Управление геологии
Латвийской ССР
РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФОНД
ИНВ. №
3036

...К ЛАТВИЙСКОЙ ССР
...Т ГЕОЛОГИИ

Варфоломеева О. М.
Савваитова Л. С.

«КАРСТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ В КАРБОНАТНЫХ ПОРОДАХ ДОЛИНЫ РЕКИ ДАУГАВА»

ЧАСТЬ I

Рига 1961

Управление геологии и охраны недр
при Совете Министров Латвийской ССР
ГЕОЛФОНД
Инв. № 3036
Дата 27.III-62 г.

ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ
АКАДЕМИИ НАУК ЛАТВИЙСКОЙ ССР

ВАРФОЛОМЕЕВА О.М.
САВВАИТОВА Л.С.

" КАРСТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ В КАРБОНАТНЫХ ПОРОДАХ ДОЛИНЫ реки ДАУГАВА "

Р и г а
1961

О Г Л А В Л Е Н И Е

ВВЕДЕНИЕ I-8

ГЛАВА I ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ КАРСТА НА ТЕРРИТОРИИ ЛАТВИЙСКОЙ ССР 4-I8

ГЛАВА II ХАРАКТЕРИСТИКА КАРСТОПРОЯВЛЕНИЙ В ДОЛИНЕ р.ДАУГАВА

а) современный карст..... 20-42
б) древний карст 42-52

ГЛАВА III ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ КАРСТА В ДОЛИНЕ р.ДАУГАВА

а) к л и м а т 53-59
б) почвы и растительность..... 59-62
в) орогидрография 63-73

ГЛАВА IУ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ КАРСТА В ДОЛИНЕ р.ДАУГАВА

а) геоморфология..... 74-88
б) геологическое строение..... 88-II5
в) условия залегания карбонатных пород и трещиноватость..... II6-I54

ГЛАВА У ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ КАРСТА В ДОЛИНЕ р.ДАУГАВА

а) гидрогеология района..... I55-I74
б) водопроницаемость карстующихся свит I74-I79
в) гидрографические и гидрогеологические особенности района распространения карбонатных пород в долине р. Даугава I79-I92

ГЛАВА УI ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ДАУГАВСКОЙ И ПЛЯВИНЬСКОЙ СВИТ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ПЕТРОГРАФИЧЕСКОГО СОСТАВА 193-256

ГЛАВА УII СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ НА РАЗВИТИЕ КАРСТА 257-291

ГЛАВА УIII ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ КАРСТА В ДОЛИНЕ Р.ДАУГАВА 292-319

ГЛАВА IX ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАРСТА 320-339

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 340-~~535~~ 353

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 354-382

СПИСОК ГРАФИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

1. Геологическая карта долины реки Даугава, ~~секретно~~
масштаб 1:200 000 -1 лист.

2. Схема геоморфологического строения долины р.Даугава,
масштаб 1:200 000 - 1 лист ~~секретно~~

3. Карты распространения карста, врезки к схеме геоморфологического строения долины р.Даугава в масштабе 1:200000
масштаб 1:25 000 -3 листа. ~~секретно~~

4. Схема геоморфологического строения долины р.Даугава с розами трещиноватости в масштабе 1:200 000 -1 лист ~~секретно~~

4а. Карты трещиноватости карбонатных пород на различных участках долины р.Даугава. Врезки к приложению № 4,
масштаб 1:25 000 - 2 листа.
~~секретно~~

5. Тектоническая схема Латвийской ССР,
масштаб 1:1 000 000 - 1 лист.

6. Схематический структурный профиль по берегам реки Даугава.
Масштаб горизонт. 1:1 000,
вертикальн. 1:50 000 - 2 листа.

7. Графики колебания уровней подземных вод аматского, плявиньского и даугавского горизонтов в районе Миеманской излучины, -2 листа.

8. Профиль водопроницаемости карбонатных пород на Миеменском участке.

9. Карта-срез водопроницаемости доломитов плявиньской свиты в районе устья р.Лауце.

10. Геологический профиль через древние карстовые провалы в районе устья р.Лауце.

11. Геологический и гидрогеологический разрезы через древний карстовый провал у скв. 167.

12. Геологический профиль водораздела р.р. Даугава и Лауце.

13. Участок продольного профиля, в районе острова Абелю.

14. Геологический профиль по берегу древней долины в райо-

15. Условные обозначения

16. Приложения к гл. VI

Управление геологии и охраны недр
при Совете Министров Латвийской ССР
ГЕОЛФОНД
Инв. № 3036
Дата 27.III-62 г.

ВВЕДЕНИЕ.

Необходимость изучения карстовых явлений в карбонатных породах долины р. Даугава возникла в связи с проектированием гидроэнергетических сооружений на реке Даугава, в частности, в связи с проектированием Плявиньской ГЭС.

В результате инженерно-геологических изысканий, проводимых Западной экспедицией МОСГИДЭПа в долине р. Даугава, а также в результате инженерно-геологической съемки водохранилища Плявиньской ГЭС, проведенной Институтом геологии и полезных ископаемых Академии Наук Латвийской ССР в 1955 г., участниками которой являлись исполнители настоящей работы, была выявлена значительная закарстованность карбонатных свит верхнего девона в долине р. Даугава.

Бурением и съемкой было установлено, что кроме проявлений древнего карста на исследуемой территории существуют разнообразные формы проявления современного карста, вызывающие большой научный и практический интерес в смысле выяснения современного состояния карстового процесса, его активности и прогноза его развития.

Отсутствие какой-либо обобщающей работы по карстопроявлениям в Латвийской ССР и наличие значительного по объему, но разрозненного фактического материала по карстовым явлениям в доломитах верхнего девона в долине р. Даугава поставили Институт геологии перед необходимостью ввести в план научно-исследовательских работ тему по изучению карстовых явлений в долине р. Даугава. Основной

целью работы являлось выяснение закономерностей развития и распределения карстовых форм в карбонатных породах даугавской, сэласпилсской и плявиньской свит верхнего девона в долине р. Даугава и определение влияния химико-минералогических и петрографических особенностей развитых здесь пород на процессы выщелачивания.

Имея в виду, что карстовые процессы развиваются в результате воздействия ряда природных факторов, непосредственной задачей предстоящей работы было выяснение влияния геологических, гидрогеологических и геоморфологических условий на образование и размещение карстовых форм, а также установление степени закарстованности и, по возможности, зависимости интенсивности развития карстовых процессов от состава, структуры и мощности карстующейся толщи.

Результаты проведенных исследований дали представление об особенностях проявлений древнего и современного карста в одних и тех же карбонатных породах, но в разной геологической обстановке. В основу работы были положены материалы инженерно-геологической съемки м-ба 1:25 000, проведенной в долине р. Даугава на участке пос. Трепе - устье р. Лауце в 1955 г., материалы изысканий Западной экспедиции МОСГИДЭПа и материалы полевых исследований карста, проводившихся в 1958-60г. согласно плану по теме на протяжении всей долины в пределах Латв.ССР.

Исследования карста в течение последних лет осветили помимо долины Даугавы всю территорию республики и

выявили довольно широкое его распространение в областях залегания карбонатных и карбонатно-сульфатных пород. Изучение карста в долине р. Даугавы дало возможность выявить основные закономерности развития и размещения карста на территории всей республики, изложенные в статьях исполнителей тем в 1961 г. [12а], [96а]

В результате работ по теме, кроме представленного отчета, составлена карта распространения карста на территории Латвийской ССР, на которой выделены типы карста и основные районы его развития в пределах республики.

Отчет составлен исполнителями темы: О.М.Варфоломеевой (руководитель) и Л.С.Савваитовой.

IУ глава написана Л.С.Савваитовой, остальные Варфоломеевой О.М.

ГЛАВА I

История изучения карста на территории Латвийской ССР

Сведения о карсте на территории Латвийской республики обычно появлялись в геологической литературе только эпизодически, в связи с изучением карбонатных и гипсосодержащих свит верхнего девона.

Первые указания на карстовые явления в Латвии содержатся в статьях профессоров Елгавской Академии и Юрьевского Университета И.Фербера и И.Фишера, опубликованных в 1784 году [146 - 147].

Так, проф.И.Фербер описал карбонатные породы Прибалтики (район Курляндии и долины р.Даугавы), где упоминает о гипсовых провалах в нижнем течении р.Даугавы в районе Навес-Сала, у нас.п.Томе, между Огре и Кегумсом, а также в районе Балдоне. Образование провалов автор обуславливает выщелачиванием гипсов, заключенных в верхнедевонских породах. На основании этих данных в 1825 г. горным департаментом была организована экспедиция для поисков соли в вышеупомянутых районах, которая не дала никаких положительных результатов.

Стратиграфическое подразделение девона Латвии в то время еще не было разработано. Первые попытки подразделения девонских отложений в бассейне р. Даугавы сделали К. Пандер и Р.Пэхт в 1849 г. [161] . В 1861 году К.Гревингк привел свою стратиграфическую схему, пересмотрев две предыдущие, и дал девонским отложениям трехчленное деление. Им также описаны обнажения по берегам р. Даугавы от г. Риги до поселка Ницгалс [150]. В 1871г. берега р.Даугавы

сверху до г. Плявиняс исследовал М.А.Антонович и указал на разрушенные участки в карбонатных породах [1].

В 1896 г. А.Смирновым была издана книга "Река Западная Двина", в которой он дал характеристику геологических условий долины р. Даугава [99а].

В течение XIX в. появились и другие работы, освещающие вопросы стратиграфии и геологического строения Латвии и северных районов всей Прибалтики (Ф.Б.Шмидт, Р.Мурчисон, А.Кайзерлинг, К.Гревингк, Гедройц и др. [160, 154, 150] Во всех перечисленных работах нет непосредственных указаний на явления карста в карбонатных породах. Но рядом авторов отмечались перерывы в их залегании и следы выщелачивания вследствие воздействия подземных вод.

В некоторых работах конца XIX и начала XX столетия среди морфологических особенностей отдельных областей в Латвии отмечалось наличие провалов на земной поверхности. Так, Ф.Розен в 1863 г. [163] и профессор Досс в 1909 г. [144] описали некоторые карстовые провалы в долине р. Даугава и на ближайших водоразделах, причем происхождение провалов ими объяснялось землетрясениями или проявлениями соляной тектоники.

Во время землетрясения в г. Мессине (Италия) в 1903 г., Досс отмечал сильные подземные толчки в ряде провинций Латвии и связывал их с обрушением гипсоносных пород в провальные подземные полости, обнаруженные рядом

буровых скважин (например, в предместьях Риги: Ильгуциемс, Засулаукс, Агенскалнс, Торнякалнс и других районах). Досс упоминает также о "провальных трясениях" более раннего периода, происшедших в 1821 г. и в 1853 г. в Видземских доломитовых зонах" в районах населенных пунктов Кокнесе и Сауснее. Возникновение толчков автор приписывает провалам доломитов в подземные пещеры.

Обоснование такого явления автор находит в наличии поверхностных воронок , расположенных в районах подземных обрушений.

К проявлениям карста Досс ошибочно относит суффозионные явления в песчаниках верхнего девона. Рассматривая происшедший в 1783 г. слокский "провал", описанный в свое время И.Фишером [147], Досс пишет: "ночью исчез мыс на берегу р. Лиелупе, на котором был расположен фруктовый сад площадью в 0,56 га . Глубина провала равнялась 21 сажени [144] Образование такого сильного обрушения автор правильно объясняет "растрескиванием песчаников" и развитием пещер в результате расширения трещин артезианскими водами.

В 1891г. К.Ругевич [92] упоминает о карстовых во-ронках в окрестностях курорта Балдоне и связывает их образование с выщелачиванием гипсов.

Первой вышедшей в Латвии работой, посвященной описанию карстовых явлений, была статья З.Ланцманиса [157] "Провалы в Латвии", где автор под словом "провалы" под-

разумевал нарушения как карстового , так и суффозионного характера, приуроченные к определенному типу пород.

В своей работе Ланцманис пользуется материалами доц.Меддера, зарегистрировавшего еще до первой империалистической войны воронки в гипсах, в лесах Тауркалне и в волостях Барбеле, Будберга и Брукнас. Ланцманис отмечает также, что в двадцатых годах учителем Делле у х. Путнини около Лиелренды было описано до 28 воронок с соответствующими их замерами, причем отмечалась округлая форма воронок и их расположение рядами в определенном направлении. Отдельные воронки "старые" имели большую давность и образовались еще в конце XIX столетия, новые же воронки образовались недавно весной после снеготаяния. Глубина воронок Ланцманисом связывается с размерами трещин и с "силой" подземных вод. Он отмечает также близкое залегание к поверхности гипсов и доломитов и небольшую мощность покровных моренных глин в местах проявлений карстовых воронок. Обширные карстовые воронки Ланцманис наблюдал в Айзпутском уезде, вблизи хуторов Гайли, Цирава, Ранку и других, а затем у г.Балдоне, у г.Салдус (в пермских известняках) и у пос.Сигулда и Сунтажи.

Интересны сведения Ланцманиса о провальных воронках в волости Аллажи, у школы Межмуйжа. Размеры наибольшей из них равна 50 х 18 саженей, глубина достигает 5-ти саженей. На дне воронок заметны большие поноры "ямы стока".

В данном районе зарегистрированы карстовые озера, но в какое геологическое время они образовались для автора осталось неясным. Озера, происхождение которых связано с гипсовым карстом, Лацманис наблюдал в Латгалии, близ г. Лудза, у пос. Утичева (образовалось в 1917 г.), в волости Берзгале, у имения Инзалберги и в волости Аглони у пос. Стомерсета.+)

Основной причиной провальных явлений автор считает трещиноватость пород, которая обуславливает циркуляцию подземных вод.

Большое значение в области изучения геологического строения территории Латвии имеют работы Н.Делле, выполненные в 1930-1940 гг. В работе, опубликованной в 1937г. [143], Делле приводит описание обнажений по р. Даугава и дает первый сводный геологический профиль по обоим ее берегам. Кроме этого, он уточнил стратиграфию верхнедевонских отложений и произвел сопоставление разреза девона Латвии с разрезами восточной части Главного девонского поля и Литвы. Многие выводы Делле по общим вопросам геологии и тектоники Балтийской впадины сохраняют значение до настоящего времени.

Делле первый обратил внимание на существование карстовых провалов в разрезе верхнедевонских пород бортов долины р. Даугава в ее среднем и нижнем течении [143] и нанес их на свой профиль по берегам реки в районах нас.п.

+) Как показали наши исследования, два последние озера к карстовым относить нельзя ввиду того, что располагаются они в песчано-глинистых породах девона.

Катлакалнс, Ремпетри, Юмправа и у г. Огре.

В районе Катлакалнс провалы обнаруживают себя резким перерывом нормального разреза доломитов плявиньской свиты конусообразными выемками, заполненными перемятыми и смещенными глинами и мергелистыми доломитами саласпилсской свиты.

Ниже станции Огре, у пос.Ремпетери, конусообразные выемки провалов заполнены беспорядочно нагроможденными фиолетово-синими глинами и белыми песчаниками огрской свиты, протяженностью в 21 м на всю высоту склона эрозионной террасы (рис.№ 1).

Возникновение таких огромных полостей "конусов" Делле объясняет провалами огрских глин и песчаников и даугавских доломитов в пустоты, образовавшиеся в отложениях саласпилсской свиты за счет выщелачивания или гипсов, или мягких мергелей. Сам процесс образования провала Делле относит к ледниковому времени, как проседание слоев, перекрывающих пустоты, под тяжестью ледника.

Делле упоминает Ф.Розена, который описал в 1863г [163] провал у скалы Андрея напротив пос.Селпилс и принял смещенные глины огрской свиты и песчаники за отложения аматской свиты $Д_3 amt$ Розен считал при этом, что на участке провала ледник эродировал все породы, лежащие над аматскими песчаниками, оставив в основном лишь последние.

А.Краусс в 1930г. [155], говоря о работе Ф.Розена, объясняет происхождение провала (ныне он называется Олинькалнским) за счет выщелачивания солевого слоя, который находился или на контакте плявиньской и аматской свит, или в кровле верхнесилурийских отложений, богатых солями. Процесс заполнения провала, по мнению Розена и Крауса, происходил снизу вверх за счет сил соляной тектоники.

Согласно воззрениям Делле, провал произошел за счет последовательного обрушения свиты $Д_3 pl$, потом $Д_3 s/p$ большим трещинам в пещеры, которые образовались за счет выщелачивания гипса, каменной соли или мергелей в свите $Д_3 s/p$. Под действием силы тяжести ледника конус провала расширялся и глины и песчаники огрской свиты с силой вминались в последний.

В одной из работ, относящихся к 1937г. [156] Э.Краусс при описании четвертичных отложений развитых на территории Латвии, обратил внимание на дочетвертичную впадину в районе г. Даугавпилс. Буровая скважина в пределах впадины прошла четвертичную толщу мощностью около 200 м и вскрыла коренные породы почти на 80 м ниже уровня моря. Краусс считает впадину замкнутой и представляет ее огромной карстовой воронкой. Более подробное изучение геологического строения этого района в течение последних десяти лет опровергло данную точку

зрения и установило здесь существование древней погребенной долины, отдельные участки которой использует р. Даугава.

С момента установления Советской власти в Латвии в 1940г. до начала Великой Отечественной войны геологические работы, производившиеся геологами Латв.ССР и геологами союзных геологических организаций, не дали ничего нового в смысле познания и изучения карстовых процессов, однако, в статьях В.Занса, В Дуцманиса, И.Витиньша, [169, 164, 165, 145] , касающихся геологической и гидрогеологической характеристик района курортов Кемери и Балдоне встречаются указания на проявления карста в гипсоносных породах саласпилсской свиты. Позднее, явления карста в саласпилсской свите Балдонского и Кемерского района отмечались И.Витыньшем и К.Цукерманисом (1945-1949гг) [166 - 168] , а затем (1957 - 1958гг) П.Индансом и Г.П.Якобсоном в проекте округа санитарной охраны курорта Кемери. [53]

По окончании войны, с 1945 г.,на территории Латвийской ССР широко развернулись нефтегазопоисковые, структурно-съемочные и другие работы, имеющие свою определенную направленность. В некоторых геологических отчетах существуют указания о наличии проявлений карста в отдельных районах Латв.ССР.

Так в отчете о результатах четвертичного картирования в восточной части Земгальской низменности за

1948г. [136] содержатся указания А.Айвара о воронках в гипсовых породах в районах Ляудона и нас.п.Одзиена. В отчете К.Я.Цукерманиса и П.Балодиса за 1947г. " Гидротехническая характеристика р. Салаца" описываются провалы в склонах р.Салаца, причем, за карст принимаются суфозионные явления в песчаниках салацской свиты [5].

В долине р. Даугава в это время проводились геологические исследования рядом организаций: Институтом геологии и полезных ископаемых АН Латв.ССР, Ленинградским Управлением Министерства геологии СССР, ВНИГРИ, Гипротранскарьером и проектными организациями г.Риги.

Геологические и гидрогеологические изыскания, проводившиеся с 1945г. Московским отделением Института "Гидроэнергопроект", дали большой фактический материал о наличии карста преимущественно,древнего в карбонатных породах долины р. Даугава.

В результате инженерно-геологических изысканий 1947г. для схемы гидроэнергетического использования р.Даугава, а также для ТЭДа , проведенными Западной экспедицией МОСГИДЭПа , карстовые явления были констатированы в виде кавернозности верхнедевонских доломитов, а также в виде их разрушенности с образованием доломитовой муки.

Значительные просадки коренных пород во время геологических изысканий в районе строительства Плявиньской ГЭС были встречены геологами В.В.Сахаровым и Е.Н. Спрингис и описаны Е.Н.Спрингис в отчете по геологичес-

кой съемке долины р. Даугавы м-ба 1:25 000 г. Плявиняс и х. Ритери за 1954г. [115а]

Целый ряд карстовых провалов был обнаружен в 1955г. геологом А.Ю.Брейве при проведении геологической съемки м-ба 1:10 000 на участке расположения Екабпилсской ГЭС в районе острова Абелю. [9]

Во время геологической и геоморфологической съемки долины р. Даугава в м-бе 1:50 000, производившейся Институтом геологии и полезных ископаемых АН Латв. ССР, в 1953-54 гг.младшим научным сотрудником М.Майоре были обнаружены отдельные карстовые воронки на поверхности эрозионных террас на участке долины от г. Плявиняс до Миеменской излучины и в долине р. Лауце, левого притока р. Даугава. [54]

В процессе последующих работ, в состав которых входила инженерно-геологическая съемка водохранилища Плявиньской ГЭС проведенная (по договору с МОСГИДЭП-ом) научными сотрудниками Института геологии и полезных ископаемых Е.Н.Спрингис и О.М.Варфоломеевой в 1955-56г.г. были зарегистрированы многочисленные формы древнего и современного карста на участке долины от нас. п.Айскраукле до нас.п.Трепе.

Некоторые вопросы проявления карста в долине р. Даугава рассматривается А.Т.Лыкошиным в его работе: "О гидродинамических закономерностях развития карста, в

платформенных областях", написанной в 1955г. [66]

Развитие карста в виде кавернозности в карбонатных породах долины р. Даугава Лыкошин связывает с дренирующим влиянием удаленных эрозионных врезов.

Выщелачивание пород в этом случае происходит при небольших гидравлических градиентах подземного потока, т.е. в условиях медленного движения воды.

Образование древних карстовых провалов в долине р.Даугава Лыкошин связывает с восходящим движением подземных вод в зонах повышенной трещиноватости, которые играли роль дрен по отношению к горизонтам подземных вод.

При разгрузке напорных вод в тектонические зоны в бортах последних возникали значительные напоры, величина которых возрастала сверху вниз. Карстовый процесс развивался снизу вверх в виду того, что выщелачивание было наиболее интенсивным в нижних горизонтах карбонатной толщи. Одновременно с выщелачиванием доломитов происходил процесс суффозии песков эматской свиты в трещины доломитов.

Е.Н.Спрингис в статье о древних карстовых провалах в долине р. Даугава, опубликованной в 1958г. [113], говорит о расположении провалов вдоль линейно-вытянутых зон тектонической трещиноватости. Первичная полость, над которой начиналось обрушение карбонатных пород, по мне-

нию автора, образовалась на участке сгущения тектонических трещин и имела суффозионное происхождение . Обрушение кровли пустот происходит в результате выщелачивания и карстового разрушения пород в местах разгрузки напорных вод эматского и гауйского горизонтов.

Рост подземных полостей при этом происходит сверху вниз и затухает на высоте пьезометрического уровня указанных водоносных горизонтов. Образование древних карстовых провалов вдоль долины р. Даугавы, согласно этому воззрению, связано с дренирующим влиянием зон тектонических нарушений.

Большое внимание привлекает карст в последнее время в связи с продолжающимися изысканиями в долине р. Даугава в целях гидротехнического строительства. В связи с этим в Институте геологии и полезных ископаемых Академии Наук Латвийской ССР с 1958 г. была поставлена плановая тема " Карстовые явления в долине р. Даугава". В результате исследований по теме и на основании материалов, полученных при инженерно-геологической съемке водохранилища Плявиньской ГЭС, автором настоящей работы в 1959г. написана статья о карстовых явлениях в долинах рек Даугава и Лауце [10], в которой описываются формы проявления современного и древнего карста, также освещены факторы, содействующие его образованию.

Происхождение древнего карста в этой статье в отличие от взглядов Г.А.Лыкошина и Е.Н.Спрингис [66 , 113] увязывается с наличием древней долины, к склонам которой были приурочены наиболее сильно раздробленные и выщелоченные зоны. Наиболее интенсивное выщелачивание происходило на контакте карбонатной плявиньской свиты и песчано-глинистой аматской свиты. Образование огромных пустот, куда обрушивались выщелаченные породы, происходило с одной стороны за счет выщелачивания доломитов, с другой - за счет суффозионного выноса песков аматской свиты на дно долины. Заложенная в послеледниковое время современная долина р. Даугава вскрыла борта древних провалов и их заполнитель, состоящий из смещенного комплекса пород плявиньской, саласпилсской, даугавской и огрской свит.

Интересный материал по карсту приведен в отчетах о разведке месторождений доломитов и гипсов в течение 1950-1953 гг Мукане Л.А. и Пакалном Р.К. [84]

Разнообразные поверхностные и подземные формы гипсово-доломитового карста описаны [8] Ф.С.Богомоловым в районах нас.п.Навессала и Сауриеши, а также на участке к югу от саласпилсского гипсового карьера. Крупные подземные карстовые полости, заполненные пестроцветными глинами и мергелями, перекрытыми мореной, автор правильно относит к карсту дочетвертичного возраста.

Интенсивное развитие воронок и западин на площади месторождения, провалы бурового инструмента в карстовые пустоты, изменение слоев вследствие выщелачивания, вплоть до полного уничтожения,- все это свидетельствует об активности карстовых процессов в настоящее время.

Поверхностный карст в виде воронок и оврагов с исчезающими водотоками и подземный - в виде полостей выщелачивания зарегистрирован Р.К.Пекалн [83] при разведке Ритерского месторождения доломитов и Богомоловой Г.Ф., Николаевым Е.А. при разведке Крустелического месторождения. [8 а]

Чрезвычайно ценные данные о гипсово-доломитовом карсте дали инженерно-геологические исследования в районе железнодорожной станции Саулкалне, проведены Ленинградским транспроекткарьером в 1958г. [84а]

В отчете по этому участку дана подробная характеристика карстовых проявлений и гидрогеологические условия их развития.

Результатом работы по теме является настоящий сводный отчет, в котором детально рассматриваются условия развития карста в долине р. Даугава и впервые дается подробная петрографическая и химико-минералогическая характеристика доломитов, являющаяся базой для развития карстовых процессов в собственно карбонатных породах.

Работы по теме охватили не только долину р. Даугава, но вышли на территорию всей республики, что дало возможность составить карту распространения карста Латвийской ССР (1959г) и выделить Латвийскую карстовую область с преимущественным распространением карбонатного карста.

Итогом по исследованию карста всей республики явилась статья одного из авторов: " Карст в Латвийской ССР" (в печати), которая пока в единственном числе обобщает особенности распространения и развития карста и характеризует его типы в Латвийской карстовой области.

Г Л А В А II

Характеристика карстовых проявлений в долине реки Даугава

а) Современный карст

б) Древний карст

ФОРМЫ ПРОЯВЛЕНИЯ КАРСТА

На всей площади описываемого района развит как современный, так и древний карст и формы его довольно разнообразны. Из современных форм активного карста здесь встречаются воронки, замкнутые котловины, слепые долины небольшой протяженности, исчезающие ручьи, иногда подземные речки и источники трещинно-карстовых вод.

Современные карстовые процессы проявляются также в разработке трещин и каналов, в образовании ниш, пещер, выемок, гротов и во внутрислойных перемещениях глыб и пачек доломитов.

Наряду с поверхностными формами карста в карстующихся доломитах образуются различные полости и каналы, в которых накапливается карстовый элювий, доломитовая мука и карстовая брекчия. Многочисленный керновый материал из буровых скважин свидетельствует об интенсивном выщелачивании доломитовых свит, проявляющееся в наличии разрушенных зон доломитов, сложенных рыхлыми разностями с гнездами и пропластками доломитовой муки.

Древний карст представлен микроформами в виде пор, каверн и тонких трещин, а также воронками и провалами в виде полостей подземного обрушения. Так как древний и современный карст отличаются по формам проявления и распространением по площади, то описание их приводится раздельно.

в) Современный карст

В о р о н к и .

Широко распространенными формами современного карста являются карстовые воронки, которые встречаются довольно часто как в районе р. Даугавы, так и в долине р. Лауце, а также и в долинах более мелких притоков р. Даугавы. Например, в долине р. Лауце современные карстовые воронки встречены на правом берегу, выше пос. Серене, на поверхности IУ надпойменной террасы, цоколем которой являются карстующиеся доломиты свиты $D_3 dg$ прикрытые слоем песчаных аллювиальных отложений мощностью до 1 м. Здесь вдоль бровки, прорезающей террасу глубокой сухой долины, располагается ряд воронок неправильно-овальной формы. Борта воронок задернованы, у основания воронок и на дне торчат глыбы и обломки доломитов, перемежающиеся с валунами. Все эти воронки имеют небольшой диаметр (3-8 м) и малую глубину и являются воронками просасывания, характерными для тех районов, где растворимые водой карстующиеся породы прикрыты слоем рыхлых песчано-глинистых отложений. Цепь воронок заканчивает слепая долина длиной до 45 м с хорошо задернованными склонами, с довольно широким, густо заросшим деревьями дном. В конце долинки выделяется пункт поглощения воды в виде свежего углубления в слепом конце долинки.

