а самая низкая проницаемость свойственна тонко- и мелко—тонкозернистым песчаникам с пористостью 11,9—13,0—18,9%. Средняя величина проницаемости в пределах Южно-Кандавского, Дегольского и Слампеского локальных поднятий 282,9 мД (табл. 6).

В более погруженном, по сравнению со Слампеской и Дегольской структурами, районе скв. Кроньауце-57 в низах разреза тебрской свиты обнаружены прослои хорошо отсортированных мелкозернистых песчаников с пористостью 19,8% и проницаемостью 210 мД. Эти породы относятся к III классу коллекторов (см. рис. 18). В то же время здесь наблюдаются более пористые (13,3—17,6%) и сходные по гранулометрическому составу песчаники с проницаемостью 68,4—366,0 мД, причем у менее пористых пород проницаемость максимальна (355,0 мД при пористости всего 13,3%). Остальная часть разреза свиты в скв. Кроньауце-57, мощностью около 30 м, характеризуется пониженными значениями пористости (5—12%) и относится к V—VI классам коллекторов.

В разрезах скв. Кемери и Рагациемс проницаемость тебрских песчаников и алевролитов находится в пределах 11,8—882,0 мД. Средняя ее величина, определенная по 27 образцам, 361,9 мД. Только в двух образцах установлена проницаемость менее 100 мД. По классифика-

Таблица 6

Коллекторские свойства кембрийских и вендских пород Латвийской ССР

Положение коллекторов в разрезе и по площади	Глубина кровли, м	Средняя мощность слоя-коллектора, м	Число проб	Пористость открытая, %	Газопроницаемость, мД
1	2	3	4	5	6
Дейменаская свита					
Северная часть Курземского п-ова (скв. Овиши-94, Вентспилс-3)	890,0	53,0	47	14,0—28,7* 20,6	82,5—797,0* 479,2
Вергальское локальное поднятие	1070,0	67,5	15	2,2—25,9 19,9	55,0—1575,0 678,0
Дурбеское и Айзпутское локальные поднятия	1165,0	62,5	8	2,1—26,7 16,0	22,0—1385,0 258,4
Лиепайская впадина (скв. Лиепая)	1280,0	83,0	21	1,23—21,20 17,1	0,03—650,0 402,0
Южно-Латвийская ступень (скв. Вайнёде-101, Эзере-9)	1628,0	71,5	21	13,4—26,9 13,7	11,0—363,5 174,4
Папеское локальное поднятие	1534,0	78,0	8	3,4—19,1 12,5	59,0—184,5 99,0
Южно-Кандавское, Дегольское, Слампеское локальные поднятия	1113,0	48,2	33	11,0—26,3 17,2	32,0—1250,0 465,0
Район скв. Нитауре-58	935,0	28,5	12	8,6—25,2 16,2	91,2—1495,6 608,0
Район скв. Кемери	1016,0	37,5	27	13,5—24,4 19,0	112,3—871,5 503,1
Средне-Латвийская моноклиналь (скв. Олайне-1, Рига-2)	1085,0	24,0	30	1,3—20,3 13,2	0,02—928,0 333,0
Инчукалнский вал	700,0—800,0	52,0—73,0	86	8,8—31,8 19,2	6,2—4154,5 459,9
Лимбажская моноклиналь (район скв. Бирини)	860,0	32,5	12	12,0—23,3 19,4	0,04—701,0 304,9
Район скв. Личи, Цирулиши	727,0	22,0	12	15,8—31,5 25,7	552,0—702,0 756,5
Район скв. Пуйкуле-42	626,0	17,0	8	15,9—26,6 22,8	381,0—841,0 724,5
Цирмская толща					
Центральная и Восточная Латвия	861,3	32,2	63	5,4—29,5 20,5	3,6—707,4 354,3

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6
Юго-Восточная Латвия в районе скв. Краслава-104	477,0	13,0	6	11,5—28,7 19,9	3,6—751,0 352,0
скв. Малта-105	690,0	28,0	14	14,9—29,7 22,2	182,0—736,0 497,5
скв. Нагли-106	851,5	38,5	13	10,0—23,2 16,1	0,1—746,2 284,9
		Тебрская свита			
Северная часть Курземского п-ова (скв. Овиши-94, Вентспилс-3)	943,0	44,5	33	9,8—27,2 18,3	0,07—422,0 63,4
Вергальское локальное поднятие	1137,0	73,0	46	12,3—28,5 23,0	3,7—773,0 230,0
Дурбеское, Айзпутское локальные поднятия	1228,0	68,2	24	8,8—25,9 16,6	1,6—376,0 122,4
Лиепайская впадина (скв. Лиепая)	1363,0	82,5	14	11,5—22,1 18,3	1,8—437,0 167,3
Папеское локальное поднятие	1612,0	76,5	13	2,8—14,9 9,4	0,007—1,68 0,45
Южно-Латвийская ступень (скв. Вайнёде-101, Эзере-9)	1700,0	62,7	5	11,0—27,4 20,4	150,1—318,5 228,5
Южно-Кандавское, Дегольское, Слампеское локальные поднятия	1162,0	40,0	22	11,6—24,8 19,1	8,2—730,6 282,9
Район скв. Нитауре-58	964,0	18,5	14	5,0—25,8 14,0	121,2—723,5 432,3
Район скв. Кемери, Рагациемс	1062,0	51,5	27	9,8—23,4 19,7	11,8—882,0 361,9
Средне-Латвийская моноклиналь (скв. Олайне-1, Рига-2)	1108,0	47,7	49	7,2—27,6 19,0	0,09—942,1 398,0
Лимбажская моноклиналь (район скв. Бирини)	893,0	20,0	16	9,6—26,2 19,7	0,06—710,0 320,0
Район скв. Личи, Цирулиши	749,0	21,2	22	14,4—25,0 19,6	5,4—854,0 418,5
Район скв. Пуйкуле-42	643,0	35,0	29	17,9—29,1 25,0	463,5—911,5 797,6
		Вентавская свита			
Северная часть Курземского п-ова (скв. Овиши-94, Вентспилс-3)	989,0	43,5	42	11,0—27,6 23,1	0,4—760,0 255,3

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6
Вергальское локальное поднятие	1210,0	44,5	26	14,4—27,1 23,3	67,7—692,0 394,0
Дурбеское, Айзпутское локальные поднятия	1296,0	41,2		14,1—27,9 19,5	23,1—554,0 148,0
Лиепайская впадина (скв. Лиепая)	1446,0	51,8	15	4,0—20,7 15,7	0,08—199,0 50,0
Папеское локальное поднятие	1689,0	31,0	19	10,4—19,2 15,4	47,9—104,6 76,6
Южно-Кандавское и Дегольское локальные поднятия	1242,0	22,5	5	19,7—22,7 21,6	38,2—483,0 185,0
Район скв. Кемери	1056,0	8,0	7	16,8—28,6 20,7	83,7—374,0 222,7
Овишская свита					
Голько на севере Курземского п-ова	1032,0	35,6	51	14,0—28,3 23,1	0,25—762,0 326,5
Лонтоваская свита					
Только в Восточной Латвии	674,0	66,6	21	9,6—27,1 14,2	1,7—405,0 123,5
Нижняя часть лонтоваской свиты (ровенский горизонт) в районе					
скв. Шкяуне-103	621,5	52,0	13	7,1—21,6 14,7	0,02—406,5 100,9
скв. Краслава-104	547,0	53,0	20	11,4—29,9 20,4	0,3—945,0 370,5
скв. Малта-105	778,0	32,5	8	14,4—28,6 20,2	128,5—528,0 335,9
Верхняя часть лонтоваской свиты (лонтоваский горизонт) в районе					
скв. Шкяуне-103	539,0	Отдельные маломощные прослои	16	7,2—23,8 11,0	0,02—182,9 15,1
скв. Краслава-104	490,0		6	12,8—27,6 19,6	0,02—617,5 254,7
скв. Малта-105	718,0	Отдельные маломощные прослои песчаников, алевролитов	5	8,6—13,1 11,0	0,5—48,3 10,4
скв. Нагли-106	890,0		3	15,4—17,6 16,2	0,2—718,0 239,6

Окончание таблицы 6

1	2	3	4	5	6
		Воронковская свита			
В районе скв. Шкяуне-103	673,0	12,0	7	7,7—28,8 21,7	0,04—825,6 444,5
скв. Краслава-104	600,0	20,0	8	13,0—29,0 17,62	137,6—848,5 401,4
скв. Малта-105	810,5	14,0	4	15,1—21,7 18,9	394,0—613,5 492,1
скв. Нагли-106	920,0	18,5	5	12,6—20,8 16,8	0,3—507,5 251,4
		Котлинская свита			
В районе скв. Шкяуне-103	685,0	Отдельные маломощные прослои песчаников, алевролитов	16	5,3—20,9 11,8	0,01—10,7 1,2
скв. Краслава-104	620,4		5	16,1—17,8 17,0	0,4—468,0 183,0
скв. Малта-105	824,0		4	10,9—15,8 13,7	0,7—34,5 9,2
скв. Нагли-106	938,5		1	15,3	0,4
		Гдовская свита			
В районе скв. Шкяуне-103	759,0	~60,0	26	5,4—25,3 15,3	0,01—342,8 82,9
скв. Краслава-104	652,0	~80,0	58	12,8—31,0 24,7	0,21—1000,0 757,2
скв. Малта-105	850,0	~25,0	12	10,3—28,2 18,9	0,2—795,0 523,9
скв. Нагли-106	941,0	~25,0	22	15,3—29,0 19,2	0,3—710,1 2,4

* В числителе дроби — минимальный и максимальный показатели, в знаменателе — средний.

ции А. А. Ханина, тебрские песчаники в районе Кемери и Рагациемс относятся ко II и III классам коллекторов.

Хорошими коллекторскими свойствами тебрских пород в целом характеризуется район городов Рига и Олайне. Здесь по результатам изучения 49 образцов тебрских песчаников и алевролитов (скв. Олайне-1, Рига-2) установлена пористость 7,2—27,6% и проницаемость 0,09—942,1 мД. В основном развиты породы-коллекторы III класса, хотя присутствуют и коллекторы II, IV—VI классов. Средняя величина пористости 19,0%, проницаемости — 398,0 мД.

Северо-восточнее г. Рига (скв. Бирини, Личи, Цирулиши, Пуйкуле-

42) тебрские породы отличаются несколько более высокими показателями коллекторских свойств. Экстремальные и средние значения пористости и проницаемости песчаников и алевролитов этого района приведены в табл. 6. В целом эти породы относятся ко II и III классам коллекторов, и только у единичных прослоев проницаемость ниже 100 мД, а редкие прослои глинистых разновидностей пород практически непроницаемы. Наилучшими коллекторскими свойствами отличается район скв. Пуйкуле-42 (коллекторы II класса) и Личи, Цирулиши (II—III классы). В разрезе скв. Бирини присутствуют также коллекторы IV и V классов.

Приведенные данные свидетельствуют о широком диапазоне изменения фильтрационных и емкостных свойств тебрских песчаников и алевролитов в Западной и Центральной Латвии. Рассматриваемые породы относятся ко II—VI классам коллекторов по классификации А. А. Ханина, и их распределение по площади и разрезу приведено на рис. 18, 19. Пористость песчаников и алевролитов соответствующего класса зачастую несколько отличается от значений пористости, принятых А. А. Ханиным для каждого класса коллекторов на основании обобщения фактического материала по ряду нефтеносных районов СССР. Для тебрских песчаников и алевролитов Латвии пористость обычно несколько выше.

Для выявления факторов, определяющих фильтрационные свойства пород, весьма важны образцы с аномальными значениями проницаемости. Так, в интервале пористости 1—15% наряду с малопроницаемыми породами (1—20 мД) встречаются песчаники и алевролиты с проницаемостью 160,9—1800 мД и более. Такие низкопористые, но высокопроницаемые породы встречены на Кулдигском (скв. Вилцини-19), Южно-Кандавском (скв. Кандава-26) локальных поднятиях, в нижней части разреза тебрской свиты (скв. Кроньауце-57 и Нитауре-58) (табл. 7). Это — чистые мелкозернистые песчаники с незначительной примесью алевритовой фракции (2,4—3,2%). При открытой их пористости в пределах 12,3—14,7% газопроницаемость пород изменяется от 158,5 до 365,0 мД, а два образца отличаются очень высокой проницаемостью — 1185,0 и 1805,1 мД. Для этих пород характерно полное отсутствие или же небольшая примесь глинистых частиц и более крупнозернистый состав.

В разрезе скв. Кандава-26 высокую проницаемость при низкой пористости имеют плохо отсортированные пелито-алеврито-песчаные породы (содержание фракций соответственно 13,6, 38,6 и 47,8%), а в скв. Вилцини-19 — мелкозернистые кварцевые песчаники с небольшой примесью глинистого (3,2%) и алевритового (7,2%) материала. Цемент песчаников глинистый, а содержание кварцевого регенерационного цемента минимальное (7,2%).

В целом среди пород тебрской свиты низкопористые и одновременно хорошо проницаемые разновидности встречаются гораздо реже, чем в составе других стратиграфических подразделений кембрийской системы Латвии (см. табл. 7).

Отмечается и другая особенность связи газопроницаемости с пористостью пород тебрской свиты (рис. 21, табл. 8): около 10% изученных образцов песчаников и алевролитов отличаются пониженными зна-

Таблица 7

Гранулометрический состав кембрийских пород Латвии, отличающихся пониженной пористостью и высокой газопроницаемостью

Наименование и номер скважины	Глубина, м	Пористость, %	Газопроницаемость, мД	Содержание основных фракций (%) размером (мм)					
				1,0—0,5	0,5—0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	<0,05	<0,005
			Дейменаская свита						
Вилцини-19	1070,0	13,75	1455,06		5,6	68,0	24,6	1,8	
Эзере-9	1560,8	13,90	139,00		16,4	70,0	8,0	5,6	
	1564,8	14,90	205,00		24,4	68,4	3,8	3,4	
	1585,0	14,20	181,50		16,0	77,2	3,2	3,6	
Дурбе-35	1152—1190	14,50	478,00	0,2	15,2	76,4	4,6	3,6	
Айзпуте-41	1225,0	14,15	203,00		8,8	81,4	6,4	3,4	
Кроньауце-57	1273,9	14,22	1295,20		2,0	90,6	5,0	2,4	
	1281,0	12,08	825,30	1,8	15,8	80,0	1,4	1,0	
	1295,5	13,30	1110,50	2,6	57,0	38,4	1,0	1,0	
	1300,5	12,18	975,00		1,2	79,0	15,8	4,0	
Балдоне-80	1012,25	11,32	121,20	0,2	2,0	37,8	50,4	9,6	
Скривери-102	913,8	14,70	152,35		1,4	50,0	35,8	7,2	5,6
Аташиене-9	855,5	14,62	217,25			32,0	41,0	15,0	12,0
Вишки-25	641,2	12,65	140,00	4,2	36,7	48,0	6,6	4,5	
Алуксне-99	1046,1	12,10	167,00		2,2	35,4	55,0	7,4	
			Тебрская свита						
Вилцини-19	1148,2	12,30	153,47		14,2	50,2	25,2	7,2	3,2
Кандава-26	1205,0	13,05	559,50	0,2	1,4	14,8	31,0	38,6	13,6
Кроньауце-57	1349,0	14,67	1805,10		1,2	64,6	30,4	3,8	
	1351,50	14,01	158,50		4,8	86,2	6,0	3,0	
	1354,30	12,28	1185,00		3,4	83,8	10,4	2,4	
Нитауре-58	982,25—982,55	11,00	845,00		2,8	6,0	68,6	15,4	7,2
			Вентавская свита						
Дурбе-38	1329,0	14,84	130,60		3,2	31,4	51,8	12,0	1,6
Вергале-49	1369,5	14,35	490,00	7,0	80,8	5,0	1,6	5,6	

чениями проницаемости (20,0—100,0 мД) при высокой пористости (более 15%). Такие породы встречены на Кулдигском (скв. Вилцини-19), Дурбеском (скв. Дурбе-38), Вергальском (скв. 45—47, 49) и Южно-Кандавском локальных поднятиях. В разрезе скв. Кандава-26 это очень плотные тонко-среднезернистые песчаники, слабоглинистые (8,0%) и алевритовые (19,2—23,2%), или же плотные алевритистые и глинистые тонкозернистые песчаники.

На Вергальской локальной структуре высокопористые, но низкопроницаемые породы встречены в средней части разреза тебрской свиты. Они представлены уплотненными алевритистыми, алевритовыми и гли-

Таблица 8

Гранулометрический состав кембрийских пород Латвии, отличающихся высокой пористостью и пониженной газопроницаемостью

Наименование и номер скважины	Глубина, м	Пористость, %	Газопроницаемость, мД	Содержание основных фракций (%) размером (мм)						
				2,0—1,0	1,0—0,5	0,5—0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	<0,05	<0,005
Дейменаская свита										
Инчукалнс-6	702	23,90	76,60	14,3	67,65	18,05	—	—	—	—
Инчукалнс-23	803,2	25,50	26,50	10,9	68,45	16,50	3,30	0,85	—	—
Кандава-25	1076,0	20,00	82,00	—	—	0,6	22,2	68,4	6,4	2,4
Дурбе-35	1208,0	20,01	85,67	—	—	0,1	0,8	79,6	13,1	6,4
Слампе-83	926,5	23,36	0,2915	—	—	0,1	2,8	52,0	29,1	16,0
Балдоне-80	1005,5	22,00	91,25	—	—	0,8	59,0	36,0	4,2	—
	1008,5	21,10	90,30	—	—	0,4	36,6	59,0	4,0	—
	1041,4	21,05	17,20	1,2	3,2	7,2	9,0	56,6	19,6	3,2
Скривери-102	904,5	29,50	51,00	—	—	0,5	14,4	64,0	13,1	8,0
Тебрская свита										
Вилцини-19	1126,0	23,80	84,25	—	—	0,9	10,3	77,8	7,0	4,0
Дурбе-38	1246,2	22,85	98,50	—	—	0,8	4,6	73,8	16,0	4,8
	1254,0	20,30	78,46	—	—	—	3,8	69,8	21,6	4,8
Вергале-45	1083,0	20,90	41,13	—	—	—	1,0	63,2	27,8	8,0
	1084,0	22,60	2,46	—	—	—	0,2	38,2	50,4	11,2
	1088,0	25,60	25,52	—	—	—	0,6	68,0	20,2	11,2
Вергале-46	1259,0	21,44	60,25	—	—	0,2	0,4	60,0	23,4	16,0
	1261,0	20,30	66,95	—	—	0,2	0,8	72,0	7,8	19,2
Вергале-47	1148,8	24,60	46,10	—	—	0,2	5,8	81,4	8,6	4,0
Вергале-49	1239,2	20,20	67,62	—	—	—	50,0	30,4	14,0	5,6
	1250,8	20,50	97,00	—	—	—	5,4	78,0	10,2	6,4
	1253,4	26,70	66,73	—	—	—	1,0	75,6	13,0	10,4
Деголе-59	1215,3	22,50	82,70	—	—	0,6	77,6	14,2	7,6	—
	1221,0	22,60	74,21	—	—	0,4	19,0	70,8	9,8	—
	1238,5	21,65	77,77	—	—	1,6	3,4	81,0	5,2	8,8
Вентавская свита										
Вилцини-19	1192,0	21,19	57,00	—	—	0,4	2,4	82,0	12,0	3,2
	1200,4	20,49	93,01	—	—	3,0	9,6	67,0	15,6	4,8
Папе-23	1740,0	20,60	83,00	—	—	1,8	13,8	77,0	7,4	—
Кандава-26	1239,0	20,40	38,20	—	—	—	1,2	63,0	19,0	16,8
	1247,0	22,60	90,60	—	0,2	1,6	8,0	81,4	8,8	—
Дурбе-35	1286,0	21,10	100,0	—	0,1	0,2	22,8	71,2	1,7	4,0
	1289,0	20,92	53,75	—	0,1	0,2	22,8	71,2	1,7	4,0
Дурбе-38	1312,6	22,20	23,42	—	—	—	—	40,2	53,4	6,4
Деголе-59	1252,5	22,45	95,60	—	—	0,4	15,4	76,0	8,2	—
Деголе-85	1259,0	22,65	77,25	—	—	4,0	10,4	57,4	23,4	4,8
Лудза-15	768,9	27,30	27,65	—	—	0,8	10,0	45,2	35,2	8,8
	779,7	24,20	0,316	—	—	0,6	1,0	9,0	75,8	13,6

нистыми тонкозернистыми песчаниками (глинистые и алевритовые частицы составляют соответственно 11,2—15,2 и 11,6—37,9%). Микроскопическое изучение этих пород показывает, что их цемент в основном глинистый (до 42,7%) и кварцевый регенерационный [9]. Довольно часто встречаются также железосодержащие аутигенные минералы — глауконит, гётит, которые на отдельных участках замещают упомяну-

тые цементы песчаников и алевролитов; местами наблюдается и доломит. Структура этих пород псаммоалевритовая, алевритовая, а текстура слоистая, линзовидно-слоистая, пористая или пятнистая. Обломочные минералы представлены в основном кварцем (до 80—90%), полевыми шпатами, нередко сильнопелитизированными. На отдельных участках породы, где глинистого материала мало или он отсутствует, наблюдается регенерация и растворение под давлением кварцевых зерен. Пластинки биотита или мусковита часто изменены процессами глауконитизации или гидратации, реже аморфизированы.

В разновидностях, содержащих более богатый глинистый цемент, преобразования обломочных минералов выражены менее четко и обычно наблюдается слабая коррозия зерен кварца и частое замещение глинистым веществом. Главным аутигенным минералом в этих породах является глауконит. Он присутствует в виде неправильной формы удлиненных скоплений, которые ориентированы параллельно микрослоистости и деформированы зернами обломочных минералов. Кроме того, глауконит наблюдается в качестве тонкодисперсной примеси в составе цемента или же замещает биотит и кварц. Глауконит нередко окислен и иногда замещается гётитом, образующим мелкие агрегатовидные скопления.

Слабую газопроницаемость этих сравнительно высокопористых пород определяют: степень сортировки обломочной части, содержание алевритовых и глинистых частиц, тип цемента, его состав, развитие постседиментационных процессов. Наиболее интенсивно снижает проницаемость повышенное содержание глинистых частиц, особенно если в их составе преобладают набухающие глинистые минералы, а также интенсивное проявление вторичного преобразования пород. Так, у песчаников и алевролитов тебрской свиты при содержании глинистой фракции до 5%, за редкими исключениями, проницаемость выше 100 мД. Наиболее проницаемы некоторые разновидности песчаников с глинистой примесью до 2—3%. По мере возрастания содержания глинистой фракции до 10—20% в целом наблюдается снижение проницаемости от 200—100 до 25—10 мД и менее. В то же время имеет место довольно большой разброс значений проницаемости для проб, содержащих глинистую фракцию в пределах 5—20%. Иногда некоторые образцы пород, даже в случае повышенного содержания глинистой примеси (10—20%), характеризуются сравнительно высокими значениями проницаемости (более 100 мД). Эти явления обусловливаются текстурными особенностями пород, а также составом глинистых минералов во фракции меньше 0,005 мм. По данным рентгеноструктурного анализа, в составе цемента этих глинистых песчаников и алевролитов доминируют ненабухающие глинистые минералы. Это тонкозернистые алевритовые, алевритистые глинистые песчаники и глинистые алевролиты, обнаруженные в отложениях тебрской свиты на Южно-Кандавском (скв. 25, 26), Дурбеском (скв. 35) и Вергальском (скв. 49) локальных поднятиях.

Широкое развитие текстур типа «kraksten» также способствует повышению проницаемости. С другой стороны, некоторые песчаники и алевролиты даже при небольшом содержании глинистой фракции (до 5%) обладают низкой проницаемостью, которая не превышает 20—50 мД. Прослои тонкозернистых песчаников обнаружены в разре-

зах скв. Дурбе-39, Папе-23, Вилцини-19 и Кандава-26. Здесь у четырех проб, содержащих глинистой фракции до 5—10%, проницаемость 35—50 мД, а в четырех случаях даже ниже 2 мД. Все эти породы отличаются низкими емкостными и фильтрационными свойствами вследствие широкого развития кварцевого регенерационного цемента. Иногда имеет место сильное уплотнение этих пород или же развитие вторичного карбонатного цемента. Таким образом, отчетливо наблюдается благоприятное влияние скудного глинистого цемента на постседиментационные преобразования рассматриваемых пород.