Подобные воронки просасывания встречены на поверхности той же IУ надпойменной террасы р. Лауце, южнее хут. Калнини, на левом берегу вблизи шоссе пос.Нерету. Здесь совсем недавно, в 1956 г., образовалась округлая воронка диаметром в 1 м и глубиной в 1,2 м. Борта воронки песчаные (мощность песчаного аллювия на террасе не превышает 2 м). На дне воронки виден понор, измеренная глубина которого равна 1,4 м

В 0,5 км восточнее шоссе у пос. Нерету и в 0,5 км южнее хут. Балсери прослеживаются воронки, протягивающиеся параллельно коренному берегу, в его юго-западном направлении. Воронки имеют неправильно-округлую форму размерами 2-3 х 4-5 м, глубина их равна 1-1,5 - 2 м. На дне замыкающей воронки зияет понор диаметром в 0,2 м. Все воронки интенсивно поглощают талые и дождевые воды.

Микрорельеф на данном участке террасы характеризуется наличием ложбин и углублений, охватывающих значительную площадь. Часть этих углублений - замкнутые, в результате чего талые и дождевые воды аккумулируются в таких западинах и с большей или меньшей скоростью просачиваются вглубь.

В плоских углублениях, размерами 15-18 х 20-22 м и глубиной до 2 м образовываются мелкие воронки, на дне которых торчат угловатые обломки тонкокристаллического доломита, сильно пористого и выщелоченного.

Воронки заканчиваются трещинными понорами, в которые механически вмывается песчаный материал и растительный слой.

Более крупные и глубокие карстовые воронки встречены у шоссе Кунелгава-Нереты, в 0,5 км юго-восточнее хут: Дамби.

В 8 м от столба "134" карстовая воронка имеет диаметр равный 20 м, глубина воронки равна 2,5 м. Рядом располагается еще одна воронка такого-же диаметра и глубиной до 4 м. На дне этой воронки есть два понора, которые образуют дополнительно "малые"-вторичные - воронки диаметром в 1,5 м, глубиной в 2-3 м. Первая воронка образовалась сравнительно недавно, в бортах ее видны следы свежих обрушений. Еще дальше, в 40 м южнее, там же у шоссе, зияет воронка размерами 18 х 20 м и глубиной в 2,4 м. К воронке подходит узкая ложбинка, по которой в паводок сбрасываются поверхностные воды и поглощаются воронкой.

Еще более обширные воронки встречены в окрестностях пос.Сеце у х.х. Шнорниеки, Добелниеки и Аугли. За хут. Шнорниеки, у прислонения IУ надпойменной террасы к коренному берегу, проходит сухое русло долины ручья, открывающееся к обрыву той же террасы. У хут. Шнорниеки слепой конец долины заканчивается большой воронкой диаметром по верху в 22 м. Диаметр воронки на дне равен 8,7 м. Глубина воронки равна 3,4 м. У выхода воронки в долину

вытекает карстовый источник с дебитом 0,2 л/сек. Борта воронки задернены. На дне ее два глубоких понора начинаются "малыми" воронками размерами 3 х 4 м. Весной талые воды устремляются в долину, заканчивающуюся этой воронкой и интенсивно поглощаются ею. Зондировочная скважина на дне воронки при глубине 1,4 м прошла лишь аллювиально карстовые накопления, не достигнув доломитов, тогда как на поверхности террасы мощность аллювиального покрова равна всего 0,7 - 1,2 м. Не исключена возможность, что воронки имеют дополнительные подземные полости, которые находятся в зоне вертикальной циркуляции атмосферных осадков и образовались путем обрушения покровных образований в подземную карстовую воронку, которая образовалась непосредственно под маломощным аллювиальным покровом.

Подобного типа воронки, засыпанные местными жителями, встречаются также у хут.Добелниеки. У хут.Авоты в ложбине, уходящей к хут.Шорниеки, располагаются две воронки, которые имеют неправильную форму. Размеры первой воронки 4 х 7,3 м, глубина 2,5 м. На дне воронки - рыхлый пористый доломит $D_3 dg$, над ним лежит переотложенный ледниковый материал в виде перемытого суглинка, который покрывают песчано-глинистые отложения, перемешанные с почвой.

Эти воронки образовались сравнительно недавно- по рассказам местных жителей - в 1940-1942 гг. Талые воды по подводящей ложбине большим потоком устремляются к этим

воронкам, где и поглощаются ими. Такие же воронки встречаются на эрозионных террасах около х.х.Силини, Пельши и др. Наличие воронок со следами недавних обрушений на поверхности надпойменных террас в долине р. Лауце говорит о развитии карста на этой территории в настоящее время. По сравнению с формами берегового карста, поверхностные проявления карста на эрозионных террасах в долине р. Даугавы имеют меньшее распространение, но на отдельных участках выражены широко. Поверхностные карстовые формы в долине Даугавы начинают проявляться с участка врезания реки в коренные породы и количество их становится тем больше, чем глубже врезается река в карстующиеся породы.

Первые карстовые воронки в долине р. Даугавы начинают появляться в 4 км выше г. Ливаны на поверхности коренного берега, сложенного тонкокристаллическими доломитами плявиньской свиты (подсвиты $D_3 pl_2 + pl_3$) у хуторов Цирсниеки и Буциниеки.

В районах этих хуторов во время снеготаяния и паводков периодически образуются воронки просасывания глубиной 0,3-0,5 м.

В последние годы не раз происходили обрушения хозяйственных построек на хут.Цирсниеки и в образовавшихся колодцах можно было видеть подземный поток, устремляющийся с большой скоростью к реке Даугаве.

Следующие группы воронок появляются выше реки Айвиексте в районе хут. Пениги, а затем ниже г.Плявиняс на уступах надпойменных террас. Так, на левом берегу р.Даугавы, напротив хут. Спиетини, на поверхности IУ надпойменной террасы, сложенной доломитами даугавской свиты, появляется ряд воронок, наибольшая из которых диаметром в 14 м и глубиной 7 м, замыкает слепой конец карстовой ложбины. В основании этой большой воронки образуется малая воронка с понором глубиной более 1,5 м (точка 272). (см.рисунок 1)

Отдельные мелкие воронки наблюдаются на левом берегу реки в районе У-го Плявиньского створа (т.269). Приурочиваются они главным образом к ложбине, проходящей в основании коренного уступа верхней эрозионной террасы. Целая серия мелких водопоглощающих воронок располагается в русле сухого оврага у хут. Звейниеки.

Крупные карстовые воронки в доломитах плявиньской свиты наблюдаются у хут: Эргли и Раудес на левом берегу р. Даугава (т. 282-284).

В усадьбе хут. Раудес (в 2 км ниже устья р. Пикстере) большая карстовая воронка приурочена к понижению поверхности верхней эрозионной террасы.

Борта воронки неровные, имеют ответвления и принимают воду из введенных сюда мелиоративных канав. Поглощаемые воронкой воды выходят источниками в склонах берега р.Даугавы. Воронка имеет удлиненную до 30 м форму, концы



Рис. 1. Воронка у х.Спиетини, на левом берегу р.Даугава /фото Бирзгалиса/.

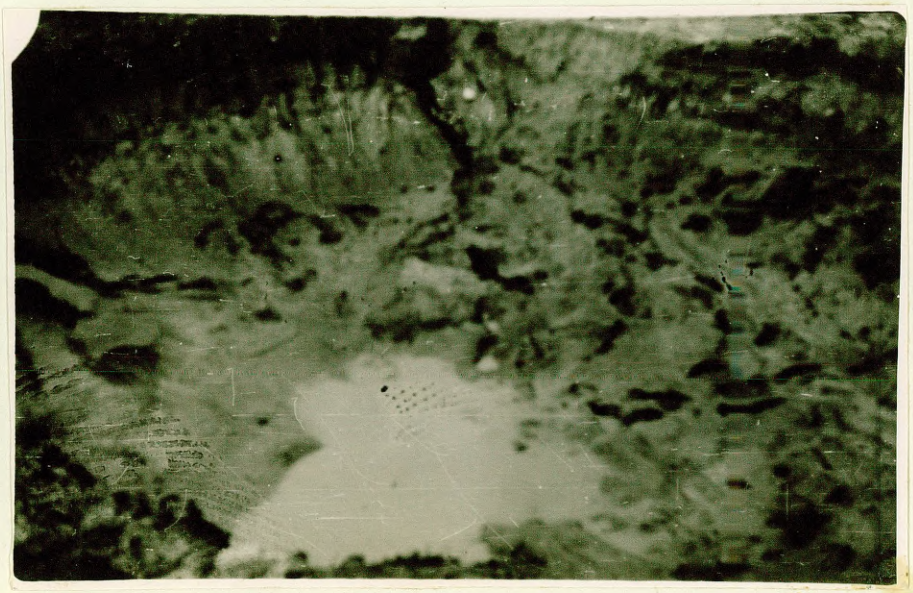


Рис. 1а. Расчищенная воронка у х.Раудес. Левый берег р.Даугава, ниже устья р. Пикстере.

ее имеют разную ширину, равную 14 и 9 м (рис.1[а]).

В 1 км ниже хут. Раудес, напротив хут. Эргли, имеется карстовая воронка, которая достигает 40 м в диаметре и имеет на дне два понора в виде небольших вторичных воронок. К воронке подходит сухое русло ручья, по дну которого тянутся мелкие воронки.

Карстовые воронки на участке Плявиняс-Миеменская излучины на правом берегу реки встречаются чаще, чем на левом и тяготеют к поверхностям У и 1У надпойменных террас. Поноры в виде небольших проседаний песчаного аллювиального покрова или молодые воронки просасывания наблюдаются на участке Плявиняс-Бебрулея в бровке высокой террасы и около шоссе вблизи хут. Улли. Вдоль коренного склона долины воронки тянутся на этом участке от хут.Петни до хут.Муйкниеки (т.245-а). Воронки в древних ледниковых ложбинах стока появляются у хут. Веверы и у хут.Расас (т.290-291). Много карстовых воронок насчитывается близь хут. Крустэлиечи (т.285), часть из них прослеживается по направлению от древнего провала Эглэйи к Крустэлическим провалам. В некоторые из этих воронок спускаются воды мелиоративных каналов, что способствует их быстрому росту (рис.2).

Цепочка воронок тянется вдоль бровки У-ой надпойменной террасы на Стабурагском участке, напротив зоны древних провалов на левом берегу. Целый ряд из карстовых воронок располагается в сухом русле ложбины, проходящей вдоль лево-

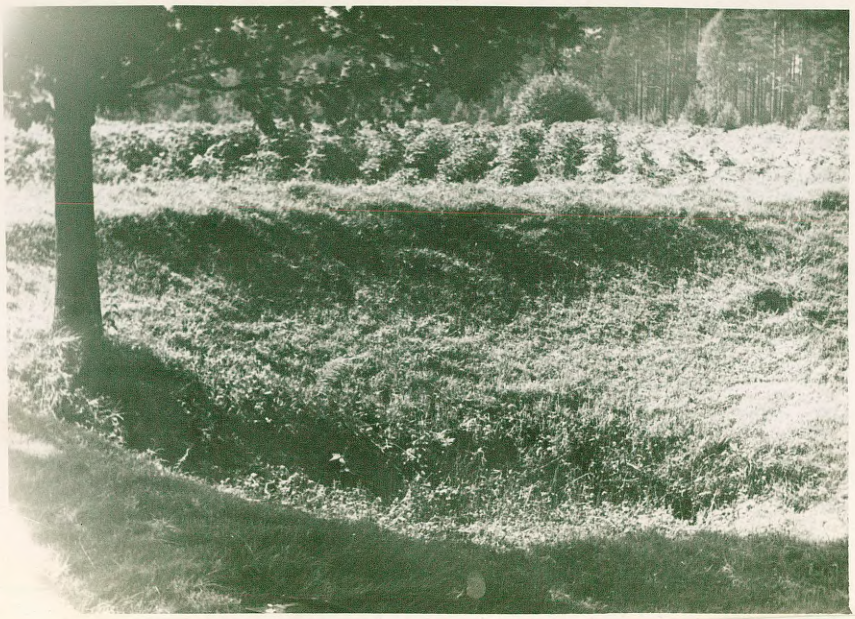


Рис.2. Воронка вблизи х.Крусталичи.



Рис.2а. Воронка вблизи нас.п.Ритери.

вого склона древней Ритерской долины (рис. 2-а) Воронка, замыкающая ложбину, расположена у хут. Авотини и имеет 4,5 м в диаметре и глубину около 3 м. Весной в ней поглощаются талые воды, которые выходят у основания берегового обрыва в виде временного источника с дебитом 4-5 л/сек.

Ниже речки Дзирнавупите карстовые воронки зарегистрированы на поверхности У-ой надпойменной террасы и на пологом склоне водораздела у хут. Бебрини и Блодыни (в 6 км выше пос. Кокнесе) (т. 150-а), а также у хуторов Акмени и Рига, вдоль сухой речки Бия (в районе Кокнесской МТС), куда сбрасываются поглощаемые воронками воды в виде подземных ручейков (рис.3).

Обширная воронка видна на поверхности IУ террасы слева от дороги, ведущей от хут. Битини к хут. Дакстери.

Ниже устья р. Перее карстовые воронки есть у хут. Бильцэни и у хут. Аули (т.67 и 29). У хут. Аули воронки образуются над карстовой подземной речкой, выходящей на поверхность в бортах террасы. Выходы вод этой речки сопровождаются образованием пещер, которые растут вглубь склона.

Ниже Миеменской излучины поверхностные формы карста встречаются редко, так как карстующиеся породы там на большей части площади долины перекрыты или песчано-глинистыми породами огрской свиты, или представлены глинисто-мергелистым комплексом пород саласпилсской свиты, в которой имеют подчиненное значение доломиты. Отдельные воронки



Рис. 3. Русло сухой речки Бия на территории Кокнесской МТС.



Рис. 3а. Карстовые углубления, бороздки, пустоты.

наблюдаются около нас.п.Кайбэлэ на поверехности верхней эрозионной террасы. Большое количество карстовых воронок и провалов зарегистрировано у нас.п. Саулкалне, но образование последних связано с гипсово-доломитовыми породами саласпилсской свиты, как и у пос.Томе и Навессала.

Замкнутые котловины и бессточные впадины

Кроме воронок в долине р. Даугава и ее притоков встречаются замкнутые котловины и плоские бессточные впадины. Именно к таким замкнутым ложбинам приурочивается большая часть карстовых воронок и проседаний.

В долине р. Лауце к таким впадинам относится поглощающая талые воды западина у хут. Мелдерниеки, по дороге от хут. Шнорниеки и хут. Гривас (в 2-х км ниже пос. Сеце), обширная впадина у хут. Дедери, которая поглощает огромное количество талых и дождевых вод, стекающих сюда со стороны хуторов, расположенных вдоль шоссе Мунелгава-Нерета. Поверхностный сток направлен в данном случае в сторону этой большой депрессии. В местах поглощения атмосферных осадков воды имеют возможность достичь поверхности трещиноватых доломитов, просачиваясь через легко проницаемые аллювиально-песчаные отложения. Пустоты и трещины в доломитах являются путями для движения воды и исходными формами для образования карстовых каналов.

Бессточные впадины и понижения часто встречаются также по обоим берегам р.Даугавы.

Замкнутые котловины, поглощающие атмосферные осадки появляются на У надпойменной террасе юго-западнее г. Екабпилс, восточнее хут. Грабажи (выше устья р. Айвиексте), ниже г. Плявиняс, в районах Крустэличского и Ритерского месторождений доломитов. Ниже нас. п. Стукмэни обширные бессточные впадины наблюдаются справа от шоссе Плявиняс-Рига у километровых столбов "116" и "114", у хуторов Бирзниеки и Расас. К наиболее низким местам впадины приурочиваются воронки с несколькими понорами в основании.

Одна из крупных впадин находится на левом берегу р.Даугэвэ и на правом берегу р. Пикстере у хут. Кригули. Эта впадина, размерами 100 х 50 м, была использована местным колхозом под пруд для разведения рыбы. Весной, после заполнения пруда, вся вода ушла по многочисленным понорам и трещинам в плявиньских доломитах. Одновременно в склоне эрозионной террасы появились временно действующие источники с различными дебитами излияния.

Наиболее крупные впадины и западины осложняют эрозионную террасу р. Даугавы напротив ст. Саулкалне в районе распространения саласпилсских гипсово-доломитовых пород.

Сухие и полусухие овражные и речные долины

Характерным проявлением поверхностного карста являются сухие и полусухие овражные и речные долины и долины ручьев.

Примером эрозионно-карстовой овражной долины является долина ручья Курклю Грава, начинающаяся на водоразделе у хут. Земзари, на правом берегу р. Лауце. Эта долина прорезает поверхность IУ надпойменной террасы, сложенной даугавскими доломитами с маломощным покровом. Ширина долины при выходе на IУ надпойменную террасу р.Лауце равна 100 м, глубина - 10 м. Питание водотоков долины происходит за счет талых и дождевых вод. По мере приближения к хут. Деги вода ручья, протекающего по дну долины, постепенно уходит в поноры и карстовые воронки, расположенные в его русле. Эти воронки у хут. Деги поглощают весь поверхностный сток ручья и русло его становится сухим.

Далее, на протяжении около 0,5 км, в русле ручья и по его берегам непрерывно встречаются воронки, в бортах которых под рыхлыми и поверхностными отложениями выходят угловатые обломки выщелоченных даугавских доломитов. У дороги, проходящей по правому берегу р. Лауце в сторону хут. Земзари, сухая долина слепо заканчивается. Весной талые воды по карстовым каналам и подземному руслу, продолжающему долину ручья, прорываются к р. Лауце, где в склоне IУ надпойменной террасы ими промыт живописный обрыв в доломитах даугавской и глинах и доломитах саласпилсской свит.

Участком разгрузки вод, поглощающихся воронками, расположенными в русле ручья, является основание IУ надпойменной левобережной террасы р. Лауце, где изливаются четыре

подземных речки и множество источников, которые дренируются рекой Лэуце. У выходов подземных потоков на поверхность развиваются овраги со значительными конусами выноса.

Путь подземных потоков легко прослеживается по ряду воронок, которые протягиваются от слепого конца глубокого оврага на месте выхода самой большой подземной речки к слепому концу долины Куркло Грава, оканчивающеся большой воронкой. Размеры соединительных воронок равны 30-40 х 15-12 м и глубина - 2-4 м ; сообщаются они между собой ложбинами до 30 м длиной. Некоторые из соединительных воронок имеют глубокие ответвления с поноpами, направленными в сторону склонов террасы.

В долине р. Даугавы сухие или с временными водотоками овражные и речные долины и долины ручьев, в которых эти водотоки перемещаются под русло, встречаются довольно часто. Так, сильно закарстован глубоко врезанный овраг на левом берегу реки выше Стабурагской излучины, между хуторами Пигены и Кактыни, имеющий по дну водопоглащающие поноры. Даже во время весеннего половодья поверхностный сток оврага в р. Даугаву незначительный. Сухое русло ручья с воронками на дне прорезает левобережную террасу у хут. Эргли, ниже устья р. Пикстере. Речки с сухим руслом имеются в районе хут. Дардзаны, на правом берегу Ритерской долины, на территории Кокнесской МТС, а также в районе хут. Даудзиешини ниже устья р. Персе и в долине р. Персе.

Наиболее ярко выражена карстово-эрозионная долина, протягивающаяся от хут. Ургас до обрыва к р. Даугаве у хут. Пакули (окрестности нас.п.Ритери). Местами в русле долины текут ручейки. Склоны и дно долины усеяны воронками различных размеров, число которых на расстоянии 600 м достигает 22. На различных участках террасы долина врезана то глубоко (до 8 м), то еле различается в рельефе. На участках ее незначительных врезов буровыми скважинами были обнаружены подземные галереи, по которым поглощаемые воронками воды прокладывали путь к р. Даугаве.

На правом берегу древней Ритерской долины, на хут. Ардупе, у фермы, каптирован выход подземной речки, которая питается водами, поглощаемыми воронками вышеописанной долины. На территории этой же фермы, в основании террасы, выходят еще два подземных ручья с сильно меняющимся дебитом /до 0,6 л/сек/.

У хут. Клинтис в склоне террасы, обрывающемся к реке, также были каптированы воды подземного ручья -источника. В 1958 г. пристройка у источника провалилась в образовавшуюся полость на глубину 2,5 м. Источник перестал существовать.

Во дворе хутора Нунклинтис выходят подземные ручьи в нижней части склона сухой безымянной долинки. Долинку эту заканчивают небольшие воронки, куда повторно уходят воды ручьев. В 70 м от бровки террасы появляется глубо-

кий 5-ти метровый врез долины ручья , на дне которого выходят воды, поглащенные воронками на хут.Жунклинтис.

На правом берегу ручья есть большая (12 х 8 м) засыпанная воронка и мелкие , недавно появившиеся воронки размерами 1 х 0,8 и глубиной до 0,4 м.

Помимо упомянутых, многие ручьи и овраги, открывающиеся на верхнюю террасу р. Даугавы, не имеют водотоков и исчезают в карстовых полостях. Вблизи нас.п.Стукмани ручьи исчезают в воронках на дне балок под названием: "Сухой лог", "Малиновый лог", "Тайный лог", прорезанных в доломитах даугавской свиты. Воды, поглощаемые воронками на поверхности террас, а также в руслах сухих водотоков, выходят в склонах эрозионных террас, образуя карстовые источники и выходы подземных речек и ручьев.

Источники трещинно-карстовых вод.

В бортах долины р. Даугавы и ее притоков на различной высоте от уреза воды вытекает множество источников трещинно-карстовых вод. Среди этих источников могут быть выделены периодически действующие и постоянные. Как те, так и другие испытывают изменения в режимном отношении в зависимости от метеорологических условий.

Структурные особенности залегания карстующихся пород и мощности хорошо фильтрирующих аллювиальных отложе-

ний определяют степень изменений режима карстовых вод в источниках.

Периодически действующие источники (в паводковые и дождливые сезоны) располагаются в зоне нисходящего движения карстовых вод, подошва которой определяется любым ближайшим водоупором. Мощность этой зоны определяется глубиной залегания последнего и на разных участках колеблется от 2 - 2,5 до 8-10 м (см.гл.У).

Дебиты источников зоны вертикального движения карстовых вод обычно незначительны - 0,01-0,5 л/сек, но в паводки и в периоды сильных дождей возрастают до 0,7 -1,0 л/л/сек.(источник у хут. Звейники, напротив острова Абелю, группа источников ниже Кокнесской переправы, источники ниже устья р. Локстынь и т.д.). Большое количество источников выходит из зоны горизонтального движения вод даугавской, саласпилсской и плявиньской свит, залегающих над уровнем р. Даугавы. Режим этих источников подвержен меньшим колебаниям по сравнению с первыми, но и он тесно связан с уровнем воды в р. Даугаве и с количеством выпадающих осадков в разные времена года. С зоной горизонтального движения трещинно-карстовых вод связаны также восходящие источники в плявиньской свите, отмеченные на карте естественных выходов вод на поверхность.

Характерным для источников карстовых вод является то, что в местах их выхода на поверхность развиваются воронки или ниши (в склонах террас). Так, в долине в.

р. Лауце у хут. Пельше, в месте выхода карстового источника в верхней части пологого уступа IУ надпойменной террасы, развивается цепочка воронок, которая современем образует большой провал. Выщелачивающее действие, выходящих здесь вод на доломиты свиты $D_3 d_9$ сказывается в интенсивном росте воронок и в образовании доломитовой муки в нишах около источника. Выше пос. Серена, на левом берегу р. Лауце, у прислонения поймы к надпойменной террасе, в месте выхода карстового источника, происходит выщелачивание слоев доломита подсвиты $D_3 d_{93}$ с обрушением глыб этих доломитов вследствие расширения трещин выщелачиванием.

В районе Стабурага, на левом берегу р. Даугавы, в склоне У надпойменной террасы выходят подземные ручьи и обильные карстовые источники с дебитом до 10 л/сек. Выходы карстовых источников из толщи плявиньских доломитов сопровождаются образованием воронок проседания значительных размеров и образованием небольших пещер карстового происхождения.

Т Р Е Щ И Н Ы, п е щ е р ы, н и ш и и д р у г и е ф о р м ы

Из всех форм актинного карста преобладающее значение имеют формы, развитые в отвесных и ступенчатых уступах эрозионных террас, сложенных карбонатными породами.

Растворение доломитов на плитообразных поверхностях в уступах эрозионных террас приводит к образованию карстовых углублений, бороздок, мелких выступов, развивающихся главным образом вдоль трещин выветривания (рис. 3[9]).

Процессы современного карста интенсивно проявляются в берегах р. Даугавы в разработке трещин и каналов, в образовании ниш, пещер, а также в проседаниях и внутрислойных перемещениях отдельных пачек и слоев доломита.

Разработка трещин и карстовых каналов происходит в сильной степени в даугавских доломитах в уступе У надпойменной террасы р. Даугавы на участке Пениги-Плявиняс и на других участках ниже г. Плявиняс.

По наблюдениям во время полевых работ в доломитах свиты $D_3 dg$, слагающих борта эрозионных террас, происходят все стадии процесса, начиная от образования зияющих трещин сечением в 2-3 см, часто с корочками кристаллического или натечного кальцита на стенках, до вымывания вдоль трещин пустот диаметром до 1 м. Зияющие трещины с раскрытием до 25 см нередко пересекают всю толщу даугавских доломитов. На контактах между отдельными пачками доломитов трещины расширяются, образуя раздувы, заполненные ожелезненным щебнем и доломитовой мукой и в местах пересечений трещин образуются небольшие ниши.

Наиболее крупные карстовые каналы связаны с трещинами бортового отпора, ориентированными вдоль склонов долины и достигающими в отдельных случаях ширины 5-10 м.

О быстром расширении таких трещин свидетельствует массив доломитов в уступе У террасы на восточной окраине г. Плявиняс, отделившийся по трещине отпора в течение последних пяти лет. Интенсивность развития трещин бортового отпора обуславливается не только тем обстоятельством, что они дренируют подземные воды, но и тем, что во время высокого стояния речных вод они являются путями движения последних.

Все видимые пещеры и ниши развиваются преимущественно по тектоническим трещинам двух преобладающих направлений, ориентированных под углом по отношению к коренным берегам, и являющихся основными дренами подземных вод в сторону долины. Дальнейшая разработка трещин ведет к образованию пещер, большое количество которых наблюдается между порогом Грубе и нас. п. Стукмани.

В береговых уступах между пос. Стукмани и Бебрулей зарегистрировано большое количество ниш и пещер. Стенки ниш сильно ожелезнены, в них выходят карстовые каналы диаметром до 30-40 см (см. фотоснимок № 3б). В периоды снеготаяния и сильных дождей из этих каналов вытекает вода.

Крупные пещеры большей частью привязаны основаниями к кавернозным доломитам верхней части подсвиты $D_3 d_{91}$



Фото 3б. Карстовые каналы в стенках ниши.

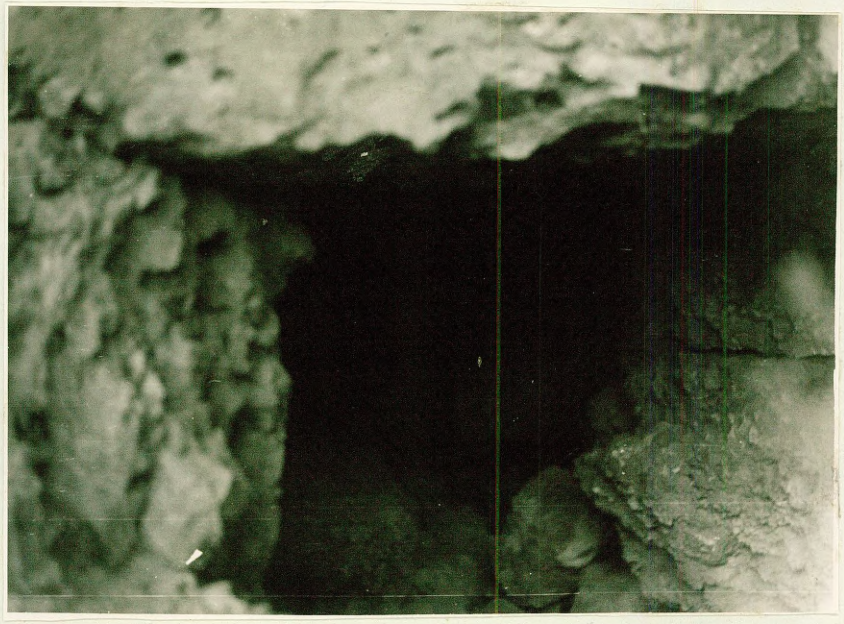


Фото 4. Пещера в даугавских доломитах ниже устья р.Локстынь.

и вглубь склона переходят в поднимающиеся вверх карстовые каналы. Во многих случаях пещеры вложены в полукруглые выемки с разрушенными, изъеденными и ожелезненными стенками.

Одна из таких пещер располагается ниже устья р.Локстынь на правом берегу р. Даугавы на высоте 4,5 м над урезом воды в реке (см.фотоснимок № 4). Потолком пещеры служат доломиты кавернозной толщи подсвиты $D_3 d_{93}$. Глубина пещеры около 3 м. Высота - около 4 м. На потолке образованы натеки и сталактиты извести. Из под щебня на дне пещеры вытекает карстовый ручей.

Типично карстовая пещера находится близь доломитового карьера у пос. Бебрулей. Располагается она на высоте 9 м над уровнем реки и имеет узкое входное отверстие размером 0,6 х 1,2 м. Сразу от устья дно пещеры погружается и высота ее увеличивается до 2,5 м. Пещера обследована на глубину до 11 м. Дальше она разделяется на отдельные узкие ходы. Один из них опускается вниз, а другой уходит по направлению к реке (рис. 4[а]).

У нижнего конца Бебрулейского участка в плитчатых доломитах подсвиты $D_3 d_{93}$ небольшие пещеры с зазубренными стенками непрерывно протягиваются на расстояние 300 м.

На Кегумском участке к крупным закарстованным трещинам приурочиваются многочисленные пещеры. Наибольшая из них располагается на крыле одной из флексур,

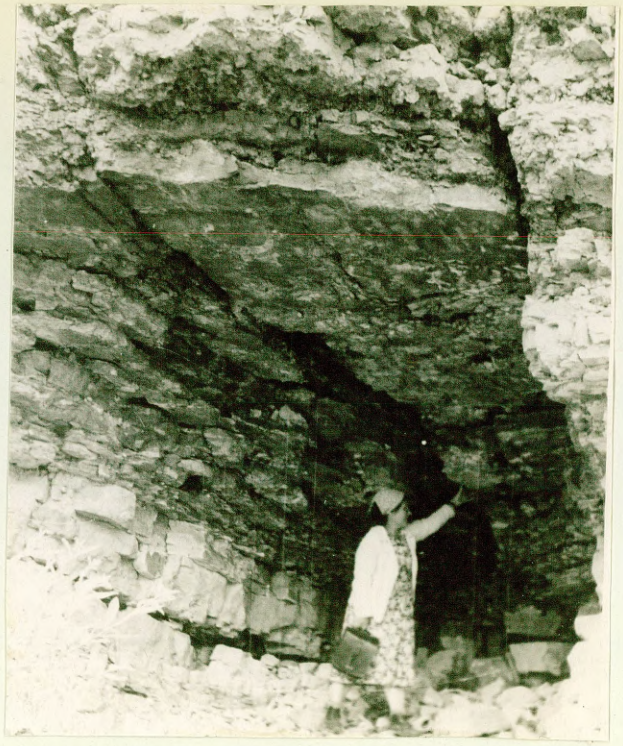


Рис.4-а. Бебрулейская пещера в даугавских доломитах



Рис. 4-Б. Смещенные доломиты в стенке пещеры.

срезанной вертикальной трещиной шириной в 0,4 м. Во многих случаях пещеры и ниши приурочиваются к полукруглым выемкам с разрушенными, изъеденными и ожелезненными стенками.

Большие выемки прослеживаются ниже устья р. Скансупите, около г.Плявиняс. Одна из выемок шириной более 30 м образована в месте откола большой глыбы доломита подсвиты $D_3 \mathcal{A}_{93}$, которая опустилась в воронку, находящуюся в соседней выемке. Здесь, в нижнем крыле выемки, слои наклонены вверх по реке (к центру выемки), в верхнем - смещены вглубь склона, где образована карстовая пещера, в которую опускаются мергеля подсвиты . Дно пещеры загромождено доломитовой осыпью, которая образовалась в результате обрушения стенок и свода карстовой полости (рис.4^{б}).

Следующая выемка вниз по реке (почти напротив верхней окраины г.Плявиняс) представляет собой центр карстовой воронки по бортам которой слои доломитов залегают почти горизонтально. Центр выемки занимает выступающий массив карстовой брекчии. Ниже брекчии видны запрокинутые вглубь склона пласты доломитов.

Провальные участки выемочного типа сменяют массивы доломитов, разбитых трещинами на отдельные куски и глыбы и образующие так называемую " разборную скалу". У основания таких массивов наблюдаются своеобразные скопления



Рис. 4в. Обвалы доломитов
над пустотами.

беспорядочно нагроможденных доломитовых глыб, которые появились, очевидно, в результате обвалов породы в карстовые пустоты (рис.4в)

Внутрислойные перемещения доломитов

Широко распространенным признаком современного карста является внутрислойные перемещения глыб и целых пачек доломитов. Эти явления приурочены в основном к нижним горизонтам даугавской свиты, залегающим непосредственно на водоупоре. Иногда ими охвачены и более высокие пачки слоев - до кавернозной толщи. Причиной этого является неодинаковая способность к растворению различных прослоев и участков доломитов. В результате одни глыбы и прослои выщелачиваются , а другие обрушиваются или смещаются в образовавшиеся пустоты. Вследствие этого нарушается первоначальная слоистая текстура доломитов и вся их пачка приобретает характер глыбовой брекчии из крупного или более мелкого щебня доломита, слабо связанного остаточными продуктами выщелачивания. Иногда в брекчии заключены отдельные глыбы слоистых доломитов, ориентированные в различных направлениях. Благодаря этому создается впечатление, что вся толща доломитов разбита многочисленными сбросами и сдвигами различных направлений. В то же время покрывающая брекчию толща кавернозных доломитов залегает

спокойно. Эти явления распространены, например, на участке Бебрулейской, Дактерской и др. структур.

На участке Стукмани-Бебрулея зафиксированы явления проседания доломитов, которые приурочены обычно к нижнему горизонту даугавской свиты. В результате прогибов слоев вдоль трещин образуются воронки до 3-4 м в диаметре (рис.4^{г}).

Воронки типа межпластовых прогибов наблюдаются в разрезе террас у скв. 180 (П Стукманский створ) и у верхнего конца г. Плявиняс, где доломиты смещены на 3,5 - 4 м и образовали воронку провального типа.

Проседание и карстовые прогибы в доломитах, слагающих берега реки, помимо исследуемого района, очень характерны для Кегумского и Огрского участков долины.

П о д з е м н ы е к а р с т о в ы е ф о р м ы

Поверхностные карстовые формы района, как показали буровые материалы МОСГИДЭП'а сообщаются с системой подземных каналов и полостей. Одна из скважин (№46), пробуренная в 20 м от левой бровки долины Куркле Грава, вскрыла в верхней части даугавских доломитов карстовую пустоту высотой в 3 м. Ниже этой пустоты доломиты были превращены в рыхлый щебень и доломитовую муку.

Разведочная шахта, пройденная на месте скважины № 46, вскрыла толщу сильно закарстованных даугавских



Рис. 4г. Проседания в доломитах над пустотами и межпластовые прогибы /фото Е.Н.Спринчис/.

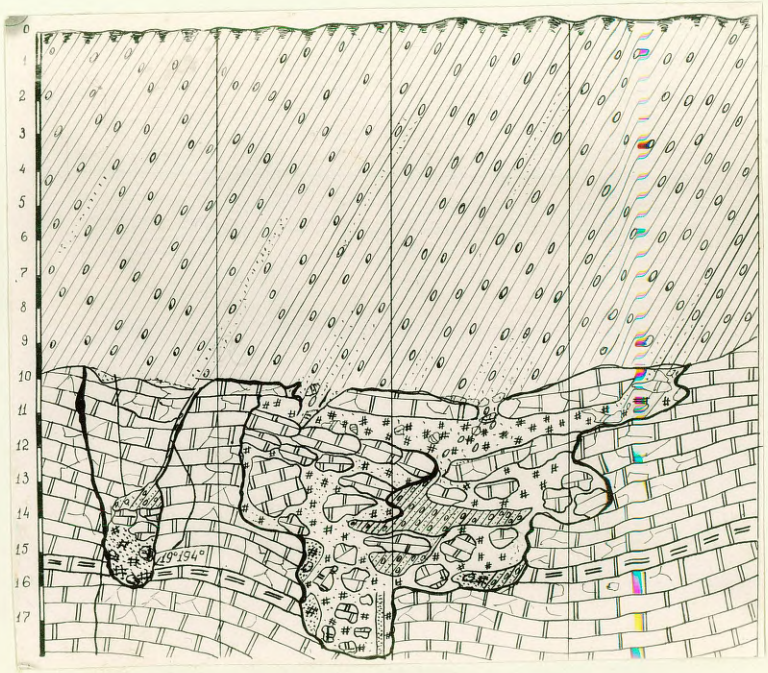


Рис. 5. Подземные карстовые полости на водоразделе р.р.Даугава и Лауце.

доломитов, покрытых слоем моренных суглинков, мощностью до 10 м. В разрезе шахты были выявлены подземные карстовые полости в виде разнообразных по форме и величине пустот, а также сильно раздробленные зоны, в пределах которых происходят перемещения, смятия, разрывы слоев и пачек доломитов, с амплитудой до 1,0 м и более. Карстовые пустоты, каналы и крупные трещины, сильно расширенные выщелачиванием, заполнены обломками рыхлых доломитов, влажной доломитовой мукой, а также моренными суглинками и песками (рис. №5). В заполнителе крупных трещин встречаются пятнистые глины олигоценового возраста. Так как эти глины на рассматриваемой площади целиком снесены ледником, то очевидно, здесь имеет место наряду с современным и доледниковый карст.

б) Древний карст.

В описываемом районе, наряду с проявлением современного карста, широко развит древний карст, описанный в свое время Е.Н.Спрингис [13].

Древние карстовые провалы вскрыты буровыми скважинами в долине р. Даугавы, а также на ее ближайших водоразделах. В долине реки карстовые провалы вскрываются в бортах долины и на поверхности эрозионных террас. Они представляют собой полости подземного обрушения, заполненные смещенным комплексом коренных и четвертичных отложений. Глубина провалов достигает 70 м, а ширина в основании 60-100 м.

Провалы имеют доледниковый возраст и заполнены породами верхнего девона, среди которых присутствуют и отложения огрской свиты франского яруса, которые на рассматриваемой площади, за исключением небольших участков, уничтожены ледником. Более молодые провалы заполнены глыбами верхнедевонских пород, а также валунами и мореной (рис.6).

На верхнем конце рассматриваемого участка долины реки Даугавы древние провалы выявлены в районе острова Абелю, затем ниже по течению они прослеживаются у хутора Пенигги, ниже г. Плявиняс, в районе Плявиньских створов и у поселков Кокнесе, Кегумс, Юмправа, Икшкиле, Огре и др.

В полуразмытые полости провалов в береговых обрывах Даугавы обнаруживаются по выходам огрских отложений среди более древних пород. Обычно в обрыве сохраняется только одна из стенок провала, остальные же уничтожены эрозией реки. Морфология провалов зависит от того, на каком уровне прорезает его река и какими породами сложены его стенки.

На отдельных участках долины древние провалы встречаются очень часто, тогда как на других они отсутствуют совсем. В районе острова Абелю, например, детальной разведкой МОСГИДЭПа для Екабпилсской ГЭС выявлено 12 провалов на относительно небольшой площади. Здесь на правом берегу реки, напротив хут.Анцани, в расчистке, произведенной геологом Ю.Брейве, вскрыты пестрые серые и фиолетовые слюдистые глины огрской свиты, в которых не заметно слоистости. Ниже пестрых глин, заполняющих провал, на бичевнике залегает



Рис. 6 Карстовый провал с валунами и мореной.



Рис. 6а. Борт Олицкалнского провала /фото О.Бирэгалиса/.

совершенно нормально пласт желто-серого пелитоморфного доломита. В крыльях провала пласты доломита перемяты и падают то в одну, то в другую сторону. Почти напротив расчистки на правом коренном берегу, под значительной толщей моренных суглинков вскрыт древний провал буровой скважиной № 17.

На самом острове Абелю геологическими выработками вскрыто 5 древних провалов, а на левом берегу Даугавы напротив острова - 5 провалов. Самый верхний из провалов на левом берегу располагается выше абельской школы, в склоне надпойменной террасы. В центре провала торчит большая глыба доломита, запрокинутая вглубь склона, с юго-востока она обрезается трещиной, идущей по азимуту 40°. Над глыбой видны красные и фиолетовые огрские глины, заполняющие сверху провал. Ниже глыбы доломиты даугавской свиты запрокинуты тоже вглубь склона и перемяты в складки с вертикальной амплитудой до 1 м.

В верхнем крыле провала пласты наклонены по течению реки под углом 20° к полости провала. Напротив школы обнажается следующий провал. Здесь залегающие горизонтально доломиты вдруг резко прогибаются к центру провала под углом 50°, где выходят фиолетово-красные и зеленоватые глины с перетертыми обломками мергеля и песчаника.

Примерно в 0,4 км выше школы в склоне террасы появляются зеленовато-серые и серые глины с включениями

щебня и обломков кальцитизированного доломита, которые заполняют очередной провал, по бокам его на одном уровне с глинами, выходят плиты кавернозных доломитов, которые прогибаются в сторону глин. Полости провалов на данном участке не имеют четко оконтуренных выемок вследствие неглубокого врезания реки и опознаются по характерным карстовым прогибам и выходам огрских отложений среди даугавских доломитов.

Вторым участком с большим количеством древних провалов является район Плявиньских створов: у горы Олинькалнс и у поселков Ритери, Дактери и др. В районе Олинькална вскрывается верхняя часть древнего провала, который расположен в обрыве останца верхней надпойменной террасы и имеет выемку до 40 м в диаметре. Стенки выемки сложены доломитами, разбитыми вертикальными трещинами на крупные глыбы, наклоненные вниз и вверх по течению реки. Крылья провала спускаются к реке ступенями, образующими широкие карнизы. Отдельные глыбы доломита или запрокинуты к центру провала или обрушены и смещены вниз по провалу (см. фотоснимок 6^{2}).

Полость провала плотно забита обломками и глыбами песчаников и мергелей и глинами огрской свиты. Штольня при разведке провала показала, что смещенные породы огрской свиты уходят вглубь склона под даугавские доломиты, а шурф, заданный на бичевнике в 3 м ниже уровня воды, не дошел до дна провала.

Скважина № 153, пройденная по оси одного из Плявиньских створов, вскрыла в русле реки глубокий прогиб плявиньских доломитов, кровля которых смещена по сравнению с соседними участками до 10 м. Несомненно, прогиб образован в месте глубокого карстового провала.

В крупном провале у хут.Дактери породы плявиньской свиты образуют прогиб, а затем исчезают из разреза берега на протяжении 30 м. В береговом обрыве над прогибом, на высоте в 5-6 м над кровлей плявиньских доломитов, залегают смещенные глыбы даугавских доломитов, промежутки между которыми занимают перетертые мергели, глины и песчаники огрской свиты.

Участками интенсивного развития древних провалов является район Стабурага и отрезок долины между хут.Крустгалицы и хут. Айзас, где на относительно небольшом протяжении, равном 2 км, обнаружено 11 провалов. Некоторые из Стабурагских провалов достигают в диаметре 60 м. В одном из провалов этой группы, расположенном на правом берегу реки, различаются две плоскости, обрушение которых происходило, по-видимому, не одновременно. [113.] Нижняя полость образовалась за счет обрушения плявиньских доломитов, верхняя же представляет собой воронку проседания. Обширная выемка воронки разделена массивом смещенных даугавских доломитов. В глыбе смещенных доломитов, наклоненных к центру воронки, доломиты сильно разрушены карстовыми процессами и превращены в сильно ожелезненную брекчию

из угловатых и обтертых обломков доломита.

Провалы у хут.Эглэйи и хут.Звейниеки представляют собой конусообразные полости в плявиньских доломитах, заполненные смещенными породами огрской и даугавской свит. Глубина этих полостей не установлена. Так, в центре эглэйнского провала скважина прошла 70 м и не достигла дна провала. (см.приложение № 10).

Скважина № 74, заданная в центре другого провала, прошла более чем на 24 м глубже речного дна и также не достигла основания провала. На этом же участке (в верхнем конце Кристалической излучины Даугавы, выше хут.Олиньколи, напротив хут. Дунюлея, на левом берегу реки) обнаружены и более молодые по возрасту провалы, полости которых заполнены даугавскими доломитами и валунами кристаллических пород. Прослеживаются также провалы в береговых уступах низких эрозионных террас или на контактах эрозионных и аккумулятивных террас и узнаются по исчезновению в разрезе берега даугавских доломитов, которые на участках провалов замещаются навалом крупных глыб доломитов и валунов. Доломиты на контакте между неэмещенными доломитами и глыбовым навалом сильно разрушены процессами карста (см.фотоснимки 7,8).

Ряд карстовых провалов вскрыт скважинами МОСГИДэПа выше устья р. Лауце, на левобережных эрозионных террасах и коренном берегу р. Даугавы. Заполняют провалы смещенные породы огрской свиты, представленные перемятыми глинами с



Фото 7. Кристаллический провал. Расположен на контакте аккумулятивной и эрозионной террас./Фото О.Бираглиса/.



Фото 8. Карстовый провал ниже Кегумской плотины.

линзами и прослоями песка, под которыми залегают глыбы и обломки доломитов с глинистым заполнителем смещенных свит - даугавской, саласпилсской и плявиньской.

Смещение обломочного материала этих свит в скважинах №№ 49 и 85 наблюдается более чем на 24 м ниже нормального залегания кровли эматской свиты. В провалах, вскрытых скважинами №№ 97 и 496, просевшие доломиты плявиньской свиты залегают на 8 м ниже кровли эматской свиты, а в провале на левом берегу р. Лауце, пройденном скважиной № 943, сместившиеся породы располагаются ниже нормального залегания кровли эматской свиты более чем на 13 м (приложение №№ 15, 15^a, 11).

Ниже Миеменской излучины древние карстовые провалы располагаются на левом и правом берегах Даугавы выше нас. п. Юмправа и называются юмправскими.

Первый провал (снизу вверх по реке) находится в 50 м ниже хут.Бенцани . Провал представляет большую выемку в склоне, нижний борт которой очерчен неясно.

Вся полость провала состоит из перемятых пород огрской свиты и только в 1,5 м над урезом воды видны низы доломитов подсвиты $D_3 dg_1$, которые запрокинуты вглубь склона почти на 80^0 и прогнулись к центру провала. В центре провала промыт глубокий желоб в виде дополнительной воронки, по которому сползают огрские глины.

В верхнем борту провала намечается еще одна воронка, в виде углубления внутрь террасы. В бровке склона

над воронкой образовался прогиб. Стенка доломитов, ограничивающая полость провала, отделилась от коренного склона и состоит из сильно просевшего блока сильно разрушенных доломитов.

В 270 м выше первого провала происходит новый перерыв в нормальном наслоении доломитов берега. В борту террасы здесь отчетливо видна огромная выемка с двумя центрами обрушения. Первый, в нижнем борту провала и в верхней части склона, образует воронку на поверхности террасы у бровки и спускается вплоть до уреза. Заполнена эта часть провала оргскими глинами и песчаниками. Смещенные доломиты $D_3 dg_3$ оконтуривают воронку лишь в верхней части склона. Второй центр, меньший по размерам, различается в верхней части провала в 2,0 м выше от уреза воды в реке и заполнен наряду с оргскими породами слоистыми доломитами нижнедаугавской подсвиты, запрокинутыми к центру воронки почти на 180°. Обе полости провала разделяются крупноглыбовым песчаником оргской свиты.

В береговом обрыве, выше провала на фоне общего поднятия доломитов вверх по реке, последние резко наклонены к центру обрушений.

В 280 м выше хут. Шопас находится третий "левый" юмправский провал. Борта провала размыты и выделяются резкими наклонами сильно раздробленных доломитов к полости провала. Середина провала состоит преимущественно

из пестрых огрских глин, вдавленных в центр террасы и образующий характерный желоб, открывающийся к поверхности склона. В нижней части полости огрские глины окружены "воротничком" сильно запрокинутых слоистых даугавских доломитов, в верхней части (за желобом) доломиты совершенно отсутствуют и замещаются навалом глин и крупных глыб песчаников.

На правом берегу р.Даугавы, почти напротив "третьего левого" провала, находится провал, выраженный в бровке террасы воронкой. Верхний борт провала состоит из перемятых и запрокинутых глыб даугавских доломитов, на отдельных участках смещенных без нарушения слоистости.

Центр полости занят огрскими глинами, верхняя часть склона - большими валунами, нижняя- глыбами нижне-даугавских доломитов. Нижний борт провала ограничивают крупнокавернозные доломиты $D_3 d_{g_1}$,разбитые на глыбы и надвинутые друг на друга ступенями, наклонными к центру полости. (Фото 9).

В русле реки, у бичевника, глыбы доломитов поставлены " на голову" и запрокинуты внутрь склона на 50°.

В 100 м от хут. Шопас, стоящего на левом берегу, обнаруживается меньший по размерам провал с двумя центрами обрушений. В этом провале почти отсутствуют огрские глины, а полость его заполнена разобщенными глыбами доломитов и карстовой брекчией. Начинается провал в верхнем борту разломом и проседанием слоев доломитов в куполе небольшой структуры.

В 100 м ниже этой точки прослеживается еще три провальных полости , с очень сильно размытыми бортами. Заметно резкое уменьшение заполнителя огрских пород в полостях провалов на этом участке. В верхнем борту провала тонкослоистые доломиты $D_3 dg_1$, не просели, а сгофрированы в мелкие складки и образовали своеобразную крышу, под которою выдвинуты и вмяты сильно разломанные доломиты из центральной части полости, где образована воронка.

К воронке до середины склона спускаются мелконевидные доломиты, погруженные в доломитовую муку, под которыми глыбы доломитов ориентированы беспорядочно и поставлены на "ребро". Нижний борт провала составляют надвинутые друг на друга доломиты, нависающие этажами над перемятым материалом, опущенным в полость второй воронки.

Протяженность провала - 58 м. Два последующих провала не образуют в береговом уступе выемок, они различаются перерывами нормального разреза и пятнами огрских глин в верхней части склона.

В нижнем крайнем провале огрские глины просели до уреза воды и местами сохранили слоистость.

По краям провала доломиты образуют надвинутые к центру полости уступы, запрокинутые от реки на 40-55°.

Доломиты в береговых склонах между отдельными провалами сильно разрушены и процессами современного карста.

В контактовых с провалами зонах доломиты сильно раздроблены, ожелезнены, превращены в брекчию и пронизаны небольшими полостями и каналами.

Очень характерны на участке развития древних провалов проседания отдельных пачек доломитов по крупным трещинам. Одним из таких крупных проседаний является смещение доломитов по сбросовой трещине на левом берегу, в 200 м выше хут.Бенцени. Здесь средняя часть доломитов $D_3 dg_3$ вначале сместилась по трещине на 0,6 м, затем резко прогнулась над нишей, промытой вдоль этой трещины. В нишу смыта морена с бровки террасы, ей же заполнены мелкие трещины в прогнувшихся доломитах.

Группа оргских провалов по формам, заполнителю и размерам сходна с юмпрвскими и не нуждается в дополнительном описании.

III

Г Л А В А III

Физико-географические условия развития карста в долине р. Даугавы

а) Климат

б) Почвы и растительность

в) Орогидрография

а/ КЛИМАТ

Климатические условия оказали определенное воздействие на развитие как древнего, так и современного карста. Особенно сильное влияние климатические факторы оказывали на развитие древнего карста в более ранние геологические периоды, когда базис эрозии имел более низкое положение и карстующаяся толща была приближена к дневной поверхности. Однако, восстановить палео-физико-географическую обстановку в деталях для выяснения роли последней в развитии древнего карста довольно затруднительно.

Известно, что климат в течение даже последней - кайнозойской эры подвергался резким изменениям. Особенно сильные изменения климата происходили в четвертичное время в результате неоднократного вторжения ледников на территорию Европейской части Союза.

После отступления последнего - валдайского оледенения произошло значительное потепление климата. Температура воздуха повысилась, осадки выпадали в значительных количествах, разрослись лесные массивы. Это был период климатического оптимума. После него температура начала понижаться и климатические условия пришли к современному,

сравнительно холодному периоду. Наиболее благоприятными для развития карстового процесса были периоды потепления климата.

Современный климат Латвийской ССР, умеренно-континентальный, но испытывает непосредственное влияние Балтийского моря.

По сравнению с центральными и более северными районами Европейской территории СССР климат Латвии значительно мягче. Особенной мягкостью отличается климат прибрежных районов и нижнего течения реки Даугавы, климат восточных районов более континентален [119].

Районы возвышенностей Латвии, таких, например, как Курземская, Латгальская и Видземская, отличаются от прилегающих к ним равнинных областей большей влажностью и облачностью, возрастанием количества выпадающих осадков, пониженными температурами и длительностью залегания снежного покрова.

Погода на территории Латвийской ССР очень неустойчива, с оттепелями зимой и заморозками весной и осенью. Колебания температур в западной и восточной Латвии незначительны. Средняя годовая температура составляет на западе + 6,5°, в в средних частях + 5,5°, а на северо-востоке + 4,5°. В самом холодном месяце- январе - температура на западе в среднем составляет - 3,0°, на востоке - 7,0°. Самый теплый месяц - июль - характеризуется температурами от + 16° на западе (Вентспилс) до + 17° на востоке (Молнава).

Вся территория Латвии относится к области избыточного увлажнения. Годовое количество осадков колеблется от 550 до 800 мм, причем, максимум их 400-500 мм выпадает в самый теплый период года.

Минимум осадков падает на апрель, максимум - на август. Самое большое количество осадков выпадает на юго-западных склонах Видземской возвышенности. Вообще в зависимости от рельефа местности совсем на малых расстояниях, количество выпадающих в год осадков может меняться до 100 мм (например, район г. Зосени и др.).

Большое содержание влаги в преобладающих морских воздушных массах, незамерзающее у берегов Латвии Балтийское море, сильно увлажненная, местами заболоченная, поверхность почвы определяют повышенную влажность воздуха и большую пасмурность Прибалтики. В республике за год бывает 150-180 пасмурных дней.

Весна в Латвийской ССР длится около 2 месяцев, ход ее замедляется частыми возвратами холодов, благодаря северным ветрам, приносящим холодные и сухие арктические воздушные массы.

Лето в Прибалтике прохладное, влажное, с малыми колебаниями температуры и большим количеством осадков.

Осень отличается увеличенной облачностью, длительными моросящими дождями, прохладной сырой погодой.

Зима в республике длится около трех месяцев, с преобладанием слабо морозной, пасмурной погоды, с частым выпадением снега, иногда дождя. Снежный покров устойчиво

залегает с середины декабря до середины марта. Максимальной высоты, которая равна 40-50 см, снежный покров достигает на Видземской возвышенности. В восточных районах он равен 30-40 см. Промерзание почвы к концу зимы достигает 30-40 см в западных районах и 50-70 см - в восточных.

Небольшая глубина зимнего промерзания покровных образований в сочетании с большой переувлажненностью их даже при тонком снеговом покрове способствует эффективности карстовых процессов, локализуя их в зависимости от морфологических форм рельефа.

Температурные условия воздуха и почвы, а так же режим осадков благоприятствуют развитию карста в долине р. Даугава в течение всей весенней и осенне-летней части года.

Неравномерное распределение влажности по временам года вызывает неодинаковые условия инфильтрации поверхностных вод.

Наши наблюдения в летние периоды 1955-59 г.г. выявили ряд участков на поверхности эрозионных террас, где после ливневых дождей появлялись небольшие воронки и канавки диаметром в 1-1,5 м и глубиной в 0,5 - 0,6 м . Во время полевых работ отмечены совершенно недавние "летние" проявления карстовых процессов на правом берегу р. Лауце у х. Ступели, у х.Пельше и на левом берегу р. Лауце южнее х.Дамби и на обоих берегах р. Даугавы - у хуторов Аули, Рунчи (Стабурагская терраса), Пениги, Цирсниеки (выше г. Ливаны) и других местах.

Обильные летние дожди, таким образом, вызвали повышенный сток и фильтрацию, ускоряющие процессы выщелачивания доломитов так же, как и весеннее снеготаяние, когда усиление карстопроявлений связано с поступлением агрессивных талых вод в различного рода западины, в которых они через рыхлый покров четвертичных отложений просачиваются в толщу растворимых пород.