Цирмская толща

В составе цирмской толщи коллекторы также представлены песчаниками и алевролитами. Данные о фильтрационных и емкостных свойствах этих пород получены по скв. Скривери-102, Ляулены-26, Мадона-93, Аташиене-9, Вишки-25, Лудза-15, Алуксне-99, Краслава-104, Малта-105, Нагли-106, и др. Пористость пород 5,4—29,5%, проницаемость 0,1—751,0 мД. В разрезах скв. Скривери-102, Ляулены-26, Мадона-93, Аташиене-9, Вишки-25, Лудза-15 и Алуксне-99 средние величины пористости и проницаемости соответственно составляют 20,5% и 353,4 мД. В цирмской толще преобладают рыхлые бесцементные разновидности песчаников, коллекторские свойства которых несомненно выше.

В разрезе скв. Скривери-102 пористость только у семи образцов из 21 менее 20%, у остальных — 20,0—26,2%. Один образец тонкозернистого песчаника отличается очень высокой пористостью (29,5%), что обусловлено почти полностью рыхлым сложением породы и отсутствием в ее составе цемента. Приведенные значения пористости соответствуют тонко—мелкозернистым кварцевым песчаникам с очень скудным глинистым цементом. Последний, согласно данным рентгеноструктурного анализа, сложен преимущественно каолинитом (45—100%) и гидрослюдами (5—55%). Среднее содержание каолинита и гидрослюд в глинистом веществе пород в разрезе скв. Скривери-102 соответственно равно 74,1 и 25,9%. Каолинит здесь распространен очень широко. Проницаемость рассматриваемых пород в среднем (по 23 определениям) равна 417,6 мД; они относятся ко II классу коллекторов, а единичные прослои — ко II и IV классам.

В центральной части Латвийской седловины (скв. Мадона-93, Аташиене-9 и Вишки-25) пористость цирмских пород изменяется в пределах 5,9—29,8%, при этом в Гулбенской депрессии средняя ее величина несколько меньше (18,2—18,5%) по сравнению с таковой в зоне перехода к склону Белорусско-Мазурского выступа, где в разрезе скв. Вишки-25 она равна 20,7%. Минимальная пористость (5,9—14,6%) характерна для средне—тонкозернистых кварцевых песчаников и глинистых алевролитов, содержащих глинистой фракции 12,0—29,6%, а также средне—мелкозернистых песчаников. Наибольшей пористостью обладают мелко—тонкозернистые, тонко—мелкозернистые и тонкозернистые кварцевые песчаники, содержащие до 16,8% глинистых и 5,1—26,8% алевритовых частиц. Эти породы, как правило, характеризуются нали-

чием скудного глинистого цемента (до 2—4, редко 13%), чем и объясняются их хорошие фильтрационные свойства. Проницаемость большинства пород выше 140—200 мД (при максимальном значении 570 мД), и они относятся к III классу коллекторов. Только у двух образцов она ниже 1 мД, а у одного равна 14,3 мД. В целом прослои глин и глинистая фракция песчаников и алевролитов сложены гидрослюдами (70—90%), каолинитом (5—30%), хлоритом (0—10%).

В южной части Гулбенской депрессии (скв. Мадона-93) песчаники и алевролиты цирмской толщи характеризуются достаточно высокими емкостными и фильтрационными показателями. Так, пористость цирмских песчаников и алевролитов здесь в основном 17,4—21,60%, при этом только у двух образцов из 10 значения более низкие (12,4 и 16,5%). Проницаемость пород цирмской толщи в этом разрезе обычно выше 250,0 мД, максимальное ее значение 872,6 мД. Самая верхняя часть разреза толщи (8—10 м) относится к коллекторам II класса, средняя представлена коллекторами III и V классов, а нижняя, большая часть толщи (около 29,0), по фильтрационным и емкостным показателям представляет собой коллекторы II—III классов.

На северо-востоке Гулбенской депрессии (скв. Алуксне-99), где цирмские породы отличаются самым глубоким залеганием в пределах Латвийской седловины (более 1000 м), их коллекторские свойства резко изменчивы. Пористость изменяется в пределах 1,8—22,0% и в среднем (по 19 определениям) равна 14,7%. Эти породы представлены главным образом мелко—тонкозернистыми кварцевыми песчаниками, реже тонко—мелкозернистыми и мелко—среднезернистыми песчаниками и алевролитами. Проницаемость рассматриваемых пород изменяется от долей миллидарси (кровля толщи) до 259,0 мД, причем только у самых низкопористых разновидностей (6—12%) она находится в пределах первых единиц и десятков миллидарси. Это плохо отсортированные разно- или тонкозернистые глинистые и алевритовые песчаники, в цементе которых глинистое вещество представлено гидрослюдами и каолинитом в различных соотношениях, нередко при явном преобладании каолинита.

В скв. Лудза-15 ввиду низкого выхода керна, особенно по наиболее рыхлым бесцементным разновидностям пород, изучены только наиболее крепко сцементированные средне—мелкозернистые, разно- или

Таблица 9

Распределение коллекторов различных классов в породах цирмской толщи (по частоте встречаемости)

Газопроницаемость, мД	Класс коллектора	Кол-во проб	Встречаемость, %
<1	VI	10	9,7
1—10	V	5	4,8
10—100	IV	11	10,6
100—500	III	47	45,6
500—1000	II	30	29,3
>1000	I	—	—

тонкозернистые песчаники. Их пористость характеризуется очень низкими значениями (1,0—12,5%, в среднем 5,5%), а проницаемость шести образцов из семи ниже 1 мД. На юго-востоке республики, в разрезах скв. Краслава-104, Малта-105 и Нагли-106, развиты маломощные цирмские песчаники и алевролиты, их коллекторские свойства приведены в табл. 6.

Общий характер зависимости проницаемости от пористости у пород цирмской толщи показан на рис. 21. Распределение образцов по величинам проницаемости, градация которых выбрана в соответствии со схемой классификации коллекторов по А. А. Ханину, отражено в табл. 9.

Повышенные значения проницаемости объясняются отсутствием глинистой примеси, а аномально высокие — микротрещиноватостью. Низкая проницаемость ряда образцов обусловлена повышенным количеством глинистой и алевритовой примесей и типом цементации.

СРЕДНЕКЕМБРИЙСКИЕ ПОРОДЫ-КОЛЛЕКТОРЫ

Дейменаская свита

Породы-коллекторы в составе дейменаской свиты развиты на всей территории республики. Общая мощность дейменаских пород изменяется от 3—4 м в пределах северо-восточной бортовой части Балтийской синеклизы (скв. Стренчи-3, Стайцеле) до 65—80 м на западе и юго-западе республики. Коллекторы представлены песчаниками и алевролитами, спорадически в разрезе свиты встречаются маломощные прослои глин. Наиболее глинистый разрез свиты наблюдается на побережье Балтийского моря.

Дейменаские песчаники содержат до 20, реже 30% алевритовой фракции и до 10—15% глинистых частиц. Как правило, алевролиты песчанистые и глинистые с глинистой примесью до 30—40%, а глины сильноалевритовые.

Фильтрационные и емкостные свойства определены у 290 образцов песчаников и алевролитов, отобранных из керна 31 скважины (рис. 22, 23).

Пористость песчаников и алевролитов изменяется от первых единиц до 32,6%. Значения до 15% свойственны примерно четверти всех проанализированных образцов, у всех остальных пористость более 15%. Это первое отличие рассматриваемых песчаников и алевролитов от пород других стратиграфических подразделений кембрия Латвии.

На северо-западе Курземского п-ова (скв. Колка-54, Пилтене-1, Вилцини-19) пористость пород по семи определениям 13,8—23,4%. Это чистые кварцевые песчаники, алевритистые, пелитистые, пелитисто-алевритистые, пелитовые, алевритовые и алевритисто-пелитовые, отличающиеся большими вариациями количества глинистой и алевритовой фракций. Судя по единичным данным определений, проницаемость этих пород изменяется от 123,2 (скв. Вилцини-19) до 878,0 мД (скв. Пилтене-1), достигая в двух случаях аномально высокого значения (1434,0 и 1455,1 мД) при относительно небольшой пористости (18,0%). Высокая емкость пород обусловлена более грубозернистым грануло-

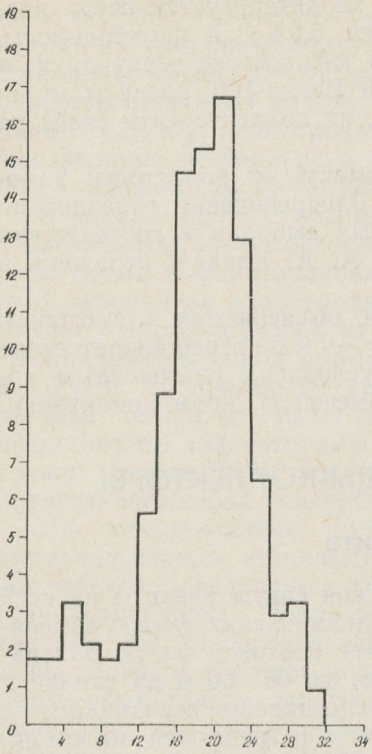


Рис. 22. Гистограмма открытой пористости пород дейменаской свиты.

метрическим составом песчаников (в скв. Вилцини-19 тонко—среднезернистые песчаники с очень незначительным содержанием алеврита (1,8%) и без глинистых частиц). Эти песчаники на 98,2% состоят из зерен песчаной размерности, но обладают небольшой пористостью (13,8%). В то же время у сходных среднезернистых песчаников с меньшей примесью фракции тонкого песка (16,4%) и несколько повышенной — алеврита (2,6%) при пористости 21,9% проницаемость составляет 123,2 мД. Главная причина низкой проницаемости в этом случае — обильное содержание фосфатного базального цемента (88,8%).

В целом для песчаников дейменаской свиты на северо-западе Курземского п-ова (скв. Вилцини-19, Пилтене-1 и др.) характерна примесь глинистой фракции 0—20,6%, обычно не выше 5%. Алевролиты, часто песчанистые и песчаные, содержат глинистой фракции 4,5—32,0%. По емкостным и фильтрационным показателям породы свиты этой части территории относятся главным образом к III и II классам, а отдельные прослои с аномально высокой проницаемостью — даже к I классу коллекторов.

Большой интерес представляют данные по разрезу скв. Вентспилс-3, полученные в связи с поисками в этом районе естественных поглощающих сред для захоронения не поддающихся очистке промышленных сточных вод. Так, по результатам изучения емкостных и фильтрационных показателей 47 проб установлено, что пористость дейменаских песчаников и алевролитов 14,0—28,7% при средней величине 20,6%. Проницаемость этих пород изменяется от 82,5 до 797,0 мД при среднем значении 479,2 мД. Общие тенденции изменения емкостных и фильтрационных показателей в целом сходны с ранее выявленными для разрезов скв. Колка-54, Пилтене-1 и Вилцини-19. Песчаники и алевролиты в скв. Вентспилс-3 относятся ко II и III классам коллекторов. Исключение составляют единичные прослои алевролитов в верхах свиты, принадлежащие к IV классу. Разрез скв. Вентспилс-3 изучен очень детально, отобрано 45 образцов.

В другом разрезе этого же района (скв. Овиши-94) пористость дейменаских песчаников по двум определениям составляет 20,2 и 22,1% при проницаемости соответственно 378,0 и 508,3 мД.

На Вергальской структуре пористость дейменаских пород в основном выше 20%, а максимальные ее значения 25,9%. Только в единич-

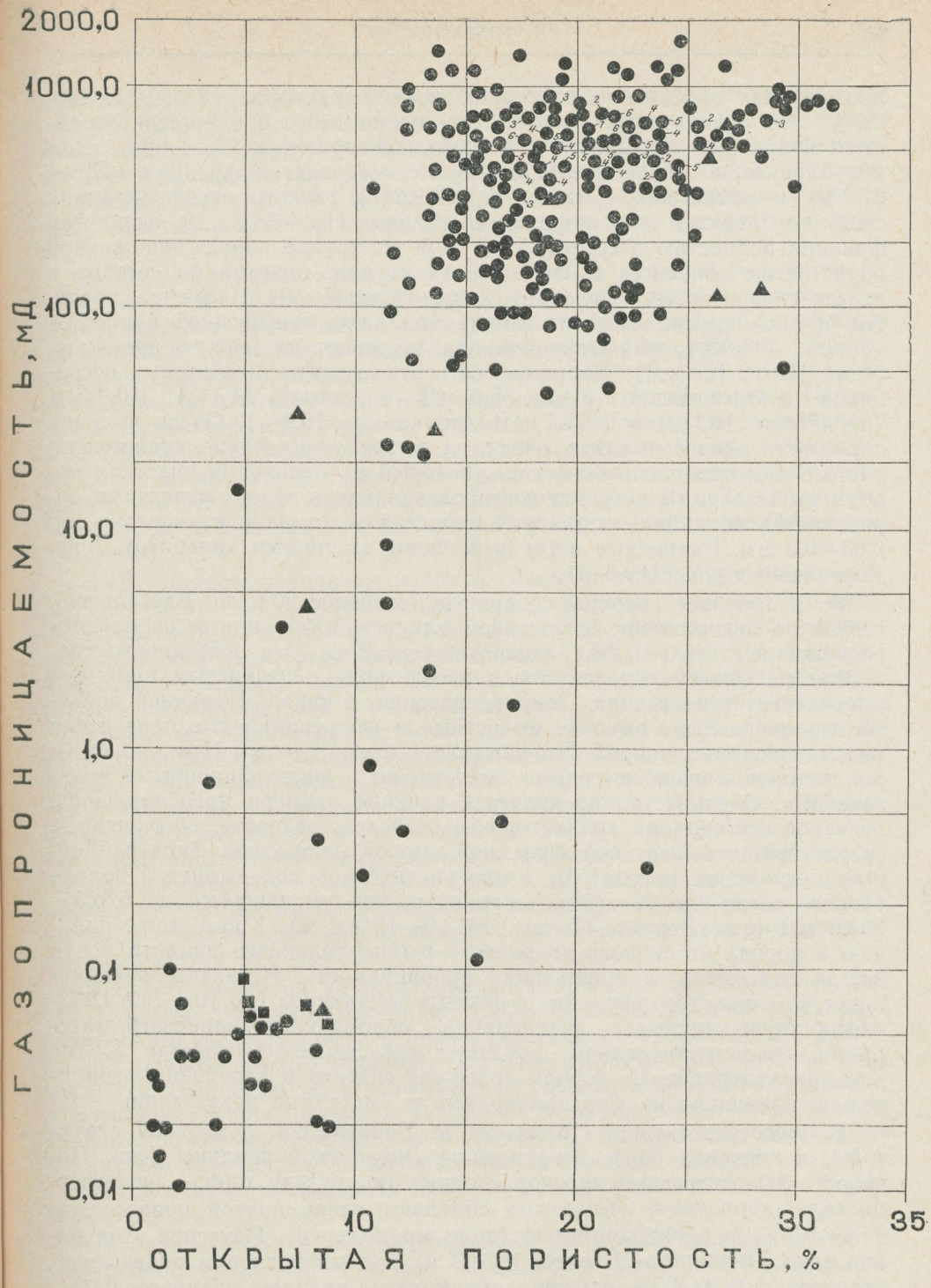


Рис. 23. График зависимости газопроницаемости от открытой пористости для пород дейменаской свиты.

Условные обонзачения те же, что и на рис. 21.

ных случаях образцы имеют пониженную пористость: 19,4; 16,1; 14,4 2,2%. Это сравнительно хорошо отсортированные средне-мелкозернистые кварцевые песчаники с алевритовой примесью 2,6—4,8%. Для них характерно явное преобладание мелкозернистой фракции (47,6—67,2%) и небольшая примесь (2,0—19,2%) тонкого песка. Фракция среднего песка в этих породах составляет 11,2—38,8%, а глинистая фракция полностью отсутствует. К этой же группе пород с пониженной пористостью относится и смешанная порода, близкая по составу к пелито-алевритовому песчанику (скв. Вергале-49). Наименее пористые и плохопроницаемые песчаники обладают повышенной карбонатностью (45,0%), что, очевидно, обусловливает их плохую проницаемость (всего 0,7 мД). Проницаемость этих пелито-алевритовых песчаников соответственно равна 55,0 мД (пористость 14,4%), 310,0 мД (пористость 16,1%) и 1075,7 мД (пористость 19,4%). Очень высокая пористость одного образца, очевидно, вызвана наличием скудного глинистого цемента пленочного типа, который на отдельных участках породы выщелочен. В результате выщелачивания в породе участками образовалась типичная вторичная пористая текстура с размерами пор 0,03—0,3 мм. Единичные поры выполнены вторичным кальцитом (скв. Вергале-46, глуб. 1160,5 м).

В целом все породы с пористостью более 20% на Вергальской структуре отличаются отсутствием глинистой фракции и небольшим содержанием (5,0—9,2%) алевритовых частиц. Эти особенности гранулометрического состава пород в сочетании с глинистым цементом пленочного типа и типа соприкосновения, а также вторичной пористостью определяют высокие емкостные и фильтрационные показатели рассматриваемых пород. Это позволяет отнести их ко II и I классам коллекторов с очень высокими емкостными и фильтрационными показателями. Очень четко проявляется влияние размера преобладающей песчаной фракции на коллекторские свойства: разности, обогащенные среднезернистой песчаной фракцией, имеют наивысшие фильтрационные и емкостные показатели, а при увеличенном содержании в породе тонкого песка (до 70—85%) проницаемость уменьшается до 626,5—338,0 мД (скв. Вергале-47, инт. 1313.0—1314,0 м). Кроме того, наличию в породе вторичного кварцевого регенерационного цемента почти всегда соответствует пониженная проницаемость. Незначительное количество глинистого вещества в цементе песчаников (до 10, реже 18%) способствует процессу регенерации обломочного кварцевого материала, что в итоге сильно ухудшает коллекторские свойства. Кроме того, рассматриваемые породы содержат сидерит и глауконит, отрицательно влияющие на фильтрационные и ёмкостные показатели.

В непосредственной близости от Вергальской локальной структуры, в пределах более погруженной Лиепайской впадины (скв. Павилоста-51), отдельные прослои сходных по составу тонко—среднезернистых кварцевых песчаников обладают очень низкой пористостью (4,2—8,9%) и проницаемостью (доли миллидарси). Изучение этих пород (скв. Павилоста-51, глуб. 1270,0 м) под микроскопом показывает, что песчаник на 95% сложен обломочным кварцем размером 0,02—0,2 мм, глинистым цементом (5%) монтмориллонитового состава и пиритом. В целом это тонко-мелкозернистый алевритистый песчаник с

псаммитовой структурой и пористой текстурой на отдельных участках шлифа. Широко развиты регенерационные и конформные контакты между зернами кварца, указывающие на глубокие постседиментационные преобразования породы, что в итоге привело к низкой пористости и проницаемости. Кроме кварца наблюдаются зерна анатаза, лейкоксена, пелитизированного калиевого полевого шпата, ильменита и турмалина.

В разрезе параметрической скв. Бернаты-53 наблюдаются сходные с развитыми на Вергальской структуре мелко- и мелко—тонкозернистые кварцевые песчаники, содержащие 0,8—7,0% (иногда до 28,0%) алевритовой фракции, а также пелито-песчаные алевролиты. Пористость этих пород колеблется от 10,6 (алевролиты) до 18,8—22,8%. К сожалению, проницаемость их не определена, но, по аналогии с Папеской и Дурбеской структурами, у этих пород в пределах Бернатского поднятия можно ожидать относительно высоких величин проницаемости — до 200 мД и более. Это предположение косвенно подтверждается значительной пористостью песчаников и составом глинистого вещества в их цементе, представленного гидрослюдой, каолинитом и хлоритом.

На Дурбеском локальном поднятии имеются только 12 определений коллекторских свойств дейменаских пород. В двух скважинах (Дурбе-35, Айзпуте-40) в кровле свиты обнаружены плотные песчаники с карбонатным цементом, отличающиеся пористостью 2,1—2,2% при проницаемости в доли миллидарси. Остальные образцы керна представлены тонко—мелкозернистыми и тонкозернистыми кварцевыми песчаниками, содержащими глинистой примеси от 0 до 6,4—7,2% (изредка до 21,6%). Количество алевритовой фракции в этих породах 1,8—7,2%. Кроме того, встречены смешанные пелито-алеврито-песчаные породы, глинистые алевролиты и алевритовые глины. Пористость упомянутых разновидностей песчаников 14,2—26,7%, проницаемость 85,7—742,2 мД. Исключение составляют два образца с аномальными значениями проницаемости — 21,9 и 1385,1 мД. Максимальной проницаемостью отличается тонко—мелкозернистый кварцевый песчаник, который на 96,6% сложен песчаной фракцией с небольшим содержанием алевритовых частиц (3,4%).

В целом, несмотря на относительно небольшую пористость (около 19%), рассматриваемые песчаники обладают очень высокой проницаемостью, что, вероятно, обусловлено хорошей отсортированностью (преобладает мелкозернистая фракция), а также отсутствием глинистой примеси. На решающую роль псаммитового состава и высокой сортировки в повышении проницаемости указывает и гранулометрический состав сходных тонко—мелкозернистых и средне—мелкозернистых песчаников в разрезе скв. Дурбе-35, которые при небольшой пористости (14,5—13,4%) обладают повышенной проницаемостью (соответственно 772,7 и 478,0 мД).

По емкостным и фильтрационным свойствам тонкозернистые и мелко-тонкозернистые песчаники в основном относятся к III классу коллекторов, а тонко- и средне-мелкозернистые даже к I и II классам. Гораздо реже на Дурбеском поднятии встречаются коллекторы IV класса и практически непроницаемые породы, относящиеся к VI классу.

Сравнительно детально изучен разрез дейменаской свиты в разрезе скв. Лиепая. Пористость песчаников и алевролитов (21 проба из интервала 83,0 м) здесь находится в основном в пределах 16,2—21,2%. Исключение составляют очень уплотненные крепкосцементированные песчаники в кровле свиты (до 5 м), отличающиеся пористостью 1,2; 12,5 и 13,4% (в среднем 9,3%). Проницаемость также варьирует в широких пределах — от 150—200 до 650,0 мД (в среднем 402,1 мД). При этом некоторые сравнительно низкопористые разновидности песчаников обладают высокой проницаемостью. В целом дейменаские отложения в разрезе скв. Лиепая относятся ко II и III классам коллекторов (см. рис. 18). В средней части свиты установлены плохопроницаемые песчаные глины IV—V классов.

На крайнем юго-западе республики, в районе наиболее глубокого залегания дейменаских отложений (Папеская структура, параметрические скв. Вайнёде-101 и Эзере-9), по сравнению с ранее рассмотренными более древними кембрийскими отложениями, наблюдается не очень резкое ухудшение коллекторских свойств по мере увеличения глубины залегания. Например, в пределах Папеского поднятия пористость изменяется от 3,4 до 19,1%. Пористость тонко—мелкозернистых песчаников, содержащих глинистой примеси 0—2,4%, в основном 14,8—19,1% и проницаемость 59,0—184,5 мД при средней ее величине 99,0 мД (см. табл. 6). Наименьшая пористость обнаружена в одном образце тонко—мелкозернистого песчаника, а также в плохо отсортированных разнозернистых песчаниках с проницаемостью менее 1 мД.

В разрезе скв. Вайнёде-101 встречены прослои мелкозернистых песчаников с пористостью 18,1—26,9% и проницаемостью 195,0—363,5 мД. Сравнительно высокие значения пористости и проницаемости этих пород могут быть объяснены практически полным отсутствием глинистой фракции в составе песчаников и наличием очень скудного глинистого цемента. Последний представлен гидрослюдами (30—85%), каолинитом (15—35%) и хлоритом (от следов до 10%). В цементе двух образцов песчаников обнаружен монтмориллонит (до 25%), который, вероятно, является промежуточным продуктом при преобразовании гидрослюд в каолинит, но не исключена и возможность пропитки глинистым раствором этих высокопористых пород в процессе бурения.

В параметрической скв. Эзере-9 пористость чистых, без глинистой примеси, средне—мелкозернистых кварцевых песчаников 13,9—21,5%. Обнаружен также прослой аналогичного по гранулометрическому составу песчаника с пористостью 5,9% и проницаемостью 0,05 мД. Преобладающее количество проб характеризуется проницаемостью от 11—25 до 200—331 мД и относится главным образом к III и частично IV классам коллекторов. По сравнению со скв. Вайнёде-101 песчаники здесь отличаются несколько повышенным содержанием в своем цементе каолинита (25—50%), а гидрослюды составляют 50—75%. В некоторых образцах из нижней части свиты отмечаются следы хлорита, а монтмориллонит не установлен. Пониженные в целом фильтрационные свойства дейменаских пород в разрезе скв. Эзере-9 по сравнению с другими районами Западной Латвии при большом содержании в цементе каолинита и невысоком — гидрослюд, вероятно, обусловлены наличием смешанослойных глинистых минералов. Смешанослойные образования

сильно снижают фильтрационные свойства песчаников и алевролитов; это показано на примере сходных с дейменаскими породами памушских отложений Урало-Поволжья [29].

На Южно-Кандавском локальном поднятии (сводовая скв. Кандава-25) пористость тонкозернистых песчаников 18,8—26,8%. Тонко—среднезернистые песчаники с карбонатным и пиритовым цементом в кровле дейменаской свиты отличаются низкой пористостью (2,0%) при проницаемости в доли миллидарси. В целом повышение содержания алевритовых и глинистых частиц (20,9 и 23,2%) снижает пористость плохо отсортированных песчаников до 8,8%. Проницаемость в основном превышает 1000 мД (3 определения), в одном случае обнаружены мелко—тонкозернистые песчаники, у которых этот показатель равен 82,0 мД. Высокая проницаемость песчаников, вероятно, связана с близостью разлома, и поэтому не исключено, что эти породы относятся к порово-трещинным коллекторам.

В своде Слампеской локальной структуры (скв. Слампе-83) кровлю дейменаской свиты слагают разнозернистые плохо отсортированные песчаники с пористостью 3,9 и 5,4% при проницаемости в сотые доли миллидарси. Это очень плотные породы с пойкилобластовым карбонатным цементом. Ниже по разрезу залегают хорошо отсортированные мелкозернистые кварцевые песчаники с прослоями глинисто-песчанистых алевролитов. Пористость мелкозернистых песчаников 17,2—23,8%, проницаемость 314,0—728,5 мД. В низах разреза обнаружен прослой алевритового и глинистого тонкозернистого песчаника с пористостью 23,4% и очень низкой проницаемостью (0,29 мД), которая вызвана наличием глинистого цемента базального типа. Цемент этих песчаников содержит в среднем 76,6% гидрослюд (5—100%), каолинит (от следов до 45%). В единичных образцах обнаружены следы хлорита, иногда его содержание достигает 5%. Любопытно, что в случае, когда глинистый цемент мелкозернистого песчаника целиком сложен гидрослюдами, проницаемость достаточно высока и составляет 547,0 мД (при пористости 20,6%). В то же время некоторые прослои мелкозернистых песчаников, глинистый цемент которых состоит из гидрослюд (50%), каолинита (45%) и хлорита (5%), отличаются наименьшей проницаемостью и пористостью (соответственно 314,0 мД и 17,2%). Последнее обстоятельство объясняется наличием в составе гидрослюд смешанослойных образований, отрицательно влияющих на коллекторские свойства.

На Дегольской локальной структуре фильтрационные и емкостные свойства тонко—мелкозернистых и разнозернистых дейменаских песчаников практически не отличаются от показаний по скв. Слампе-83. Здесь в кровле свиты также залегают разнозернистые песчаники. Ввиду наличия обильного карбонатного цемента и сульфидов железа песчаники низкопористые (1,3 и 2,8%), а проницаемость их равна долям миллидарси. В целом пористость остальной части разреза изменяется от 11,0 до 23,9%, а проницаемость находится в пределах 400,0—602,0 мД. По классификации А. А. Ханина, рассматриваемые породы относятся к коллекторам II и III классов.

Хорошие коллекторские свойства дейменаских пород подтверждаются также результатами детального послойного изучения разреза скв. Кемери. В интервале 37,5 м равномерно отобрано 27 образцов. Порис-

тость изменяется от 13,5 до 24,4% (в среднем 19,0%), а проницаемость — от 112,3 до 871,5 мД (в среднем 503,1 мД). По фильтрационным и емкостным показателям песчаники и алевролиты в основном относятся ко II классу. В верхней и нижней частях свиты развиты коллекторы III класса.

В скв. Кроньауце-57 пористость тонко—мелкозернистых и средне—мелкозернистых кварцевых песчаников изменяется от 12,1 до 17,6%, а проницаемость — от 179,6 до 1495,6 мД. Эти породы хорошо отсортированы, содержание мелкозернистой песчаной фракции в их составе изменяется от 38,4 (мелко—среднезернистые) до 95,0%. Для них характерны небольшое содержание алевритовых частиц (0,4—6,6%) и очень скудный глинистый цемент типа соприкосновения.

В пределах северо-восточной бортовой части Балтийской синеклизы (скв. Олайне-1, Рига-2, Бирини, Цирулиши, Личи, Пуйкуле-42, а также Инчукалнский вал) дейменаские породы в целом характеризуются высокими коллекторскими свойствами. Исключением является район скв. Олайне-1 и Рига-2, где пористость дейменаских песчаников и алевролитов 1,3—20,3% (в среднем 13,2%). Их проницаемость изменяется от долей миллидарси до 928,0 мД (в среднем 333,0 мД). Только единичные образцы алевролитов отличаются пониженной проницаемостью (до 32,2 мД) и низкой пористостью (до 13,6%). Худшие коллекторские свойства присущи верхней и нижней частям дейменаской свиты в разрезе скв. Олайне-1. Так, верхние 4 м свиты здесь сложены низкопористыми алевролитами и песчаниками (5,3—13,3%) с плохой проницаемостью (от долей до первых миллидарси). Подобные плохопроницаемые песчаники установлены также в низах свиты. Это коллекторы V и VI классов. Средняя часть дейменаской свиты в разрезе скв. Олайне-1 представлена песчаниками и является коллектором III класса. Коллекторские свойства прослоев глинистых алевролитов в рассматриваемом районе (по единичным определениям) низки — пористость находится в пределах 7,4—13,2% при средней величине проницаемости 30,4 мД.

Северо-восточнее г. Рига коллекторские свойства дейменаских пород значительно повышаются. Так, на Инчукалнском валу средняя величина пористости 19,2% (при проницаемости 459,9 мД), а в районе скв. Личи, Цирулиши и Пуйкуле-42 достигает 22,8—25,7%. Предельные и средние емкостные и фильтрационные показатели дейменаских пород этого района приведены в табл. 6. В целом дейменаские породы в разрезах Личи, Цирулиши и Пуйкуле-42 относятся ко II классу коллекторов, и лишь единичные маломощные прослои глинистых алевролитов обладают резко пониженными коллекторскими свойствами. На примере рассматриваемого района, расположенного в бортовой части Балтийской синеклизы, наиболее отчетливо видно благоприятное влияние седиментационных факторов на формирование пород с высокими коллекторскими свойствами.

В разрезе скв. Бирини среди пород с достаточно высокими коллекторскими свойствами нередко встречаются прослои глинистых песчаников и алевролитов, характеризующиеся пониженными коллекторскими свойствами из-за особенностей гранулометрического состава, повышенной плотности пород и значительной современной глубины залегания (863—892 м) по сравнению с окружающим районом.

Таблица 10

Распределение коллекторов различных классов в породах дейменаской свиты (по частоте встречаемости)

Газопроницаемость, мД	Класс коллектора	Кол-во проб	Встречаемость, %
<1	VI	31	10,6
1—10	V	3	1,0
10—100	IV	16	5,5
100—500	III	104	35,8
500—1000	II	122	42,3
>1000	I	14	4,8

В скв. Нитауре-58 пористость мелкозернистых, тонко—мелкозернистых, разнозернистых и мелко—тонкозернистых кварцевых песчаников изменяется от 2,2 до 25,2%. При средней ее величине 17,4% наблюдаются отдельные прослои разнозернистых слабоглинистых или алевритистых кварцевых песчаников с пористостью 2,2—3,7%, которые снижают оценку средней величины по скважине в целом. Проницаемость этих слабопористых пород составляет доли миллидарси. Пористость большинства образцов остальных разновидностей песчаников 18—22%, проницаемость 232,8—1085,2 мД, при этом наиболее часты породы с проницаемостью 700—900 мД. В целом коллекторские свойства пород в этом разрезе очень высокие, благодаря чему они относятся в основном ко II и I классам коллекторов.

Коллекторские свойства условно относимых к дейменаской свите пород Восточной Латвии здесь не рассматриваются, так как они приведены в разделе «Цирмская толща» главы IV.

Частота встречаемости коллекторов различных классов в дейменаской свите по 290 образцам, отобранным из 31 скважины, приведена в табл. 10.

Согласно таблице, около 83% всех образцов дейменаских пород относятся к коллекторам I—III классов по оценочной классификации А. А. Ханина, причем 78,1% образцов принадлежит ко II и III классам коллекторов. В разрезе дейменаской свиты часто преобладают практически рыхлые бесцементные разновидности песчаников, керн которых при бурении не получен. Фильтрационные и емкостные показатели таких разновидностей песчаников очень высоки, и последние могут быть отнесены к коллекторам I класса. Приведенные данные свидетельствуют о том, что дейменаские песчаники и алевролиты обладают высокими коллекторскими свойствами.

ВЕНДСКИЕ ПОРОДЫ-КОЛЛЕКТОРЫ

В вендском комплексе породы-коллекторы приурочены в основном к краславской толще, гдовской и воронковской свитам, развитым на востоке республики. Котлинская свита содержит отдельные прослои

песчаников и алевролитов малой мощности. Развитая на северо-западе Курземского п-ова зурасская толща также не представляет практического интереса в качестве коллектора из-за малой мощности отложений.

Краславская толща и гдовская свита

Породы-коллекторы представлены песчаниками, алевролитами и гравелитами. Они характеризуются широкими пределами изменения пористости (5,4—31,0%) и проницаемости (0,01—1000 мД). Средние значения этих показателей по скв. Шкяуне-103, Краслава-104, Малта-105 и Нагли-106 составляют: пористость — 15,3—24,7%, проницаемость — 2,4—757,1 мД (см. табл. 6). Рассматриваемые породы-коллекторы имеют практическое значение на юго-востоке республики, где кембрийские отложения маломощны.

Воронковская свита

В составе свиты породами-коллекторами служат песчаники, алевролиты и гравелиты. Их пористость составляет 7,7—29,8%, средняя ее величина по разрезам скважин находится в пределах 16,8—21,7%. Проницаемость песчаников, алевролитов и гравелитов резко изменчива — от 0,1 до 848,5 мД (средняя ее величина по разрезам скважин 251,4—492,1 мД). При общей мощности свиты 12—20 м породы-коллекторы составляют 40—65% разреза и поэтому практического интереса не представляют.

Представление об основных закономерностях изменения коллекторских свойств вендских и кембрийских пород на территории республики дают рис. 17, 18 и сводная табл. 6:

1) наилучшие коллекторские свойства кембрийских пород наблюдаются на Вергальском, Слампеском, Южно-Кандавском, Дегольском и Инчукалнском локальных поднятиях, в районе восточного борта Балтийской синеклизы и в северной части Курземского п-ова;

2) по мере возрастания глубины залегания пород дейменаской, тебрской, вентавской и овишской свит к юго-западу их коллекторские свойства резко ухудшаются;

3) на всей территории республики развита толща коллекторов, приуроченная к дейменаской свите и цирмской толще кембрия и представляющая первоочередной практический интерес;

4) в Западной Латвии широко развиты породы-коллекторы и в составе тебрской, овишской и вентавской свит. Наибольшее значение среди них имеет сакаская пачка вентавской свиты, отличающаяся выдержанным составом и мощностью, а на северо-западе Курземского п-ова — также овишские отложения;

5) породы-коллекторы в составе лонтоваской свиты встречаются спорадически и не представляют практического интереса;

6) в составе вендского комплекса породы-коллекторы приурочены в основном к краславской толще, гдовской и воронковской свитам.

ГЛАВА V

ГЛИНИСТОЕ ВЕЩЕСТВО И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА КЕМБРИЙСКИХ ПОРОД

Исследования глинистых минералов из кембрийских пород Латвии проводились главным образом на дифрактометре УРС-50 ИМ с дополнительным определением на ДРОН-1 или фотометодом в рентгеновских камерах РКД-57,3 мм. Количественное содержание глинистых минералов во фракции менее 0,001 мм определялось путем сравнения относительной интенсивности рефлексов базальных и ранее приготовленных эталонных смесей (гидрослюда+каолинит и др.).

Методика исследования и основные закономерности распределения глинистых минералов в верхнепротерозойско-кембрийской терригенной толще приведены в работе [16]. Основные результаты исследований — распределение глинистых минералов в породах различных стратиграфических подразделений кембрия и венда — отражены на рис. 24 и 25, наиболее типичные электронно-микроскопические снимки глинистых минералов — в табл. VII и VIII (см. на вкладке).

Отложения лонтоваской свиты содержат как гидрослюды, так и каолинит, хлорит и монтмориллонит. В низах свиты (ровенский горизонт) преобладает гидрослюда, содержание которой в цементе песчаников 63—77%, а в цементе алевролитов — 33—40%. В одном образце установлена разбухающая разновидность гидрослюды.

Каолинит обнаружен во всех разновидностях пород этой части свиты, содержание его выше (20—50%) в цементе песчаников и алевролитов и ниже (20—35%) в глинах.

Хлорит имеет подчиненное значение; обычно его содержание не превышает 10%, нередко он отсутствует. Аномально высокое его содержание (55%) выявлено только в одном образце алевролита из разреза скв. Балтинава-17.

Монтмориллонит обнаружен в составе цемента алевролитов лишь в разрезе скв. Лудза-15, где он ассоциируется с каолинитом и гидрослюдой.

Остальная, бóльшая часть разреза лонтоваской свиты характеризуется преобладанием гидрослюд (70—95%), присутствием небольших количеств каолинита (5—18%) и хлорита (3—10%). В одном случае (скв. Лудза-15) установлены монтмориллонит (25%) и редко — набухающие разновидности гидрослюд. Количественные соотношения гидрослюд, каолинита и хлорита в целом отличаются постоянством, очевидно, благодаря сравнительно выдержанному строению разреза свиты. В отдельных случаях гидрослюды из цемента песчаников свиты составляют 75—90% всех глинистых минералов, при этом они представлены

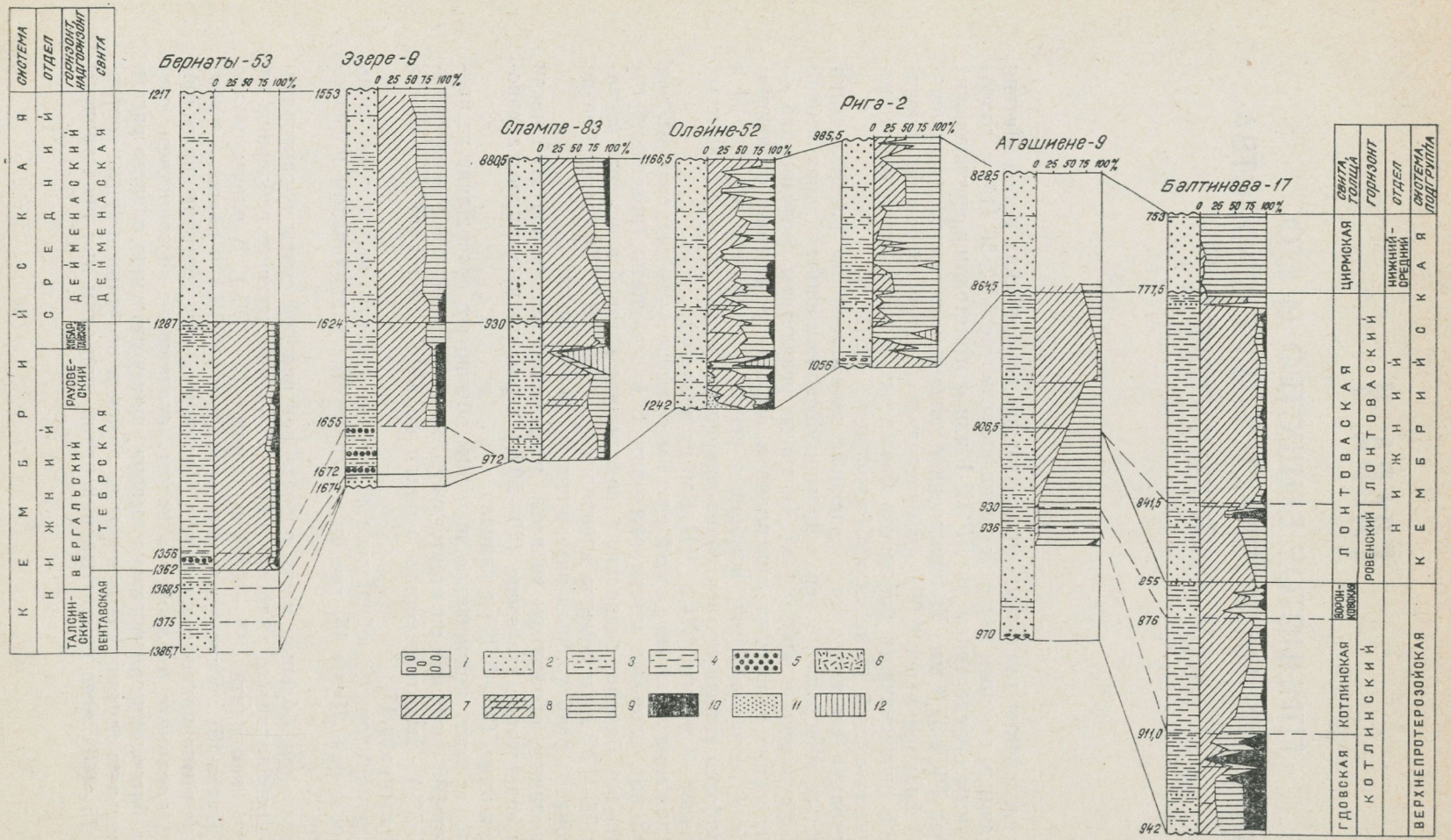


Рис. 24. Распределение глинистых минералов в вендских и кембрийских породах по линии скв. Бернаты-53 — Эзере-9 — Слампе-83 — Олайне-52 — Рига-2 — Аташиене-9 — Балтинава-17. Составили А. П. Брангулис, А. Я. Нагле, А. Э. Мурниекс, А. А. Сокуренко в 1978 г.: *1* — гравелиты; *2* — песчаники; *3* — алевролиты; *4* — глины; *5* — бурые железистые оолиты; *6* — туфогенные породы; *7* — гидрослюда; *8* — разбухающая гидрослюда; *9* — каолинит; *10* — хлорит; *11* — шамозит; *12* — смешанослойные образования типа монтмориллонит-гидрослюда.

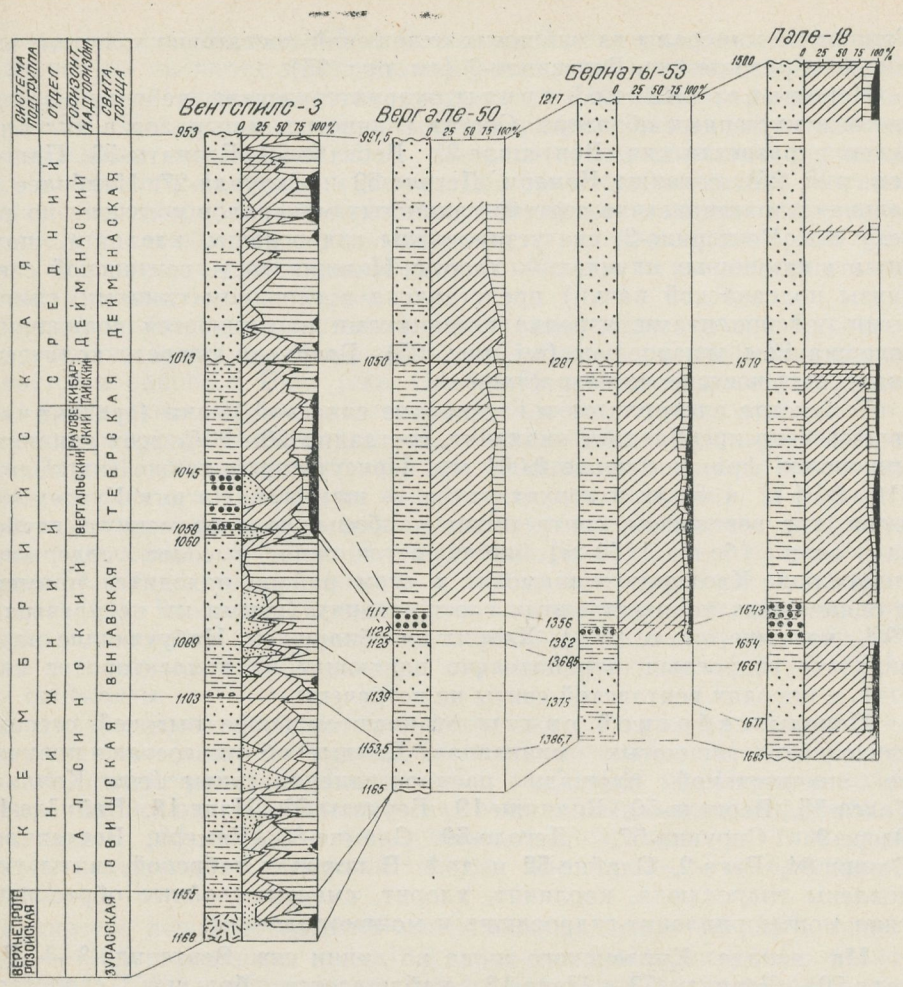


Рис. 25. Распределение глинистых минералов в вендских и кембрийских породах по линии скв. Вентспилс-3—Вергале-500—Бернаты-53—Папе-17.

Условные обозначения те же, что и на рис. 24.

только набухающими разновидностями. В небольших количествах присутствует также каолинит, установлены следы хлорита. Верхняя часть лонтоваской свиты отличается резким повышением содержания каолинита в коре выветривания и в составе глинистого цемента песчанистых алевролитов (90—100%). Табачно- и зеленовато-желтым глинам в кровле свиты (скв. Балтинава-17, Лудза-15 и др.), представляющим собой частично сохранившуюся кору выветривания лонтоваских глин, свойственно повышенное содержание каолинита.

Породы овишской свиты отличаются изменчивыми количественными соотношениями гидрослюд и каолинита. В средней части разреза свиты, кроме того, установлен шамозит, в одном случае — хлорит.

Глинистые минералы из овишских отложений достаточно полно изучены только в разрезе скв. Вентспилс-3 (см. рис. 25).

Породы вентавской свиты охарактеризованы небольшим количеством изученных образцов. Состав глинистых минералов в них определен в разрезах скв. Вентспилс-3, Вергале-50, Бернаты-53, Папе-18 (см. рис. 25), а также Кемери, Деголе-59 и Скрунда-27. Наиболее детальная характеристика состава глинистых минералов получена по разрезу скв. Вентспилс-3, где установлены гидрослюды, каолинит, шамозит и в единичных случаях — хлорит. Нижняя часть вентавской свиты (низы подсакаской пачки) представлена в основном глинами, глинистыми алевролитами, изредка песчаниками и отличается пониженным содержанием гидрослюд (см. рис. 25). Вверх по разрезу количество гидрослюд постепенно возрастает.

В цементе алевролитов и песчаников сакаской пачки (средняя часть свиты) явно преобладает каолинит, составляя 50—90% всех глинистых минералов фракции менее 0,001 мм. Присутствуют также гидрослюды (10—35%), в низах и верхах пачки — шамозит. На юге Курземского п-ова, где вентавская свита имеет наибольшую современную глубину залегания (более 1650 м), наблюдается самое высокое содержание гидрослюд. Каолинит и шамозит в этом районе находятся примерно в одинаковых количественных соотношениях (сумма их не превышает 70%, но чаще около 45%). Хлорит не обнаружен. Набухающие разновидности гидрослюд, отрицательно влияющие на коллекторские свойства, в породах вентавской свиты не встречены.

Породы тебрской свиты отличаются более высокой степенью изученности глинистых минералов. Данные об их составе получены по значительной площади распространения свиты (скв. Колка-54, Талси-55, Вергале-50, Вилцини-19, Бернаты-53, Папе-18, Вайнёде-101, Эзере-9, Скрунда-57, Деголе-59, Слампе-83, Кемери, Вентспилс-3, Овиши-94, Рига-2, Олайне-52 и др.). В породах тебрской свиты установлены гидрослюда, каолинит, хлорит, смешанослойные образования типа монтмориллонит-гидрослюда и монтмориллонит.

На западе Курземского п-ова по линии скв. Вентспилс-3 — Вергале-50 — Бернаты-53 — Папе-18 наблюдается большое сходство в составе и соотношениях глинистого вещества в породах тебрской свиты (см. рис. 25). По всему разрезу сравнительно выдержаны соотношения гидрослюд, каолинита и хлорита. Исключение составляет разрез скв. Вергале-50, где отсутствует хлорит.

На севере Курземского п-ова (скв. Вентспилс-3) при более детальном изучении разреза по вертикали исследован 21 образец глинистого вещества тебрских пород и установлено развитие каолинит-хлорит-гидрослюдистой ассоциации. В нижней части разреза (пачка железистых оолитов) обнаружена примесь каолинита, в отдельных прослоях достигающая 40—50% всех глинистых минералов. Верхняя часть разреза тебрской свиты в разрезе скв. Вентспилс-3 характеризуется повышенным содержанием каолинита (до 70%), уменьшением количества гидрослюд и отсутствием хлорита.