В зимние периоды на участках с малой мощностью аллювиальных отложений на террасах и склонах, где доломиты прекрасно обнажены, в трещиноватых и пористо-кавернозных их разностях происходит подготовка к местным карстовым разрушениям, так как замерзание в трещинах и кавернах воды способствует дальнейшему разрушению породы.

Помимо этого карстовые воронки, овраги, ложбины, замкнутые понижения на поверхности террас, пещеры и ниши служат очагами скопления снега, а затем талых вод. Наряду с этим, многие карстовые формы служат дренажами, быстро поглощающими талые снеговые воды, потоки которых увеличивают пропускную способность поноров. Многочисленные овраги и русла сухих речек на участке долины р. Даугавы между х. Плявиняс и устьем р. Лауце становится весной в периоды сильных дождей областями быстрого и неравномерного стока, создающего сезонные потоки. Поверхности террас с маломощным песчаным покровом у х. Айнарес, Атрес, Вилцаны, Раудас, Янковски, Олиньказн, Грабажи, являются областями усиленной фильтрации, вследствие хорошей проницаемости аллювиальных песчаных отложений.

На участках с малопромерзающим почвенным и четвертичным покровом дружная весна ускоряет сток и доступ к поверхности карстующихся пород. Так, весной 1950г. появились водопоглощающие воронки в тальвегах оврагов у хуторов Брянкас, Кактини, Муйжниеки (на участке долины Плявиняс - Стабураге) и воронки в бровке террас между хуторами Тимурбалтгалв и Крустелицы.

Весна 1950 г. наступила исключительно рано - в середине марта. Таяние снега шло бурно, и уже в третьей декаде марта снег повсеместно сошел. Напор талых вод вызвал промывку заиленных понор на дне оврагов и возникновение новых. Но карстовые процессы активизируются, когда снег ложится на непромерзшую почву и когда весна развивается медленно. Хорошим примером этого является участок, который расположен южнее х.Балсари, на IУ надпойменной террасы р. Лауце, в 0,4 км от шоссе Нереты-Яунелгава. Здесь после затяжной весны 1955 г. образовалось 8 новых вороночек с глубокими поглощающими понорами.

Этой весной почва была сильно переувлажнена, местами наблюдалась верховодка. В мае приход влаги превысил ее расход на испарение в 3-5 раз.

Таким образом, сезонная неравномерность развития карста находит свое отражение в приуроченности образования карстовых форм (в большинстве случаев - воронок) к периодам усиленной инфильтрации талых вод и наибольшего выпадения осадков в летнее и осеннее время. От количества характера и распределения осадков по сезонам зависит соотношение испарения, поверхностного стока и инфильтрации. На

описываемой территории, в зоне влажного и мягкого климата, развитие карста в зоне аэрации идет довольно интенсивно.

Б) ПОЧВЫ и РАСТИТЕЛЬНОСТЬ.

Роль почвенно-растительного покрова на процессы развития карста в пределах исследуемой площади в деталях не изучена. Несомненно почвы и растительность оказывают существенное влияние на ход развития гидрохимических процессов как источник образования гуминовых кислот, агрессивно действующих на карбонатные породы. Гниение и разложение органических остатков - источника углекислоты - идет интенсивно вследствие благоприятных условий развития деятельности аэробных почвенных бактерий. Углекислота, как известно, играет решающую роль в формировании растворяющей способности атмосферных вод. Выделение углекислого газа из почвы в приземной воздух является процессом резко неравномерным [112]. В наших широтах он особой интенсивности достигает летом. Образование CO_2 в почве зависит от ряда факторов [108]: интенсивность разложения мертвых растительных остатков, неравномерность биологической деятельности корней растений, количество почвенных микроорганизмов, температура и влажность почвы и воздуха, агрегатный состав почв, содержание воздуха в почвах и др.

Поверхностные воды, таким образом, обогащаются углекислотой при прохождении атмосферных осадков через приземный слой атмосферы и за счет диффузии CO_2 из этого слоя. Гумусовый горизонт почв на различного типа

породах, составляющих их основу, развит не везде одинаково. В долине р. Даугавы поверхности террас на многих участках заболочены. В таких условиях почвенный покров заменен торфянистым, который не пополняет кислотами и углекислотой просачивающуюся через них воду, что препятствует развитию карста в доломитах, подстилающих болотные почвы.

Характер почв на песчано-глинистых и карбонатных породах на территории республики и в долине реки Даугавы изучала Э.К.Дауэнкрапча [56а]. Ее исследования определили на девонских доломитах различные типы и виды почв. В местах выходов доломитов на поверхность преобладают недоразвитые почвы. В зависимости от возраста недоразвитых почв и рельефа местности количество аллотигенных минералов в них различно. Реакция недоразвитых почв слабо щелочная (pH - 7,7) ; содержание перегноя в них колеблется от 2,3 до 6,4 %. Перегной и калий содержатся в больших количествах в почвах, богатых глинистыми частицами.

На девонских доломитах в долине р. Даугавы часто встречаются типичные скелетные дерново-карбонатные почвы с различной мощностью пахотного слоя. Мощность этого слоя зависит от мощности плейстоценовых отложений, перекрывающих доломит, а также от мощности слоя рыхлого доломита. Максимальная мощность горизонта скелетных дерново-карбонатных почв равна в долине р. Даугавы 23-25 м. Под этим горизонтом лежит горизонт почв, состоящих из четвертичных и девонских отложений. Максимальная мощность слоя плейстоценовых и голоценовых рыхлых пород, залегающих на доломитах

достигает 0,7 м. Из плейстоценовых отложений минеральную часть почв, образовавшихся на доломитах, дает моренный материал - связанный песок, супесь и суглинки, а в долине р. Даугавы - пески аллювиальных отложений.

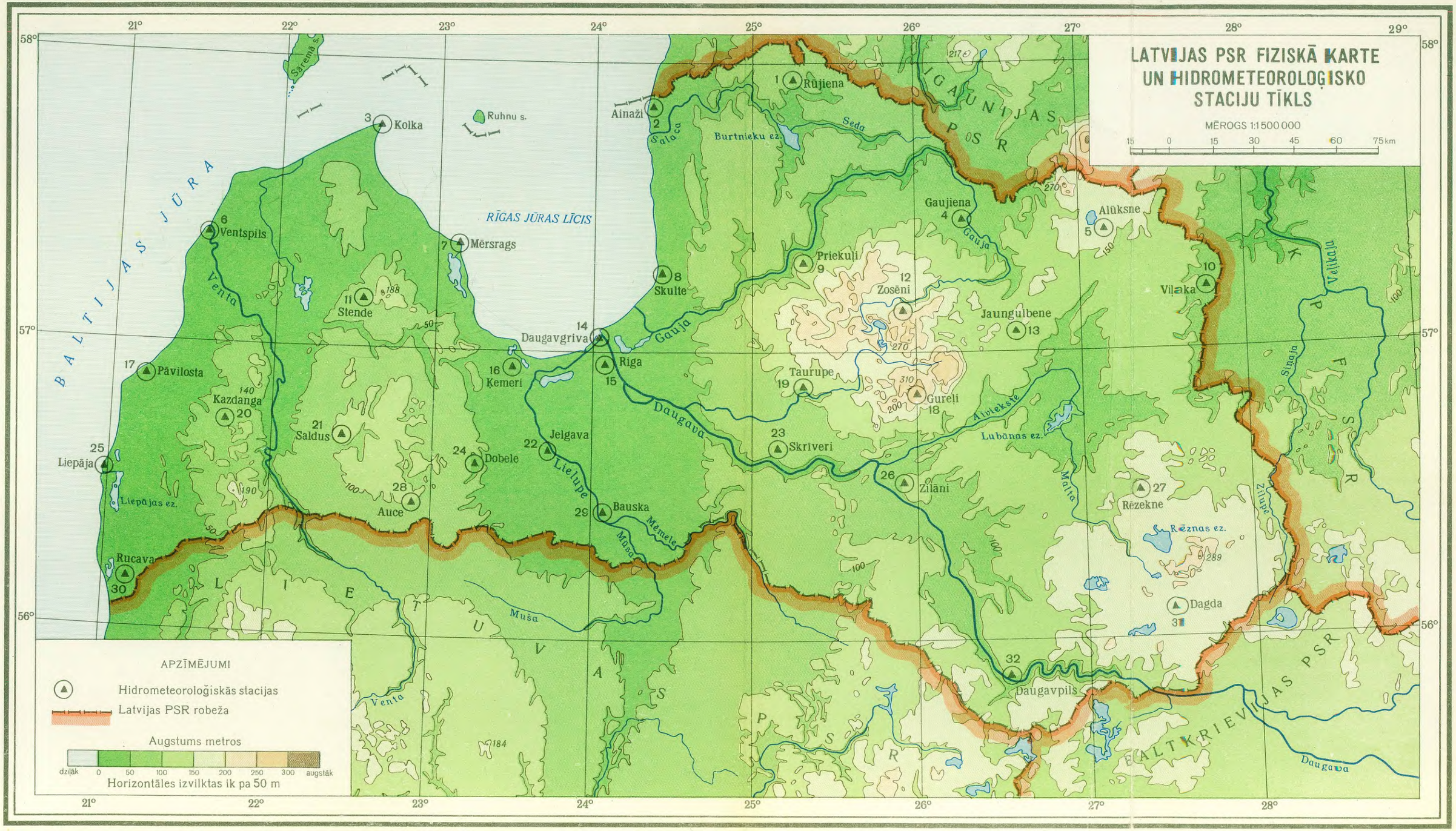
В разрезах почв над доломитом обычно залегает рыхлый доломит, переходящий в доломитовую муку. Мощность этого слоя колеблется от нескольких сантиметров до 2-2,5 м.

На участках с высоким уровнем грунтовых вод почвы на доломитах нередко бывают глеевыми и торфянистыми. Характер растительного покрова влияет на распределение инфильтрации и поверхностного стока талых вод. Многими исследователями доказано [103,86а] , что дыхание почвы, покрытой растительностью, в несколько раз превышает дыхание почвы парового поля. В лесу этот процесс ослаблен за счет того, что лесная подстилка препятствует выделению CO_2 в приземной воздух. Тип лесного покрова оказывает влияние на запасы воды в снежном покрове. Так, в дубовом лесу всегда запасы влаги выше, чем в степной полосе. В хвойных лесах, благодаря задержанию снега кронами и его испарению, эти запасы на 40-60% меньше, чем в лиственных насаждениях [103]. Лес способствует накоплению больших запасов влаги в снеговом покрове, так как увеличивает продолжительность весеннего снеготаяния и снижает коэффициент весеннего стока. Согласно данным И.Рихтера [86а] сосновый лес задерживает таяние снега на 15, еловый на 25, а лиственный на 5%. В ельниках наблюдается наименьшее промерзание грунтов и здесь имеются самые благоприятные условия для инфильтрации

талых вод. Лес в целом может рассматриваться в качестве фактора, благоприятного для развития карста. Подтверждение этого положения мы находим в наличии карстовых воронок и карстово-эрозионных долин на террасах в долинах рек Лауце и Даугава и в долинах других рек республики. Особенно много карстовых форм наблюдается в молодом еловом лесу в долине р. Лауце, напротив хутора Дамби и в районе хутора Балсери. Карстовые воронки группируются также в хвойном лесу, на коренном берегу р. Даугавы, выше г. Ливаны, у хутора Даугавиеши.

Очень характерна карстовая долина, протягивающаяся в зарослях верхней эрозионной террасы от х.Ургас до х. Пакули на правом берегу древней Ритерской долины.

ГЛАВНЫЕ РЕКИ ЛАТВИЙСКОЙ ССР



Karte Nr 1

В) ОРОГИДРОГРАФИЯ.

На ход развития как древних, так и современных процессов карста из физико-географических факторов существенное влияние оказывает гидрографическая сеть, так как карстующаяся толща верхнедевонских карбонатных свит франского яруса (плявиньской, саласпилсской, даугавской) в рассматриваемом районе находятся в сфере дренирующего влияния р. Даугавы и ее притоков.

Река Даугава (Западная Двина) в Латвийской ССР является самой крупной рекой как по своей протяженности, так и по общей площади бассейна. Река берет свое начало из озера на Валдайской возвышенности в пределах Великолукской области и протекает по территории РСФСР, Белорусской и Латвийской ССР, причем, из общей ее длины в 1020 км на территорию Латвийской ССР приходится более 350 км, а из общей площади бассейна в 84440 км^2 на Латвию падает 23400 км^2.

Общее направление течения реки в республике с юго-востока на северо-запад, но на отдельных участках преобладает или широтное, или меридиональное направление. Так, на участках от г. Краславы до г. Даугавпилс и от г. Плявиняс до г. Кунелгава выдерживается широтное направление, а на участках Даугавпилс-Ливаны и Крустпилс-Плявиняс - почти меридиональное. Река Даугава в пределах республики образует несколько крупных излучин на участках: Краслава-Даугавпилс, затем в приустьевой части р.Эглайне, в районе устья

реки Айвиексте, у Стабурага, при впадении р. Персе, у х.х. Миемены и Самени и у городов Яунелгава и Огре.

Резкие перегибы в направлении реки обусловлены особенностями тектонического строения территории, характером литологического состава пород, которые она прорезает и наличием древней долины, которую она наследует на отдельных участках своего течения.

Общее падение на отдельных отрезках реки различное. Так, на участке Краслава - Даугавпилс оно составляет 11,4 см на 1 метр. На участке Даугавпилс - Екабпилс - 15 см на 1 км, между г. Екабпилс и г. Плявиняс - 44 см на 1 км. Ниже г. Плявиняс (до устья речки Ритерес гравис) падение реки достигает 80 см на километр, а на участках усиленного врезания в коренные породы возрастает до 4 м на километр.

Река Даугава образует густую речную сеть. Коэффициент густоты речной сети всего бассейна реки равен 54 км на 100 км^2. Наиболее развитая речная сеть наблюдается в нижнем течении [113а]. На территории Латвийской ССР р. Даугава принимает целый ряд крупных и мелких притоков. Количество притоков длиной более 5 км, протекающих на описываемой территории, превышает 550, а общая длина гидрографической сети равна 13206 км. Большинство притоков впадает справа. Наибольшие притоки р. Даугавы по площади водосбора приводятся в таблице № 1.

В юго-восточной части республики Даугава протекает по древней долине, промытой ледниковыми водами, между

Латгальской и Аугшземской возвышенностями, входящими в состав Прибалтийской озерной гряды. Абсолютные высоты правого водораздела реки (левый входит в пределы Литовской ССР) колеблются в этом районе от 150- 200 м до 280 м. В этом районе Даугава не имеет больших притоков.

Ниже г. Даугавпилс река входит в пределы Восточно-Латвийской низменности, абсолютные отметки поверхности которой изменяются от 80 до 100 м, а в районах холмистого рельефа поднимаются до 130-135 м. Склоны долины здесь выражены слабо и высота их редко достигает 10 м.

Правыми притоками р. Даугавы в этом районе являются реки Ликстна, Дубна, Нерета и Айвиексте. Река Ликстна имеет длину 57,2 км и впадает в Даугаву у с. Ликстна. Водоразделом между Ликстной и Даугавой служат песчаные холмы с абсолютными отметками от 106 до 128,9 м. Наибольшими по площади водосбора и по длине на этом участке являются реки Дубна и Айвиексте. Река Дубна начинается из озера Дриузас и впадает через 110 км в Даугаву у г. Ливаны. Долина реки, глубиной до 8 м, слабо выражена, имеет пологие склоны и использует ледниковую долину стока до х. Пээглю (в 3,5 км выше устья). Водораздел между реками Ликстной и Дубной представляет собой холмистую возвышенность с отметками от 90 м до 110 м абс. высоты.

Река Нерета имеет хорошо развитую долину прорезанную моренными холмами с абсолютными высотами 90-100 м над уровнем моря. Река наследует долины стока ледниковых

вод, имеет большое количество притоков и впадает в р.Даугаву в 5 км ниже ст. Трепе. В устьевой части река вскрывает коренные породы плявиньской свиты, смятые в брахиантиклинальные складки и имеет поперечный профиль V -образной формы с ассиметричными склонами.

Река Айвиексте берет свое начало из Лубанского озера и принимает довольно большое число притоков. Впадает река Айвиексте в р. Даугаву и пос. Гостыни. Почти на всем своем протяжении река врезается в коренные породы, образуя пороги и имеет невысокие, часто ассиметричные склоны высотой от 5 до 11 м. По направлению к верховьям склоны становятся ниже и положе. В среднем течении реки, в районах выходов пород даугавской и саласпилсской свит, поверхности структурных террас в отдельных местах (район Ляудоны, Одаиены) осложняют карстовые воронки.

Наиболее крупными притоками левого берега этого участка являются Илукстe, Двиете, Эглайне и Маз-Сусея. Долины рек Илукстe и Двиете врезаны на довольно большую глубину и заложены еще водами таявшего ледника. Река Илукстe берет начало из озера Илукстe, в нижнем течении соединяется с р. Двиете. Двиете вытекает из района Илукстe-Бебренской конечной морены с абсолютными отметками поверхности, равными 116-119 м, и прорезает современную долину лишь в своем нижнем течении.

Река Эглайне стекает с Асарес-Субатской конечноморенной возвышенности со средним уровнем рельефа - 118 м над уровнем моря и прокладывает себе неглубокое ложе сре-

ди озерно-ледниковой равнины. Лишь в 4 км от устья она прорезает моренное поднятие и образует рассеченную оврагами долину до 10 м глубиной.

Река Мяз-Сусея течет по озерно-ледниковой равнине, имея плохо выраженные склоны долины, которые ясно очерчиваются лишь в нижнем течении, в области холмистого рельефа. В устьевой части река врезается в поверхность У надпойменной террасы р. Даугавы на 4 м, образуя отвесные склоны в доломитах даугавской свиты, испещренные формами берегового карста. Водоразделом между реками Двиете, Эглайне и Мяз-Сусеей служат моренные холмы. Долины рек данного участка преимущественно проложены в четвертичных отложениях и лишь в приустьевых частях иногда прорезают коренные породы там, где они вскрыты бортами долины р. Даугавы.

Весьма существенное влияние на развитие карста малая гидросеть оказывает на участке от г. Плявиняс до Мисменской излучины. Этот отрезок является участком молодого врезания р. Даугавы в коренные породы и районом интенсивного развития современного карста. У г. Плявиняс к Даугаве подходят отроги Центрально-Видземской возвышенности, абсолютные отметки которых достигают 150-155 м над уровнем моря (Холмистая гряда Селийской возвышенности). Высота коренных берегов от г. Плявиняс до устья р. Лауце возрастает от 25 до 80 м.

В уступы эрозионных террас на склонах долины, сложенных карбонатными верхнедевонскими породами, врезается

ряд мелких и крупных притоков . К крупным притокам на упомянутом участке относятся реки Лауце, Персе и Огре. Кроме них в р. Даугаву впадают многочисленные речки и ручьи.

Река Персе впадает в р. Даугаву около пос. Коксесе. Длина ее равна 38 км. Истоки р. Персе находятся на отрогах Центрально-Видземской возвышенности к югу от поселка Эргли. Течет Персе почти параллельно Даугаве. Почти на всем своем протяжении она имеет спокойное течение и пологие берега. В трех километрах от устья река начинает врезаться в коренные породы. Долина ее принимает вид каньона, течение становится быстрым, в русле появляются водопады. Падение реки на этом участке достигает 3 м на 1 км. Долина углубляется при устье до 30-35 м.

Река Лауце впадает в реку Даугаву слева в 8 км выше г. Яунелгава. Она течет в обширной древней долине р. Даугавы. Берега ее низкие, часто заболоченные, течение спокойное, порогов нет. Общее падение речки от истоков до устья равно 35 м, что составляет 0,8 м на 1 км. Начало свое р. Лауце берет в Даудзевском болоте, на У надпойменной террасе р. Даугава. Ниже х. Гарсеники она наследует долину стока ледниковых вод, прорезая на своем пути породы даугавской , саласпилсской и плявиньской свит. Глубина врезв реки на участке х. Стакас - устье р. Лауце достигает 24 м. Долина р. Лауце является районом активных карстопроявлений, связанных с дренирующим влиянием как современ-

ной, так и древней долины.

Коренными берегами р. Лауце в среднем и верхнем течении служат северные склоны Селийской возвышенности, состоящие из моренных холмов и камов. Высота коренных берегов над дном долины составляет 20-30 м, а абсолютные высоты их поверхности над уровнем моря не превышают 115-120 м. Ниже устья р. Лауце река Даугава пересекает Средне-Латвийский скат (от Центрально-Видземской возвышенности к Приморской низменности), представляющей моренное плато. Долина на этом участке расширяется, но высота склонов значительно снижается. Наиболее крупным из правых притоков Даугавы в нижнем течении является река Огре. Впадает р. Огре в р. Даугава напротив г. Огре. Истоки р. Огре находятся на Видземской возвышенности, абсолютные высоты которой приближаются к 220 м над уровнем моря. Долина реки врезана на глубину 12-20 м, в приустьевой части склоны и ложе ее слагают доломиты даугавской свиты. Водораздел между р.р. Огре и Даугава служат моренные холмы с абсолютными отметками высот равными 30-32 м. Кроме перечисленных ниже крупных притоков, в р. Даугава впадает ряд более мелких речек и ручьев, относимых к гидросети третьего порядка.

Среди этой категории рек наибольшей по длине речкой является Пикстере (25 км), которая впадает слева в р. Даугава, в 10 км ниже г. Плявиняс.

В коренные породы р. Никстере врезается только в нижнем течении. В приустьевой части она течет по У надпойменной террасе р. Даугава, сложенной карстующимися породами даугавской свиты. Отвесные берега речки образуют каньён глубиной в 20 м.

К более мелким притокам р. Даугава, долины которых в области распространения карбонатных пород, осложнены карстом, относятся речки Локстынь и Пешупитес впадающие в Даугаву на правом берегу ниже г. Плявиняс. Речка Локстынь в приустьевой части, в пределах верхней эрозионной террасы, углубляется в даугавские доломиты почти до уреза реки Даугава. На участке своего нижнего течения она несколько раз теряет свой водоток в подземных и карстовых полостях.

Речка Пешупитес впадает в Даугаву в 12 км ниже г. Плявиняс и имеет длину всего 5,5 км. В коренные породы она начинает врезываться на У надпойменной террасе р. Даугава, откуда обрывается к руслу последней водопадом высотой около 5 м (рис.10).

Среди речек и ручьев, расчленяющих поверхности надпойменных террас, нередко встречаются такие, где поверхностные водотоки исчезают в карстовых полостях. Так долины с сухим руслом и с временно исчезающими потоками наблюдаются на правом берегу р. Даугава у х.х. Дзилна, Клинтинас, Пакули и других.

На отдельных отрезках нижнего течения в области среза в даугавские доломиты часть вод речки поглощаются

Рис. 10 Водопад на р.Пиещуните.

поноpами, а затем на расстоянии не более 120-150 м от места исчезновения выходят снова, образуя непрерывный водоток. К речкам такого типа относится Сканст-упите, впадающая в р. Даугаву у верхней окраины г. Плявиняс. В верховьях и среднем течении река врезана в моренные суглинки, покрывающие мощным чехлом закарстованные доломиты даугавской свиты.

Такие же явления исчезновения водотоков в поноpах и поглощающих трещинах наблюдаются в русле речки Ритерес-Грава и безымянной - на левом берегу реки Даугава, выше х.Крусталичи.

Большую роль в формировании рельефа долины р. Даугава играют овраги, которые глубоко расчленяют поверхности террас и создают благоприятные условия для развития карста. Преимущественная часть оврагов в области развития карбонатных пород являются эрозионно-карстовыми. В этих оврагах на дне и склонах развиваются карстовые формы, обуславливающие подземный сток. Среди этих оврагов можно выделить типично-карстовые. К таким относится неглубокий слепой овраг развивающийся на правобережной IУ надпойменной террасе р. Лауце у х. Ступели. Овраг образован путем соединения удлиненных меридионально направленных карстовых воронок. На дне он не имеет водотока и заканчивается выходом источника из подземной речки.

По направлению к верховьям склоны становятся ниже и положе. Продольные профили притоков р. Даугавы имеют большое падение в устьевой части, чем в средней и в

верховьях.

В приустьевых частях по долинам после многочисленных дождей и весной при таянии снега стекают большие массы воды, которые производят значительную эрозию. Благодаря этому долина в приустьевой части имеет облик типично-эрозионной долины и характеризуется значительным продольным падением.

Гидросеть второго порядка выдерживает почти широтное направление, согласуясь с общим направлением простирания тектонической трещиноватости.

Типичными формами эрозионно-карстовых долин является долина ручья проходящая от х. Ургас до х.Пакули (правый берег древней Ритерской долины), а также долина ручья Курклю-Грава на водоразделе рек Даугава и Лауце. Примером таких же долин служит долина исчезающего ручья на верхней правобережной террасе р. Даугава у х. Даудзиешини, ниже устья р. Персе, глубокая долина оврага вблизи устья р. Пикстере, у х. Пумпары и Акмени и во многих других местах. Большинство эрозионно-карстовых долин - висячие, устья их располагаются на некоторой высоте над дном долины Даугавы. В местах сброса вод мелких речек и ручьев в бортах террас образуются огромные эрозионно-карстовые воронки, которые также удобно называть "висячими". В создании таких воронок большую роль играют массы сбрасываемых вод в периоды снеготаяний и обильных дождей.

Направление долин мелких речек, ручьев и оврагов согласуется с направлением крупных трещин, что более подробно будет рассматриваться при описании трещиноватости в карбонатных породах.

Г Л А В А IУ

Геологические и геоморфологические условия развития карста в долине реки Двугава.

а) геоморфология

б) геологическое строение

в) условия залегания карбонатных пород и трещиноватость.

а) ГЕОМОРФОЛОГИЯ.

Характер рельефа в сочетании с геологическими факторами влияет на распределение поверхностного стока и определяет размещение карстовых форм в зависимости от избирательной инфильтрации атмосферных вод в карстующуюся толщу.

На территории Латвии р. Даугава пересекает различные геоморфологические регионы, что обуславливает неоднородное строение долины, зависящее от рельефа прилегающих к ней водораздельных пространств.

В крайней, юго-восточной части республики, на участке Краслава-Ерсика, Даугава пересекает Восточно-Латвийскую низменность и ее южные отроги, а затем поворачивает к северу и течет в нижней части Лубанской низменности.

Для Восточно-Латвийской низменности характерен равнинный озерно-ледниковый аккумулятивный рельеф. На коренных породах здесь лежит неровный плащ морены, которая создала первичные формы рельефа. Холмистые участки морены, также озы и камы, которые чаще всего появляются в краевых частях низменности перекрываются тонким слоем озерных песков и супесей.

К реке Даугава в пределах Восточно-Латвийской низменности подходит обширная полого-волнистая озерно-ледниковая равнина, приподнятый участок которой, расположенный на правом берегу называют Крустпилсским защищенным моренным поднятием.

Рельеф левобережной равнины на участке г. Лиепаи - остров Абелю довольно однообразен и представляет собой водораздел, поверхность которого залегает на высоте 100-102 м над уровнем моря. Мощность озерно-ледниковых отложений (супесей и ленточных глин), прикрывающих морену, колеблется на этом участке от 0,5 до 8 м.

На правом берегу р. Даугава от нас.п. Ерсика до устья р. Нереты озерно-ледниковая равнина имеет слабо волнистую поверхность, располагающуюся на высоте + 90 м над уровнем моря.

Ближе к устью р. Нереты рельеф коренного берега приобретает холмистый характер и к Даугаве подходят озы, перекрытые озерно-ледниковыми супесями и глинами.

Ниже устья р. Нереты общий уровень рельефа начинает повышаться. Так между р.Нереты и островом Абелю правый склон долины крутой и высокий. Высота уступа плато над рекой, подходящего к самому руслу, достигает 22 м, абсолютные отметки поверхности коренного берега, расчлененного глубокими оврагами, изменяются от + 102 до + 103 м над уровнем моря.

В районе острова Абелю коренные берега понижаются в сторону долины.

Абсолютные отметки, прилегающих к долине водоразделов, колеблются от + 95 до + 99 м абс. высоты.

Морфология долины на левом и правом берегах на этом участке неодинакова. Сама долина здесь расширяется до 4,5 км и на левом берегу имеет широкую надпойменную террасу, плавно переходящую в низкий водораздел, изрезанный долинами стока, и представляющий собой волнистую озерно-

ледниковую равнину. За островом Сака долина сливается с заболоченной низиной и коренные берега здесь совершенно не выражены.