Из других особенностей распределения глинистых минералов в верхней части разреза тебрской свиты следует отметить наличие набухающих разновидностей гидрослюд в разрезах скв. Вергале-50 и Папе-18.

В разрезах скв. Бернаты-53 и Вентспилс-3 этих разновидностей нет. Особенностью являются также единичные находки смешанослойных образований типа монтмориллонит-гидрослюда (60—80% в разрезе скв. Деголе-59). Находки монтмориллонита в разрезе названной скважины подтверждают заключение И. А. Апините о спорадическом развитии этого глинистого минерала в разрезе кембрийских отложений Латвии. Наличие монтмориллонита в составе собственно глин исключает возможность трактовки его появления за счет глинистого раствора в процессе бурения, так как исследованные образцы не имели признаков пропитки глинистым раствором.

Анализ особенностей состава глинистого вещества на юге Курземского п-ова по линии скв. Бернаты-53 — Эзере-9 — Слампе-83 и далее на восток в районе г. Рига (скв. Олайне-52 и Рига-2) позволяет отметить увеличение количества каолинита. Хлорит встречен только в отдельных разрезах (скв. Слампе-83, Олайне-52), а на самом востоке (скв. Рига-2) наблюдается преобладание каолинита и уменьшение содержания хлорита (вплоть до полного его исчезновения). В рассматриваемом направлении в породах появляются набухающие разновидности гидрослюд. В нижней части разреза свиты, в разрезе скв. Олайне-52, наличествуют шамозит и повышенные количества хлорита (см. рис. 24). Возрастание количества каолинита в этом направлении хорошо согласуется с увеличением песчанистости разреза тебрской свиты в восточном направлении по мере приближения к борту Балтийской синеклизы.

В составе цемента алевролитов гидрослюд содержится обычно 80—85%, среди них много смешанослойных образований с частично разбухающей структурой (скв. Балдоне-80, глуб. 1034 м). Нередко количество гидрослюд уменьшается за счет повышенного содержания каолинита (35—45%). Содержание последнего в глинистом цементе алевролитов тебрской свиты, как правило, не превышает 5—20%.

Глинистое вещество цемента песчаников содержит 80—95% гидрослюд, 5—10% каолинита и до 10% хлорита. Смешанослойные разновидности (85%) обнаружены только в верхней части разреза скв. Папе-18.

Особенности минерального состава глинистого вещества в цементе песчаников и алевролитов тебрской свиты в целом благоприятно сказываются на их коллекторских свойствах, но в некоторых районах (скв. Папе-18 и др.) наличие набухающих разновидностей глинистых минералов все же отрицательно влияет на фильтрационные свойства пород.

Породы цирмской толщи по сравнению с другими частями разреза кембрия Латвии характеризуются меньшей изученностью состава глинистого вещества. Наиболее полное представление о распределении глинистых минералов получено по разрезу скв. Балтинава-17, Рига-2 и Олайне-52 (см. рис. 24). В разрезе скв. Балтинава-17 среди глинистых минералов в основном преобладает каолинит, а гидрослюды резко подчинены; в цементе цирмских алевролитов и песчаников содержится 90—100% каолинита и 3—10% гидрослюд. Глины представлены преимущественно гидрослюдой (до 95%) с примесью каолинита. Единичные образцы глинистого вещества из цемента песчаников отличаются повы-

шенным содержанием гидрослюд (50—90%), вторым компонентом является каолинит. Хлорит не установлен.

На севере Восточной Латвии (скв. Алуксне-99) глины цирмской толщи гидрослюдистые (70—95%) с примесью каолинита (5—30%). В цементе песчаников преобладает каолинит (70—95%), а глинистые разновидности песчаников содержат в цементе примерно одинаковое количество гидрослюд и каолинита (50%).

В Центральной Латвии (скв. Рига-2) глинистое вещество в цементе песчаников и алевролитов в целом характеризуется преобладанием каолинита (80—95%), но в отдельных интервалах верхней части толщи установлены примерно одинаковые количественные соотношения каолинита и гидрослюд. Юго-западнее г. Рига (скв. Олайне-52) наряду с упомянутыми минералами местами обнаружен также хлорит. В других разрезах Центральной Латвии (скв. Балдоне-80, Скривери-102, Бирини) глинистый цемент песчаников и алевролитов цирмской толщи содержит 70—90% каолинита и 10—30% гидрослюд.

Породы дейменаской свиты характеризуются невыдержанным соотношением количества гидрослюд, каолинита и переменной примеси хлорита. В единичных образцах найден монтмориллонит. На севере Курземского п-ова (скв. Вентспилс-3) в дейменаских породах в основном преобладает каолинит (70—95%). Иногда в отдельных интервалах верхней части разреза свиты доминируют гидрослюды, нередко с примесью хлорита и шамозита (см. рис. 24). К югу от района г. Вентспилс наблюдается значительное преобладание гидрослюд над каолинитом (скв. Вергале-50, Папе-18 и др.). Среди гидрослюд иногда встречаются набухающие разновидности, которые приурочены в основном к районам более глубокого современного залегания пород дейменаской свиты (скв. Вайнёде-101, Папе-18).

На остальной территории Курземского п-ова в глинистом веществе пород дейменаской свиты гидрослюды преобладают над каолинитом (скв. Талси-55, Вергале-50, Адзе-6, Бернаты-53 и др.). В ряде разрезов свиты верхней части дейменаских отложений (скв. Эзере-9, Слампе-83) присуще повышенное количество каолинита (до 50%) и иногда (скв. Слампе-83) примесь хлорита.

В Центральной Латвии (скв. Балдоне-80, Рига-2, Олайне-52, Бирини и др.) дейменаские породы отличаются преобладанием каолинита (60—75%) над гидрослюдами, отсутствием хлорита и шамозита.

Изучение влияния содержания глинистого вещества на коллекторские свойства пород кембрия Латвии показывает, что газопроницаемость в значительной степени зависит от содержания фракции менее 0,005 мм. При содержании упомянутой фракции менее 8—10% абсолютное большинство песчаников и алевролитов всех выделенных стратиграфических подразделений кембрия Латвии обладает газопроницаемостью более 20 мД, а породы дейменаской свиты и цирмской толщи — даже более 100 мД. По мере увеличения в песчаниках и алевролитах количества глинистой фракции до 15—20% резко снижается величина проницаемости (до 20—1 мД). В то же время некоторые разновидности пород вентавской, тебрской, дейменаской свит и цирмской толщи даже при повышенном содержании глинистой фракции (10—20%) отли-

чаются проницаемостью в пределах 50—200 мД, а в единичных случаях — более 500 мД.

Аномально высокие значения проницаемости обусловлены спецификой минерального состава глинистого вещества: в этих породах оно представлено в основном аллотигенным каолинитом, наименее влияющим на ухудшение фильтрационных свойств. Наглядно это видно на примере прослоев алевритистых песчаников из разреза цирмской толщи в скв. Вишки-25, Скривери-102, Аташиене-9 и Алуксне-99, которые при содержании глинистой фракции 10—15% обладают газопроницаемостью в пределах 90—540 мД. Состав глинистой фракции в этих образцах характеризуется наименьшим содержанием гидрослюд и явным преобладанием каолинита (иногда 90—95%). Разновидности песчаников, содержащие в цементе 40% каолинита и 60% гидрослюд, отличаются уменьшением газопроницаемости в 2—4 раза. Однако в последнем случае на коллекторские свойства дополнительно влияет развитие кварцевого регенерационного цемента в песчаниках.

Сравнительно хорошие коллекторские свойства некоторых прослоев песчаников в районе наиболее глубокого залегания пород дейменаской свиты (скв. Папе-18, Вайнёде-101, Эзере-9), очевидно, также обусловлены преобладанием в цементе аллотигенного каолинита (до 95%). В то же время разновидности песчаников, содержащие в своем цементе 75—85% набухающих разновидностей глинистых минералов, отличаются резко пониженной газопроницаемостью.

Приведенные данные хорошо согласуются с результатами исследований прежних лет (С. С. Савкевич, Г. В. Лебедева): набухающие компоненты среди глинистых минералов в разрезе дейменаской свиты в скв. Бернаты-53 составляют 20—30% смешанослойных глинистых минералов, которые, в свою очередь, содержатся в количестве 25—35%. Здесь же установлены каолинит (25—30%), хлорит (10—15%) и гидрослюды (35—85%).

Таким образом, ухудшению коллекторских свойств дейменаских, а также тебрских и вентавских пород на юго-западе республики наряду с большой глубиной залегания и интенсивными постседиментационными преобразованиями способствует также специфический состав глинистого вещества в цементе пород-коллекторов, причем эти факторы дополняют друг друга.

Вопрос об аллотигенной или аутигенной природе глинистого вещества кембрийских отложений Латвии изучен очень слабо. И. А. Апините полагает, что гидрослюда глауконитового типа представляет собой продукт раннего диагенеза, а хлорит является результатом преобразования аллотигенного биотита или же возник за счет растворов, богатых железом, алюминием и кремнием, во время осадконакопления и диагенеза.

Несомненно, сложные и многообразные процессы постседиментационных преобразований кембрийских пород Латвии повлекли за собой глубокие изменения глинистого вещества в цементе пород. Согласно результатам исследований в других регионах [27, 45], изменения глинистого вещества в литогенезе чрезвычайно сложны. Из-за отсутствия фактического материала по территории республики нами эти вопросы не рассматриваются. Отметим лишь, что изучение глинистого вещества

дифрактометрическим и рентгеновским методами, а также с помощью электронного микроскопа, позволило не только определить количественные соотношения между главными глинистыми минералами, но и получить некоторое представление о совершенстве их структуры.

На основании степени совершенства структуры и хорошо выраженных кристаллографических форм глинистых минералов можно высказать некоторые предположения об условиях их образования. По мнению некоторых исследователей [42], аутигенная гидрослюда характеризуется удлиненно-пластинчатой формой и довольно четкими контурами. Электронно-микроскопические фотоснимки кембрийских глинистых минералов Латвии показывают, что подобные частицы гидрослюд часто встречаются и среди глинистого вещества в кембрийских породах республики. Степень совершенства структуры таких гидрослюд, по данным рентгенографических исследований, достаточно высока. Это позволяет высказать предположение об аутигенной природе частиц гидрослюд в рассматриваемых породах.

При электронно-микроскопических и рентгенографических исследованиях каолинит нередко устанавливается в виде четких псевдогексагональных пластинок с хорошо упорядоченной структурой, что позволяет считать эти разновидности аутигенными. По-видимому, аутигенного происхождения каолинит, приуроченный к поверхностям длительных перерывов в осадконакоплении, в первую очередь к коре выветривания лонтоваской свиты, а также к верхней части разреза дейменаской свиты и цирмской толщи.

Наиболее часто каолиниты с хорошо упорядоченной структурой встречаются в породах дейменаской свиты и цирмской толщи в центральной и восточной частях республики (скв. Балдоне-80, Скривери-102, Лудза-15, Аташиене-9 и др.). При этом отчетливо выделяются перекристаллизованные разности каолинита, заполняющие отдельные поры в кварцевых песчаниках. Такие разновидности каолинита могут быть аутигенного происхождения, что в данном случае ухудшает коллекторские свойства.

Оценивая в целом влияние глинистого вещества на изменение коллекторских свойств кембрийских терригенных пород Латвийской ССР, необходимо подчеркнуть, что повышение его количества до 15—20% резко ухудшает проницаемость. Особенно отчетливо это проявляется при наличии значительной примеси в виде смешанослойных образований типа монтмориллонит-гидрослюды.

ГЛАВА VI

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД

При изучении многопараметрических природных объектов успешно применяют различные методы многомерной статистики, среди которых особое место занимает факторный анализ. В частности, оценивая коллекторские свойства пород, немаловажно определить возможные корреляционные связи между такими объективными показателями, как пористость, проницаемость, глинистость, плотность и гранулометрический состав обломочного скелета породы. При этом целесообразен минимально возможный набор показателей (признаков), позволяющий значительно ускорить процесс исследования.

Для оценки и прогнозирования коллекторских свойств необходимо знать факторы и процессы, оказавшие определяющее влияние на параметры пород. С целью количественной оценки роли основных факторов, связанных с формированием коллекторских свойств кембрийских терригенных пород Латвии, нами осуществлен факторный анализ с привлечением следующих показателей: современная глубина залегания, содержание шести основных фракций диаметром 0,5—0,25; 0,25—0,1; 0,1—0,05; 0,05—0,01; 0,01—0,005 и менее 0,005 мм, открытая пористость и газопроницаемость.

Все расчеты выполнены на электронно-вычислительной машине «БЭСМ-4» по программе «Исследователь», составленной М. Д. Белониным (ВНИГРИ, г. Ленинград)*. Результаты машинной обработки интерпретированы автором настоящей монографии.

При расчетах использованы данные анализов 528 образцов из керна параметрических, структурных, поисковых и разведочных скважин, пробуренных на территории республики. Раздельно рассчитаны корреляционные связи для пород нижнего кембрия и тебрской свиты нижнего и среднего кембрия, а совместно — для дейменаских и цирмских пород. В целях сравнения выполнены также расчеты для образцов пород валдайской серии. Результаты факторного анализа приведены в табл. 11—15.

Из матриц парных коэффициентов корреляции и значимости факторных нагрузок по девяти признакам для образцов пород нижнего кембрия (см. табл. 12) следует большая величина дисперсии первых двух факторов — они в 62% случаев обусловливают изменчивость рассматриваемых параметров.

---

* Автор считает своим приятным долгом выразить благодарность сотруднику ВНИГРИ М. Д. Белонину за товарищескую и бескорыстную помощь в машинной обработке материала.

Таблица 11

Матрица парных коэффициентов корреляции и факторных нагрузок для пород нижнего кембрия

Показатель	Корреляционная матрица									Значимость нагрузки по факторам					
	Глубина залегания	Гранулометрический состав						Пористость	Проницаемость	I	II	III	IV	V	VI
		0,5—0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	<0,005								
Глубина залегания	1,00	0,147	0,039	0,418	−0,502	−0,533	−0,515	0,296	0,292	−0,72	+0,248	+0,296	−0,087	+0,283	+0,54
0,5—0,25		1,00	0,036	−0,451	−0,157	−0,199	−0,130	−0,321	0,172	−0,051	+0,702	+0,66	−0,001	−0,083	−0,19
0,25—0,1			1,00	−0,252	−0,364	−0,269	−0,249	−0,237	0,291	−0,23	+0,632	−0,66	−0,105	−0,196	−0,18
0,1—0,05				1,00	−0,474	−0,42	−0,49	0,604	0,106	−0,66	−0,633	−0,08	−0,108	+0,23	−0,19
0,05—0,01					1,00	0,589	0,509	−0,091	−0,36	+0,75	−0,262	+0,14	+0,29	−0,37	+0,23
0,01—0,005						1,00	0,795	−0,33	−0,402	+0,86	−0,18	−0,067	+0,04	+0,23	+0,11
<0,005							1,00	−0,467	−0,282	+0,85	−0,03	−0,055	+0,103	+0,33	+0,03
Пористость								1,00	0,116	−0,52	−0,64	+0,053	+0,278	−0,30	+0,07
Проницаемость									1,00	−0,49	+0,36	−0,135	+0,732	+0,23	−0,07
Дисперсия (вес) факторов, %										39,8	21,6	11,3	8,2	7,6	5,2

Таблица 12

Матрица парных коэффициентов корреляции и факторных нагрузок для пород тебрской свиты

Показатель	Корреляционная матрица									Значимость нагрузки по факторам					
	Глубина залегания	Гранулометрический состав						Пористость	Проницаемость	I	II	III	IV	V	VI
		0,5—0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	<0,005								
Глубина залегания	1,00	−0,376	−0,205	−0,009	+0,28	+0,357	+0,247	−0,366	−0,458	+0,57	+0,9	+0,71	−0,17	−0,004	+0,33
0,5—0,25		1,00	+0,486	−0,354	−0,285	−0,214	−0,244	−0,112	+0,255	−0,43	−0,6	−0,12	+0,55	+0,12	+0,32
0,25—0,1			1,00	−0,542	−0,511	−0,351	−0,508	−0,085	+0,483	−0,6	−0,67	+0,29	−0,17	−0,06	−0,12
0,1—0,05				1,00	−0,325	−0,314	−0,316	+0,573	−0,127	−0,2	+0,92	+0,07	+0,19	+0,11	+0,008
0,05—0,01					1,00	+0,53	+0,725	−0,39	−0,407	+0,81	−0,09	−0,33	−0,08	−0,32	+0,2
0,01—0,005						1,00	+0,629	−0,46	−0,367	+0,76	−0,19	−0,08	−0,12	+0,56	−0,02
<0,005							1,00	−0,462	−0,431	+0,84	−0,13	−0,34	0	−0,04	−0,03
Пористость								1,00	+0,34	−0,56	+0,61	−0,27	−0,14	+0,04	+0,19
Проницаемость									1,00	−0,67	−0,22	−0,29	−0,52	+0,1	+0,19
Дисперсия (вес) факторов, %										40,7	24,2	11,3	8	5,2	3,9

Таблица 13

Матрица парных коэффициентов корреляции и факторных нагрузок для пород дейменаской свиты и цирмской толщи

Показатель	Корреляционная матрица									Значимость нагрузки по факторам					
	Глубина залегания	Гранулометрический состав						Пористость	Проницаемость	I	II	III	IV	V	VI
		0,5—0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	<0,005								
Глубина залегания	1,00	−0,29	−0,015	+0,19	−0,06	−0,05	−0,02	+0,205	+0,306	+0,04	+0,50	+0,69	+0,32	−0,37	+0,05
0,5—0,25		1,00	+0,11	−0,57	−0,25	−0,17	−0,1	−0,35	+0,004	+0,43	−0,47	−0,45	+0,55	−0,21	+0,05
0,25—0,1			1,00	−0,82	−0,47	−0,48	−0,43	−0,36	+0,103	+0,80	−0,22	+0,41	**−0,20**	+0,25	−0,10
0,1—0,05				1,00	+0,28	+0,28	+0,18	+0,57	+0,027	−0,71	+0,59	−0,20	−0,15	−0,18	−0,01
0,05—0,01					1,00	+0,56	+0,58	−0,07	−0,33	−0,74	−0,27	+0,10	−0,04	+0,18	+0,55
0,01—0,005						1,00	+0,82	−0,07	−0,40	−0,80	−0,36	+0,11	+0,17	+0,10	−0,30
<0,005							1,00	−0,15	−0,31	−0,74	−0,41	+0,19	+0,30	+0,17	−0,18
Пористость								1,00	+0,405	−0,22	+0,8	−0,25	+0,01	+0,19	−0,15
Проницаемость									1,00	+0,33	+0,63	+0,01	+0,49	+0,4	+0,12
Дисперсия (вес) факторов, %										36,3	25,7	11,4	9,4	6,2	5,4

Таблица 14

Матрица парных коэффициентов корреляции и факторных нагрузок для пород валдайской толщи

Показатель	Корреляционная матрица									Значимость нагрузки по факторам				
	Глубина залегания	Гранулометрический состав						Пористость	Проницаемость	I	II	III	IV	V
		0,5—0,25	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	<0,005							
Глубина залегания	1,00	−0,471	0,236	0,644	−0,468	−0,438	−0,544	0,562	0,373	−0,797	+0,37	−0,109	−0,011	+0,976
0,5—0,25		1,00	−0,151	−0,460	−0,147	−0,034	0,033	−0,289	0,155	+0,243	−0,682	+0,622	−0,197	0,088
0,25—0,1			1,00	−0,332	−0,538	−0,494	−0,47	0,069	0,178	−0,47	−0,58	−0,606	+0,24	+0,09
0,1—0,05				1,00	−0,279	−0,288	−0,359	0,468	0,136	−0,55	+0,69	+0,16	−0,40	+0,05
0,05—0,01					1,00	+0,615	0,571	−0,13	−0,385	+0,7	+0,415	+0,02	+0,39	−0,35
0,01—0,005						1,00	0,87	−0,476	−0,320	+0,82	+0,30	+0,01	+0,14	+0,36
<0,005							1,00	−0,559	−0,385	+0,87	+0,19	−0,016	+0,05	+0,31
Пористость								1,00	0,444	−0,69	+0,34	+0,23	+0,41	−0,29
Проницаемость									1,00	−0,54	−0,17	+0,52	+0,43	+0,40
Дисперсия (вес) факторов, %										43,7	20,8	12,5	8,8	4,7

Таблица 15

Коэффициенты корреляции гранулометрического состава и коллекторских свойств

Размер фракции, мм	Коэффициент корреляции					
	пористость			газопроницаемость		
	ϵ_{1v}	$\epsilon_{1\text{-}2}tb$	$\epsilon_{1\text{-}2}cr+\epsilon_2dm$	ϵ_{1v}	$\epsilon_{1\text{-}2}tb$	$\epsilon_{1\text{-}2}cr+\epsilon_2dm$
0,5—0,25	−0,32	−0,11	−0,35	+0,18	+0,26	+0,04
0,25—0,1	−0,24	−0,08	−0,36	+0,29	+0,48	+0,10
0,1—0,05	+0,60	+0,57	+0,57	+0,10	−0,13	−0,03
0,05—0,01	−0,09	−0,39	−0,07	−0,36	−0,41	−0,33
0,01—0,005	−0,33	−0,46	−0,07	−0,40	−0,36	−0,40
<0,005	−0,47	−0,46	−0,15	−0,28	−0,43	−0,31

Первый фактор сравнительно тесно связан с содержанием алевритовой и глинистой фракций (коэффициенты корреляции 0,75—0,86). Его связь с пористостью, проницаемостью, песчанистостью (содержание фракции 0,1—0,05 мм) и глубиной залегания носит обратный характер (см. табл. 12). Первый фактор, по-видимому, отражает особенности осадконакопления в нижнекембрийском морском бассейне — повышение содержания глинистого вещества в цементах песчаников и алевролитов и широкое развитие глинистых пород. Кроме того, он отражает наличие в рассматриваемой толще прослоев хорошо отсортированных мелко-среднезернистых песчаников, обладающих улучшенными емкостными и фильтрационными свойствами.

Второй фактор также биполярен, для него характерна положительная* связь с проницаемостью (+0,36) и содержанием крупно- и среднепесчаной фракций (0,5—0,25 и 0,25—0,1 мм). Коэффициенты корреляции этого фактора с указанными параметрами — соответственно +0,70 и +0,63. Второй фактор отрицательно связан с пористостью (−0,64) и содержанием фракции 0,1—0,005 мм (−0,63). Эти результаты хорошо согласуются с имеющимися данными о сравнительно высокой пористости и низкой проницаемости мелкопесчаных и алевритовых разностей пород, поскольку равный объем мелких пор при прочих равных условиях (степень окатанности, сортировка, характер пор и т. д.) обеспечивает меньшую проницаемость по сравнению с крупными порами. Второй фактор в сравнении с первым отличается более высокими значениями коэффициента связи с содержанием крупнозернистой фракции. По-видимому, последнее соотношение указывает на определенную роль размеров порового пространства и специфики укладки зерен в увеличении проницаемости пород.

Третий фактор не имеет значимой связи с коллекторскими свойствами, и поэтому на его рассмотрении останавливаться не будем.

Для образцов пород тебрской свиты первый фактор также биполярен (см. табл. 12). Как и для пород нижнего кембрия, он положи-

* Знаки «+» и «−» вводятся только для отражения противоположных тенденций изменения данного параметра (показателя).

тельно связан с содержанием глинистой и алевролитовой фракций (коэффициенты корреляции соответственно +0,76 и +0,84), а также с глубиной залегания пород (+0,57). Как и в первом случае, отрицательна связь с проницаемостью (−0,67), пористостью (−0,56) и содержанием крупно- и среднезернистых песчаных фракций. При этом однонаправленные связи с пористостью (−0,56), проницаемостью (−0,67) и содержанием крупных фракций (−0,43; −0,6; −0,2) проявляются более четко, чем для пород нижнего кембрия.

Второй фактор положительно связан с пористостью, содержанием фракции 0,1—0,05 мм и глубиной залегания. Указанные связи, возможно, обусловлены явлениями выщелачивания хемогенных и глинистых цементов или спецификой укладки обломочных зерен. Отрицательна связь фактора с проницаемостью (−0,22) и содержанием крупнозернистых фракций песчаников (−0,60 и −0,67). Поскольку наблюдаемые тенденции связей данного фактора аналогичны таковым для второго фактора в породах нижнего кембрия, вполне правомерно предположить общность причин, их обусловливающих.