Правый коренной берег долины, ниже острова Абелю отходящий от русла реки, высокий, сложен мореной и перекрыт озерно-ледниковыми глинами и песками.

Абсолютные отметки поверхности равнины + 102 + 104 м, а по мере удаления от реки в области мелкохолмистого рельефа достигают + 110 + 120 м.

Ниже г. Крустпилса долина р. Даугава прорезает сложные формы ледникового рельефа.

Правый коренной берег там образован моренным поднятием, о котором уже упоминалось ниже. Поднятие это расчленено долинами стока ледниковых вод, унаследованными современными речками. Далее на север, по направлению к долине р.Айвиексте, рельеф озерно-ледниковой равнины выполаживается и она плавно сливается с уровнем пятой надпойменной террасы процессами озерно-ледниковой аккумуляции.

Обычно озерно-ледниковые отложения представлены тонкими и пылеватыми, часто глинистыми песками мощностью до 6-8 м. Пески вместе с подстилающей их мореной являются слабо фильтрующим материалом и не способствуют проникновению метеорных вод в толщу карстующихся доломитов.

Однако, на участках, где морена смыта и мощность озерных песков сокращается карст проявляется на поверхности в пределах некоторых районов (Ливанский, Стирнекский,

Вилянский).

На площади Восточно-Латвийской низменности карст проявляется на участке, подходящем к долине р. Даугава, ниже г. Ливаны (Приложение № 2). Доломиты Плявиньской свиты поднимаются там на коренной берег и перекрыты мореной и озерно-ледниковыми супесями и песками. Мощность морены увеличивается от долины к водоразделу, по местами ее покров на доломитах отсутствует совсем и они, приближаясь к поверхности, получают возможность закарстовываться.

В пределах Восточно-Латвийской низменности Даугава имеет неглубокую долину с одной надпойменной террасой, относительное превышение которой над урезом реки составляет 5-7 м. Абсолютная высота поверхности террасы падает от + 87 м у ст. Трепе до + 77 м вблизи устья р. Айвиексте. Терраса развита главным образом по левому берегу.

Мощность мелкопесчаного глинистого аллювия на террасе выше острова Абелю равна 4,5 - 6,0м. Аллювий часто подстилает морена. По направлению к г.Екабпилс мощность аллювиальных накоплений уменьшается и к юго-востоку от нас. п. Броды карстующиеся доломиты лежат вблизи от поверхности. Особенно резко сокращается мощность аллювиальных отложений в сводовых частях брахиантиклинальных поднятий (в 1 км к югу от г. Екабпилс, северная часть острова Сака). Тем не менее, ясно выраженных поверхностных форм карста здесь нет. Встречаются иногда плоские, типа мелких блюдец, понижения с поперечником 15-40 м и глубиной не превышающей 0,3-0,5 м. Закарстованность доломитов

на этом участке сопровождается образованием доломитовой муки и рыхлого щебня, которые частично кальматируют трещины и пустотки. Закарстованные трещины заполняются продуктами выщелачивания из верхнего, превращенного в муку, слоя доломита, что ведет к образованию незначительных углублений в рыхлой массе доломита, а над ней - блюдцеобразных понижений в рельефе террасы.

Ниже острова Сака надпойменная терраса переходит на правый берег и протягивается до устья р. Айвиекште. Поверхность террасы неровная, на ней наблюдаются поднятия, обрамленные сводами складок. На участках таких поднятий мощность аллювия сокращается до 1-1,5 м и они сопровождаются карстовыми воронками (участок между хуторами Клауги и Мелдери).

В целом, на всей площади участка до г. Плявиняс, поверхностные формы карста выражены слабо. Это зависит как от мощности покровных отложений, которая колеблется в широких пределах, так и от их состава.

Как на прилегающих к долине водоразделах (озерно-ледниковая равнина), так и на террасе доломиты покрывают или морена и тонкие пески, либо только одни пылеватые или глинистые разности песков, затрудняющие инфильтрацию атмосферных вод.

Ниже устья р. Айвиекште река Даугава делает поворот и течет в юго-западном направлении, пересекая отроги Центрально-Видземской возвышенности. Характер долины начинает резко меняться. Коренные склоны ее сложены толщей четвер-

тичных отложений. Врезаясь в поверхность коренных пород, река размыла уступы эрозионных и смешанных террас. Единственная надпойменная терраса верхнего отрезка продолжает на участке усиленного врезания основной эрозионный уровень и представляет собой поверхность У надпойменной террасы. На участке Плявиняс - устье р.Лауце в коренных породах прослеживается еще две эрозионных террасы - IУ и Ш надпойменные. На дне долины прослеживаются также две аккумулятивные или эрозионно-аккумулятивные террасы - П и I надпойменные, а также низкая и высокая поймы, имеющие на отдельных участках весьма ограниченное распространение.

Рельеф прилегающих к долине водоразделов на описываемом участке разнороден. В районе г. Плявиняс левый коренной берег долины образован склонами Селийской возвышенности, имеющей моренно-камовый ландшафт. Там, где к долине подходят камы, высота коренных склонов превышает иногда 30 м. Правый коренной берег ниже устья р. Айвиексте представляет озерно-ледниковую равнину, в которую врезан уступ древней ложбины стока вод Лубанского озера. Высота этого уступа над дном долины на различных участках изменяется от 24 до 45 м.

Поверхность равнины местами осложняется камами или озами. Ниже нас. п. Стукмани она перекрыта флювиогляциальными песками. Между устьем речки Пиешупите и Авотыни равнина прорезана древней долиной стока ледниковых вод, которая врезана в карстующиеся породы. На дне долины и ее

склонах присутствуют карстовые воронки и выходят подземные ручьи.

Ниже нас.п. Кокнесе долина врезана в поверхность донно-моренной равнины. Высоты коренных склонов на этом участке колеблется от 45 до 60 м.

Вблизи устья р. Лауце Даугава пересекает край Земгальской озерно-ледниковой равнины. Правый коренной берег долины на этом отрезке пологий, левый крутой. Правый коренной склон долины постепенно переходит в водораздельное плато с абсолютными отметками поверхности превышающими + 80 м. Поверхность левого водораздела лежит на узком мысу между Даугавой и Лауце, занятом моренными холмами и камами высотой до 12 м и абсолютными отметками высот + 120 - 130 м.

Таким образом, на участке усиленного врезания, современная долина р.Даугава, представляет узкий каньён с обрывистыми скалистыми стенками, врезанной в широкое днище древней долины, промытой водами, спущенными из ледниковых бассейнов, в позднe-ледниковое время. Борта древней долины сложены в основном мореной, которая местами замещается песчано-гравийными флювиогляциальными отложениями.

Толща ледниковых отложений, часто превышающая на водоразделах мощность в 20 м, затрудняет возможность развития карста в карбонатных породах и исключает ее в смысле проявлений на поверхности.

В плоском днище древней долины обнажаются карбонатные породы, покрытые на террасах маломощным слоем грубопесчаного и гравийного аллювия.

Глубина современной долины возрастает вниз по реке от 7 (вблизи устья р. Айвиексте) до 35 м в районе Мисменской излучины.

В долине р. Даугава выделяется от 5 до 12 террас. (Спрингис Е.Н., 1957; Мейоре М.К., 1961).

На участке глубокого врезания реки отчетливо вырисовываются пять эрозионных уровней. Выделение дополнительных уступов не оказывает влияния на возрастные подразделения карста, поэтому мы будем придерживаться классификации, данной при инженерно-геологической съемке подохранилища Плявиньской ГЭС (Мейоре М.К., Спрингис Е.Н., Варфоломеева О.М. - 1957).

Наибольшим распространением на рассматриваемой площади пользуется верхняя или пятая надпойменная терраса, отметки поверхности которой лежат на + 72 - + 75 м абс.высоты. Относительная высота террасы возрастает от 7 м у пос. Гостини до 42 м в районе Мисменской петли. Ширина террасы ниже Стабурага достигает 2 км. Ниже пос.п. Коннесе терраса имеет ограниченное распространение . Терраса прорезается долинами небольших речек (Локстынь, Пиешупите, Персе и др) и оврагов. Речки и ручьи часто имеют исчезающие в карстовых полостях водотоки, которые изливаются в уступах террас. Поверхность террасы обычно ровная, но местами ослож-

няется карстовыми воронками, понижениями, впадинами. Мощность грубого песчаного аллювия на цоколе из карстующихся доломитов незначительна и равна 0,3-2,8 м.

На поверхности У террасы присутствует самое большое количество карстовых форм, так как доломиты в ее пределах открыты для проникновения талых вод и атмосферных осадков.

Следующий, более низкий уступ, от поверхности пятого эрозионного уровня выделяется в IУ надпойменную террасу. Разница в высоте бровок двух верхних террас изменяется от 1 до 4 м.

Абсолютная высота поверхности террасы равна + 67 - + 68 м в вблизи устья р. Лауце она снижается до + 62 м. Относительная высота над урезом реки возрастает от 10 м у пос. Бебрулея до 3 м в устье р. Лауце.

Прослеживается IУ терраса на правом берегу ниже г. Плявиняс у хх. Бебрулея и Цегельниеки. На левом берегу она хорошо выделяется напротив г. Плявиняс ниже по реке терраса получает развитие напротив Стебурской излучины, за устьем р. Персе (на правом и левом берегах), затем близ х. Раделка и в верхнем конце Миемской излучины. Хорошо выражена IУ терраса в устье реки Лауце, а также в долине р. Лауце (абсолютные отметки поверхности 70-64м абс.высоты, а абсолютная высота - 24 м).

Мощность аллювия на террасе изменяется от 0,5 до 4 и более м. Грубопесчаный аллювиальный материал иногда лежит на морене, что препятствует инфильтрации метеорных вод.

Поверхностный карст на террасе развит в меньшей степени, чем в пределах верхней, пятой террасы.

Карстовые воронки имеют место чаще всего в долинах исчезающих ручьев и реже на поверхности террасы.

Так воронки и ложбины располагаются на левом берегу, у х. Спиетини ниже х.Пумпуры, напротив Стабурагской излучины на правом берегу, а также в долине р. Лауце.

Третья надпойменная терраса выделяется уступом, поднимающимся над уровнем реки до 11 м в верхней части Стабурагской излучины, и прослеживается узкими полосами вниз по реке в устье оврага выше р. Персе, на левом берегу р.Персе, в районе х. Аули и в Миеменской излучине. На левом берегу отдельные площадки террасы появляются между х.Пунгас и устьем р. Персе. Относительные отметки террасы изменяются от + - 57 м у Стабурага до + 52 м у устья Лауце. Относительная высота уступа террасы в нижней части участка достигает 18 м.

Карст на террасе имеет ограниченное распространение, что связано во-первых с незначительной площадью, которую она занимает в долине, а во-вторых увеличивающейся мощностью аллювиальных отложений, которая достигает 8-10 м и выше Миеменской излучины (у х. Кэлвиши, левый берег, устье р. Лауце и др. участки).

Интенсивным развитием форм карста отличаются участки террасы у х. Аули (между устьем р. Персе и Миеменской излучиной), и напротив Стабурагской излучины,

на правом берегу реки. Ниже г. Плявиняс на дне долины появляются уступы аккумулятивных террас, сложенные грубо-песчаным и гравийно-галечным материалом.

Вторая надпойменная терраса появляется в 6 км ниже г. Плявиняс у х. Дунюлея и прослеживается небольшими участками по площади на правом и левом берегах до устья р. Лауце. Абсолютные отметки террасы у нас. п. Стукмани равны + 64 - + 66 м, вблизи Миеменской излучины - + 42м. Высота террасы в верхнем отрезке участка равна 12 - 14 м, вблизи устья р. Лауце 10-11 м.

Первая аккумулятивная надпойменная терраса появляется у х.Бебрулея и отмечается вниз по течению реки у хх.Янковски, Уплеяс, Сеглениеки, в устье р. Персе. Широко развита терраса выше Миеменской излучины, ширина ее выше х. Лиясзиеды достигает 600 м. Относительная высота террасы равна 7-8 м.

Высокая пойменная терраса в пределах участка поднимается на 3-5 м над урезом воды и прослеживается неповсеместно. Абсолютные отметки ее поверхности достигают + 33-35 м. Низкая пойма имеет высоту 1,5-3,5 м, она отмыта по поверхности коренных пород или образует щебневидно-галечные отмели.

Ниже устья р. Лауце долина Даугавы врезана в полого-волнистую равнину, восточная часть которой относится к Средне-Латвийскому скату или к склону Центрально-Видземской возвышенности, сложенной донной мореной и флювио-

гляциальными отложениями. Западная часть равнины входит в состав Земгальской низменности. Коренные берега долины местами образованы моренными холмами, а также камами и озами.

Так моренные холмы подходят к долине на левом берегу между Мяменской излучиной и г. Мунелгава, напротив нас.п. Винкельмяни и на др. участках. Ниже нас.п. Лиелкимправа правым и левым водоразделами реки служит моренная равнина со слабо всхолмленным рельефом. От нас.п. Кегумс правый берег долины окаймляют озы, протягивающиеся почти непрерывно до устья р. Огре, левый - озерно-ледниковая равнина с многочисленными дюнами и перевеянными песками. По направлению к приустьевой части реки коренные берега долины понижаются, а прилегающие водоразделы выполаживаются. Между г. Огре и островом Доле на правом берегу преобладает озово-камовый ландшафт, на левом расстилается озерно-ледниковая равнина, участками осложненная моренными холмами, которые подходят к самой реке(нас. п. Даугавмяла)

Высота склонов долины на участке устье р.Лауце-Кегумс колеблется от 20 до 30 м, а приближаясь к острову Доле они снижаются до 8-10 м. По дну долины прослеживаются две надпойменные террасы, а также низкая и высокая поймы. До г. Мунелгава и ниже его по правому и левому берегу верхняя терраса продолжает IУ эрозионный уровень

участка усиленного врезания, который сливается с поверхностью Земгальского бассейна. Третий эрозионный уровень сливается также с поверхностью ледникового бассейна и прослеживается только на левом берегу до устья речки Алститес(на участке между нас.п.п. Винтельмяни и Лиелкимпяве). На участке нас.п. Кегумс- остров Поле прослеживаются вторая и первая надпойменные террасы, а так же два уступа поймы. Высокая терраса (II) возвышается на 12-13 м над уровом воды в реке, низкая (I)- на 7-8 м.

Краткая характеристика рельефа, прилегающих к долине р. Даугава водораздельных пространств, дает представление об условиях развития карста в их пределах.

Основным факторам, определяющим интенсивность и особенности развития карста на водораздельных пространствах являются условия инфильтрации метеорных вод. При прочих равных условиях, интенсивность карстового процесса прямо пропорциональна интенсивности инфильтрации, т.е. количеству просачивающейся в породу воды выраженному в процентах от суммы осадков [Лыкошин А.Г, 1960].

Таким образом, развитие карста в первую очередь зависит от рельефа местности, состава, мощности и водопроницаемости покровных отложений.

Чем меньше водопроводимость покровных отложений, тем в большей мере развитие карстовых процессов переносится в придолинную зону или на склон долины. Это положение целиком подтверждается на примере долины р.Даугава, которая пересекает области развития ледникового и водно-лед-

никового рельефа с значительными мощностями четвертичных отложений. На схеме геоморфологического строения долины видно почти полное отсутствие карста на коренных берегах и ближайших водоразделах. Карст на прилегающих участках к долине появляется только в пределах низменностей (окрестности г. Ливны, нас.п. Томе), где сокращается мощность четвертичных отложений, и особенно там где морена смыта и уменьшается покров озерных песков. Распространение карста на террасах так же контролируется мощностью аллювиальных отложений, что хорошо иллюстрирует геоморфологическая схема долины.

б) ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ.

Коренные породы, подверженные процессам карста в исследуемом районе, относятся к франскому ярусу верхнего девона.

Доцевонские породы на этой площади вскрыты лишь опорной плявиньской скважиной, разрез которой приводится на рис. № 11.

Осадочный (вендский) комплекс пород в основании разреза залегает на неровной поверхности кристаллического фундамента, вскрытого на глубине 1034 м, и начинается отложениями нижнего кембрия, представленными гдовскими песчаниками и затем лонтоваритовыми синими глинами.

Общая мощность кембрия в районе г. Плявиняс равна 82 м. Отложения ордовика широко развиты на территории всей Прибалтики и в районе г. Плявиняс представлены всеми тремя отделами. В разрезе ордовикских отложений преобладают известняки доломиты и мергели разной степени глинистости.

В составе живетского яруса среднего девона по схеме Лиепиньша выделяется 5 свит:

пярнуская (пески, песчаники с тонкими прослоями мергелей и глин); мощность 50,4 м ;

наровская (мергеля, доломиты с прослоями глинистых песчаников и глин); мощность 92,0 м ;

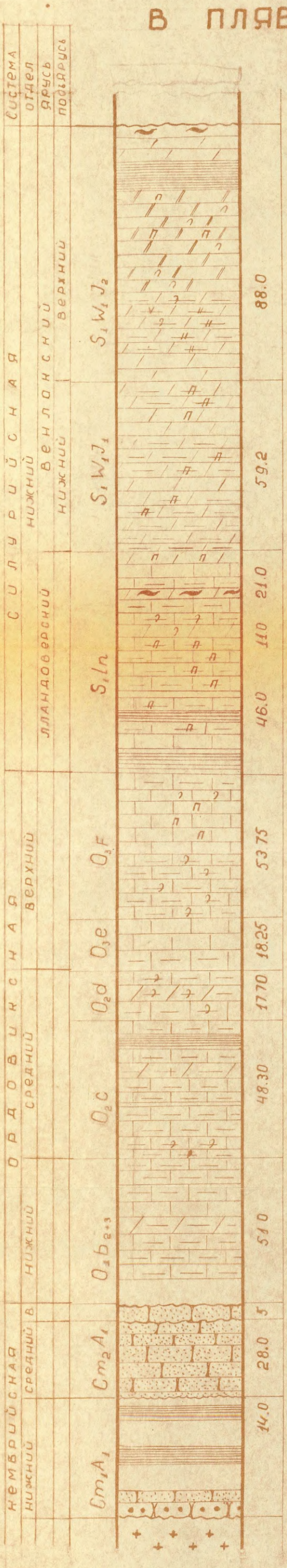
тартуская (пески, песчаники, элювролиты, глины);

и саласпилсская общая мощность равна 86,0 м;

абавская (пески, элювролиты, глины); мощность 15 м.

Рис. 11

Разрез додевонских отложений в Плявиньской опорной скважине.



Условные обозначения:

- Известняк
- Известняк глинистый
- Мергель
- Мергель доломитовый
- Мергель глинистый
- Глина
- Алевролит
- Песчаник
- Конгломерат
- Поверхности размыва

Охраны недр
Совета Министров Латвийской ССР
ГЕОЛФОНД
Инв. № 3036
Дата 27.III-62 г.

Составила Р.Ж. Ульст.

Верхний девон на интересующей нас площади представлен породами франского яруса. В основании франского яруса лежат пески и песчаники гауйской свиты с тонкими прослоями глин, мощностью около 32 м. Средняя часть свиты сложена светлосерыми мелкозернистыми песками с пачкой пестрых глин в кровле. Общая мощность этих отложений равна 20 м. В верхах свита состоит из белых и голубовато-серых песков с прослоями песчаников, алевролитов и глин, покрытых пачкой вишнево-красных и голубовато-серых глинистых песчаников. Мощность гауйской свиты по плявиньской скважине равна 93 м.

Над гауйской свитой залегают пески, песчаники и глины эматской свиты, которые от нижележащих отложений отличаются более тонким составом песчаных пород и наличием прослоев мергелей и доломитовых стяжений конкреционного происхождения. Общая мощность эматской свиты в районе г. Плявиняс равна 17 м. Наличие песчаных пород гауйской и эматской свит имеет очень важную особенность в развитии карста. Собственно карст в песчаниках и песках отсутствует. Но они в сильной мере подвергаются процессам суффозии, что способствует возникновению карстовых пустот и провалов в вышележащих карбонатных породах. Эматскую свиту подстилают карбонатные породы плявиньской, саласпилсской и даугавской свит. Плявиньская свита представлена главным образом доломитами. Саласпилсская свита сложена глинами, мергелями и доломитами, а в нижнем течении реки

Даугава в ее состав входят прослои гипсов.

Даугавская свита содержит в своем составе доломиты, разделенные в средней своей части пачкой доломитизированных мергелей. Общая мощность карбонатной толщи в пределах Латвии колеблется от 46 до 54 м. Нижняя ее часть представлена отложениями плявиньской свиты, которые подразделяются на четыре подсвиты: D_3pl_1, D_3pl_2, D_3pl_3 и D_3pl_4 [Лиепиньш П.П., 1959] (См. колонку подсвиты на рис. № 12

В основании нижнеплявиньской D_3pl_1 подсвиты лежит доломит тонкозернистый фиолетово-серый и светлозеленый пятнистый, с частыми мелкими, частично заполненными доломитовой мукой кавернами с темнокрасными ожелезненными корочками по стенкам. Выше идет переслаивание мергелей темносерых и зеленоватых с прослоями глинистых или песчанистых доломитов. Заканчивается разрез подсвиты доломитом зеленовато-серым глинистым плотным. Мощность подсвиты колеблется от 4,2 до 5,5 м.

Среднеплявиньские подсвиты $D_3pl_2 + pl_3$ на участке долины выше г. Плявиняс трудно разделимы и обычно рассматриваются вместе. На Плявиняс-Миеменском участке эти подсвиты хорошо отличимы друг от друга. На контакте подсвит D_3pl_1 и D_3pl_2 залегает доломит розово-желтый и синевато-серый пятнистый, неоднородный, от пелитоморфного до песчаниковидного, с мелкими кавернами, заполненной ожелезненной доломитовой мукой. Нижняя поверхность напластования пласта усеяна отпечатками ходов червей. Этот

прослой хорошо прослеживается в обнажениях и скважинах и выделяется как маркирующий.

Следующая пачка доломитов еще более неоднородна по составу и окраске. Преобладают здесь серо-зеленые или серо-коричневые разности с фиолетовыми и розоватыми участками, конгломератовидные с гнездами пелитоморфных и мелкозернистых, с темными железистыми и марганцевистыми пленками и с отпечатками водорослей. Бывают среди таких доломитов известковистые прослои, сильно кавернозные и разрушенные до рыхлого щебня и доломитовой муки. Средняя часть подсвиты сложена преимущественно буровато- или светлосерыми мелкозернистыми доломитами, переполненными отпечатками и остатками фауны брахиопод (lamellispirifer muralis, Atrypa tenuisulcata). На различных участках прослеживается от одного до двух прослоев с фауной. Ядра отпечатков по фауне придают доломитам мелкогалечниковидный излом, а выщелоченные стенки раковины оставляют узкие каверны, заполненные доломитовой мукой.

В верхней части подсвиты залегают тонко- или мелкозернистые доломиты, зеленовато-серые плотные, местами кавернозные с остатками водорослей. Мощность подсвиты изменяется от 6,9 (в приустьевой части р. Пере) до 11,0 м (на крыльях Плявиньской структуры).

В отличие от подсвиты D_3pl_2, сложенной кристаллическими доломитами, подсвита D_3pl_3 содержит в своем составе глинистые разности. На контакте подсвит

лежат глинистые доломиты и доломитизированные мергели с разводами (иероглифами). Этот прослой прослеживается повсеместно в обнажениях, но в скважинах не выделяется. Следующая пачка слоев состоит из неоднородного, в нижней части конгломератовидного крупно кавернозного доломита, с частыми стяжениями пирита и прожилками кальцита. Участки крупнозернистого доломита обычно сильно выщелочены, вследствие чего в обнажениях пласт пронизан пустотами и сильно разрушен. Неоднородная пачка перекрывается толщей доломитов голубовато- или коричневато-серых, плитчатых с остатками водорослей или на некоторых участках массивных, с трещинами усыхания и включениями рассеянного пирита. К низу эти доломиты переходят в глинистые, очень крепкие, с пиритом, с гнездами и прослоями крупнозернистого доломита инкрустированного прожилками и жеодами кальцита. Верхняя часть подсвиты характеризуется доломитами синеватыми или белыми, скрытнозернистыми, очень крепкими, залегающими на пачке мелкозернистых тонкослоистых доломитов. Мощность подсвиты колеблется от 11,0 м (у г. Ливаны) до 6,0 м (вблизи устья р. Персе).

Верхняя подсвита D_3pl_4 начинается пластом доломита мелкозернистого серовато-коричневого сильно кавернозного. В обнажении доломит имеет дырчато-бугристую поверхность выветривания с множеством сквозных крупных каверн и сообщающихся полостей, местами разрушен до щебня и доломитовой муки. Этот пласт подстилает доломит голубовато-

и светлосерый, скрытокристаллический, очень крепкий, преимущественно тонкоплитчатый, местами неяснослоистый. Венчает подсвиту очень характерный неоднородный доломит синевато-серый, крупно- и среднезернистый с прожилками кальцита и с гнездами пелитоморфного очень крепкого. В обнажениях доломит сильно выщелочен и имеет бугристо-кавернозную поверхность. Эта подсвита на всех участках долины сохраняет одинаковый разрез и отличается сильной выветрелостью и закарстованностью. Мощность подсвиты равна 3-5 - 6,0 м.

Общая мощность свиты уменьшается вниз по течению Двугавы от 32 (у острова Абелю) до 23 м (у Виленской излучины).

Над плявиньскими доломитами залегают породы селяспилсской свиты, представленные переслаивающими глинами, мергелями и доломитами. В основании свиты залегают глины зеленовато-серые или почти черные с прослойками глин и мергелей. В средней части разреза свиты преобладают доломиты, реже глины и мергели. Доломиты чаще всего серые или зеленовато-серые с бурыми пленками, пелитоморфные с гнездами и прослоями неоднородных конкреционных с крупными кавернами, выполненными крупнокристаллическим кальцитом. Такие доломиты переслаиваются с глинисто-мергелистыми пачками, содержащими прослои кристаллических доломитов с прослоями доломитовой муки и с крупными гнездами кальцита.

В верхах сэлэспилсской свиты залегают пелитоморфные доломиты очень крепкие, с прослоями полосчатых мергелей, переходящих в глину. На границе с даугавской свитой лежат желтовато-белые или ярко-желтые глинистые доломиты, хорошо прослеживающиеся во всех обнажениях. На некоторых участках рассматриваемого района глинисто-мергелистые и доломитовые породы сэлэспилсской свиты замещаются целиком или частично доломитовой брекчией. По скважинам на Ступинском участке брекчия имеет такой состав:

Пласт доломитовой брекчии из крупных и мелких обломков доломита светлосерого и темнобурого и совсем черного слоистого доломита, вмещенных в зеленовато-бурый доломит. Мощность 1,6 м.

Крупнообломочная брекчия из обломков светлых пелитоморфных доломитов и темных буро-коричневых доломитов, с частыми коллоидальными пленками и бугристой шероховатостью раздома, характерных для доломитов плявиньской свиты, которые вмещены в зеленовато-серый неоднородный грубозернистый доломит. Мощность 1,05 м.

Прослой темного зеленовато-серого очень неоднородного мергеля с обломками доломитов плявиньской свиты, а также мергелей и зеленых глин. Мергель содержит конкреционные стяжения темнобурого мелкокристаллического доломита с крупными жеодами кальцита. Мощность 1,3 м.

Мелкообломочная доломитовая брекчия, состоящая из гравия темного серо-коричневого доломита с прожилками

кальцита и из обломков мелкозернистого или крупнозернистого доломита с прослойками мергеля и глин. В подошве гравелита залегают глыбы желтовато-серого пелитоморфного доломита, со слоистостью, ориентированной под углом 65°. Мощность 1,35 м.

Светлосерый мажущий доломит с редкими крупными обломками доломита и мергеля. Верхняя часть - темный и зеленовато-бурый, грубозернистый мергель с обломками доломита конкреционного с жеодами кальцита. Мощность 1,25 м.
Брекчия имеет делювиальное происхождение.
Мощность саласпилсской свиты в районе острова Абелю равна 15-16 , у г. Плявиняс , на участке Мяленской излучины.

Над саласпилсской свитой залегают отложения даугавской свиты, подразделяемые на три подсвиты [Лиепиньш П.П., 1959]. /$D_3 dg_1$, $D_3 dg_2$, $D_3 dg_3$/. Нижняя и верхняя подсвиты сложены доломитами, средняя - доломитизированными мергелями с прослоями глин.

В основании нижнедаугавской подсвиты залегает доломит коричневато-серый тонкозернистый очень крепкий, с кавернами вдоль плоскостей напластования, с жеодами крупнокристаллического кальцита. Покрывается этот слой желтоватосерыми глинистыми плитчатыми доломитами, иногда переходящими в мергели или скрытозернистые мелкокавернозные доломиты с неясновыраженной органогенной структурой. Среди этих доломитов встречаются прослои со стяжениями до

0,5 м в диаметре очень крепкого темного доломита, оконтуренными характерной карбонатной корочкой ржавого цвета. В низах подсвиты отличается доломит коричневый очень неоднородный: крупнокристаллический, рыхлый, сильно выщелоченный и скрытокристаллический, крепкий, образующий своеобразную решетку, " скелет" пласта со множеством карстовых пустот и пещер. Пачка доломитов, подстилающая Фреднедаугавскую подсвиту $D_3 dg_2$ сложена коричневато-серыми доломитами, большей частью мелкозернистыми, мелко- и крупнокавернозными. Каверны выполнены доломитовой мукой. Мощность подсвиты меняется от 6,0 до 9,0 м.

Подсвита $D_3 dg_2$ сложена мергелями доломитизированными голубоватыми и зеленоватосерыми с прослойками глинистого доломита и глин. Мощность подсвиты колеблется от 0,7 до 1,5 м.

Разрез верхнедаугавской подсвиты $D_3 dg_3$ начинается доломитами коричневато-серыми мелкозернистыми крепкими с полуокруглыми кавернами от выщелоченных раковин Platyschisma kirchholmiensis Keys., Stromatopora.

Доломиты с редкими отпечатками этой фауны переходят в прослои переполненные ими и приобретают дырчато-ноздреватый облик. Над пачкой с фауной лежат плитчатые мелкозернистые с гнездами разнозернистых доломиты с крупными кавернами, выполненные крупнокристаллическим кальцитом. В обнажениях слой сильно выщелочен и участками замещается доломитовой мукой. Средняя часть подсвиты сложена желтовато-

серыми тонкозернистыми массивными редкокавернозными, на участке выше г. Плявиняс - мелкозернистыми кавернозно-ноздреватыми, с доломитовой мукой в кавернах. Выше залегают доломиты желтовато-серые, тонкокристаллические, крепкие, массивные, с редкими крупными кавернами, заполненными по стенкам кальцитом. Мощность подсвиты $D_3 dz_2$ равна на участке около 8,0 м.

Верхняя часть даугавской свиты видна только в одном месте, выше устья р. Айвиекште и представлена там у уреза воды в реке толщей неоднородных доломитов, преимущественно средне- и крупнокристаллических, с сахаровидным изломом, крепких и кавернозных. Выше по разрезу доломиты становятся пятнистыми, с прослоем почти белого крупнокристаллического доломита, сильно выщелоченного, рассыпающегося на отдельные зерна. В средней части толщи среди голубоватых и буровато-серых мелкокристаллических доломитов выделяется прослой очень неоднородного доломита, то крепкого, скрытокристаллического, то очень рыхлого, песчаникоподобного, выщелоченного и разрушенного. Покрывается этот прослой пачкой пятнистых мелкокристаллических, местами сахаровидных доломитов, переходящих в контактовый с огрской свитой доломит мелкокавернозный и кальцитизированный, верхняя поверхность напластования которого покрыта натеками железистых соединений. Общая мощность всей видимой части разреза подсвиты $D_3 dz_3$ равна здесь 6,0 м.

Общая мощность даугавской свиты 15,0 м . Отложениями даугавской свиты заканчивается разрез карбонатных отложений в долине р. Даугава.

Последним членом разреза коренных пород в долине р. Даугава являются отложения огрской свиты, представленные песчаниками и глинами доломитизированными красновато-бурыми, с зеленоватыми прослоями мергелей и глинистых доломитов. Огрские породы почти на всей площади долины выше от Киправа снесены ледниковой экзарацией и сохранились лишь на отдельных участках в депрессиях между местными структурами. От пос. п. Киправа до о-ва Доле огрская свита с некоторыми перерывами выходит на поверхность.

В долине Даугавы не наблюдается полного разреза огрской свиты и наибольшая ее мощность на отдельных участках не превышает 11,5 м.

Четвертичные отложения на исследованной площади относятся к плейстоцену и голоцену. Комплекс ледниковых отложений, участвующий в строении коренных берегов р. Даугава и ее водоразделов, связан с последним оледенением на территории Латвии. Исследователи четвертичных отложений республики [70] устанавливают в долине р. Даугава присутствие двух горизонтов вюрмской морены: верхний, имеющий серовато-коричневую окраску и нижний - яркую красновато-коричневую. Более древние отложения ледникового комплекса заполняют понижения коренного рельефа и древние

эрозионные переуглубления. Непосредственно на участке долины у острова Абелю, хх. Прыжи и Зелты, по идущей от г. Екабпилс к долине р. Даугаве трассе деривационного канала, в районе Ритерской долины и на других участках скважины МОСГИДЭПа вскрыли горизонт серой морены, мощностью до 6,0 м, сопоставляемый с верхним горизонтом рисской морены. Повсей вероятности, тот же возраст имеет толща морены, заполняющая древнюю долину в районе Миеменской петли.

В долине р. Даугавы среди вормских отложений выделяются предледниковые, собственно ледниковые и позднеледниковые образования. Первые представлены преимущественно разнозернистыми песками с галькой и валунами и вскрыты в Плявиньском и Крустпилском районах. Собственно ледниковые отложения имеют в районе широкое распространение и представлены мореной с прослоями и гнездами интергляциальных песков. Вормская морена перекрыта отложениями позднеледникового времени, к которым относятся осадки приледниковых водоемов, и которыми сложены озы и кэмы.

Обширные водораздельные равнины на отдельных участках исследуемого района слагаются флювиогляциальными образованиями, отложенными водами последнего ледника. Флювиогляциальные отложения представлены разнозернистыми и гравийными песками с тонкими прослойками супеси и суглинка, общей мощностью от 8 до 15 м. К позднеледниковым образованиям относятся также и озерноледниковые отложения, широко развитые в пределах Восточно-Латвийской низменности и на других участках, прилегающих к долине Даугавы и слагающих ее коренные берега.

Озерно-ледниковые отложения представлены обычно мелко- и тонкозернистыми песками и слоистыми глинами. В некоторых районах (например, таких как г. Крустпилс) под слоем тонко- и мелкозернистых песков лежат буровато-коричневые и шоколадные жирные глины мощностью до 1,5 м.

Среди отложений голоцена нас больше всего будут интересовать древние и современные аллювиальные отложения р. Даугава, характеристика которых будет дана ниже при описании геологического строения отдельных участков долины р. Даугава.

Для полной характеристики местных геологических условий в долине Даугавы наряду с литологией и стратиграфией рассмотрим распространение карстующихся пород, так как именно оно выясняет обстановку развития карста на различных участках долины.

Как было уже сказано выше, р. Даугава начинает врезаться в коренные породы от нас.п. Ерики, расположенного в 12 км от г. Лиепаи вверх по течению реки. На всем верхнем участке, до острова Абелю, дно долины и ее склоны сложены доломитами плявиньской свиты. Выше уреза воды в реке здесь поднимаются подсвиты, $D_3 pl_{2+3}$ которые обнажаются у х.х. Цирсниеки и Буцениеки, выше г. Лиепаи, а также у х. Вейгуры, у ст. Трепе и в устье р. Перета. В плявиньских доломитах этого участка развиваются карстовые процессы. Закарстованная часть свиты представлена тонкозернистыми и пелитоморфными доломитами, содержащими прослои и гнезда доломитов мелко- и среднезернистых, иногда известко-

вистых. Выщелачиваются доломиты с разнозернистой пятнистой структурой, распределенные в составе среднеплавиньских подсвит неравномерно.

Наиболее закарстован участок, прилегающий к реке выше г.Лиепаны, у к.Цирсниеки, где доломиты поднимаются на коренной берег и перекрываются мореной и озерно-ледниковыми тонкими песками. Мощность моренных суглинков увеличивается вглубь водоразделов от 0,5 до 7-8 м. Вблизи долины они местами размыты и на доломитах лежит лишь тонкий слой мелких песков, что способствует появлению карстовых форм в виде поноров, воронок и небольших западин.

Ниже по течению реки, у х. Вейгури и ст. Трепе карст наблюдается только в обрыве невысокого уступа надпойменной террасы (высота 6 м). На площадке террасы карстующиеся доломиты защищены от проникновения метеорных вод плащом валунных суглинков мощностью от 2,7 до 2,0 м.

Ниже устья р. Нереты плявиньская свита погружается под более молодые отложения, и в районе острова Абелю она вскрывается лишь буровыми скважинами. Русло Даугавы выстилают породы саласпилсской свиты, они же слагают уступы террасы и коренного берега, где покрываются ледниковыми отложениями. Напротив острова Абелю в цоколе надпойменной террасы появляются доломиты даугавской свиты тонко- и мелкозернистые, с крупными кавернами, стенки которых покрыты крупнокристаллическим кальцитом, чередующиеся с плитчатыми или песчаниковидными. Последние интенсивно карстуются, имеют пустоты размерами 10х20 и 20х30 см, а иногда

выщелочены до доломитовой муки.

В районе г.Кизбиль, в карьерах, среди доломитов с неоднородной кристаллизацией: от тонко- до среднезернистых, выделяются прослойки рыхлой обохренной доломитовой муки, мощностью 0,10- 0,15 м, выдерживающиеся на значительном расстоянии. Над прослоем с доломитовой мукой залегает плост коричневато-серого доломита мелкокристаллического песчаникоподобного редкокавернозного, с пятнами серого скрытокристаллического крепкого доломита. Каверны вытянуты параллельно плоскостям напластования и оконтурены корочкой рыхлого доломита, превращающегося в доломитовую муку. На отдельных участках доломиты потеряли нормальную слоистую текстуру и залегают глыбами, разобщенными и сильно разрушенными. Поверхности напластования в доломитах неровные, карманно-бугристые. На контактах слоев образуются карстовые полости с обрушивающимися стенками, заполненные доломитовой мукой и эллювиальным песком, внесенным по трещинам сверху. Доломит в глыбах рыхлый, песчаниковидный с гнездами доломитовой муки.

Покрывается этот выщелоченный слой доломитом серым, мелкокристаллическим, сильно ожелезненным и трещиноватым, с редкими отпечатками фауны Platyschisma Kirch.

с бугристо-изъеденной выветрелой поверхностью. Общая мощность трех нижних прослоев равна 0,75 м. В верхней части берегового уступа лежит пачка желтовато-серых песчаниковидных доломитов, среди которых встречаются мелкокристаллические плитчатые разности с редкими кавернами до 5 см. в

диаметре. Стенки каверн рубчатые, с корочкой крупных кристаллов кальцита. Тонкие жилки кальцита пронизывают и основную массу доломита. В песчаниковидном зернистом доломите есть гнезда муки, размерами 12 x 10 и 6x3 см. Самые верхние слои доломита очень неоднородные, преимущественно крупнокристаллические, местами очень крепкие, с мелкими кавернами различной формы, размерами 1 x 1,5 см. Каверны заполнены крупнокристаллическим кальцитом или доломитовой мукой. Отдельные участки ожелезненного ржаво-бурого, с розовыми пятнами доломита разрушаются и раскрашиваются до рыхлого щебня и муки и превращаются в карстовую брекчию.

На острове Сака над доломитами залегает морена, мощностью 1,50 м, которая перекрывается разнозернистым аллювиальным песком, мощностью до 2,0 м. Аллювий единственной надпойменной террасы на участке остров Абело- остров Сака представлен в основном песками, иногда с прослоями галечника, реже песчаными суглинками и супесями. Общая мощность аллювиальных отложений не превышает 2,5 м. Современные аллювиальные отложения (поймы и высокой поймы) представлены преимущественно песками и заиленными супесями.

Ниже г. Крустпилс коренные породы (отложения даугавской свиты) медленно погружаются под четвертичные отложения и только у х. Звидзены появляются из-под уреза воды в реке в своде одной из структур. Далее доломиты снова опускаются, образуя прогиб, заполненный четвертичными осадками. У х. Клеуги доломиты принимают участие в строении

русла и нижней части склона надпойменной террасы и протягиваются отсюда почти до приустьевой части реки. Цоколь надпойменной террасы на участке Клауги-Пениги-Грабажи сложен самыми верхними слоями подсвиты D_3dg_3 отличающимися разнозернистым, преимущественно крупнозернистым, составом и большой выщелоченностью. Прослои неоднородных доломитов рыхлые, песчаникоподобные, местами превращенные в доломитовый песок и муку.

Карстующиеся доломиты даугавской свиты покрываются здесь мореной и песчаным аллювием, общая мощность которых варьирует от 1,5 до 4,0 м.

От устья р. Айвиексте и ниже г. Плявиняс доломитами даугавской свиты сложены склоны и поверхность пятой надпойменной террасы до речки Пиещупите на правом берегу и до речки Авотиня на левом.

Покрываются даугавские доломиты в пределах террасы маломощным слоем крупно-песчаных и гравийно-галечных аллювиальных отложений мощностью от 1,0 м до 5,0 м. На левом берегу реки между хуторами Пульпаны-Спиетини, Пумпуры, Муйжниеки и ниже устья рч.Пикстери мощность аллювиального покрова колеблется от 1,5 до 3,5 м. На правом берегу мощность аллювия У террасы увеличивается по направлению к хуторам Дактери-Жокли и Межаки-Авотыни.

На участках долины Красти-Спиетини (левый берег) и Смекерстаны-Муйжниеки даугавские доломиты образуют также

поверхность IУ эрозионного уровня, с очень незначительной мощностью аллювия (до 1,0 м), за исключением района х.Стрэутины, где мощность гравийно-галечных отложений превышает 5,0 м. Аллювий более низких террас достигает довольно больших мощностей (до 10 и более м) и представлен преимущественно гравийно-галечным материалом.

Таким образом, на большей части террасы кровля -доломитов залегает вблизи от поверхности, а иногда прикрыта слоем аллювия не превышающем 0,20 м. Исходя из этого можно видеть, что интенсивность закарстованности доломитов убывает соответственно увеличению мощности рыхлых аллювиальных накоплений.

Ниже устья рч. Авотыни доломиты даугавской свиты исчезают из разреза склонов берега и на крыльях Авотыньской структуры обнажаются породы саласпилсской и Плявиньской свит.

Состав пород обоих свит мало чем отличается от описанных выше в сводном разрезе по всему району. В основании плявиньской свиты здесь лежит прослой пятнистого доломита.

Напротив Стабурага в обрыве У эрозионной террасы виден весь разрез плявиньской и саласпилсской свит, а также низы даугавской свиты у бровки террасы.

На крыльях Кокнесской структуры широко обнажаются нижние подсвиты плявиньской свиты.

В долине р. Персе выделяется сильно закарстованный пласт доломитов подсвиты D_3pl_2 с бурой и красноватой корочкой окиси железа на нижней поверхности пластово-

вания. Доломит этот пестрый по окраске и очень неоднороден по структуре: от пелитоморфного до среднекристаллического или песчаниковидного мелкокавернозного, с бурыми ожелезненными пятнами.

На крыльях Кокнесской и Рупниекской структур также отчетливо выделяются отложения подсвиты D_3pl_2, имеющие в своем составе доломит желтый, рыхлый, часто переходящий в доломитовую муку.

Особенно сильно закарстован доломит неоднородный, конгломератовидный, буровато-красный и ржаво-желтый, со стяжениями мелкокристаллического пирита.

Выщелоченные участки пласта имеют песчаниковидный излом и сильно разрушены, карстовые пустоты и каверны заполнены доломитовой мукой и крупнокристаллическим кальцитом.

На участке долины от х.Билстини до х.Деясвиеди в обнажениях так не виден сильно закарстованный прослой доломита, залегающий в основании подсвиты D_3pl_2.

Пласт этих доломитов очень неоднороден по кристаллизации, сильно ожелезнен и разрушен до доломитовой муки, участками приобретает брекчиевидную структуру. Крупные каверны заполнены доломитовой мукой, рыхлой и сильно обохренной.

На участке прогиба коренных пород между Баложской и Салинской структурами доломиты плявиньской свиты уходят под урез воды и береговой склон здесь сложен исключительно глинисто-мергелисто-доломитовым и породами саласпилсской свиты.

Таким образом, начиная от Стабурагской излучины и до Миеменской петли уступы верхних эрозионных террас и их поверхности сложены доломитами плявиньской свиты. Мощность эллювиального покрова на верхних террасах в большей части случаев не достигает и 1 м. Исключение представляет участок У надпойменной террасы выше устья р. Персе, где мощность гравийно-галечных отложений составляет около 10 м, участок той же террасы в районе х.Индраны между устьем р. Персе и х. Ауди, с мощностью гравийного эллювия в 3-3,5 м.

В районе Миеменской излучины реке Даугаве продолжает глубоко врезаться в верхнедевонские породы и долина ее на этом участке достигает глубины 50 м.

Геологическое строение района Миеменской петли довольно сложно в виду того, что современная долина пересекается здесь древними эрозионными врезами, заполненными комплексом ледниковых и водноледниковых образований. Правый и левый водоразделы сложены в основном моренными суглинками, покрывающими доломиты даугавской свиты. Мощность моренных суглинков колеблется от 15 до 20 м.

Нижнюю часть склонов долины в северо-восточной части петли слагают отложения плявиньской свиты, которые за пределами древнего эрозионного вреза, на юге излучины, погружаются под урез воды. Нижнюю часть склонов долины между древними врезами слагает саласпилсская свита, сложенная зеленовато-серыми глинами и доломитами, переслаивающимися с тонкими прослойками мергелей.

Коренная поверхность водораздельных плато сложена даугавскими доломитами. В долине р.Лауце они же слагают поверхности верхних террас на правом берегу и поверхность IУ террасы на левом берегу.

Состав пород даугавской свиты в районе Мяженской излучины отличается от всех ранее рассмотренных в других районах. Буровые скважины и горные выработки, пройденные на левом коренном берегу р. Даугава и на верхней эрозионной террасе правого берега, показали частое переслаивание даугавских доломитов с прослойками глин, мощностью от 0,01 до 0,008 м. Как в нижней, так и в верхнедаугавской подсвите выделяются две разновидности доломитов: желтовато-серые, мелкокристаллические, очень крепкие и серые и темносерые тонкокристаллические, крепкие. Каверны до 10 см в диаметре приурочены чаще к мелкокристаллическим, очень крепким доломитам. Характеристику разреза даугавской свиты дает шахта № 1270, пройденная на верхней эрозионной террасе правого берега в центре Мяженской излучины. Здесь под элювиальными и гравийно-галечными отложениями, мощностью в 3,30 м, залегает пачка переслаивающихся доломитов и глин мощностью в 11,35 м. Мощность прослойков доломитов и глин не превышает 10 см.

Несмотря на большое количество глинистых прослоев в пачке доломитов, последняя в сильной мере подвержена процессам карста и нормальное ее залегание нарушено оседаниями слоев доломитов над пустотами, расширенными трещинами. Усиленная закарстованность доломитов обуславли-

вается на участке не составом пород, так как выделяются мелко- и тонкокристаллические разности, а другими причинами: близостью древнего вреза и разрушенностью доломитов.

В 1,5 км ниже Миеменской петли к р. Даугаве открывается долина р. Лауце. Водораздел между этими двумя речками сложен доломитами даугавской свиты и сильно закарстован.

Цоколи VI и IV надпойменных террас в долине р. Лауце слагают доломиты даугавской свиты. В основании V террасы лежат доломиты Плявиньской свиты. На всех верхних террасах развиты карстовые явления.

Аллювиальные отложения, покрывающие коренные породы почти всех террас на участке, представлены гравийно-галечным материалом, с включением большого количества валунов. Мощность аллювия колеблется от 0,3 до 10-11 м.

На участке долины р. Даугава между устьем р.Лауце и ст. Кегумс.

В уступе эрозионной террасы обнажаются глины и песчаники огрской свиты, русло рек врезано в доломиты даугавской свиты и участками в селеспилсскую свиту.

Так между ст.Скривери и нас.п.Киправе, у х.Стерпелес, на бечевнике обнажаются глины и тонкослоистые селеспилсские доломиты, констатирующие с даугавской свитой на отметке - 14.10

В разрезе нижнедаугавской подсвиты ниже г. Мунелгава преобладают глинистые разности доломитов.

За Кегумской плотиной у уреза воды вскрывается нижнедаугавская подсвита $D_3 dg_1$. В верхней части склона залегают доломиты подсвиты $D_3 dg_3$.

Общая мощность отложений даугавской свиты равна в районе Кегумса 11,5 м.

Вниз по реке разрез отложений свиты мало изменяется. В самой верхней части уступа эрозионной террасы ниже Кегумской плотины вскрываются нижняя часть огрской свиты, представленная зеленовато- серой и фиолетово-красной глиной. По направлению к ст. Огре дно и нижнюю часть бортов долины продолжает слагать отложения даугавской и саласпилсской свит. В составе нижнедаугавской подсвиты напротив ст. Огре увеличивается мощность кавернозных доломитов, и в нижней части подсвиты появляются прослойки голубых глин, каверны удлиненной формы располагаются главным образом вдоль слоистости пластов. Ниже ст.Огре коренное ложе реки врезано в породы даугавской свиты, под которыми в сводах небольших структур вскрываются отложения саласпилсской свиты.

В районе ст. Саулкалне в ядре структуры обнажаются отложения саласпилсской свиты, содержащие гипсы.

Толща саласпилсских пород подвержена там интенсивным разрушающим процессам и прослои гипсов и доломитов в ней имеют плохую сохранность. Рядом скважин на Саулкалнском участке вскрыты полости и разрушенные зоны, заполненные разжиженной глинисто-доломитовой массой с

примесью четвертичных образований. В целом монолитность сильно нарушена и целые участки ее превращены в обводненную слабо сцементированную брекчию.

Признаки активного гипсово-доломитового карста появляется на террасе и водоразделе в виде большого количества воронок и ложбин.

У острова Доле и ниже его в строении русла и уступов террас принимают участие даугавские доломиты тонко- и мелкозернистые, в нижней части свиты, переходящие в пелитоморфные. Западнее, в районе Кегумской структуры, на обоих крыльях последней, видны отложения селаспилсской свиты, а в ядре - плявиньские доломиты. Доломиты на террасе перекрыты незначительным слоем современного аллювия, представленного гравийно-галечными отложениями.

На устьевом участке р. Даугава карбонатные свиты верхнедевонских отложений уничтожены экзарационной деятельностью ледника, поэтому здесь имеют распространение залегающие стратиграфически ниже песчано-глинистые отложения аматской и гаудской свит.

Рассмотрев кратко стратиграфию, литологию и распространение карбонатных пород в долине р. Даугава, можно сказать, что степень их растворения зависит от минералогического и химического состава пород, а также от структурно-текстурных особенностей.

Карстующиеся породы в долине реки Даугава представлены доломитами различных литогенетических типов, которые в основном относятся к типу чистых доломитов со средним содержанием кальцита 2-3%. Повышенное содержание кальцита (до 10%) происходит за счет вторичного происхождения в кавернах и трещинах.

Не-смотря на то, что доломиты имеют очень сходный химический состав, выщелачиваются они весьма неравномерно.

Способность растворения доломитов снижают прежде всего наличие глинистых примесей, которые присутствуют в глинистых доломитах, доломитовых мергелях и в микрозернистых тонкослоистых разностях доломитов. Выщелачиванию подвергаются только те разности доломитов, которые содержат небольшое количество нерастворимого остатка. Выщелачиваются при этом те участки пород, которые не загрязнены глинистыми примесями.

Таким образом, глинистые включения затрудняют перекристаллизацию и растворение пород.

Обычно, чем меньше зерна, тем выше их растворимость. Но в наших условиях мелкозернистые разности доломитов повышают плотность за счет содержания пелитовых примесей. Более крупнозернистые разности оказываются и более чистыми, поэтому выщелачивание доломитов происходит за счет растворения более крупных по размеру, но чистых по составу зерен доломита.

В разрезе карбонатной пачки пород закарстованные слои доломитов начинают появляться в подсвите $D_3 pl_2$

Так в нижней части подсвиты есть отдельные прослои неравномернозернистых, конгломератовидных доломитов. Но чаще неравномернозернистые доломиты встречаются в верхней части подсвиты в виде пятен и прослоев. В породе попадаются вкрапления пирита, что тоже облегчает ее растворение. В обнажениях такие разности доломитов пористые имеют песчаниковидный облик, рыхлые сыпятся.

В подсвите D_3pl_3 разнозернистые доломиты с пятнистой текстурой отмечаются в нижней части подсвиты. В нижней половине подсвиты встречаются закарстованные разности среди тонкозернистых чистых доломитов, содержащих крупные каверны и небольшие пустотки.

Особенно сильно карстуются средне и крупнозернистые кальцитизированные доломиты в подсвите D_3pl_4. Выщелоченные доломиты имеют сахаровидный излом с массой пор, крупных каверн и полостей. Среди этих разностей доломита выщелачиваются участки как с крупнозернистой, так и с мелкозернистой структурой. В доломитах подсвиты всегда присутствуют включения пирита.

Доломиты саласпилсской свиты карстуются слабо в связи с их глинистым составом. Среди доломитов свиты подвержены выщелачиванию неоднородные, обычно кавернозные, брекчиевидные доломиты, залегающие в средней и нижней частях подсвиты среди глинисто-мергелистого комплекса пород.

Доломиты даугавской свиты в основном имеют тонкозернистый состав, но в верхней части свиты преобладают неравномернозернистые иногда известковистые разности. Вниз по реке доломиты становятся глинистыми и более тонкозернистыми.

Среди тонкозернистых доломитов преобладают разности с пятнистой структурой. В этом случае выщелачиваются светлые, лишенные примесей участки, которые становятся рыхлыми и сильно пористыми. Неоднородная структура доломитов обуславливается не только наличием участков чистых доломитов, но и присутствием включений в виде прослоев и гнезд с более крупными зернами. Доломит с неравномерной кристаллизацией местами крепкий, плотный, но на отдельных участках рыхлый, выщелоченный песчаниковидный. В обнажениях в таких прослоях остается только причудливая решетка из прожилков крепкого доломита. К этому слою, залегающему в нижней части подсвиты приурочены карстовые каналы и пещеры. Большая роль в процессах выщелачивания принадлежит и растворению створок обильной фауны, что хорошо подтверждается наличием пустот от фауны в верхней части подсвиты.

Породы среднедаугавской подсвиты характеризуются глинистым составом. Сами по себе (за исключением известковистых прослоев) они карста не дают, но подвергаются процессам размокания и разрушения, с образованием ниш и выемок. В пустоты такого рода прогибаются или обрушаются потерявшие при выщелачивании устойчивость доломиты, что

способствует образованию полостей в выше залегающих доломитах. Значительную закарстованность доломитов верхне даугавской подсвиты создает выщелачивание створок и остатков раковин.

Не меньшую роль в выщелачивании играют и неоднородные доломиты. В нижней части подсвиты обычно карстуется доломит с неоднородной кристаллизацией: то очень крепкий тонкозернистый, то крупнозернистый рыхлый, с прожилками кальцита. Такие доломиты в обнажениях разрушены до состояния щебня. В верхней части подсвиты также характерны средне и крупнозернистые доломиты выщелоченные до доломитового песка и муки. Особенно хорошо выделяются подобные разности выше устья р. Айвиекете, напротив х. Грабаки. Ярким признаком карста в карстующихся породах плявиньской, саласпилсской и даугавской свит является большое распространение в них доломитовой муки. Образование доломитовой муки происходит в прослоях склонных к растворению тех же самых разностях, которые были описаны выше. Скопления муки в виде гнезд, линз, прослоев происходит при условии отсутствия выноса ее водами, растворяющими породу. Поэтому в береговых обрывах обычно наблюдаются полые пустоты, а в карьерах, скважинах разведочных выработках нередко выявляются целые прослои, превращенные в муку.

в) Условия залегания карбонатных пород и трещиноватость.

На развитие карста в Латвийской ССР и в долине р.Даугава существенное значение оказывают структурно-тектонические условия так как они предопределяют характер залегания пород, воздействующий на развитие трещиноватости и направление карстового процесса.

Территория Латвии располагается на северо-западе Русской платформы, в области сочленения нескольких региональных тектонических структур. К крупным положительным структурам относятся склон Балтийского щита и Белорусско-Литовский выступ фундамента.

Отрицательными структурами являются Польско-Литовская впадина (северо-восточная часть которой входит в пределы Латвийской ССР) и Латвийский синклинальный прогиб.

Почти полностью на территории Латвийской ССР располагается только Латвийский прогиб, представляющий собой мульду широтного простирания. На западе Латвийский прогиб граничит с северо-восточной частью Польско-Литовской впадины, на севере - со склонами Балтийского щита, на юге- с Белорусско-Литовским выступом фундамента, на востоке - с Московской синеклизой.