Для образцов дейменаских и цирмских пород (см. табл. 13), как и для двух более древних стратиграфических подразделений кембрия, рассматриваемые факторы биполярны, однако заметно отличаются от приведенных выше.

Первый фактор положительно связан с проницаемостью (+0,33) и содержанием фракций 0,5—0,25 и 0.25—0,1 мм, коэффициенты связи которых соответственно +0,43 и +0,80. Это не только отражает роль крупнозернистых фракций в повышении проницаемости, но и свидетельствует о возрастании роли крупнозернистых песчаников в разрезе дейменаской свиты и цирмской толщи в целом. То обстоятельство, что проницаемость и содержание крупнозернистых песчаных фракций выступают в качестве единой группы однонаправленных показателей при незначительной связи с пористостью (−0,22), объясняется, по-видимому, сравнительно хорошей проницаемостью более крупнозернистых разностей пород, заключающих в себе пятнистый реликтовый хемогенный цемент.

Второй фактор положительно связан с пористостью (+0.8), проницаемостью (+0,63), содержанием фракции 0,1—0.05 мм (+0,59) и глубиной современного залегания пород дейменаской свиты и цирмской толщи (+0,50). Однополярность довольно тесной связи его с пористостью и проницаемостью отличает дейменаские и цирмские породы от более древних. Отсутствие такого характера связи для первого фактора и наличие у него однонаправленной связи с содержанием фракции 0,1—0,05 мм и глубиной залегания пород дейменаской свиты и цирмской толщи свидетельствуют о существовании процессов, увеличивающих объем порового пространства породы и проницаемость. Вероятно, это отражает процессы образования вторичной пористости выщелачивания, развивающиеся преимущественно в песчаниках, в составе которых преобладает рассматриваемая фракция.

Ввиду низкой нагрузки третьего и последующих факторов они не рассматриваются.

Представляет интерес сопоставление полученных данных с результатами факторного анализа, выполненного также для отложений

валдайской серии (см. табл. 14). У первого фактора тот же характер связи, что и для нижнекембрийских отложений. Заметнее отличается второй фактор, для которого характерна положительная связь с открытой пористостью (+0,34) и содержанием мелкопесчаных и крупноалевритовых фракций (0,1—0,05 и 0,05—0,01 мм) при коэффициентах корреляции соответственно +0,69 и +0,41. Второй фактор отрицательно связан лишь с содержанием крупно- и среднезернистых песчаных фракций.

В отличие от ранее рассмотренных случаев, наблюдается довольно тесная положительная связь третьего фактора с проницаемостью и содержанием крупнозернистой песчаной фракции (коэффициенты корреляции соответственно +0,52 и +0,62). Эта связь хорошо иллюстрирует сравнительно высокую проницаемость наиболее крупнозернистых и гравелистых песчаников валдайской серии несмотря на сравнительно высокое содержание мелких фракций.

Результаты факторного анализа подтверждают ранее приведенные суждения (глава IV) о преобладающем влиянии на коллекторские свойства седиментационного фактора, что находит наиболее яркое выражение в гранулометрическом составе пород.

Корреляционная зависимость между основными рассматриваемыми параметрами отражена в табл. 15.

ГЛАВА VII

ВЛИЯНИЕ ПОСТСЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПОРОД НА КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА

Основные факторы, определяющие коллекторские свойства терригенных пород, закладываются еще в седиментогенезе (см. главу IV). Однако значительное влияние на коллекторские свойства терригенных пород оказывают также процессы постседиментационного их преобразования. На разных этапах геологической истории, в зависимости от различий в конкретной геологической обстановке, роль постседиментационных факторов неодинакова [24, 25, 30, 32, 35, 45, 50—52, 56, 58—60].

Вполне естественно, что в специфических геологических условиях Латвии постседиментационные преобразования кембрийских пород также определенным образом сказались на изменении их коллекторских свойств. Поскольку этот вопрос еще не получил достаточного отражения в специальной геологической литературе, необходимо остановиться на рассмотрении основных постседиментационных преобразований кембрийских песчаников и алевролитов и попытаться оценить их роль в изменении фильтрационных и емкостных свойств.

В современной литературе, посвященной стадиальному анализу и процессам литогенеза, имеются терминологические разногласия. В данной работе, исходя из представлений Н. М. Страхова [51] и Н. В. Логвиненко [35], нами в литогенезе выделены три стадии: диагенез, катагенез и метагенез. Преобразования последней стадии в кембрийских породах Латвии не наблюдаются.

ДИАГЕНЕЗ

Роль диагенеза в изменении коллекторских свойств обломочных пород, по нашему мнению, не очень велика, поскольку, согласно Н. М.Страхову [50], «основная масса только что сформированных пород — песков, алевролитов и глин — представляет собой достаточно рыхлые, сыпучие или пластичные, малоплотные образования». Однако это не исключает возможности цементации пород на стадии диагенеза. Так, в кембрийских песчаниках и алевролитах Латвии отмечаются локальные диагенетические преобразования — базальная и пятнистая цементация пиритом, доломитом, кальцитом, реже сидеритом, а также гипсом и ангидритом. Эти явления довольно часты в пределах как Балтийской синеклизы, так и Латвийской седловины (табл. IX—X, см. на вкладке).

Таблица 16

Содержание обломочного скелета и цементов различного состава в песчаниках и алевролитах кембрия Латвии

Наименование и номер скважины	Номер образца	Глубина, м	Содержание обломочной части и цемента, %							Пористость, %	Газопроницаемость, мД
			обломочная часть	глауконит		пирит в обломочной части	цемент				
				в обломочной части	в цементе		кварцево-регенерационный	карбонатный	глинистый		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
					Дейменаская свита						
Дурбе-35	155	1197,5	82,25	—	—	—	—	—	100,0	19,73	1385,10
Дурбе-39	256	1186,0	66,00	—	—	—	—	—	100,0	26,70	21,95
Айзпуте-40	98	1241,2	70,00	0,5	—	83,0	—	100,0	—	2,12	0,0034
	102	1294,0	53,10	2,0	—	2,0	72,8	—	27,2	16,50	542,21
	104	1297,0	78,80	—	—	—	41,0	—	59,0	24,70	438,10
Вергале-45	161	1058,1	71,30	—	—	2,2	21,5	—	78,4	25,30	233,01
Вергале-46	195	1160,5	66,10	—	—	2,0	48,7	18,3	33,0	19,35	1075,70
Вергале-47	175	1056,5	52,80	—	5,8	—	20,0	—	74,2	21,70	1295,48
	179	1085,0	30,00	—	—	13,7	40,4	18,6	41,0	24,75	1575,00
	183	1112,0	62,60	0,7	14,0	3,9	54,0	5,2	26,8	23,90	917,00
	184	1113,0	54,80	3,7	6,6	17,0	70,8	—	22,6	25,30	338,00
	185	1114,0	55,00	6,0	4,5	6,5	55,5	—	40,0	21,95	626,50
Павилоста-51	122	1270,0	80,00	—	—	—	43,7	—	56,3	4,18	0,0358
Нитауре-58	93б	947,5	57,00	—	—	—	81,4	—	18,6	16,45	232,85
	94к	962,2	38,00	—	—	39,2	75,5	11,3	13,2	15,44	202,33
					Тебрская свита						
Вилцини-19	61	1148,2	55,50	7,0	55,0	1,6	17,5	11,2	16,3	12,30	153,47
Пилтене-1	968	1298,8	19,00	—	—	—	—	—	100,0	25,39	3076,00
	964	1327,5	55,00	—	—	—	72,9	—	27,1	24,59	573,00
Дурбе-38	661	1233,7	70,00	0,5	—	—	57,4	—	42,6	18,45	31,76
	686	1246,2	67,90	1,5	—	—	19,5	—	80,5	22,85	98,50
	695	1254,0	52,10	1,8	—	—	5,5	—	94,5	20,30	78,46
	704	1263,7	75,30	2,0	—	—	12,2	8,1	79,7	15,85	0,68
	709	1269,7	62,00	1,8	8,4	0,2	—	—	91,6	13,55	4,80
	716	1279,0	71,40	0,2	—	—	—	4,2	95,8	14,50	0,37
	723	1286,0	12,20	1,7	—	—	—	—	100,0	11,22	0,10
Дурбе-39	322	1220,0	60,30	0,2	—	12,3	3,0	—	97,0	13,03	0,0416
Айзпуте-40	107	1305,0	61,90	—	—	—	82,4	—	17,6	25,10	344,85
Вергале-45	166	1069,1	72,8	—	—	—	22,8	—	77,2	24,48	501,80
	168	1076,0	69,5	1,3	—	1,0	37,5	—	62,5	24,95	319,21
	169	1078,0	70,5	5,5	—	2,0	25,4	—	74,6	27,60	535,0
	170	1083,0	49,0	—	—	39,2	76,4	—	23,6	20,90	41,13
	171	1084,0	51,3	—	—	4,9	56,5	—	43,5	22,60	2,46
	173	1086,0	52,5	—	—	2,7	15,2	—	84,8	19,15	25,32
	175	1088,0	50,3	—	—	0,6	14,2	—	85,8	25,60	25,32
	176	1089,0	51,5	1,8	—	5,8	13,5	—	86,5	17,20	3,65
	180	1098,4	55,2	2,8	—	2,6	31,2	—	68,8	26,34	681,80
Вергале-46	208	1235,5	55,8	—	—	1,8	27,5	—	72,5	20,88	120,28
	215	1250,0	49,3	1,5	—	15,5	36,5	—	63,5	28,53	204,00
	216	1253,0	56,1	2,2	—	2,7	68,6	—	31,4	27,40	213,50
	217	1256,0	23,0	1,2	—	29,1	51,0	—	49,0	26,67	396,75
	218	1259,0	39,0	0,7	3,3	8,5	36,4	—	60,3	21,44	60,25
	224	1276,8	52,7	3,3	—	3,5	48,0	—	52,0	21,70	202,10
Вергале-47	188	1119,0	49,0	0,7	—	21,2	41,5	—	58,5	13,30	13,68
	192	1122,0	51,7	0,5	10,3	0,5	47,6	1,1	41,0	25,60	1860,00
	193	1125,0	50,2	0,5	17,7	—	54,0	—	28,3	23,30	740,50
	195	1139,5	47,3	1,5	3,8	0,2	49,7	—	46,5	21,80	382,50
	196	1140,5	45,0	1,2	7,3	0,9	45,4	—	47,3	24,75	188,00
	197	1141,5	61,6	0,5	10,8	0,3	38,6	—	50,6	24,40	169,50
	211	1148,1	52,0	1,5	17,0	0,6	83,0	—	—	22,74	702,00
	212	1148,8	69,0	2,2	29,0	10,8	71,0	—	—	24,60	46,10
Павилоста-51	136	1320,0	73,25	3,2	—	—	18,8	—	81,2	13,49	0,0129
	137	1323,0	79,75	1,5	—	—	22,2	6,3	71,5	15,12	0,0094
	139	1327,5	73,0	4,0	—	20,0	69,4	2,8	27,8	16,68	0,0106
	140	1328,0	58,5	3,5	—	1,0	66,2	9,4	24,4	15,34	0,0181
Кандава-52	130	1148—1152	78,0	—	—	—	13,6	—	86,4	2,65	22,60
					Вентавская свита						
Дурбе-35	216	1304,0	43,8	—	—	—	62,6	—	37,4	22,20	150,23
Дурбе-38	731	1292,7	63,3	0,2	—	1,0	6,5	—	93,5	12,13	0,21
	745	1308,5	76,5	—	—	1,3	45,8	—	54,2	21,28	150,65
	752	1314,2	68,5	—	—	—	44,2	—	55,8	21,28	160,51
Айзпуте-40	135	1381,0	40,0	—	—	—	37,0	—	63,0	24,90	427,96
	136	1385,5	46,0	—	—	—	66,2	—	33,8	24,40	256,52
	134	1380,0	81,1	—	—	—	26,5	6,3	67,2	20,06	431,82
Вергале-46	242	1325,0	62,3	—	—	—	28,2	—	71,8	26,00	215,00
Вергале-47	228	1208,9	49,8	—	—	0,6	52,2	—	47,8	19,65	67,70
	231	1218,0	42,8	3,7	2,1	—	52,4	—	45,5	25,45	550,00
	235	1226,6	71,3	0,5	—	9,6	28,6	36,6	34,8	15,20	1795,00

Указанная цементация носит локальный характер, охватывает линзы и прослои небольшой мощности (первые десятки сантиметров), поэтому существенно не отражается на емкостных и фильтрационных свойствах пород [15]. Еще в меньших масштабах влияет на коллекторские свойства столь характерный процесс диагенеза, как глауконитообразование. В разрезе кембрия Латвии глауконит довольно широко распространен во всех стратиграфических подразделениях (кроме дейменаской свиты, цирмской толщи). В виде зерен глауконит входит в состав обломочного скелета песчаников и алевролитов или присутствует в цементе. При изучении пород под микроскопом и определении количественных соотношений между цементами различного состава установлено содержание глауконита в цементе песчаников и алевролитов в количестве 0—55% (табл. 16). Максимальным содержанием глауконита отличаются отдельные прослои песчаников в составе тебрской и вентавской свит. Здесь иногда он составляет 40—55% всего цемента породы (скв. Вергале-47, Вилцини-19). Среднее же содержание глауконита в цементе песчаников тебрской и вентавской свит соответственно 4,1 и 1,7% (общее число изученных шлифов — 134). В цементе алевролитов тебрской и вентавской свит содержание глауконита изменяется от 0 до 24,8%, составляя в среднем 1,9% (по 56 шлифам). В цементе песчаников и алевролитов дейменаской свиты и цирмской толщи глауконит встречается сравнительно редко, максимальная его концентрация в обломочной части пород обычно не превышает 1—3%.

Присутствие глауконита в виде двух упомянутых морфологических разновидностей в песчаниках и алевролитах кембрийского возраста не оказывает решающего влияния на коллекторские свойства пород. Одна из основных причин этого — невысокая концентрация зерен глауконита: даже в наиболее обогащенных им прослоях песчаников и алевролитов (мощность прослоев не превышает 1—5 см) его содержание (максимальное) достигает 20—30%. Обычно же глауконит рассеян в виде редких мелких зерен или их агрегатов.

Роль глауконита, развитого по глинистому цементу в песчаниках и алевролитах кембрия Латвии, также незначительна, поскольку еще в ходе седиментогенеза это глинистое вещество с примесью органики заполнило поровое пространство породы и преобразование его в глауконит не повлекло за собой изменения структурных соотношений между обломочным скелетом и цементом. Редко наблюдаемые явления развития глауконита по трещинам полевых шпатов и кварца практически совершенно не влияют на изменение коллекторских свойств.

Диагенетический пирит (табл. IX, *а*, *б*, см. на вкладке) встречается главным образом в виде микроглобул и конкреций как в глинистых, так и чистых разновидностях песчаников и алевролитов. Максимальные размеры конкреций пирита в кембрийских отложениях Латвии иногда достигают 5—8 см. Обычно конкреции рассеяны спорадически или же приурочены к контактам песчано-алевритовых и глинистых прослоев. Пирит ведет себя агрессивно по отношению к обломочному скелету пород, что выражается в интенсивной коррозии зерен кварца, полевых шпатов и других минералов (табл. X, *г*, см. на вкладке).

Несмотря на то что пористость и газопроницаемость песчаников и

алевритов, сцементированных диагенетическим пиритом, близки к нулевым значениям, в целом это не оказывает сколько-нибудь заметного влияния на коллекторские свойства кембрийских пород вследствие незначительности масштабов диагенетической пиритизации.

Несколько иной в данных геологических условиях нам представляется роль таких минералов окислительной фации диагенеза, как гётит, гидрогётит и гематит. Наиболее широко распространен гётит, слагающий бурые оолитовые железняки в составе тебрской свиты. Залегают они в виде одного или нескольких прослоев мощностью от 0,2 до 5—6 м. Иногда прослои бурых оолитовых железняков приурочены к значительному интервалу разреза тебрской свиты (до 15 м в скв. Павилоста-51), но чаще всего слагают маломощные прослои в интервале 1—3 м. Текстура железняков слоистая или массивная, слоистость выражена послойным расположением оолитов, алевритово-глинистого материала, зерен кварца и других минералов. Оолиты обычно имеют концентрическое строение с обломком кварца, полевого шпата, ильменита или циркона в центре. Цементирующим веществом в бурых оолитовых железняках служит гётит, глинистое вещество, а также карбонаты (сидерит, доломит, кальцит). Гётит нередко агрессивен по отношению к обломочным минералам в составе железняков, на что указывает сильная коррозия, особенно отчетливо проявляющаяся в случае примеси карбонатов в цементе.

В отличие от оолитов карбонатных, слагающих промышленные коллекторы нефти в палео-, мезо- и кайнозойских отложениях в различных нефтегазоносных провинциях земного шара, слои, сложенные оолитами гётита в разрезе кембрия Латвии, не обладают необходимыми коллекторскими свойствами. Если карбонатные оолиты на стадии диагенеза представляют собой жесткие минеральные образования, которые под давлением вышележащих слоев почти или совсем не подвергаются пластической деформации, то гётитовые оолиты на указанной стадии пластичны. Под давлением даже маломощных вышележащих толщ гётитовые оолиты способны сплющиваться, в результате чего сжимаются поры между ними. Слои, сложенные этими минеральными образованиями, теряют в значительной мере емкостные свойства и становятся практически непроницаемыми. Тем самым участие в разрезе значительного количества гётита в виде таких специфических образований, как оолиты, резко снижает потенциальные коллекторские возможности нижней части разреза тебрской свиты кембрия Латвии.

Рассматривая роль диагенетических минералов в изменении свойств пород-коллекторов кембрия Латвии, нельзя не учитывать также процессы сокращения пористости вследствие гравитационного уплотнения осадка, начиная с момента его фиксации на поверхности дна бассейна осадконакопления.

Согласно результатам экспериментальных исследований [63], пористость хорошо отсортированного (преобладающий диаметр зерна 0,5 мм) и окатанного песка в момент его осаждения в водной среде составляет 46%. По истечении 5 мин она уменьшается до 38% и долго остается неизменной.

Основываясь на этих данных, можно допустить, что с момента отложения осадка и до конца диагенеза пористость хорошо отсортиро-

ванного песка изменяется с 50 до 40%, если в поровом пространстве отсутствует заметное отложение аутигенных минералов. Это допущение находит подтверждение и в конкретных геологических условиях Латвии, поскольку базальный карбонатный цемент, заполнивший все свободное поровое пространство песчаников на стадии диагенеза, служит как бы количественным показателем свободного порового объема к моменту цементообразования*.

КАТАГЕНЕЗ

Наибольшее влияние на коллекторские свойства терригенных пород оказывают процессы катагенеза. Основные черты последнего — уплотнение пород под давлением вышележащих толщ и аутигенное минералообразование, сопровождающееся выпадением из растворов карбонатов и сульфатов в поровом пространстве. Кроме того, при катагенезе существенную роль играет перекристаллизация с укрупнением зерен ряда аутигенных минералов, унаследованных от стадии диагенеза или имеющих седиментационное происхождение: карбонаты, сульфаты, сульфиды, силикаты (хлорит) и окислы железа (гётит, гематит).

Широкое развитие на стадии катагенеза получают также процессы превращения одних минеральных видов в другие при изменении термодинамических и гидрохимических обстановок, важнейшими из которых являются превращение лейкоксена в анатаз и рутил и существенные изменения глинистых минералов путем гидрослюдизации и хлоритизации, что способствует возникновению смешанослойных образований [35].

В раннем катагенезе продолжается один из основных процессов, ведущий к ухудшению емкостных и фильтрационных свойств, — уплотнение обломочного скелета под действием нагрузки вышележащих толщ [35, 45, 46].

Если допустить, что, пройдя стадию диагенеза, порода, не содержащая сколько-нибудь заметного количества цемента, обладает пористостью 40—50%, то на протяжении раннего катагенеза** она достигнет практически самой плотной упаковки, пористость которой в идеальном случае близка к 26% [35]. Таким образом, пористость при катагенезе сокращается почти на 50%, что значительно превышает сокращение ее при диагенезе в несцементированных разностях песчаников и алевролитов. Этот процесс влечет за собой уменьшение проницаемости по квадратичному закону. В природе, вполне естественно, масштабы данного явления различны в зависимости от присутствия цемента как аллотигенного, так и аутигенного происхождения в порах породы, а также совершенства ее сортировки и окатанности.

Если присутствие цемента однозначно ухудшает емкостные, а вслед за ними и фильтрационные свойства на ранней стадии катагенеза, то отклонения от идеальной окатанности и отсортированности обломоч-

* При отсутствии коррозии цементом обломочных зерен.

** При отсутствии глинистого цемента, идеальной отсортированности и окатанности обломочных зерен.

ных зерен могут также приостановить сокращение порового пространства еще до достижения наиболее плотной упаковки.

На стадии раннего катагенеза в поровом пространстве кембрийских песчаников и алевролитов Латвии происходит главным образом перекристаллизация карбонатных и сульфатных цементов, унаследованных от стадии диагенеза. Собирательной перекристаллизации с укрупнением зерен подвергаются кальцит, доломит, гипс и в меньшей мере железистые карбонаты (табл. XI—XIII, см. на вкладке).

В нашем случае, подобно отмеченным другими авторами [48, 59], процессы перекристаллизации рассеянных в породе сгустков цемента незначительно влияли на емкостные свойства и существенно не изменили проницаемости песчаников и алевролитов.

Поздний катагенез характеризуется продолжением дальнейшего сокращения пористости вследствие уплотнения породы, которое в отличие от сокращения в раннем катагенезе сопровождается перестройкой обломочного скелета с растворением на контактах зерен по принципу Рикке. Согласно [35, 45], масштабы такой структурной перестройки скелета при прочих равных условиях контролируются содержанием и типом цемента в породе. При содержании в песчаниках и алевролитах до 15% цемента сгусткового и неполнопорового типа рассматриваемые явления наблюдаются в широких масштабах [45]. Цементы поровые и базальные препятствуют сближению зерен обломочного скелета, и вследствие амортизирующего воздействия этих типов цемента растворения на контактах зерен не происходит.

Различные минералы обладают неодинаковой устойчивостью к растворению под давлением. Так, зерна карбонатов и обломки эффузивных пород менее устойчивы, чем кварц и полевые шпаты, в результате чего обломочные скелеты песчаников, содержащих подобные неустойчивые минералы, испытывают структурную перестройку раньше и сильнее по сравнению со скелетами песчаников, состоящих из чистого кварца или кварца с примесью полевых шпатов.

Вторая важная особенность позднего катагенеза — появление регенерационных наростов на зернах кварца и полевых шпатов. Процесс регенерации еще более усиливает сокращение порового пространства вследствие сближения обломочных зерен и растворения по принципу Рикке*. При этом значительно ухудшается проницаемость породы. Подобные явления довольно широко отмечаются в кембрийских песчаниках и алевролитах Латвии, особенно на юго-западе территории, в пределах наиболее погруженной части Балтийской синеклизы, в разрезах скв. Бернаты-53, Папе-18, -22, а также скв. Вайнёде-101 и др. (табл. XIV, см. на вкладке).

Песчаники и алевролиты с кварцевым регенерационным цементом отличаются пониженными значениями открытой пористости (от 3,35 до 11—13%) и газопроницаемости (доли миллидарси, первые единицы и десятки миллидарси). Определенное отрицательное влияние на снижение коллекторских свойств оказывают также пластические деформации такого малоустойчивого минерала, как глауконит.

* Растворение под давлением не всегда сопровождается регенерацией зерен минералов, поскольку при достаточно высокой подвижности поровых растворов может происходить вынос растворенного кремнезема в другие слои.

О масштабах развития растворения по принципу Рикке в кембрийских породах Латвии свидетельствуют также результаты количественного подсчета регенерационного цемента в песчаниках и алевролитах вентавской, тебрской, дейменаской свит и цирмской толщи (см. табл. 16). Так, например, среднее содержание регенерационного (в основном кварцевого) цемента для песчаников трех упомянутых стратиграфических подразделений составляет соответственно 38,0; 33,2 и 36,4% (по 164 шлифам), а максимальное количество регенерационного кварцевого цемента нередко достигает 90—100% всего цемента. В алевролитах вентавской и тебрской свит (46 шлифов) содержание регенерационного цемента изменяется от 0 до 79,3—82,4% (в среднем соответственно 30,0 и 15,6%).

Третья особенность позднего катагенеза — процессы, ведущие к появлению вторичной пористости за счет выщелачивания цементов, унаследованных от более ранних стадий литогенеза. К ним относится растворение карбонатов, главным образом кальцита, реже доломита, сидерита, анкерита и гипса, а также глинистого вещества, в составе которого растворяется хлорит.