Места сочленения крупных региональных структур обычно сопровождаются флексурообразными перегибами слоев осадочного комплекса и тектоническими уступами, к которым приурочены полосы локальных структур, в свою очередь

осложненных зонами мелкой брахискладчатости и интенсивной трещиноватостью.

Именно в этих зонах и наблюдается интенсивное развитие карста.

Река Даугава на территории Латвийской ССР пересекает крупную структуру - Латвийский синклинальный прогиб. Прогиб вытянут с ЮЗ на СВ в направлении от г.Балдоне до г. Остров Псковской области.

В юго-восточной части республики, река течет в северо-западном направлении, пересекая вкрест простирания юго-восточное крыло Латвийского прогиба. По мере приближения к центру прогиба происходит общее погружение слоев карбонатной толщи верхнего девона и в осевой части последнего выходят на поверхность самые молодые отложения франского яруса, - вскрывающиеся в долине, - пестроцветные породы огрской свиты. На южном крыле прогиба огрские отложения уничтожены эрозией и снесены ледником.

Даугава на крыльях прогиба вскрывает ряд местных структур.

Как отмечает А.П.Индане (37б) местные структуры подразделяются на крупные поднятия преимущественно плакантиклинального типа, брахиантиклинальные и близкие к ним более мелкие структурные формы, к которым приурочены еще более мелкие по размерам брахискладки, осложняющие крылья наиболее крупных структур второй группы. Особым видом нарушения осадочных пород являются их флексурообразные перегибы, известные под названием тектонических уступов.

Локальные структуры, с которыми мы будем встречаться на описываемой площади, относятся ко второй группе местных структур преимущественно брахиантиклинальной формы. Размеры таких структур редко превышают 10-15 км^2

Высота структур колеблется от нескольких до 30 и более м, а углы падения на крыльях структур изменяются от 2-3 до 5-6^0, редко достигая 12-15^0. Строение структур часто ассиметрично. Круто падающие крылья структур обычно сопровождаются зонами повышенной трещиноватости.

В долине р. Даугава на участке Ерсика-Плявиняс к одной из наиболее крупных местных структур относится Ливанская структура, амплитуда смещения слоев которой достигает 30 м. Далее на северо-запад, следуют более мелкие структуры: Трепская и Абельская. Амплитуда поднятия последней небольшая и равна 8 м. Ниже устья р. Айвиексте Даугава течет вдоль юго-восточного склона Латвийского прогиба, осложненного рядом локальных структур. Некоторые из них являются крупнейшими на территории Латвии. Одна из самых крупных структур располагается в районе г. Плявиняс: Простирание структуры северо-западное и оно совпадает с простиранием южного склона Латвийского синклинального прогиба. С Плявиньской структурой связан целый ряд поднятий коренных пород, проследживающихся в долине, ниже г. Плявиняс. Размеры структуры равны 5-х 3 км, а вертикальная амплитуда превышает 50м. Река пересекает структуру вкрест простирания. В склонах берега обнажаются ее ассиметричные крылья:

восточное более крутое и западное пологое. Свод Плявиньской структуры размыт. В размытой ложбине под четвертичными отложениями залегают аматская и гауйская свиты. На крыльях структуры выходят на поверхность породы плявиньской, саласпилсской и даугавской свит. От устья р. Стопступите начинается подъем слоев на северо-восточное крыло структуры. Угол падения слоев возрастает по направлению к своду от 2 до 11°.

Второй крупной структурой, вскрываемой долиной, является Кактыни-Авотынькалнская, расположенная у хх. Кактыни и Авотынькалне и представляющая брахискладку, вытянутую с ЮЗ на СВ. Длина этой складки равна 2 км, вертикальная амплитуда - 35 м. Северо-западное крыло структуры размыто рекой, юго-восточное обнажается в обрыве левого берега.

В центре структуры залегают отложения аматской свиты, крылья сложены плявиньскими, саласпилсскими и даугавскими породами. Плявиньские доломиты на юго-восточном крыле залегают довольно спокойно и падают по азимуту ЮЗ 130° под углом 11-12°.

Контакт между плявиньской и аматской свитами лежит на 72 м абс. высоты.

В районе Стабурагской излучины Даугава пересекает Стабурагскую структуру, разрез которой обнажается ниже утеса Стабураге, на левом берегу реки. Простирание структуры широтное, на крыльях слои доломитов падают под углом 8°-9°. Нижнее (северное) крыло складки сильно раздроблено.

В центре структуры обнажаются доломиты плявиньской свиты, крылья сложены отложениями плявиньской, саласпилсской и даугавской свит. Амплитуда поднятия слоев составляет около 10 м., в сводовой части структуры кровля плявиньской свиты лежит на абсолютной отметке 68,0 м

Ниже устья речки Дзирнавупите Даугава входит в пределы Кокнесской структуры. В центре структуры на поверхность выходят отложения эматской свиты, крылья слагают породы плявиньской, саласпилсской и даугавской свит. Длина структуры достигает 7 км, амплитуда вертикального поднятия превышает 15 м

Выше пос. Кокнесе Даугава течет по простиранию структуры (на северо-запад). Подъем слоев доломитов к ее своду начинается от х. Калнавоты. Кровля эматской свиты наиболее высокой отметки(+ 55 м абс.высоты) достигает на правом берегу реки, у пос. Кокнесе. На левом берегу контакт эматской и плявиньской свит поднимается до абс.отметки + 51 м

Западнее р.Персе Даугава пересекает Радзинскую структуру, центр которой располагается вблизи х.Слокас. Размеры структуры точно не оконтурены. Высота поднятия слоев достигает в своде 15 м. Абсолютная отметка наиболее высокой точки эматской свиты равна здесь + 54 м. Напротив нас.п. Айзкраукле в склонах долины вскрывается Баложская структура, длинная ось которой равна 7 км, в

амплитуда - около 30 м. Структура ориентирована в северо-восточном направлении. В ядре структуры кровля эмсской свиты залегает на абсолютной отметке + 49,0 м. Крылья структуры сложены доломитами плявиньской свиты, плохо обнаженными по берегам реки. В северо-восточной оконечности Миеменской излучины четко выражена брахискладка, известная под названием Семенской структуры. В своде последней отложения эмсской свиты поднимаются до + 40 м абс.высоты. В южном крыле структуры слои плявиньских доломитов падают на юго-запад под углом 5°. Напротив устья р. Лауце Даугава прорезает Яунземскую структуру, прослеживающуюся на расстоянии около 1,5 км. Западное крыло этой складки более крутое, восточное-пологое. Угол падения слоев на склонах складки изменяется от 3 до 1°.

Следующая крупная структура, приуроченная к северо-западному борту Латвийского синклинального прогиба, располагается в районе ст. Саулкалне. В сводной части структуры обнажаются отложения саласпилсской свиты, содержащие гипсы. Амплитуда поднятия слоев структуры равна 15 м

В приустьевой части долины Даугавы пересекает Навесальскую и затем Катлакалнскую структуры. В своде первой из них на поверхность выходят отложения саласпилсской свиты, крылья сложены даугавскими доломитами и глинами огрской свиты. Размеры структуры примерно равны 5 х 2 км, высота - 20 м. В центре Катлакалнской структуры лежат доломиты плявиньской свиты. Размеры структуры в направлении с ЮЗ на СВ достигают 8 км, а амплитуда - более 30 м.

Обе последние структуры связаны с более крупными поднятиями: Балдонским перегибом и Рижско-Псковским тектоническим уступом.

Ряд исследований (Лиепиньш П.П.,1959, Спрингис Е.Н. 1961) доказывают, что локальные структуры, возникшие на склонах Латвийского синклинального прогиба приурочены к тектоническим уступам субширотного и субмеридионального направлений.

Ориентация структур обычно совпадает с общим направлением бортов прогиба.

В пределах рассматриваемого района крылья структур всегда осложнены более мелкими брахиантиклинальными складками, обычно вытянутыми в одном направлении и относимыми к структурам третьей группы с площадью до нескольких сотен и амплитудой до 2-3 м, реже до 6 м. Падение слоев на крыльях мелких складок иногда достигает 50°. В их пределах присутствуют разрывы с небольшими смещениями слоев. Смещения эти происходят по направлениям основных систем трещиноватости. Мелкие брахиантиклинальные складки появляются в долине р. Даугава с пункта врезания реки в коренные карбонатные породы.

Первые складки наблюдаются в доломитах плявиньской свиты напротив х. Буцениеки (в 4 км выше г. Лиепаны). Берега реки на этом участке обнажены плохо, но мелкие структуры обнаруживают себя в русле наличием перекатов. Ниже по течению реки от г. Лиепаны пологие складки, замет-

ны на бечевнике у х. Вейгуры, в подсвите D_3pl_2 где доломиты поднимаются из под уреза воды под углом 2° и падают по азимуту 80° на северо-восток.

Следующую полосу мелких складок река пересекает у х. Вильниши и у ст. Трепе, где юго-восточное крыло Трепской структуры осложняется мелкими складочками, длинная ось которых равна 80-120 м, а амплитуда 1,2-1,5 м.

В районе острова Абелю река прорезает группу складок, сложенных породами саласпилсской и даугавской свиты и вытянутых в северо-восточном направлении. Амплитуда самой крупной складки этой группы достигает 8 м, длина около 0,5 км. Складки меньших размеров имеют вертикальные амплитуды от 5 до 7 м. и размеры по длинной оси - 200-300 м . Углы падения на крыльях складок изменяются от 12 - 14 до 18°

На левом берегу реки, напротив острова Абелю, в склоне террасы, сложенном доломитами нижнедаугавской подсвиты, хорошо видно пологопадающее юго-восточное крыло центральной складки, осложненное карстовыми прогибами и воронками, приуроченными к трещинам определенных направлений. От острова Абелю до Крустпилсской переправы слои доломитов также смяты в пологие складки или образуют местами небольшие флексурки.

На острове Сака в береговом обрыве амплитуды поднятия слоев достигают 3,0 м. Свод крупной складки высту-

пает здесь у х. Селеспилс. Нижнее (по течению) ее крыло протягивается на расстоянии 108 м и падает под углом 8° на северо-запад. Углы наклона последующих складок более крутые и достигают 30°. Сакская группа складок пересекает Даугаву в северо-западном направлении и выходит на правый берег у х. Звиедзны (в 4 км ниже г. Крустпилс). Крылья складок в этом пункте имеют незначительное протяжение (до 60 м) и неодинаковые углы наклона, колеблющиеся в пределах 8-12°.

В районе хх. Пенигн и Грабажи начинают проявляться поднятия, относящиеся к Плявиньской группе.

Слои доломитов у х. Грабажи смяты в складки с различными углами наклона на противоположных крыльях. Длина самой большой складки этой полосы равна 200 м, вертикальная амплитуда - 6 м. Северо-западное пологое крыло падает вниз по течению под ∠ 1°, юго-восточное крыло вверх по течению реки имеет угол наклона 12°

Остальные более мелкие складки, протягивающиеся вверх по течению реки, имеют ширину в разрезе берега от 30 до 70 м и амплитуды от 1 до 2 м.

Система складок между хуторами Грабажи и Пенигн осложняет брахиантиклинальное поднятие, ширина которого по берегу достигает 850 м . Судя по направлению перекатов в реке, оно вытянуто с юго-запада на северо-восток и его юго-западное продолжение вырисовывается на левом берегу реки также полосой нескольких небольших складок.

Локальные структуры, которые Даугава пересекает на участке глубокого врезания в коренные породы ниже г. Плявиняс, осложняются значительными по размерам брахиантиклинальными складками. Так, юго-восточное крыло Плявиньской структуры осложнено куполовидной складкой, называемой Бебрулейской структурой. Длинная ось ее равна примерно 2,5 км, высота поднятия слоев составляет 18 м.

Ниже нас.п. Бебрулея начинается погружение коренных пород, которые образуют широкий прогиб, отделяющую Плявиньскую структуру от Кактыни-Авотыньялнской. Наибольшее его погружение наблюдается на Стукманском створном участке.

На склонах прогиба коренные породы образуют целую систему брахиантиклинальных складок, осложненных еще более мелкими поднятиями и опусканиями слоев, колебания в отметках залегания которых составляют 3-4 а иногда 7-8 м. Размах складок увеличивается к западу и востоку от участка максимального прогиба.

Вторичные складки на крыльях прогиба получили местные наименования и описывались латвийскими геологами под названием Локстыньской, Олиньялнской, Пигенской, Ритерской и других структур Лиепиньш П.П., 1959, Спрингис Е.Н., 1954 .

Отдельные структурки в районе нас.п. Стукмани достигают амплитуды 3-5 м и протяженность их иногда превышает 0,5 км. Особенно хорошо вырисовываются вторич-

ные складки на левом берегу Даугавы между устьем р. Пикстере и х. Брянкас входящие в группу поднятий Кактыни-Авотиньканской структуры.

Наиболее крупной из этой серии складок является плоская и широкая складка описанная под названием Дактерской брахиантиклинали (Е.Н.Спрингис,1954)

Ширина Дактерской структуры в разрезе реки равна 1,5 км.

Над урезом воды под куполом складки обнажаются доломиты верхнеплявиньской подсвиты, кровля которых лежит здесь на отметке + 55 м. В прогибе между Дактерской и Кактыни -Авотиньканской структурами кровля плявиньской свиты опускается до 49 м абс. высоты (на левом берегу реки у х. Пирены).

На юго-западном крыле Кактыни- Авотиньканской структуры между х. Гриетиньс и х. Брянкас доломиты образуют вторичную складку, где кровля амтской свиты поднимается до 58 м абс.высоты.

От х. Брянкас слои доломитов вновь испытывают поднятие к куполу складочки, центр которой прослеживается у х. Крумини.

На правом берегу, в наиболее высокой части свода, лежат отложения амтской свиты, кровля которых поднимается до 55 м абс. высоты. Нижнее (северо-западное) крыло складки более крутое, угол падения слоев здесь достигает 13°.

Ниже равелин Стебурагского замка, северное крыло Стебурагской структуры осложнено группой мелких складок протяжением от 50 до 100 м. На юго-восточном крыле Кокнесской структуры р. Даугава пересекает обширное плоское поднятие до 500 м шириной. Свод поднятия различается на правом берегу реки между речками Ритересграва и Дзирнавупите.

К западу, по направлению к Яунелгава и ниже ее отложения даугавской и саласпилсской свиты погружаются под урез реки под углом 1-2° и местами смяты в мелкие складки, которые вскрываются ниже устья речки, впадающей в Даугаву между хуторами Слокас и Тентени. Длина первой складочки 50м, амплитуда - 1 м. Следом за этой складкой в разрезе нижней части берега вырисовываются очертания еще двух поднятий меньшего размера.

Между г. Яунелгава и ст. Кегумс на фоне общего погружения пород на запад под углом 1-2°, наблюдается смятие в мелкие складки. Длина таких складок равна 50-60 м , амплитуда 1-1,5 м. Местами, как например, у х. Шопас, выше нас.п. Киправа, размеры брахиантиклинальных складок возрастают до 400 м, а высота поднятия слоев до 9 и более м.

В районе Кегумских порогов крупная брахиантиклиналь, называемая Кегумской, и имеющая общую амплитуду поднятия, равную 9 м, осложнена серией более мелких складок с углом падения до 35-40°

На участке Кегумс - Огре отложения даугавской и саласпилсской свит залегают довольно спокойно, но местами также смяты в пологие брахиантиклинальные складки с углами падения от 1 до 2°. Так, группа мелких складок вскрывается выше устья р. Огре, у х.х. Звездры, Калвиши и напротив карьеров цементного завода. В ядрах наиболее крупных складок здесь залегают отложения саласпилсской свиты. Длина складок изменяется от 20 до 40 м. амплитуда от 0,3 до 0,8 м . Простирание складок СЗ-ЮВ, северо-западные крылья падают по азимуту 310-350° под ∠ 4-20°, юго-восточные - по азимуту 100-110 под углом 20-60°. Складки большей частью асимметричные.

В приустьевой части р.Огре, в доломитах даугавской свиты выявляется целая полоса мелких брахиантиклинальных складок длиной более 100 м и амплитудой до 2 м . Простирание складок также как и на предыдущем участке СЗ-ЮВ. Углы падения складок изменяются от 2 до 40°. Мелкая складчатость приурочена к северо-западному крылу прослеживающегося здесь поднятия.

По линии общего поднятия юго-восточного крыла Саулкалнской структуры протягивается полоса складок длиной до 40-50 м, амплитудой 0,9-1,4 м. Складки часто ассиметричные, очень резко выражаются в глинистых отложениях свиты $D_3 slp$ Углы падения складок изменяются от 16 до 40°.

Юго-восточное крыло Навесельской структуры осложняется довольно крупными брахискладками длиной до 200 м. Амплитуда таких складок равна 3-5 м. Падение более крутых (северо-западных) крыльев колеблется от 10 до 15°.

Таким образом, проведенные нами исследования охватили большую площадь и подтвердили, что местные структуры почти всегда осложнены более мелкими брахискладками, такими как Бобрулейская, Дэктерская, Ритерская и др., которые располагаются на их склонах; причем, простирание последних близко к простиранию склонов более крупных с структур.

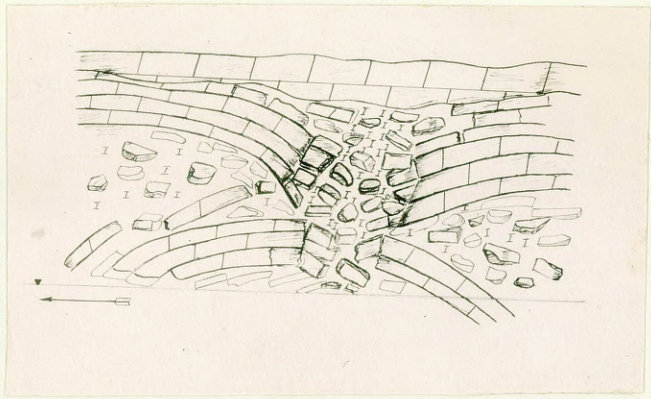
Брахиантиклинальные поднятия, связанные с местными структурами сопровождаются складчатостью еще более мелкого (третьего) порядка.

На фоне складчатости третьего порядка наблюдаются еще более мелкие складочки размерами в 5-25 м и с амплитудой 0,2-0,8 м, образующиеся в отдельных пластах доломитов в результате оседания слоев над карстовыми пустотами. Так как они в значительной степени образовались при участии процессов карста, мы будем их называть карстовыми складками и карстовой складчатостью (рис. 13) Помимо этого, в ряде случаев нами отмечены флексурообразные перегибы карстового характера захватывающие отдельные слои еще более мелких порядков, чем было описано выше. Изгибы слоев почти всегда происходят над трещинами, вдоль которых располагаются карстовые пустоты.



25

Рис. 13 Карстовые складочки у уреза реки Даугава на острове Сека.



26

Рис. 14 Складочки, образованные с участием карста в плявиньской свите. Карьер у х. Буцениеки.

Карстовые нарушения тесно связаны с зонами тектонического дробления пород, являющихся наиболее водопроницаемыми. Связаны они также со складками более крупных и мелких порядков, в пределах которых наложенных друг на друга трещин создают дополнительные формы трещинной карстовой тектоники, приуроченные к определенным пачкам слоев. Некоторые карстовые складочки и флексурки располагаются изолированно в какой-нибудь толще слоев, что объясняется с одной стороны характером трещиноватости, а с другой - различной степенью выщелачивания той или иной разновидности доломитов.

Складочки, образованные вследствие оседания слоев доломитов среднеплавинской подсвиты $D_3 p l_{2+3}$ наблюдаются в стенках карьера, расположенном на правом берегу Даугавы у х. Буцениеки. Длина таких складок равна 4-11 м, амплитуда 0,3-0,8 м (рис. 14). Места изгибов слоев в складки сопровождаются нарушения и очень характерными воронками с резкими наклонами разрозненных пачек к центру проседания. Так, в южной стенке карьера, купол пологой карстовой складочки разрезан устьем карстовой пустоты с последующим смещением соседних блоков. Волнистая слоистость карстового характера прослеживается в плитчатых доломитах и в других стенках карьера. Толстослоистые доломиты, подстилающие "дислоцированные" карстом слои, разобщены закарстованными трещинами на глыбы, перемежающиеся

со щебнем и доломитовой мукой.

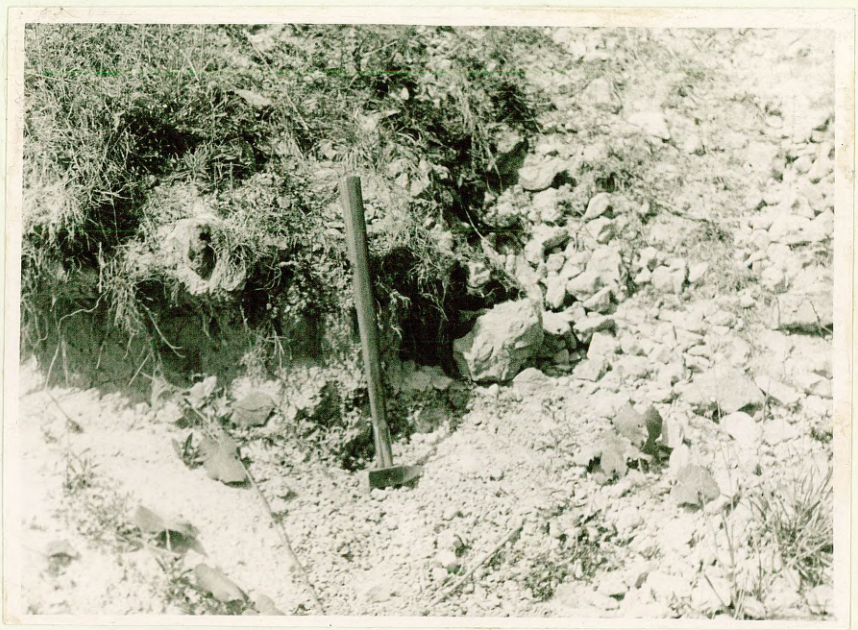
Изгибание пластов в мелкие карстовые складочки длиной от 4 до 18 м и амплитудой 0,3 - 0,4 м с одновременными разрывами происходит на крыльях складок третьего порядка у х. Вейгури, ниже г. Ливины, напротив х.Кэркляни, а также на отрезке берега между островом Абелю и г. Крустпилс. На крыле складки, которая начинается у х. Кэркляни, прослеживается несколько опрокинутых микроскладочек, связанных с расширением пересекающихся трещин и переходящих в общее понижение доломитов в плите, залегающей у уреза воды (рис.15). Понижения, похожие на отрицательные складки, выделяются в тонкослоистых кристаллических доломитах в месте прислонения бечевника к аровянной террасе. Наиболее характерно одно из таких понижений, заполненное мореной и валунами. На низкой террасе, где располагается это понижение, морена размыта и валунный материал представлен песком. По всей вероятности, морена здесь заполняет провал, ограниченной бровкой террасы. По расположению валунов в провале, можно полагать, что он уходит в русло реки, причем, борта провала оконтуриваются барьерами из валунов. Внешняя часть провала отражается в бровке террасы также хорошо заметным понижением (рис.16):

Следующий участок с проявлениями карстовой тектоники находится на левом берегу реки напротив острова Абелю, где в склоне надпойменной террасы обнажаются разрезы целой серии складок, рассеченных трещинами северо-восточного и северо-западного направлений (прил. Nr.6)



27

Рис.15 Понижение в плите доломитов.



28

Рис. 16 Карстовое понижение с валунами и мореной.

К узлам пересечений этих трещин привязаны карстовые пустоты, соответственно с расположением которых происходят оседания и смещения целых пачек доломитов. В первом случае образуются флексурообразные прогибы, во-втором заполненные карстовой брекчией воронки. На склонах воронок возникают наклоны пластов (загибы) к их центру и дополнительные нарушения с повторными проседаниями.

Ниже острова Абелю, за х. Пуни, формы, похожие на складки, осложняют крылья поднятия длиной в 30 м и амплитудой равной 0,7 м. Наиболее рельефно выражены карстовые оседания у оснований поднимающихся крыльев, наиболее сильно рассеченных трещинами, где на разрывы слоев накладываются хорошо оконтуренные полости. Крылья складок с наложенными на них формами карстовой тектоники появляются на обоих берегах реки вблизи г. Крустпилс. Положительные и отрицательные псевдосладочки неравноценны. Большие по площади размеры (до 15 м длиной) занимают прогибы, часто не имеющие отчетливых контуров вследствие обрушений выщелоченных разностей доломитов.

Флексурные изгибы слоев, над расширенными карстом трещинами, осложняют Сакскую группу складок. Особенно сильно коробятся доломиты здесь на пологих крыльях поднятий, рассеченных сетью мелких трещин, создающих раздробленные и выщелоченные участки, в которые оседают тонкослоистые доломиты.

На отрезке усиленного врезания реки Даугавы в карбонатные породы, который начинается от г.Плявиняс, в

склонах долины появляются более крупные формы каретовой тектоники, что связано со структурными особенностями территории. Река пересекает на этой площади локальные структуры, осложненные довольно крупными сбросовыми складками. С увеличением размеров структур увеличиваются и размеры наложенных на них каретовых дислокаций. Микроскладчатые нарушения уступают место разрывным с крупноамплитудными смещениями и обрушениями. Однако, в толще кристаллических пород иногда появляются внутрислойные микроскладки длиной до 10 м и с амплитудой не превышающей десятков сантиметров. Формирование таких дислокаций можно связать с каретом. Чаще всего проявляются они в зонах крупных нарушений, оконтуривающих древние провалы. Так, в уступах доломитов, которые служат стенками Стэбурганских провалов тонкослоистые разности в свите D_3pl смяты в резкие мелкие складочки, крылья которых обрываются под углами 60–70° к выемкам провалов. В смежных с провалами стенках доломиты теряют все признаки слоистости и превращаются в мелкообломочную брекчию, среди которой пятнами сохраняются участки волнистослоистых доломитов. Смятые и вспученные слои мощностью от 0,15 до 0,30 м встречаются в блоках доломитов, разобщенных во время провальных обрушений. Неоднократное чередование вспученных и прогибающихся слоев можно встретить в полосе мелких складок протяженностью от 50 до 100 м ниже утеса Стэбургс. Каретовый характер первых подтверждается наличием древних провалов, расположенных на бечевнике. В этом

же районе встречаются и более крупные прогибы типа синклинальных складок, угол падения встречных пластов в которых достигает 40°. Эти формы связаны с явлениями древнего карста, имеющими значительно большие масштабы по сравнению с современными.

Отчетливо выраженные складочки несомненно карстового характера нами наблюдались в стенках шахты, пройденной на водоразделе рек Даугава и Лауце (см.рис. 5). В промежутке между двумя провальными зонами образуются купола сдавливания пластов (а), а в основании провалов-прогибания с наклоном к полости под углом 45-55°. Микроскладчатые дислокации, возникшие в зоне интенсивного выщелачивания доломитов даугавской свиты, отражаются также в контактирующей с последними толще морены, в местах их карстового разрушения.

Локальные деформации в слоях доломитов в виде невыдержанных изгибов и своеобразных флексур зафиксированы также на участках Юмправской и Кегумской структур. В этих районах на крыльях поднятий, рассеченных сбросовыми трещинами, по которым интенсивно развивается карст, протягиваются запрокинутые и дисгармоничные микроскладочки, располагающиеся в определнных пачках, перекрывающих нарушенные карстом слои.