В песчаниках и алевролитах с карбонатным цементом процесс растворения цемента может облегчаться еще и трещиноватостью, возникающей при погружении пород; это способствует агрессивному воздействию подземных вод. При этом главную роль играют гидродинамические и гидрохимические факторы. В результате такого выщелачивания хемогенного цемента возникает вторичная пористость, способствующая улучшению коллекторских свойств. Указанные явления в песчаниках и алевролитах Латвии редки, но особенно их роль должна возрастать по мере увеличения глубины залегания отложений на юго-западе республики, а также в пределах прилегающей акватории Балтийского моря и зон тектонических нарушений. В пользу этого предположения говорят исследования на территории Литовской ССР и Калининградской области. На глубинах 1700—2000 м в терригенных породах кембрия широко развита вторичная пористость выщелачивания (2—8%), причем не только в породах с карбонатным, но и глинистым хлоритовым цементом.

Процессы растворения кислыми водами хлорита в глинистых цементах песчаников и алевролитов кембрия Латвии также могли привести к возникновению вторичной пористости, так как изучение глинистых минералов в шлифах показало наличие в порах скоплений чешуек хорошо раскристаллизованного каолинита (табл. XV, *а, б,* табл. XVI, *а, б,* см. на вкладке) и реликтов глинистого хлоритового материала.

Указанное подтверждается и результатами рентгеновского и электронно-микроскопического изучения глинистого вещества фракции меньше 0,001 мм из цемента песчаников и алевролитов, где нередко наблюдается до 60—80% каолинита с резко подчиненным количеством хлорита (5—15%). При этом аутигенная природа каолинита подтверждается как морфологией, так и совершенством его кристаллической структуры. Дополнительным доказательством воздействия кислых поровых растворов на породу служат также нередко встречаемые отно-

сительно обильные выделения аутигенных титансодержащих минералов: рутила, анатаза и брукита.

Превращение хлорита в каолинит в небольших масштабах сопровождается образованием мелких кристалликов пирита и их сростков, метасоматически растущих среди обломочных зерен кварца.

Оценивая в целом влияние процессов постседиментационных преобразований на коллекторские свойства кембрийских пород Латвии, можно сделать вывод, что такие диагенетические минералы, как кальцит, доломит, пирит, сидерит, глауконит, гипс и ангидрит, ввиду ограниченных масштабов их развития не играют решающей роли в ухудшении емкостных и фильтрационных показателей пород-коллекторов. В то же время широкое распространение гётита и гидрогётита, слагающих бурые оолитовые железняки, практически приводит к полной потере коллекторских свойств породами нижней части тебрской свиты.

Наиболее значительно на коллекторские свойства пород кембрия влияют катагенетические преобразования: уплотнение пород под давлением вышележащих толщ, аутигенное минералообразование, сопровождающееся выпадением из растворов в поровом пространстве карбонатов и сульфатов, их перекристаллизация, сложные преобразования глинистых минералов, перестройка обломочного скелета пород с растворением на контактах зерен по принципу Рикке, развитие кварцевого регенерационного цемента, а также выщелачивание цементов, унаследованных от более ранних стадий литогенеза. Из перечисленных процессов на ухудшение коллекторских свойств сильнее всего влияет развитие кварцевого регенерационного цемента, особенно в районах наиболее глубокого погружения пород. Процессы выщелачивания карбонатного и в меньшей мере глинистого цемента, приводящие к возникновению вторичной пористости, в данных геологических условиях еще не способны заметно повлиять на улучшение коллекторских свойств кембрийских пород республики.

ГЛАВА VIII

ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИИ ЛАТВИИ В ПОЗДНЕМ ДОКЕМБРИИ И КЕМБРИИ

В позднем докембрии в результате колебательных движений земной коры западной части Восточно-Европейской платформы на территории Латвии имели место трансгрессии мелководного морского бассейна, частично охватившие восточную и крайнюю северо-западную части республики. Этому времени геологического развития территории соответствуют терригенные отложения гдовской, котлинской и воронковской свит на востоке республики, а также зурасской толщи на северо-западе. На востоке республики ранняя стадия трансгрессии моря относится к гдовскому времени, когда осадконакопление происходило в континентальных и прибрежно-морских условиях, о чем свидетельствуют грубообломочный состав осадков, обилие слюд, каолинита, гидроокислов железа, наличие разнообразных типов косой и косоволнистой слоистости пород, плохая сортировка, неоднородная окатанность обломочного материала, первичная красно- и пестроцветная окраска пород и другие признаки.

Наиболее типичная морская обстановка осадконакопления существовала в котлинское время, когда в Восточной Латвии образовались преимущественно глинистые осадки, отличающиеся серой и темно-серой окраской, высокой дисперсностью глинистого материала, наличием пирита, сидерита и тонкой горизонтальной слоистости пород. Морской бассейн котлинского времени занимал практически всю Восточную Латвию, остальная территория в это время представляла собой область суши. На северо-западе территории в котлинское время существовал мелководный морской бассейн, в пределах которого накапливалась маломощная зурасская толща, сложенная глинисто-алевритово-песчанистыми и туфогенными образованиями, нередко с прослоями гравелитов и мелкогалечных конгломератов. Присутствие в породах туфогенной примеси позволяет предполагать, что начальная стадия морской трансгрессии в этом районе происходила значительно раньше, чем на востоке. Не исключено, что трансгрессия моря данной стадии по времени соответствует более раннему (волынскому) этапу развития Восточно-Европейской платформы, когда на прилегающих территориях (Белорусская ССР) в континентальных или прибрежно-морских условиях образовались туфогенные и терригенные осадки волынской серии.

Кембрийский период развития территории характеризовался более дифференцированными движениями земной коры. В начале раннего кембрия (ровенское и лонтоваское время) она первоначально прогиба-

лась на территории Восточной Латвии. Прогибание сопровождалось трансгрессией морского бассейна с северо-востока и накоплением преимущественно глинистых образований лонтоваской свиты. Последующая существенная перестройка структурного плана территории в конце байкальского и начале каледонского циклов (после образования лонтоваских отложений) привела к тому, что вся Восточная и Центральная Латвия оказалась сушей, а западная часть территории в результате прогибания постепенно начинает заливаться мелководным морским бассейном.

В связи с поднятием земной коры после образования лонтоваской свиты море покинуло территорию Восточной Латвии, установились континентальные условия, наступил значительный по времени перерыв в осадконакоплении. О длительности этого перерыва свидетельствует наличие коры выветривания в кровле лонтоваской свиты (Восточная Латвия), а также отсутствие пород овишской, вентавской и нижней части тебрской свит в Восточной и Центральной Латвии. Неполная мощность упомянутой коры выветривания составляет 4,5 м, а верхняя ее часть эродирована.

В начальной стадии новой трансгрессии (овишское время) морские условия осадконакопления установились только на крайнем северо-западе Курземского п-ова. Последующие трансгрессии моря в позднеталсинское, вергальское, раусвеское, кибартайское и дейменаское время привели к прогрессирующему расширению мелководного морского бассейна в восточном направлении. В результате этого в конце раннекембрийского времени и в среднем кембрии вся территория республики была занята мелководным морским бассейном, в пределах которого накапливались глинисто-алевритово-песчаные осадки.

Историю развития морского бассейна осадконакопления талсинского, вергальского, раусвеского, кибартайского и дейменаского времени в обобщенном виде можно представить в следующем виде: вслед за постлонтоваским континентальным перерывом в раннеталсинское время на крайнем северо-западе Курземского п-ова установились морские условия и накапливались сравнительно мощные (до 60 м) осадки овишской свиты, представленные относительно грубообломочным материалом. Наиболее глубоководная часть бассейна осадконакопления этого времени располагалась в основном западнее Курземского п-ова, в пределах современной акватории Балтийского моря. Остальная часть территории в овишское время была сушей. Основными источниками сноса во время формирования овишской свиты являлись кристаллические породы Южного склона Балтийского щита и Северо-западного склона Белорусско-Мазурской антеклизы. Местными областями сноса обломочного материала служили Центральная и Восточная Латвия.

Дальнейшее погружение территории, обусловленное в основном блоковыми движениями земной коры, в течение верхнеталсинского, вергальского и раусвеского времени привело к постепенному расширению морского бассейна. На начальной стадии этой трансгрессии образовались песчаные, алевритовые и глинистые осадки вентавской свиты. Восточная граница верхнеталсинского бассейна располагалась примерно по линии нас. п. Энгуре—Эзере. Бассейн этого времени был

мелководным, на что указывают литологические особенности отложений, состав палеонтологических остатков и наличие следов местных перерывов в осадконакоплении, фиксированных на отдельных локальных структурах.

Последующее расширение раннекембрийского морского бассейна в восточном направлении соответствовало вергальскому и раусвескому времени, когда отлагались в основном алевритово-песчаные осадки тебрской свиты (исключая ее верхи). Максимум трансгрессии морского бассейна относился к поздневергальскому и раусвескому времени, когда практически вся территория Латвии была занята мелководным морским бассейном, восточная часть которого представляла собой литоральную равнину. Заключительная стадия формирования осадков рассматриваемого времени происходила в условиях выровненного рельефа дна бассейна при более активном гидродинамическом режиме. Последнее обстоятельство обусловило накопление сравнительно однородной песчано-алевритовой толщи (нижняя часть цирмской толщи Центральной и Восточной Латвии). Восточная граница бассейна осадконакопления вергальско-раусвеского времени проходила несколько восточнее территории Латвии, пересекая только ее юго-восточную окраину.

Областями сноса на этой стадии по-прежнему являлись Южный склон Балтийского щита на севере и прилегающие с востока районы Московской синеклизы. Сопоставление условий осадконакопления вергальско-раусвеского времени на более обширной территории (Эстония, Литва, Белоруссия и ПНР) свидетельствует о том, что под водами бассейна находились такие крупные современные структурные элементы, как Валмиерско-Локновское поднятие и Белорусско-Мазурская антеклиза. Одновременно наблюдаются признаки конседиментационного развития некоторых приразломных локальных структур Западной Латвии и влияние на осадконакопление отдельных разрывных нарушений. Активизация последних, вероятно, обусловила дальнейшее формирование Балтийской синеклизы и Латвийской седловины. Имеются признаки влияния основных разломов в Латвийской седловине (Эрглинский, Гулбенский, Вилянский, Карсавский и др.) на характер осадконакопления, распределение мощностей и состав отложений.

В конце раусвеского времени на рубеже раннего и среднего кембрия произошло поднятие территории и море покинуло Восточную и Центральную Латвию. В среднем кембрии ввиду опускания обширного района Восточно-Европейской платформы, расположенного между Балтийским и Украинским щитами, территория Латвии подверглась новой трансгрессии морского бассейна.

Как и предыдущие раннекембрийские трансгрессии, среднекембрийская развивалась поэтапно, с юго-запада на северо-восток. Первоначально (кибартайское время) в погружение была вовлечена только Западная Латвия (примерно до меридиана г. Рига), во второй половине амгинского века и в майском веке — более обширная территория. Это привело к возникновению мелководного морского бассейна, занимающего обширную территорию юго-западного края Восточно-Европейской платформы. Территория Латвии занимала северо-восточную

часть обширного морского бассейна среднекембрийского осадконакопления, его наиболее глубоководная часть располагалась к юго-западу и югу. Начальной стадии осадконакопления этого бассейна соответствуют осадки верхней части тебрской свиты (кибартайский горизонт), а более поздней — дейменаские отложения и верхняя часть цирмской толщи. Последние развиты практически на всей территории республики.

Особенности состава кибартайских, дейменаских и верхней части цирмских отложений позволяют считать, что они образовались в условиях мелководного бассейна. Сравнительно однородный песчаный состав дейменаских пород объясняется, вероятно, их образованием в условиях сильно выровненного рельефа дна бассейна при сравнительно активном гидродинамическом режиме. В пределах морского бассейна кибартайско-дейменаского времени может быть выделен ряд литологических зон, отличающихся глубиной бассейна, составом осадков и палеонтологических остатков.

В конце дейменаского времени среднего кембрия происходило поднятие территории, море покинуло рассматриваемую территорию, и наступил длительный период ее континентального развития, продолжавшегося в течение всей позднекембрийской эпохи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании фактических данных и применения комплексной методики изучения терригенных пород установлены литологические особенности, условия залегания, характер распространения и коллекторские свойства вендских и кембрийских пород Латвии, а также характер взаимосвязи главных факторов, оказывающих влияние на формирование коллекторских свойств. Проведенные исследования позволяют подвести некоторые итоги и сделать следующие основные выводы.

Вендские породы в Латвии имеют ограниченное развитие, а кембрийские распространены повсеместно и представлены песчаниками, алевролитами и глинами с прослоями железняков, гравелитов и конгломератов. В разрезе кембрия выделены био- и литостратиграфические подразделения. К биостратиграфическим относятся ровенский, лонтоваский, талсинский, вергальский, раусвеский, кибартайский горизонты и дейменаский надгоризонт. Литостратиграфические подразделения представлены лонтоваской, овишской, тебрской, дейменаской свитами и цирмской толщей. Породы-коллекторы установлены во всех перечисленных стратиграфических подразделениях кембрия и в составе вендской толщи, однако их практическое значение различное.

Наибольший практический интерес представляют коллекторы в составе дейменаской свиты и цирмской толщи кембрия, отличающиеся широким распространением, значительной мощностью (12—80 м) и очень высокими коллекторскими свойствами. Они относятся в основном к I—III классам коллекторов по оценочной классификации А. А. Ханина. Распространение коллекторов IV—VI классов резко подчиненное (до 30% всего разреза). В составе тебрской свиты породы-коллекторы приурочены к верхам разреза и представлены песчаниками и алевролитами. По фильтрационным показателям это преимущественно коллекторы II, III, реже IV—VI классов. В пределах северо-восточного борта Балтийской синеклизы коллекторские свойства пород тебрской свиты очень высоки, наряду с коллекторами II и III классов нередко встречаются и породы с проницаемостью более 1000 мД, относящиеся к I классу.

В составе вентавской свиты породы-коллекторы представлены песчаниками и алевролитами, приуроченными главным образом к средней части разреза — сакаской пачке. Пористость пород изменяется от 1—2 до 27,1%, а проницаемость — от первых единиц и долей миллидарси до 1000 мД и более. Выяснены закономерности изменения мощности, фильтрационных и емкостных показателей коллекторов по площади

Балтийской синеклизы. По мере погружения пород к юго-западу коллекторские свойства резко ухудшаются, что обусловлено развитием кварцевого регенерационного цемента и уплотнением под давлением вышележащих толщ. По классификации А. А. Ханина, коллекторы вентавской свиты относятся к I—IV, реже к V—VI классам.

В разрезе лонтоваской свиты коллекторы встречаются спорадически в виде маломощных прослоев песчаников, алевролитов, песчано-алевритовых пород, реже гравелитов, отличающихся резко изменчивыми пористостью (11,75—24,20%) и проницаемостью (от первых миллидарси до 100—200 мД). Эти породы относятся в основном к IV—VI, реже к III классу коллекторов. В составе вендской толщи породы-коллекторы представлены песчаниками, гравелитами и алевролитами краславской толщи, гдовской и воронковской свит.

Изучено влияние гранулометрического состава обломочного скелета, минерального состава глинистого вещества, а также современной глубины залегания пород на коллекторские свойства. Установлено, что присутствие в породах кембрия глинистого вещества более 10—15% в целом сильно снижает пористость и проницаемость, особенно при наличии глинистых минералов с набухающей структурой (смешаннослойные образования типа монтмориллонит-гидрослюда).

Оценена степень влияния основных постседиментационных изменений на коллекторские свойства кембрийских пород Латвии; рассматриваемые изменения отнесены к диагенезу и катагенезу. Диагенетическая цементация терригенных пород доломитом, кальцитом, пиритом, реже сидеритом, гипсом и ангидритом носит локальный характер и поэтому в целом мало влияет на коллекторские свойства. Широкое развитие гётита и гидрогётита в виде оолитовых железняков приводит к полной потере коллекторских свойств нижней частью тебрской свиты.

Катагенетические преобразования пород кембрия выражены перекристаллизацией карбонатных и сульфатных цементов, уплотнением пород под давлением, сопровождающимся перестройкой обломочного скелета и развитием регенерационного кварцевого цемента, а также выщелачиванием хемогенных цементов, унаследованных от более ранних стадий литогенеза. Из перечисленных процессов катагенеза особое влияние на ухудшение коллекторских свойств оказывают уплотнение пород под давлением вышележащих толщ и широкое развитие кварцевого регенерационного цемента. Вторичная пористость, обусловленная выщелачиванием хемогенных цементов, несколько улучшает коллекторские свойства, но наблюдается сравнительно редко. Однако не исключается возрастание роли вторичной пористости в районах максимального погружения пород, а также в зонах тектонических нарушений, где выщелачиванию способствуют повышенная трещиноватость пород, геотермические, гидродинамические и гидрохимические факторы.

Полученные результаты могут быть использованы при оценке и прогнозировании коллекторских свойств пород разреза кембрийско-вендской терригенной толщи Латвии в связи с поисками залежей нефти, разведкой бромсодержащих подземных вод (рассолов), оценкой возможностей сооружения подземных хранилищ газа, а также при изучении перспектив захоронения не поддающихся очистке промышленных сточных вод в глубокие горизонты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апините И. А. Некоторые черты эпигенеза и аутигенного минералообразования в породах верхнего докембрия и кембрия Латвии. — В кн.: Вопросы региональной геологии Прибалтики и Белоруссии. Рига, 1969, с. 245—247.
2. Апините И. А. Глинистое вещество в породах кембрия Латвии. — Изв. АН ЭССР. Химия, геол., 1971, т. 20, № 3, с. 232—238.
3. Апините И. А. Коллекторские свойства пород кембрия северо-восточной части Балтийской синеклизы. — Геология нефти и газа, 1971, № 11, с. 28—31.
4. Арень Б., Брангулис А. П., Волкова Н. А. и др. Балтийская синеклиза. — В кн.: Стратиграфия верхнедокембрийских и кембрийских отложений запада Восточно-Европейской платформы. М., 1979, с. 42—68.
5. Белонин М. Д. Факторный анализ в нефтяной геологии. М., 1971. 55 с.
6. Биркис А. П., Карпицкий В. Я. Верхнедокембрийские платформенные образования на территории Западной Латвии. — В кн.: Вопросы региональной геологии Прибалтики и Белоруссии. Рига, 1969, с. 27—36.
7. Биркис А. П., Брангулис А. П., Волкова Н. А., Розанов А. Ю. Новые данные по стратиграфии кембрия Западной Латвии. — ДАН. Сер. геол., 1970, т. 195, № 4, с. 907—911.
8. Биркис А. П., Брангулис А. П., Волкова Н. А., Розанов А. Ю. Новые данные по стратиграфии кембрия Восточной Латвии. — ДАН. Сер. геол., 1972, т. 204, № 1, с. 163—166.
9. Брангулис А. П. Терригенные породы-коллекторы в кембрийских отложениях Латвийской ССР. — В кн.: Вопросы региональной геологии Прибалтики и Белоруссии. Рига, 1973, с. 261—268.
10. Брангулис А. П., Кала Э. А., Мардла А. К. и др. Схема структурно-фациального районирования территории Прибалтики в венде и кембрии. — Изв. АН ЭССР. Химия, геол., 1974, т. 23, № 3, с. 218—225.
11. Брангулис А. П., Волкова Н. А., Карпицкая Л. П., Розанов А. Ю. К строению древних толщ на севере Курземского полуострова. — В кн.: Геология кристаллического фундамента и осадочного чехла Прибалтики. Рига, 1975, с. 58—64.
12. Брангулис А. П., Волкова Н. А., Карпицкая Л. П. и др. К стратиграфии древних толщ переходной зоны между Балтийской и Московской синеклизами. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1975, № 12, с. 103—109.
13. Брангулис А. П., Мурниекс А. Э., Фридрихсоне А. И. Кембрийская система. — В кн.: Стратиграфические схемы Латвийской ССР. Рига, 1976, с. 23—35.
14. Брангулис А. П. Верхний протерозой. — В кн.: Стратиграфические схемы Латвийской ССР. Рига, 1976, с. 16—22.
15. Брангулис А. П. Влияние постседиментационных изменений на коллекторские свойства кембрийских терригенных пород Латвии. — В кн.: Литология и полезные ископаемые палеозойских отложений Прибалтики. Рига, 1977, с. 44—50.
16. Брангулис А. П., Нагле А. Я., Мурниекс А. Э., Сокуренко А. А. Закономерности распределения глинистых минералов в верхнепротерозойско-кембрийской толще Латвии. — В кн.: Очерки геологии Латвии. Рига, 1978, с. 87—97.
17. Брангулис А. П., Фридрихсоне А. И., Волкова Н. А., Розанов А. Ю. Итоги изучения стратиграфии кембрийских отложений Латвии. — В кн.: Очерки геологии Латвии. Рига, 1978, с. 16—25.

18. Брангулис А. П. Кембрийская система. — В кн.: Геологическое строение и полезные ископаемые Латвии. Рига, 1979, с. 18—38.
19. Брангулис А. П., Брио Х. С. Тектоническое районирование кристаллического фундамента Латвии. — В кн.: Геологическое строение и полезные ископаемые Латвии. Рига, 1979, с. 271—277.
20. Брангулис А. П., Карпицкий В. Я., Мурниекс А. Э. Раннеплатформенные вулканогенно-осадочные образования Юго-Восточной Латвии. — В кн.: Условия образования осадочного чехла и структур Прибалтики. Рига, 1981, с. 101—107.
21. Брангулис А. П., Вишняков И. Б., Глушко В. В. и др. Палеогеография запада Восточно-Европейской платформы в кембрийский период. — В кн.: Тектоника и палеогеография запада Восточно-Европейской платформы. Минск, 1981, с. 7—21.
22. Волкова Н. А. Акритархи и корреляция венда и кембрия западной части Русской платформы. — Сов. геология, 1973, № 4, с. 48—62.
23. Григялис А. А., Игнатавичус В. И., Саладжюс В. Ю. и др. Стратиграфические схемы и легенды геологических и гидрогеологических карт Литовской ССР. Вильнюс, 1971. 225 с.
24. Дегенс Э. Т., Чилингар Дж. В. Диагенез подземных вод. — В кн.: Диагенез и катагенез осадочных образований. М., 1971, с. 426—442.
25. Деппле с Э. К. Диагенез (и катагенез) песчаников. — В кн.: Диагенез и катагенез осадочных образований. М., 1971, с. 92—121.
26. Кала Э. А. О возрасте тискреских слоев по материалам острова Хийумаа. — Изв. АН ЭССР. Химия и геол., 1972, т. 21, № 3, с. 268—278.
27. Карпова Г. В. Глинистые минералы и их эволюция в терригенных отложениях. М., 1972. 171 с.
28. Келлер Б. М., Розанов А. Ю. О польско-советских работах по границе кембрия и докембрия. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1973, № 2, с. 148—149.
29. Клубова Т. Т. Влияние глинистых примесей на коллекторские свойства песчано-алевритовых пород. М., 1970. 113 с.
30. Копелиович А. В. Эпигенез древних толщ юго-запада Русской платформы. М., 1965. 310 с.
31. Коркутис В. А. Кембрийские отложения Балтийского бассейна. Вильнюс, 1971. 175 с.
32. Коссовская А. Г. Минералогия терригенного мезозойского комплекса Вилюйской впадины и Западного Верхоянья. М., 1962. 206 с.
33. Лендзён К., Коробов М. Н., Розанов А. Ю. Находка трилобитов зоны Paradoxides oelandicus в Западной Латвии. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1973, № 8, с. 132—134.
34. Лиелдиена Э. К., Фридрихсоне А. И. О стратиграфии кембрийских отложений Западной Латвии. — В кн.: Стратиграфия нижнего палеозоя Прибалтики и корреляция с другими регионами. Вильнюс, 1968, с. 32—52.
35. Логвиненко Н. В. Постдиагенетические изменения осадочных пород. Л., 1968, с. 38—85.
36. Мардла А. К., Менс К. А., Кала Э. К. и др. К стратиграфии кембрийских отложений Эстонии. — В кн.: Стратиграфия нижнего палеозоя Прибалтики и корреляция с другими районами. Вильнюс, 1968, с. 22—32.
37. Менс К. А., Пиррус Э. А. Стратотипические разрезы кембрия Эстонии. Таллин, 1977. 58 с.
38. Менс К. А., Пиррус Э. А. О стратиграфии пограничных слоев венда и кембрия на северо-западе Русской платформы. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1971, № 11, с. 93—103.
39. Менс К. А., Пиррус Э. А. Новые данные о возрасте тискреских слоев по материалам северо-западных разрезов Эстонии. — Изв. АН ЭССР. Химия и геол., 1972, т. 21, № 3, с. 278—281.
40. Муромцева В. А., Сакалаускас В. Ф., Янкаускас Т. В. Новые данные к геологии кембрия Южной Прибалтики. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1974, № 7, с. 149—151.
41. Мюллер Г. Диагенез (и катагенез) глинистых пород. — В кн.: Диагенез и катагенез осадочных образований. М., 1971, с. 129—158.
42. Палеогеография и литология венда и кембрия запада Восточно-Европейской платформы. М., 1980. 117 с.

43. Решения Межведомственного регионального стратиграфического совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем Прибалтики (1976). Л., 1978, с. 3—48.
44. Розанов А. Ю., Миссаржевский В. В., Волкова Н. А. и др. Томмотский ярус и проблема нижней границы кембрия. — Тр. Геол. ин-та АН СССР. 1969, вып. 206, с. 3—142.
45. Савкевич С. С. О постседиментационных преобразованиях и их влиянии на коллекторские свойства терригенных осадочных пород. — Тр. ВНИГРИ, 1965, вып. 242, с. 181—186.
46. Савкевич С. С. Об изменении пористости песчаников в литогенезе (в связи с прогнозом вторично-поровых коллекторов нефти и газа). — ДАН, 1969, т. 184, № 2, с. 433—436.
47. Сакалаускас В. Ф. Новые данные по стратиграфической схеме кембрийских отложений Южной Прибалтики. — Рез. докл. XIX научн. студ. конф. Вильнюс, 1966, с. 44—47.
48. Смирнова И. В., Якушев В. П. Свойства коллекторов песчаного типа на больших глубинах. М., 1969. 83 с.
49. Соколов Б. С. Древнейшие отложения раннего кембрия и сабеллидитиды. — В кн.: Тезисы докладов на Всесоюзном симпозиуме по палеонтологии докембрия и раннего кембрия. Новосибирск, 1965, с. 78—91.
50. Страхов Н. М. Основы теории литогенеза. М., 1962, т. 1. 210 с.
51. Страхов Н. М. Эволюция представлений о литогенезе в русской геологии (от 70-го года XIX века до 70-го года XX века). — Литология и полезные ископаемые, 1970, № 2, с. 21—45.
52. Симанович И. М. Эпигенез и начальный метаморфизм шокшинских кварцито-песчаников. М., 1966. 120 с.
53. Тектоника Прибалтики / Под ред. П. И. Сувейздиса. Вильнюс, 1979. 92 с.
54. Тектоническая терминология Белоруссии и Прибалтики. Минск, 1978. 268 с.
55. Фридрихсоне А. И. Уточнение подразделения кембрийской системы в Латвии. — В кн.: Региональная геология Прибалтики. Рига, 1974, с. 3—15.
56. Фербридж Р. У. Фазы диагенеза (диагенез в узком смысле, катагенез и гипергенез) и аутигенное минералообразование. — В кн.: Диагенез и катагенез осадочных образований. М., 1971, с. 27—91.
57. Ханин А. А. Породы-коллекторы нефти и газа и их изучение. М., 1969, с. 3—192.
58. Энгельгардт В. Поровые водные растворы и катагенез. — В кн.: Диагенез и катагенез осадочных образований. М., 1971, с. 443—458.
59. Чепиков К. Р., Ермолова Э. П., Орлова Н. А. О постседиментационных процессах в терригенных породах-коллекторах нефтяных месторождений Урало-Поволжья. — Литология и полезные ископаемые, 1969, № 6, с. 92—108.
60. Чепиков К. Р., Ермолова Е. П., Орлова Н. А. и др. Постседиментационные преобразования пород-коллекторов. М., 1972. 90 с.
61. Янкаускас Т. В. Палеонтологическое обоснование геологического возраста ижорской свиты кембрия Русской платформы. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1974, № 1, с. 85—91.
62. Янкаускас Т. В. К стратиграфии кембрия Прибалтики. — В кн.: Региональная геология Прибалтики. Рига, 1974, с. 16—22.
63. Fraser H. I. Experimental study of the porosity and permability of clastic sediments. — J. Geol., 1935, vol. 43, N 8, p. 1.
64. Ulste R. Kembrija sistēma. — Grām.: Latvijas PSR ģeoloģija. Rīga, 1961, 32.—39. lpp.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 5

Введение 7

Глава I. Изученность венда и кембрия Латвии 9

Глава II. Условия залегания вендских и кембрийских отложений 16

Тектоническое районирование территории и структурные особенности вендско-кембрийской толщи . . . 16

Глава III. Стратиграфия вендско-кембрийской толщи . . . 24

Вендский комплекс 25

Волынская и валдайская серии 30

Краславская вулканогенно-осадочная толща — Vkr (30), зурасская толща — Vzr (30)

Валдайская серия 31

Гдовская свита — Vgd (31), котлинская свита — Vkt (32), воронковская свита — Vvr (32)

Кембрийская система 33

Общие сведения 33

Биостратиграфические подразделения 35

Ровенский горизонт — $Є_1$rv (37), лонтоваский горизонт — $Є_1$ln (38), талсинский горизонт — $Є_1$tl (38), вергальский горизонт — $Є_1$vr (38), раусвеский горизонт — $Є_1$rs (39), кибартайский горизонт — $Є_2$kb (39), дейменаский надгоризонт — $Є_2$dm (39)

Литостратиграфические подразделения 39

Лонтоваская свита — $Є_1$ln (39), овишская свита — $Є_1$ov (42), вентавская свита — $Є_1$vn (44), тебрская свита — $Є_{1-2}$tb (48), цирмская толща — $Є_{1-2}$cr (52), дейменаская свита — $Є_2$dm (53)

Глава IV. Породы-коллекторы 57

Нижнекембрийские породы-коллекторы 57

Лонтоваская свита (58), овишская свита (63), вентавская свита (64)

Нижне- и среднекембрийские породы-коллекторы . . 72

Тебрская свита (72), цирмская толща (91)

Среднекембрийские породы-коллекторы 93

Дейменаская свита (93)

Вендские породы-коллекторы 101
Краславская толща и гдовская свита (102), воронковская свита (102)

Глава V. Глинистое вещество и его влияние на коллекторские свойства кембрийских пород 103

Глава VI. Основные факторы формирования коллекторских свойств пород 111

Глава VII. Влияние постседиментационных изменений пород на коллекторские свойства 117

Диагенез 117

Катагенез 122

Глава VIII. История геологического развития территории Латвии в позднем докембрии и кембрии 126

Заключение 130

Список литературы 132

Вкладка на мелованной бумаге (16 с.) в конце книги

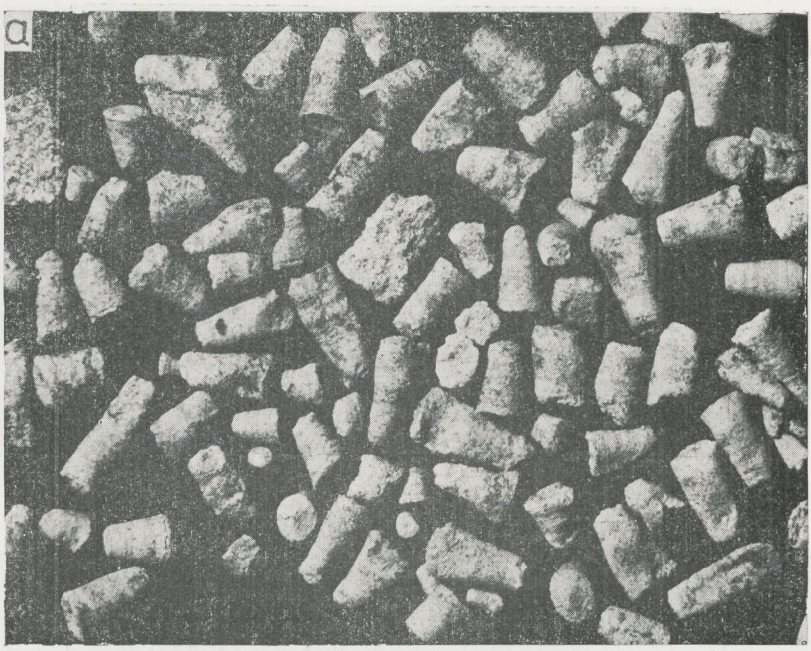
АРНИС ПЕТРОВИЧ БРАНГУЛИС

ВЕНД И КЕМБРИЙ ЛАТВИИ

Редактор *А. Пугачева.* Художник *А. Бибанаев.* Художественный редактор *В. Ковалев.* Технический редактор *Е. Пиладзе.* Корректор *Л. Кулишова.*

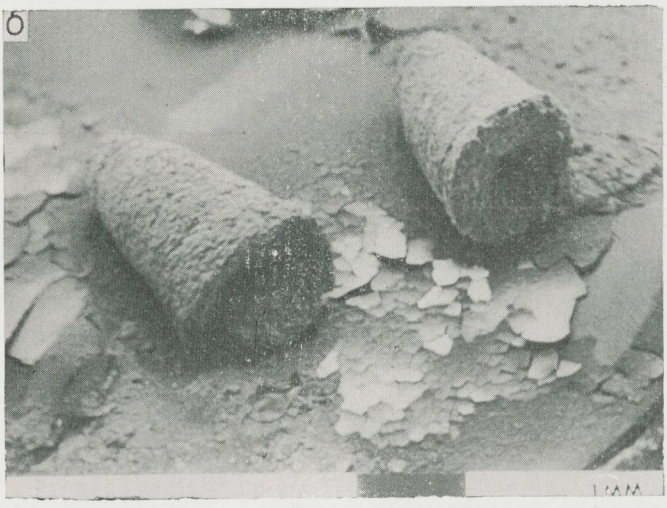
ИБ № 2360.

Сдано в набор 30. 09. 84. Подписано в печать 29. 04. 85. ЯТ 21283. Формат 70×100/16. Бумага типогр. № 1. Литературная гарнитура. Высокая печать. 9,88 физ. печ. л.; 12,84 усл. печ. л.; 13,33 усл. кр.-отт.; 11,16 уч.-изд. л. Тираж 1000 экз. Заказ № 2503. Цена 1 р. Заказное. Издательство «Зинатне», 226530 ГСП Рига, ул. Тургенева, 19. Отпечатано в производственном объединении «Полиграфистс» Государственного комитета Латвийской ССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, 226050 Рига, ул. Горького, 6.


а

б

ТАБЛИЦА II



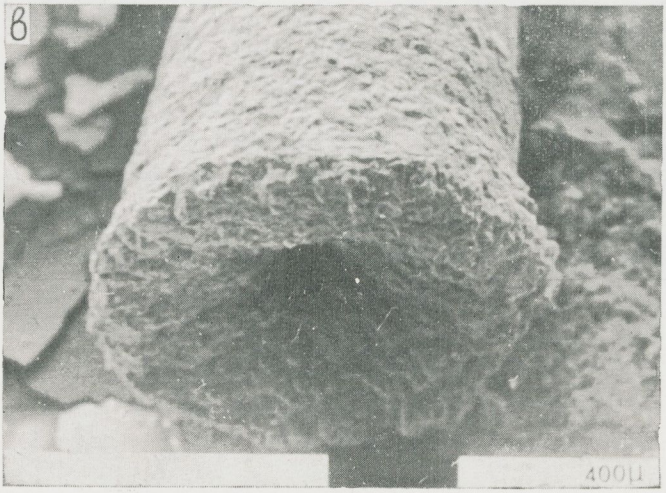
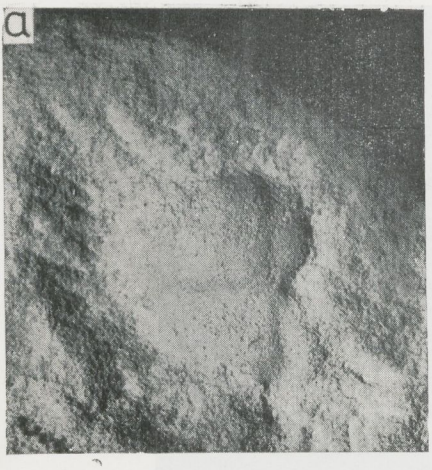
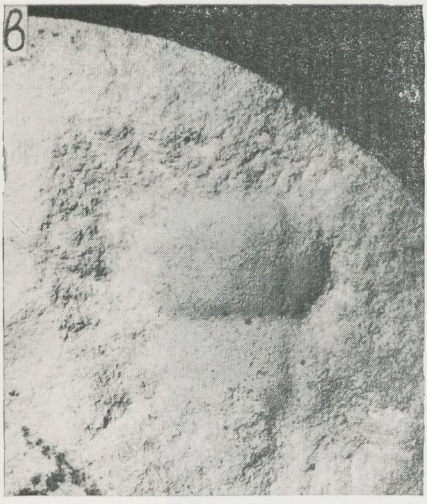
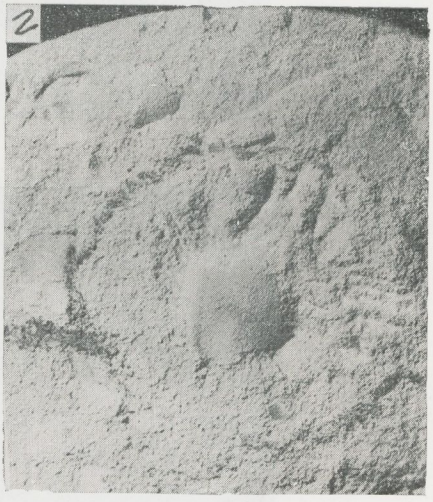


ТАБЛИЦА III



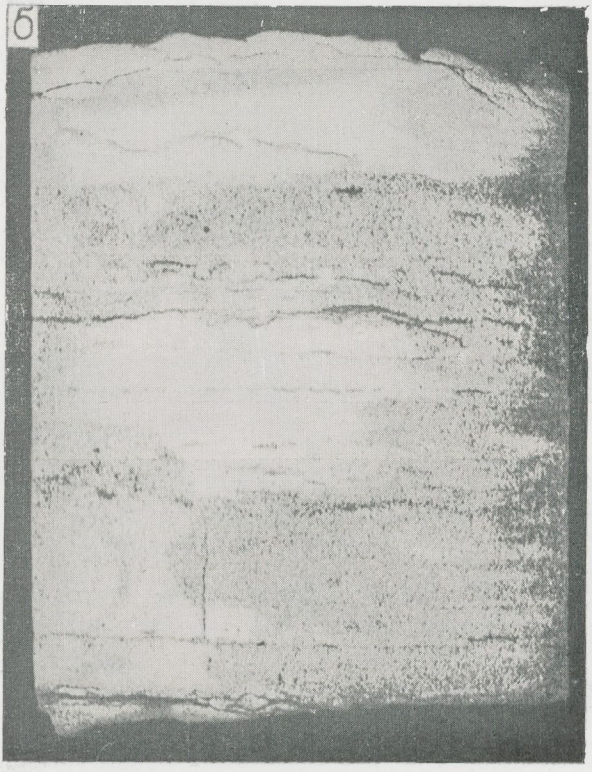


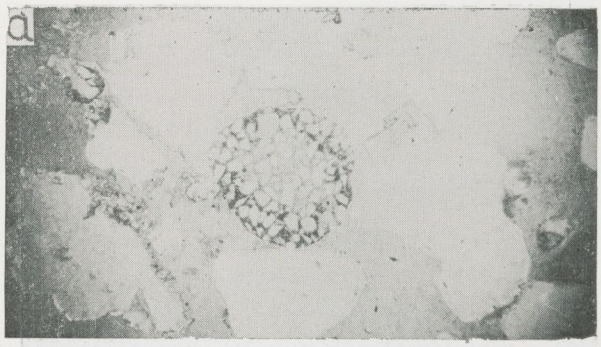


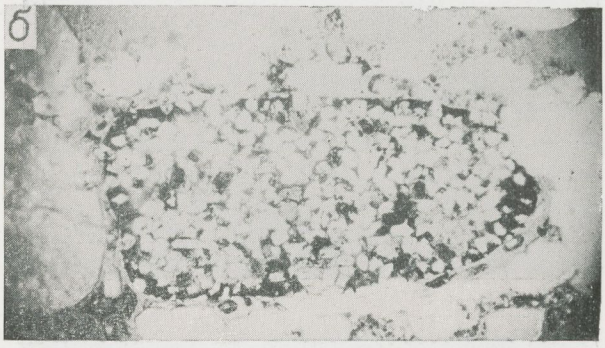
а

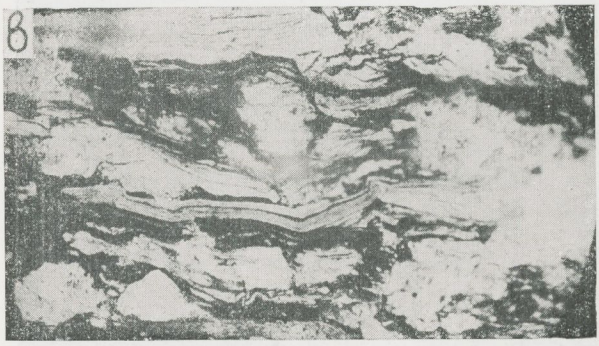
б

а

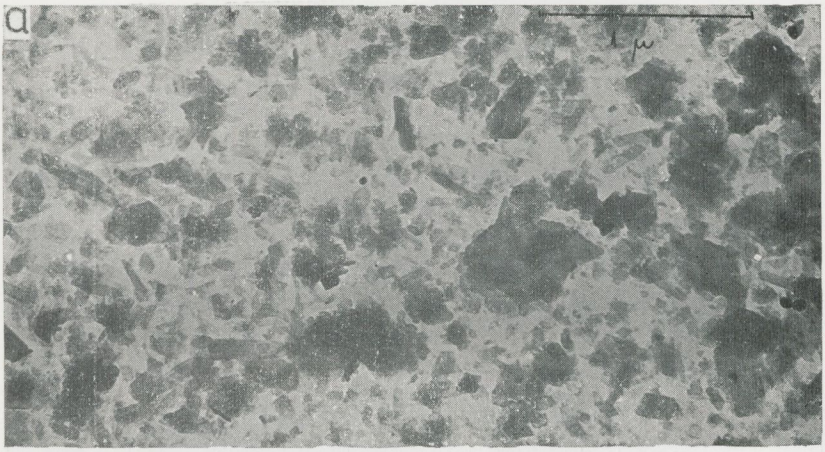

б

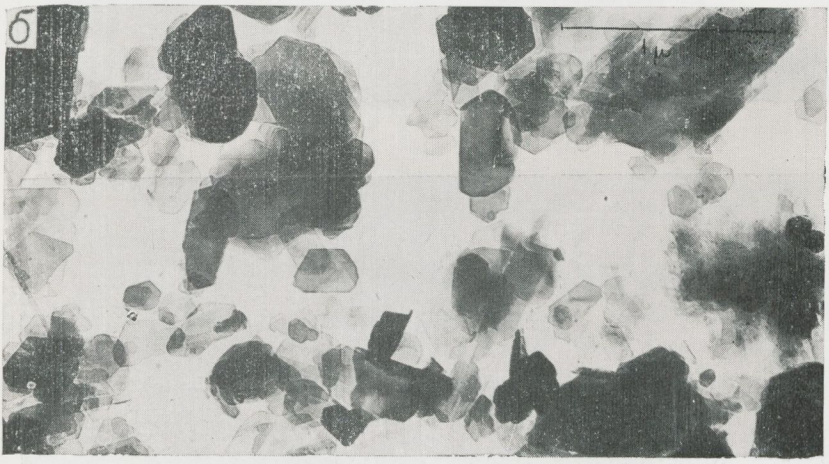

а

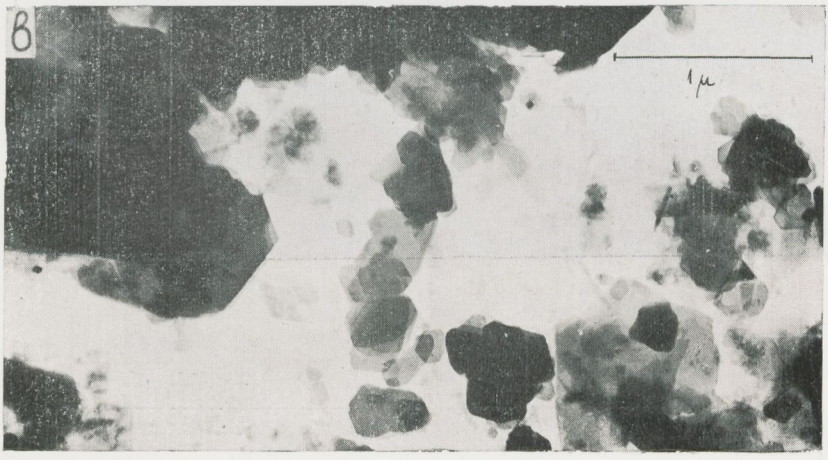

б

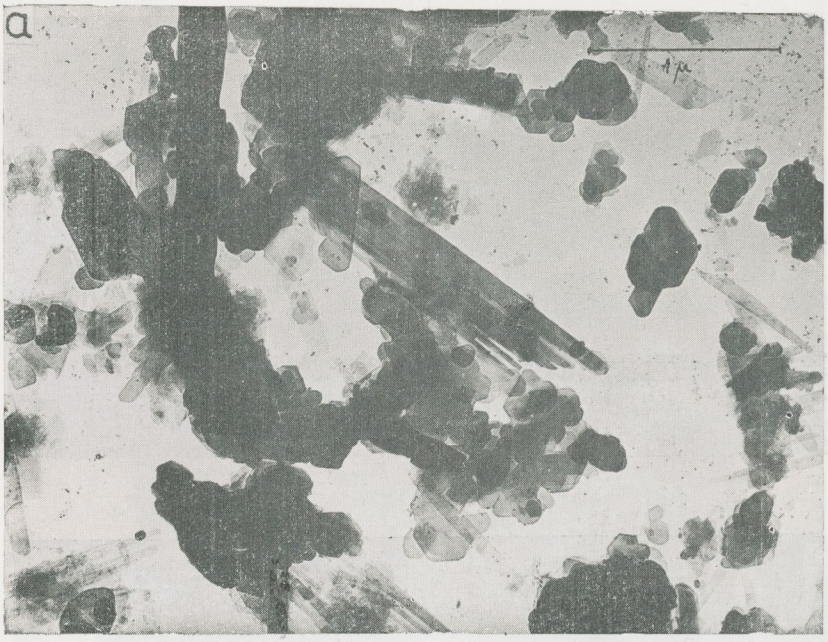

в

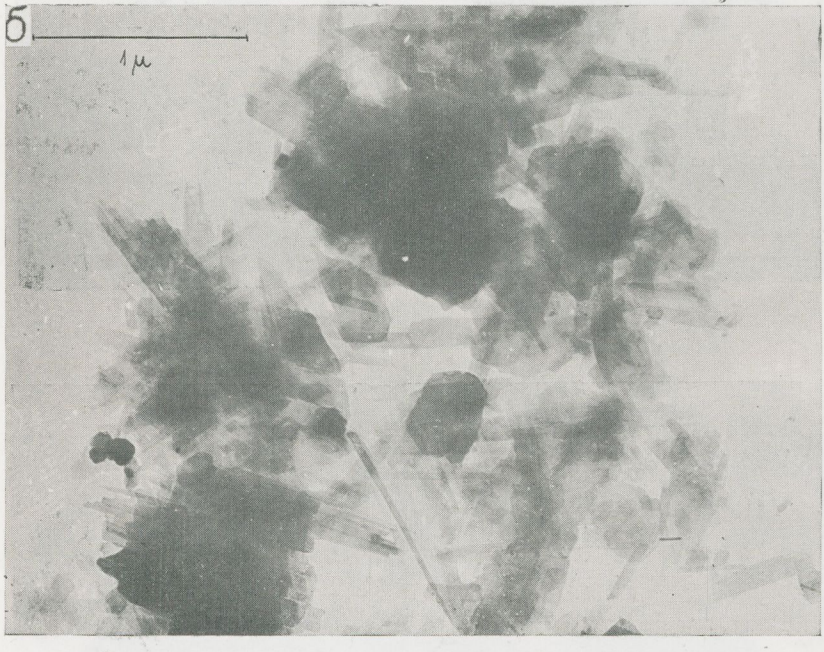
г

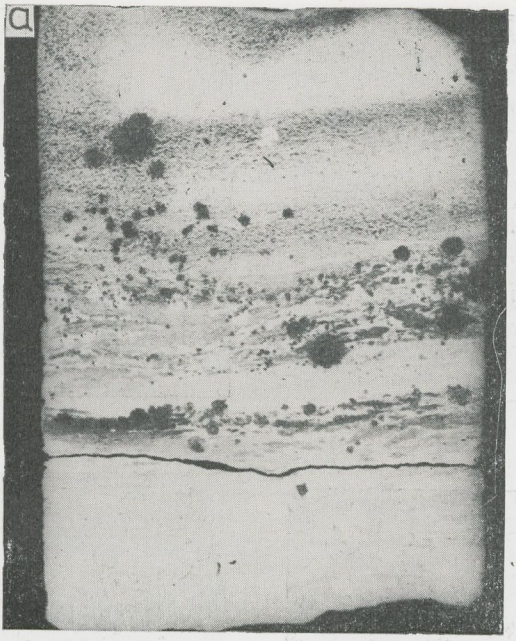

а
1 μ

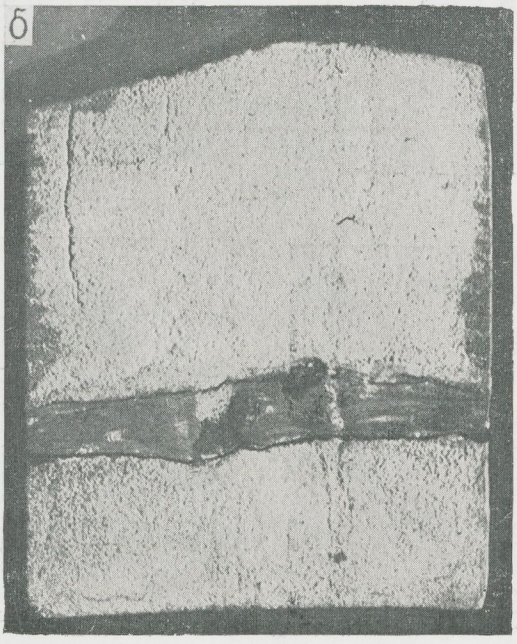

б
1 μ

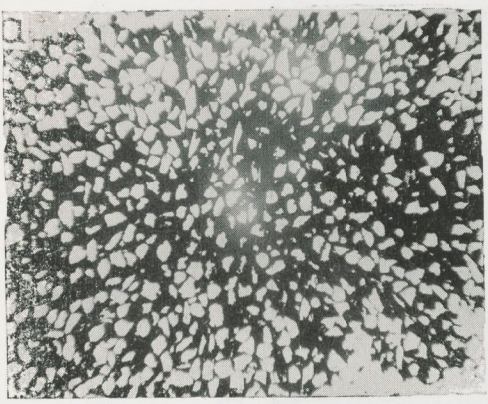

в
1 μ

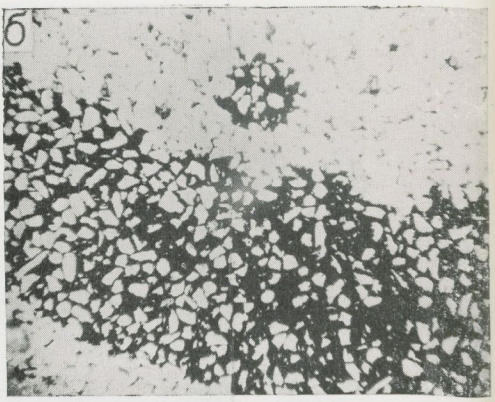

а
1 μ

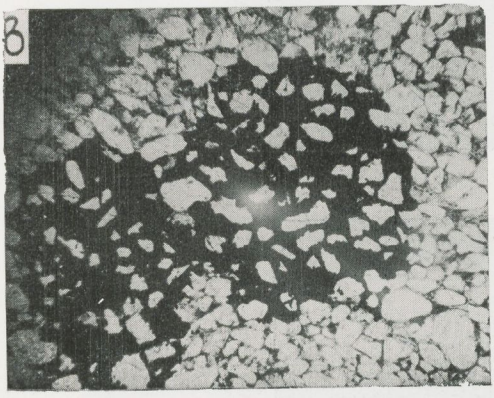

б
1 μ

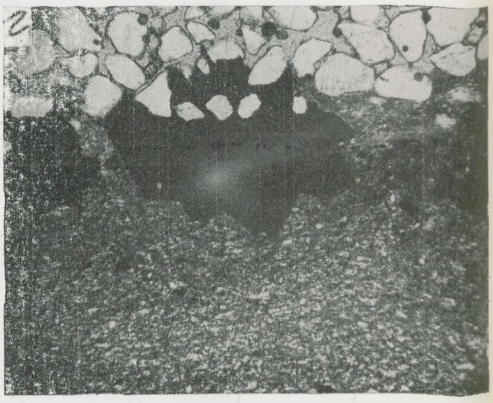

а

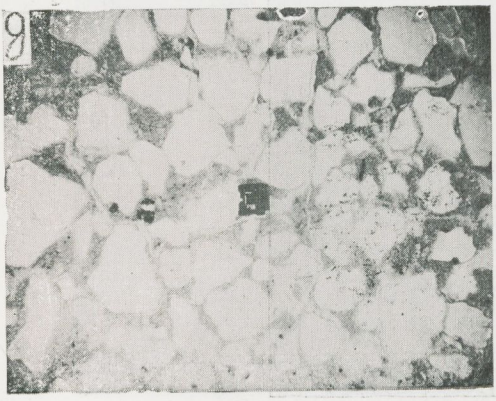

б

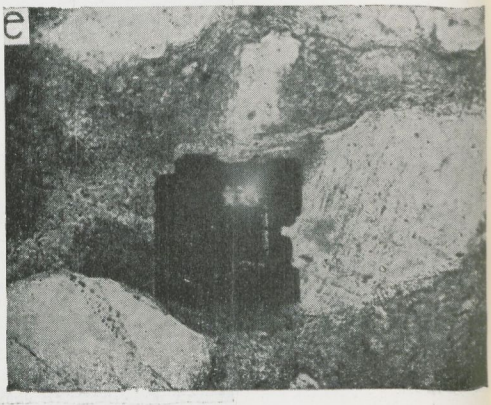

а


б


в


г


д

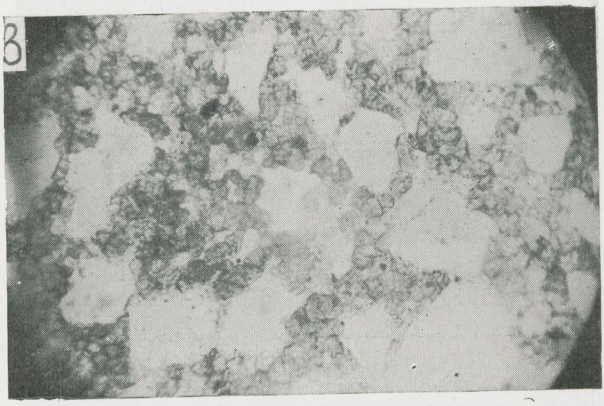

е

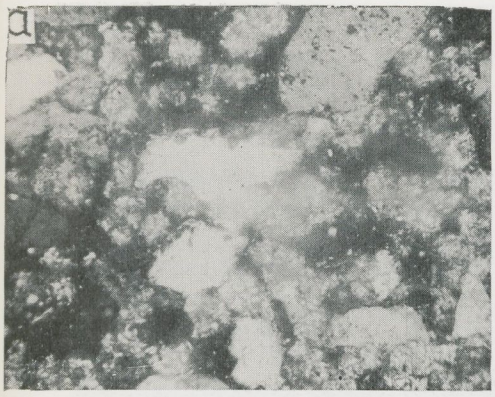
а

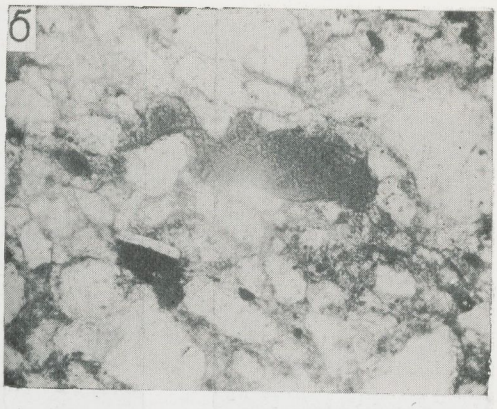
б

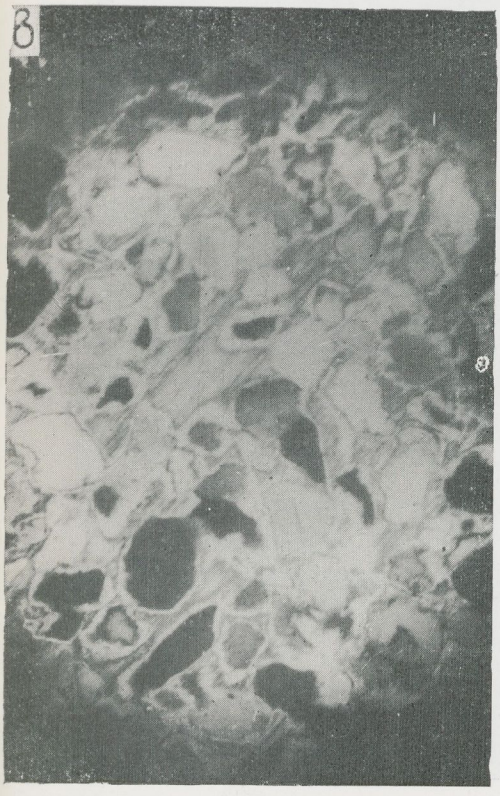
а

б

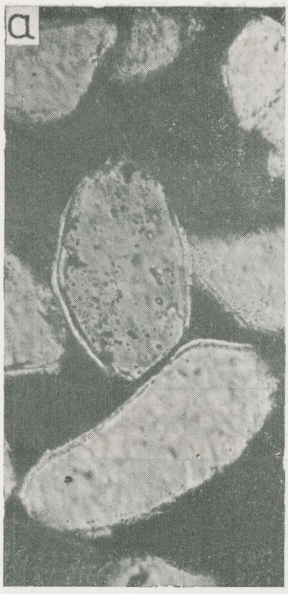

в


а


б


в

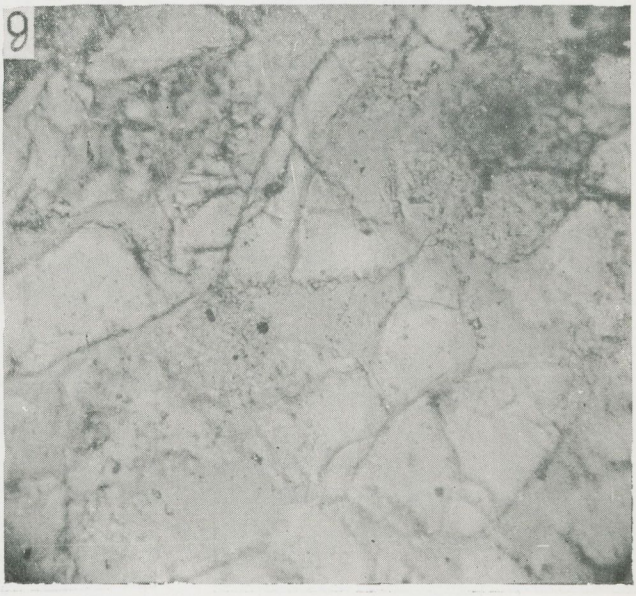
г


а

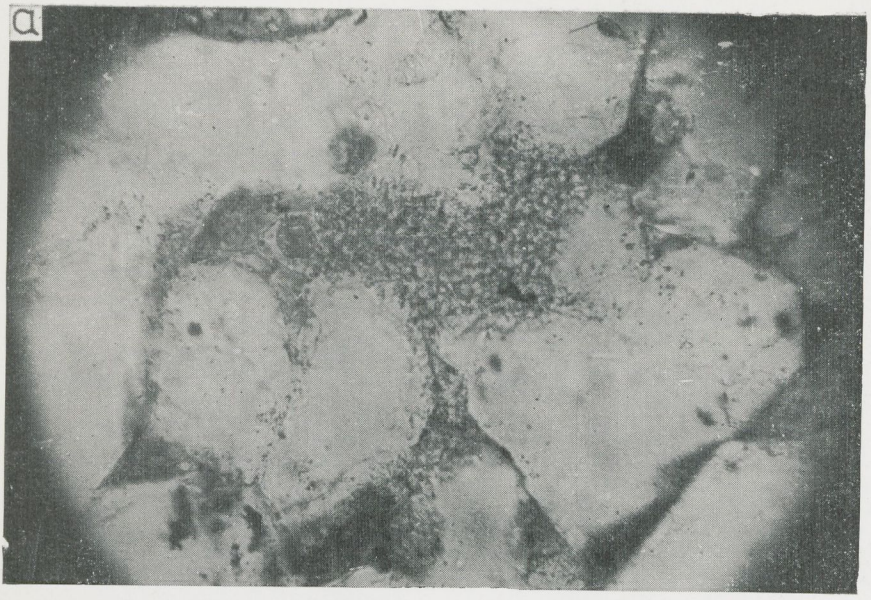
б

в

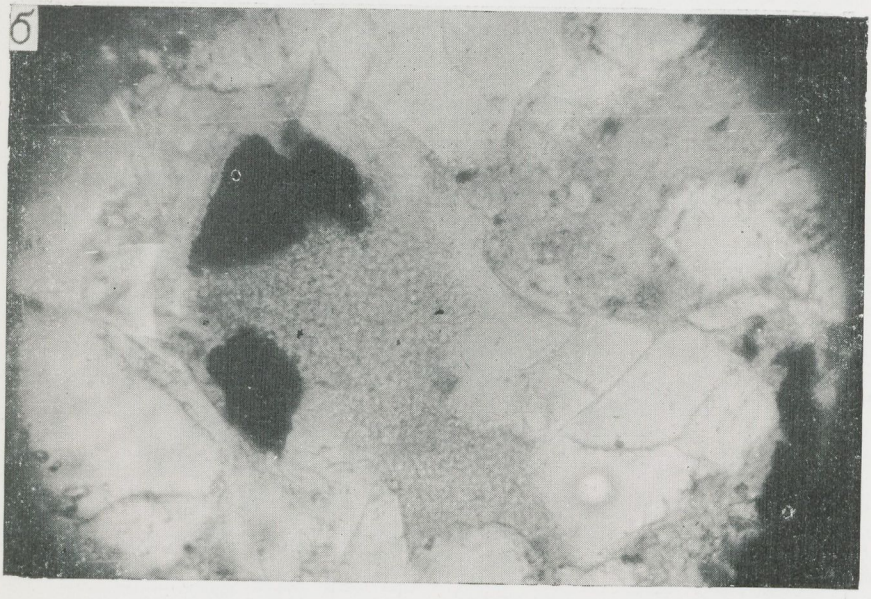
г


д

а



б



а

б

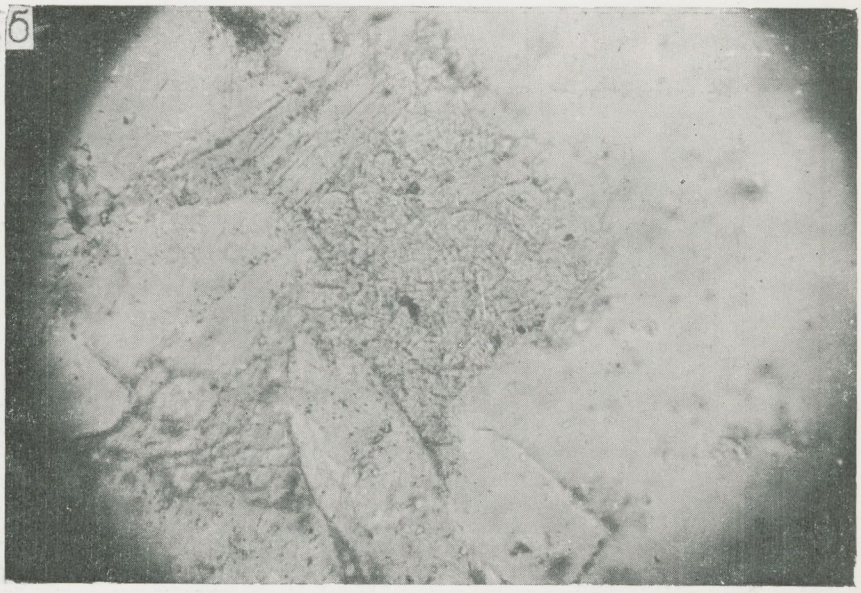


ТАБЛИЦА I

Остатки Volborthella и червей из кембрийских пород Латви: *а* — Volborthella tenuis Schm., талсинский горизонт, скв. Айзпуте, глуб. 1272,9 м; *б* — Platysolenites antiquissimus Eichw., лонтоваский горизонт, скв. Балтинава-17.

ТАБЛИЦА II

Остатки Volborthella и червей из кембрийских пород Латвии: *а—в* — Volborthella tenuis Schm., талсинский горизонт, скв. Айзпуте-39, глуб. 1272,9 м. Снимок сделан с помощью сканирующего микроскопа.

ТАБЛИЦА III

Остатки трилобитов из кембрийских пород Латвии (из коллекции А. Ю. Розанова): *а* — Ellipsocephalus cf. polytomus Lnrs., кибартайский горизонт, скв. Лиепая, глуб. 1382,0 м; *б* — Strenuaeva primaeva (Brög), вергальский горизонт, надсакаская пачка вентавской свиты, скв. Лиепая, глуб. 1449,5 м; *в* — то же, что «а» (другой экземпляр); *г* — то же, что «б» (другой экземпляр).

ТАБЛИЦА IV

Неравномерная пропитка глинистым раствором пород-коллекторов: *а* — кварцевого песчаника вентавской свиты, скв. Колка-54, глуб. 870,2 м; *б* — то же, скв. Колка-54, глуб. 871,0 м.

ТАБЛИЦА V

Неравномерная пропитка глинистым раствором пород-коллекторов: *а* — песчанистого алевролита вентавской свиты, скв. Колка-54, глуб. 874,0 м; *б* — хорошо проницаемого мелко-тонкозернистого песчаника вентавской свиты, неравномерно пропитанного глинистым раствором при бурении, скв. Колка-54, глуб. 874,0 м.

ТАБЛИЦА VI

Крупные обломки кварца и окатанный обломок алевролита в плохо отсортированном кварцевом песчанике тебрской свиты, скв. Вергале-46, глуб. 1283,3 м, увеличение 35×, без анализатора (*а*); удлиненный обломок алевролита в плохо отсортированном песчанике тебрской свиты, скв. Вергале-46, глуб. 1283,4 м, увеличение 35×, без анализатора (*б*); кварцевый крупнозернистый плохо отсортированный песчаник с глинистым цементом неполнопорового типа и микропрослойками глинистого вещества, обогащенного пакетами гидратизированного биотита, наблюдаются каолинит и длинные изломанные чешуйки мусковита (светлые), дейменаская свита, скв. Балдоне-80, глуб. 992 м, увеличение 25×, без анализатора (*в*); деталь предыдущего (соседний участок шлифа), увеличение 135×, без анализатора (*г*).

ТАБЛИЦА VII

Электронно-микроскопические снимки глинистых минералов: *а* — каолинит (95%) с примесью гидрослюд (5%) из цемента алевролита вентавской свиты, скв. Талси-55, глуб. 1088,5 м; *б* — каолинит (80%) и гидрослюда (20%) из глин цирмской толщи, скв. Алуксне-99, глуб. 1078,8 м; *в* — каолинит (70%) и гидрослюда (30%) из цемента алевролита дейменаской свиты, скв. Балдоне-80, глуб. 1005,5 м.

ТАБЛИЦА VIII

Электронно-микроскопические снимки глинистых минералов: *а* — каолинит (95%) и гидрослюда из цемента песчаников воронковской свиты, каолинит псевдогексагональный, удлиненно-пластинчатой формы, гидрослюда удлиненно-пластинчатая с расщепленными концами или изометрической формы, скв. Аташиене-9, глуб. 927,5 м; *б* — гидрослюда (90%) и каолинит из глин цирмской толщи. Гидрослюды преимущественно удлиненно-пластинчатой и изометрической формы, каолинит представлен отдельными псевдогексагональными пластинками, скв. Балдоне-80.

ТАБЛИЦА IX

Диагенетические новообразования в кембрийских породах: *а* — пирит в кварцевом песчанике цирмской толщи, скв. Нитауре-58, глуб. 936,7 м; *б* — пирит на контакте прослоя глин и песчаника цирмской толщи, скв. Нитауре-58, глуб. 947,5 м.

ТАБЛИЦА X

Диагенетические новообразования пирита в кембрийских породах Латвии: *а* — кварцевый песчаник с базальным и сгустковым (темное поле) пиритовым цементом, дейменаская свита, скв. Папе-23, глуб. 1587,6 м, увеличение 20×, без анализатора; *б* — кварцевый песчаник со сгустковым пиритовым цементом (темное поле), дейменаская свита, скв. Папе-23, глуб. 1588,0 м, увеличение 20×, без анализатора; *в* — разнозернистый кварцевый песчаник со сгустковым пиритовым цементом (темное поле) и глинистым поровым и неполнопоровым цементом, цирмская толща, скв. Аташиене-9, глуб. 830,5 м, увеличение 20×, без анализатора; *г* — пирит на контакте крупнозернистого кварцевого песчаника и прослоя глины, цирмская толща, скв. Аташиене-9, глуб. 830,5 м, увеличение 20×, без анализатора; *д* — кварцевый крупнозернистый песчаник с глинистым цементом и скелетным метакристаллом пирита, дейменаская свита, скв. Слампе-83, глуб. 887,0 м, увеличение 20×, без анализатора; *е* — деталь предыдущего — метакристалл пирита, корродирующий обломочные зерна кварца, увеличение 100×, без анализатора.

ТАБЛИЦА XI

Кварцевый песчаник с пойкилитовым карбонатным цементом, цирмская толща, скв. Вишки-25, глуб. 626,0 м (*а*); то же, скв. Аташиене-9, глуб. 832,6 м (*б*).

ТАБЛИЦА XII

Пойкилитовый карбонатный цемент, корродирующий обломочные зерна кварца в песчанике тебрской свиты, скв. Папе-18, глуб. 1584,0 м, увеличение 30×, без анализатора (*а*); деталь предыдущего, увеличение 100×, без анализатора (*б*); коррозия сидеритом обломочных зерен кварца в песчанике тебрской свиты, скв. Слампе-83, глуб. 936,0 м, увеличение 100×, без анализатора (*в*).

ТАБЛИЦА XIII

Коррозия сидеритом обломочных зерен кварца в песчанике тебрской свиты, скв. Слампе-83, глуб. 835,0 м, увеличение 190×, без анализатора (*а*); пластичная деформация глауконита (в центре снимка), тебрская свита, скв. Папе-18, глуб. 1584,0 м, увеличение 130×, без анализатора (*б*); участок развития пойкилитового ангидритового и гипсового цемента в песчанике цирмской толщи, скв. Ляулены-26, глуб. 967,5 м, увеличение 80×, без анализатора (*в*); пойкилитовый ангидритовый цемент в песчаниках цирмской толщи, скв. Алуксне-99, увеличение 20×, без анализатора (*г*).

ТАБЛИЦА XIV

Регенерационные каемки вокруг зерен кварца, дейменаская свита, скв. Вайнёде-101, глуб. 1704,0 м, увеличение 90×, с анализатором (*а*); то же, соседний участок шлифа, увеличение 90×, с анализатором (*б*); регенерация зерен кварца в среднезернистом кварцевом песчанике цирмской толщи, скв. Алуксне-99, глуб. 1044,5 м, увеличение 100×, с анализатором (*в*); деталь структуры кварцитовидного песчаника с конформными контактами между обломочными зернами, порода отличается низкой открытой пористостью (3,4%) и практически непроницаема (0,7 мД), дейменаская свита, скв. Папе-23, глуб. 1587,6 м, увеличение 100×, с анализатором (*г*); регенерация обломочных зерен кварца в песчанике (пилообразные наросты) вентавской свиты, скв. Папе-18, глуб. 1654,0 м, увеличение 180×, без анализатора (*д*).

ТАБЛИЦА XV

Перекристаллизованный каолинит в порах кварцевого песчаника дейменаской свиты, скв. Слампе-83, глуб. 901,3 м, увеличение 200×, без анализатора (*а*); крупная пора в кварцевом песчанике, заполненная перекристаллизованным каолинитом, каолинит корродирует зерна кварца, дейменаская свита, скв. Слампе-83, глуб. 901,3 м, увеличение 200×, без анализатора (*б*).

ТАБЛИЦА XVI

Крупные новообразования каолинита в порах кварцевого песчаника цирмской толщи, скв. Аташиене-9, глуб. 842,0 м, увеличение 200×, без анализатора (*а*); соседний участок шлифа — перекристаллизованные агрегаты каолинита, увеличение 200×, без анализатора (*б*).

1 p.

1 р.

А.П. БРАНГУЛИС

ВЕНД И КЕМБРИЙ ЛАТВИИ