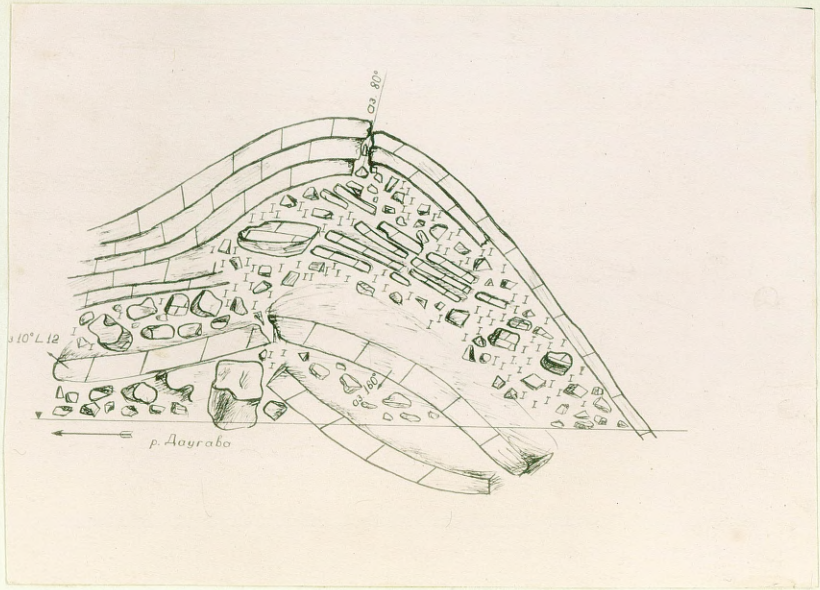
Таким образом, карстовые дислокации всегда накладываются на тектонические формы и их появление связано с выщелачиванием доломитов. При выделении складок, обра-

зованных с участием карста, его полостей, следует обязательно учитывать влияние гляциальной тектоники (рис 17) Воздействие ледниковой деятельности на верхнедевонские доломиты проявляются в наличии складчатых и разрывных нарушений. Происхождение гляциальных дислокаций подтверждается выполаживанием последних с глубиной (Крустальичский, Кегумский, Огрский и др. участки) и наличием гляциальной штриховки, ориентированной перпендикулярно простиранию складочек. Таким образом, форма залегания слоев карбонатной толщи осложняется и нарушается не только тектоническими факторами, но также карстовыми процессами и подвижками, происшедшими под воздействием ледниковых перемещений.

Мелкая складчатость охватывает пачки слоев в пределах определенных свит. В некоторых случаях складки опрокинуты или диссгармоничны. Часто складки сопровождаются разрывами с небольшими вертикальными перемещениями. Смещение слоев происходит по главным направлениям тектонических трещин с небольшими отклонениями.

Вдоль склонов местных структур в долине р. Даугавы установлено наличие зон повышенной трещиноватости, с которыми связан линейный характер расположения структур. С зонами повышенной трещиноватости обычно связаны также проявления трещинной тектоники, то именно: резкие и мелкие складочки положительные, отрицательные, асимметричные, прогибы и изгибы слоев, а также разрывы их сплош-





30

Рис. 17 Складочки, образованные с участием карстовой и ледниковой тектоники.

Западное крыло Плявиньской структуры. /Фото О.Бирзгалиса/.

ности с последующим выщелачиванием, ориентированные в самых различных направлениях.

Изучение трещиноватости на всем протяжении долины показало, что в карбонатных породах, слагающих ее склоны и коренные берега, имеются две региональные системы трещин. Первая из них состоит из трещин северо-западного направления, где азимуты простирания изменяются от 285 до 340°, в зависимости от простирания структур, в пределах которых они находятся. Вторая система перекрещивающаяся с первой, северовосточная, изменяет направление с 20-30° до 45-50° и затем от 60 до 80°. Углы падения трещин изменяются от 75-80° до 90°. Трещины региональных направлений располагаются примерно на одинаковых расстояниях друг от друга и всегда сохраняют падение.

На отдельных участках, каковыми являются крылья локальных структур, с наложенными зонами усиленного дробления пород, на главные системы трещин накладывается трещиноватость широтного и меридионального простирания, которая проявляется или слабее первых, или наоборот доминирует. В зонах интенсивной трещиноватости, характерных для структур, осложненных дизъюнктивными и пликативными нарушения, появляются крупные трещины, по которым происходят ступенчатые смещения породы. Трещины такого рода в узких полосах своего распространения сохраняют простирание (например, вблизи древних провалов), но меняют направление и углы падения. Точно также меняются и расстояния между теми трещинами.

Замеры ориентировки трещин в обнажениях показывают, что тектонические трещины развиты преимущественно по направлению падения и менее - по простиранию пород. Сгущение трещин на отдельных участках обусловливалось тем, что тектонические процессы наряду со смятием слоев в брахиантиклинальные складки сопровождались дополнительным дроблением пород вследствие деятельности ледника. Степень трещиноватости носит локальный характер и наибольшая раздробленность пород приурочена к районам наложения мелких структур на более крупные. Однако, эта закономерность не всегда ясно выражена.

В настоящей главе довольно большое внимание будет уделено рассмотрению тектонических трещин в связи с развитием карста. Крупные закарстованные тектонические трещины являются наиболее характерной формой карста, которая выдерживается в толще карбонатных пород на всей площади долины. Особенно интенсивному воздействию выщелачивания трещины подвергаются там, где из них выходят источники подземных вод, дебиты которых изменяются в широких пределах.

Карст на рассматриваемой площади связан с литогенетическими трещинами в меньшей мере, чем с тектоническими. К первым относятся трещины напластования и перпендикулярные к ним трещины, не выходящие за пределы отдельных слоев.

Интенсивность литогенетической трещиноватости в слоях меньшей мощности наибольшая. Но расширенные карстом трещины присущи толстослоистым и массивным доломитам. Таким образом, мощность пластов является одним из факторов, влияющих на раскрытие литогенетических трещин. К собственно литогенетическим трещинам кроме внутрислойных относятся и трещины напластования.

Трещины напластования ориентируются в направлении залегания слоев и степень их выщелачивания зависит от литологических особенностей рассматриваемого района.

Количество полостей, вытянутых по простиранию пород, вдоль трещин напластования, имеет ограниченное распространение. Преобладающее развитие карстовых форм наблюдается там, где толща доломитов, уже обладающая литогенетической трещиноватостью, подверглась воздействию сил, которые вызвали образование тектонических трещин. Кроме тектонических и литогенетических трещин в развитии карста имеют значение трещины выветривания. Влияние трещин выветривания на развитие карстового процесса в общем довольно значительно, несмотря на то, что они распространены на небольшую глубину. На исследуемой площади интенсивно развиты трещины выветривания, ориентированные в самых различных направлениях. Накладываясь на литогенетическую и тектоническую трещиноватость, выветривание увеличивает степень раздробленности береговых уступов, сложенных в основном доломитами. Особенно сильно разрушаются тонкоплитчатые

разности доломитов, распадающиеся на остроугольный щебень, который осыпаясь образует неглубокие ниши.

В доломитах, слагающих борта долины р. Даугава широко распространены трещины, которые А.Г. Лыкошин называл трещинами скола или трещинами бортового отпора. Они образовались вследствие нарушения равновесия горных пород в результате эрозии. Трещины скола распространяются параллельно бортам долин или оврагов. Они могут развиваться по тектоническим трещинам, если направление последних соответствует направлению эрозионной сети. Этот вид трещин на отдельных отрезках долины обуславливает развитие наиболее закарстованных участков ее. Трещины скола прослеживаются в склонах долины р. Даугава в промежутке между порогом Грубе и устьем реки Сканстниеки, напротив г. Плявиняс, напротив пос.Бебрулея, у нас. п.Кегумс, Амправа, Огре и на отдельных участках ниже по течению реки. Глыбы доломитов отделяются по трещинам бортового отпора и образуют оползни и обвалы на бечевнике.(Рис.Nr.19).

С трещинами теснейшим образом связано расположение карстовых форм. Для характеристики их связи и выяснения роли разных типов трещин на развитие карста необходимо рассмотреть более детально некоторый фактический материал по различным участкам хорошо обнаженных карбонатных пород.

Расширенные за счет растворения трещины широко развиты в долине и с их развития начинается процесс



Рис. 18 Трещины напластования в даугавских доломитах.



Рис. 19 Трещина бортового отпора.

образования карстовых форм. Все генетические типы трещин отличаются степенью своего раскрытия. Раскрытие трещин обуславливается не только тектоническими причинами, но и в сильной мере процессами выщелачивания и выветривания. Особенно сильно воздействуют на доломиты подземные и поверхностные воды, что способствует их разрыхлению и разрушению.

Ведущими в образовании карста являются тектонические трещины. Значительная часть карстовых форм приурочена именно к ним. Разработка трещин под влиянием химического воздействия воды на их стенки приводит к образованию пустот, пещер, ниш и наиболее интересные формы обычно образуются в местах мелких и крупных разрывных смещений. /Рис. 20/

В результате крупных тектонических разрывов (разломов) образуются зоны дробления пород, в которых создаются благоприятные условия для развития карстовых форм вследствие усиленной водопроницаемости доломитов. Очень характерно проявляются зоны дробления пород в пределах Бебрулейской, Дактерской, Стабурагской, Юмправской структур.

Помимо участков дробления пород в обрывах р. Даугава, значительно чаще происходят разломы крупных массивов доломитов по зияющим вертикальным трещинам. Вследствие этих нарушений отдельные пласты доломитов приобретают наклоны к сместителям порядка 15-45°. В результате этого образуются своеобразные флексуры с разрывами. Амплитуды

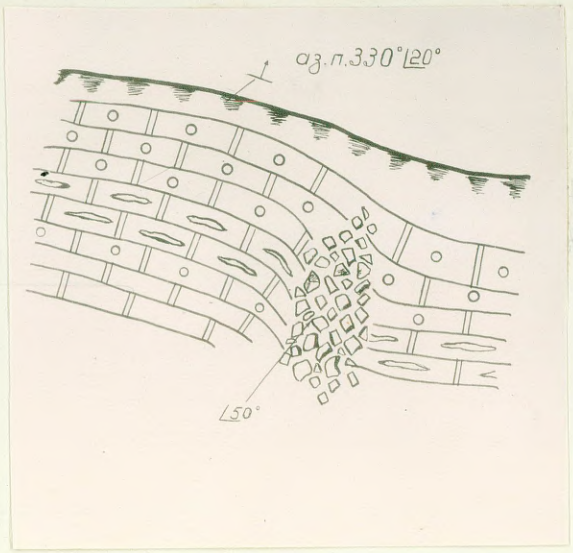


Рис. 20 Разрушение доломитов вдоль трещины.



Рис. 21 Бебрулейская зона дробления пород.

смещений по этим разрывам иногда достигают 2-3 м. По линии смещения на крыльях флексур присутствуют удлиненные (кверху) полости, заполненные карстовой брекчией. Там, где происходят вторичные, уже карстовые наклоны слоев к полости, последняя представляет собой типичную воронку. Наружные стенки смещенных глыб выщелачиваются выходящими по трещинам водами до песчаниковидных, слабосвязанных доломитов, что ведет к образованию полостей, размеры которых зависят от амплитуды сместившихся блоков.

Наиболее типичными случаями проявления карстовых процессов даутавской свиты являются полости, сохраняющие форму промежуточных пространств, между наклонными под различными углами и падающими навстречу друг другу слоями доломитов, рассеченных почти вертикальными трещинами преимущественно северо-западного или меридионального направлений. Радиальные трещины имеют большое раскрытие и в верхней части склона иногда образуют конусообразные воронки шириной до I - I,2 м. Заполнены такие воронки обычно слабосцементированной брекчией из рыхлых обломков доломита и глинистой доломитовой муки.

Анализ фактического материала показывает, что в развитии карстовых процессов большая роль принадлежит трещинной тектонике и особенно меридиональным и широтным разрывам вдоль которых образуются системы ступенчатых сбросов.

Таким образом, карстовые формы развиваются как на участках мелкого дробления пород, так и в зонах крупной тектонической трещиноватости, называемых зонами разломов

(СПРИНГИС К.Н., 1954). На участках дробления и разломов карбонатных пород располагаются также древние провалы, возникновение которых связано с разгрузкой подземных вод по зонам трещиноватости в древнюю долину р. Даугава. Развитие современных форм карста, наблюдаемых в склонах долины на участках смежных с древними провалами носит унаследованный характер, что связано тесным образом с распределением трещиноватости в пределах местных структур второго и третьего порядков. Для подтверждения всего высказанного имеется много конкретных примеров и к некоторым из них мы обратимся в данном случае.

Напротив острова Абелю доломиты Даугавской свиты смяты в мелкие складки, рассеченные системами трещин, имеющих углы падения от 80 до 90°. Одна система ориентирована почти в меридиональном направлении (355-5°), вторая - в широтном. Вдоль трещин происходят внутрислойные разрушения доломитов и смещения пачек слоев. При пересечении крупных трещин на контактах пластов образуются пустоты, над которыми доломиты или обрушиваются, или прогибаются. Один из наиболее крупных прогибов на этом участке приурочен к трещине с азимутом простирания 355°. Собственно, прогиб здесь отмечается в верхних слоях доломитов, так как нижние падают уже с разрывом сплошности под довольно крутыми углами и образуют воронку.

Ниже (по течению) от трещины с прогибом, в верхней части склона террасы вблизи расчистки № 84, по трещине, имеющей азимут простирания - 85° сместилась глыба доломитов размерами 0,4 х 0,9 м. В месте отрыва глыбы образовалась воронка,

бортами которой служит береговой обрыв. Густая трещиноватость на этом участке также сопровождает доломиты на отрезках между древними карстовыми провалами, где совершенно нарушена их слоистость и они превращаются в глыбовую брекчию.

На правом берегу, ниже острова Абелю, околосводовые части складок разбиты крупными тектоническими трещинами северо-восточного и единичными трещинами северо-западного простираний.

В своде одной из складок по трещине, имеющей направление СВ 80^0, произошло смещение слоев тонкослоистого доломита, разбитые множеством трещин на мелкие глыбы. Центр воронки располагается под куполом складки и ограничивается со стороны нижнего крыла трещиной с направлением СВ 10^0. Между трещинами глыбы доломитов запрокидываются к берегу и у самого уреза располагаются веерообразно, напоминая в миниатюре очертания древних провалов. Расположение смещенных слоев вокруг воронок, по форме напоминающих древние провалы, наблюдается и в других точках в бортах эрозионной террасы. Сводовые части складок рассечены крупными частыми трещинами северо-западного ($285-320^0$) и одиночными северо-восточного направления (80^0). По трещинам происходят смещения отдельных слоев, сопровождающееся в точках выходов подземных вод образованием карстовых полостей и доломитовой муки. На пологих крыльях складок доломиты сильно коробятся и дробятся трещинами на мелкие куски, что облегчает выщелачивание последних с образованием доломитовой муки, имеющей на этом участке большое распространение. В местах прислонений двух противоположных крыльев складок доломиты также бывают

превращены в рыхлый щебень и доломитовую муку. При подъеме слоев на крылья складок иногда заметны резкие проседания доломитов в сторону русла и запрокинутость их от реки вглубь склона берега. Зоны обрушения напоминают провалы, сопровождающие разрывы пластов в точках наибольшего перегиба. Вдоль линии разрыва, непарушенные крылья складок служат бортами просевших воронок. Доломиты слагающие крутые крылья складок, надвинуты на борта провалов, разломаны и поставлены "на голову" (рис. 20а).

Амплитуда поднятий и опусканий слоев на Сакском участке колеблется от 1,5 до 2,0 м. Небольшие карстовые полости каналы и щели наблюдаются здесь, как и на предыдущем участке, по трещинам, пересекающим крылья структур и их перегибы.

С изменением структурных особенностей пересекаемой долиной территории изменяются и формы проявления карста в береговых обрывах. Ниже г. Плявиняс они становятся не только более многообразными, но и обширными. Последовательная смена их обуславливается чередованием крупных структур и связанных с ними поднятий и погружений, сопровождающихся мелкой складчатостью и усиленной трещиноватостью.

На площади развития резко выраженных структур хорошо проявляется вложенность более мелких форм карста в крупные с соответствующим уплотнением одних другими. Так, по крутым зияющим тектоническим трещинам, шириной до 25-30 см (трещины всегда крутопадающие с углами от 80 до 90°), в массиве доломитов образуются большие выемки. По более мелким трещинам тех же направлений в выемках растут ниши. В ниши выходят отверстия





Рис. 21а. Пещера в даугавских доломитах, вложенная в нишу.

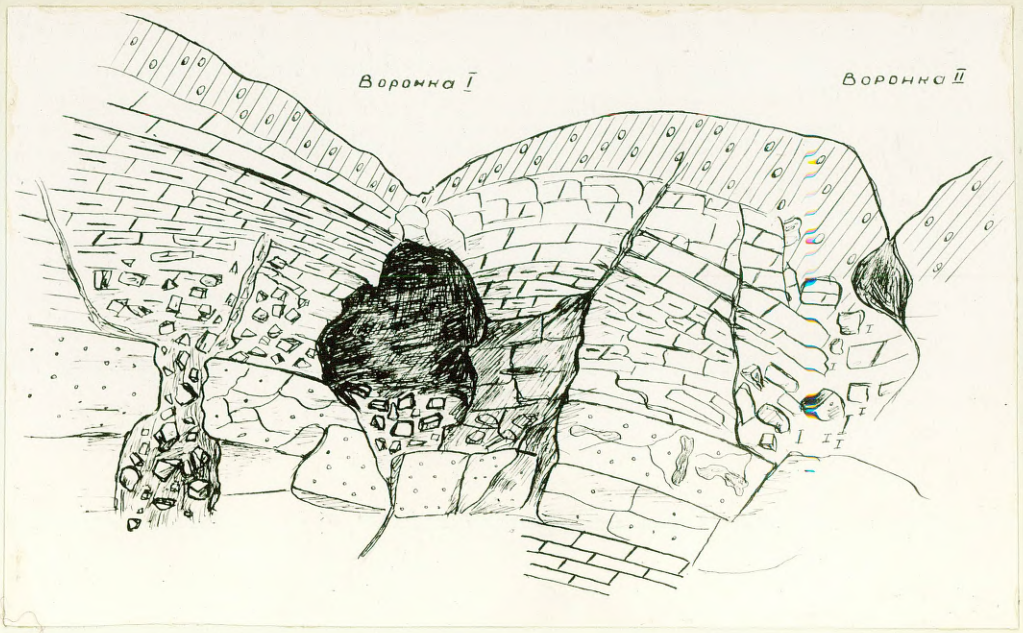
Рис. 22 Воронка, образованная в выемке.

карстовых каналов, развитых по сети локальных трещин разной ориентации. Дальнейшая разработка трещин приводит к образованию пещер. Пещеры не всегда вложены в более крупные формы, очень часто они встречаются обособленно или протягиваются цепочкой на значительные расстояния, как это видно на участке правого берега между устьем р. Скапступите и порогом Грубе, а также на Бебрулейском, Локстыньском, Слиникалнском и других участках.

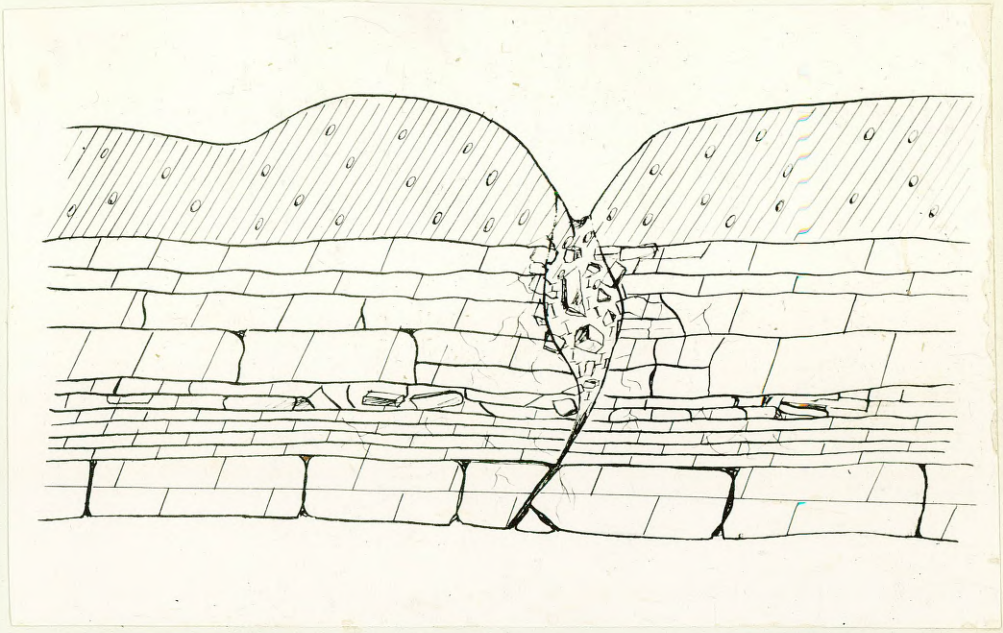
Большое количество карстовых форм сопровождает доломиты даугавской свиты, которые в местах усиленной трещиноватости нередко превращены в брекчию. Выемки в даугавских доломитах имеют высоту на всю их мощность в склоне берега. Ширина выемок определяется шириной расположения параллельных трещин и изменяется от 3 до 30 м. Крупные выемки, вмещающие ниши и пещеры, соединяясь между собой, образуют "причудливые формы берега". Там, где своды выемок ломаются по трещинам, устья проломов являются очагами инфильтрации атмосферных осадков, которые одновременно выщелачивают и эродируют неровные зубчатые стенки разрывов. В расширенные до 60 м шириной раструбы увлекаются вышележащие морена и аллювий. Таким образом, отдельные выемки становятся центрами провальных воронок, ограниченных тектоническими трещинами (рис. 22)

Карстовые воронки значительных размеров в склонах террас обязаны своим происхождением также единичным вертикальным трещинам, которые расширяются кверху и на контакте с мореной образуют раздувы и пустоты, куда оползает последняя.

/Рис. 23).



37



38

Рис. 23 Воронки в обрыве У надпойменной террасы, выше порога Груде.

Сильной закарстованностью отличаются даугавские доломиты на западном крыле Бебрулейской структуры . В кавернозно-дырчатых толстослоистых слоях доломитов нижнедаугавской подсвиты развиваются пещеры по следующим системам сопряженных трещин:

325 x 10°
305 x 10°
290 x 340°

Наиболее рельефно в склоне выделяются 3 пещеры, отстоящие одна от другой на расстоянии 4 и 6 м. Эти пещеры приурочиваются к локальным трещинам широтного направления. Так, средняя, самая большая пещера, образована по трещине с азимутом простирания 270°. Потолком её служат кавернозные доломиты. Ширина пещеры 6,8 м, высота 4 м, глубина 3,4 м.

Участок с крупными пещерами ограничивают зоны мелкого дробления, в пределах которых прослеживается сплошной пояс мелких пустот в плитчатых доломитах подсвиты.

Основные направления крупных трещин варьируют от 315° до 345° и от 45° до 65°. Это крыло Бебрулейской структуры представляет зону усиленной тектонической трещиноватости и дробления, где ярко проявляются все микро и макроформы карста. Между трещинами и в узлах их пересечений в коренном массиве доломитов, а также в промежутках между смещенными и просевшими глыбами доломитов, образуются карстовые щели, каналы, всевозможные полости: от мелких пустоток до крупных пещер и ниш. Устья таких карстовых форм заполнены перебитыми и раздробленными обломками доломитов, вмещенных в слабо связанную доломитовую муку. Характер трещино-

ватости и приуроченности к ней карстовых форм дает участок правого берега ниже х.Бебрулея (напротив разрабатывающегося карьера "Плявиньс"), где крупные крутопадающие трещины располагаются на расстояниях 2-5-10 м одна от другой и секут всю толщу даугавских доломитов. Наибольшим развитием на данном отрезке берегового склона пользуются трещины с направлением близким к широтному (270-285°). Трещины эти обычно зияющие, на контактах с отдельными прослоями доломитов они расширяются и образуют разной формы полости и раздувы. Широтную систему трещин секут трещины северо-восточного простирания. (Рис. 24).

Сильно раздробленная и трещиноватая зона пород с многообразным комплексом карстовых форм прослеживается также и по левому берегу реки, к юго-востоку от пос.Бебрулея. Огромные трещины, отстоящие одна от другой на расстоянии от 3 до 12-15м расширены в результате процессов выщелачивания и вдоль многих из них вынуты большие пещеры . Как показывают розы трещин, преобладающее направление их северо-западное и почти меридиональное (рис. 25).

На западном крыле Локстыньской структуры выделяется зона дробления доломитов, в пределах которой местами совершенно исчезает нормальный разрез доломитов и его замещает глыбовой материал. Выше устья р.Локстынь с проседанием доломитов по расширенным выщелачиванием трещинам с азимутами СЗ 285 и СВ 80° связаны провальные воронки. Помимо ясно различимых воронок, карстовые явления обнаруживают себя в виде депрессий шириной до 30 м в бровках террас. Большим распространением пользуются выше



Рис. 24 Карстовая полость в месте пересечения трещин различных направлений.

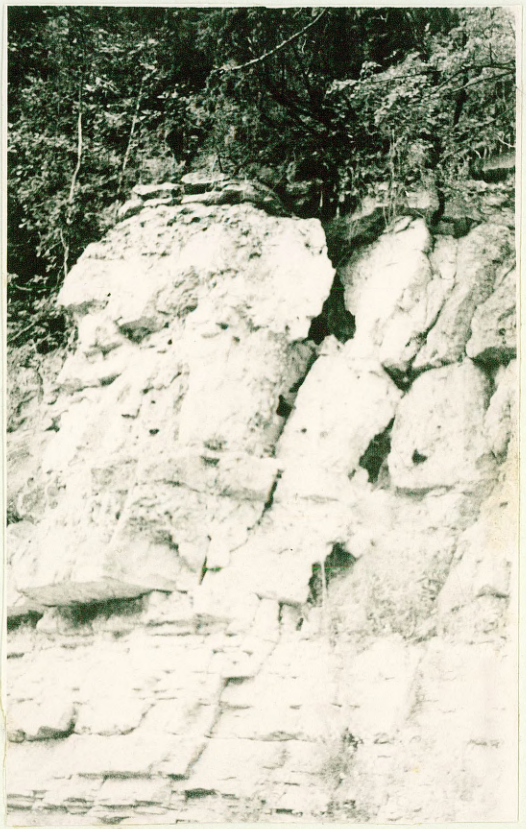


Рис. 25. Трещины северо-западного направления.

устья р. Локстынь пещеры при выходе подземных ручьев на контакте даугавской и саласпилсской свит. Такие пещеры растут по трещинам, которые у бровки склона заканчиваются воронкообразными расширениями, заполненными рыхлым щебневидным материалом. Собственно свода в таких пещерах не существует, так как он разобщен устьями входящих сюда карстовых каналов и щелей.

Ниже устья р. Локстынь на протяжении 300 м в береговом уступе протягивается галерея ниш и полукруглых ниш, из которых открываются ходы в пещеры. В основаниях пещер выходят источники. В некоторых нишах помещается по две и больше пещерок, располагающихся или рядом, или одна над другой, в толще кавернозно-дырчатых доломитов. (Рис. 26).

На юго-восточном крыле Локстыньской структуры основные направления трещин отклоняются до СЗ 290-330° и СВ 20-40°. По этим трещинам, секущих всю толщу доломитов, бывает несколько раздувов полостей, расположенных этажами. Этот участок берега пронизан нишами пещерами, воронками в бровке террасы, между которыми размещаются древние провалы. Воронки, образованные по трещинам меридионального направления путем обтачивания стенок водами, поступающими с поверхности террасы, располагаются в местах прогибов на левом берегу реки напротив х.Дунилея. В ограничивающих провалы массивах доломитов, отделенных тектоническими трещинами и трещинами бортового отпора от берегового обрыва развиваются вторично наложенные формы с включением большого количества доломитовой муки. Крупные развалы пород, в которых выще-



Рис. 26. Пещеры в даугавских доломитах.

лачиванию плоскости разрывов, связаны здесь также с наличием древних карстовых провалов, имеющих место в этом районе на левом и правом берегах реки.

Не менее распространены на этом участке воронкообразные проседания нижнедаугавских тонкослоистых доломитов к разработанным водой трещинам. В результате таких прогибов под толстослоистыми кавернозными доломитами образуются воронки диаметром до 5 м. Между прогнувшимися разрозненными пластами доломитов растет пустота, откуда сочатся источники. Большое значение выщелачивание по трещинам (в зоне горизонтальной циркуляции подземных вод) имеет в Дактерской зоне тектонической трещиноватости, где вскрывается на поверхности верхняя часть плавниских доломитов. Массив доломитов в сводовой части Дактерской брахиантиклинали разбит крупными тектоническими трещинами северо-западного (320-345^0), северо-восточного (20-40^0) и меридионального простирания (355-5^0) на обособленные блоки. Между крупными трещинами происходят смещения целых глыб и участков, разобщенных на отдельные выступы. Эти выступы в свою очередь системой более мелких и частых трещин рассекаются на пачки, по которым происходят смещения подобные мелким ступенчатым сбросам. Общая амплитуда смещений отдельных глыб достигает иногда 3 и более м. Трещины с большим раскрытием заполнены тектонической и карстовой брекчией. На стенках трещин имеются натеки из кальцита, а в раздувах на контактах массивных и плитчатых слоев накапливается доломитовая мука. (Рис. 27).



Рис. 27. Смещенный выступ доломитов, ограничивающий карстовый провал./Фото О.Бирзгалиса/.

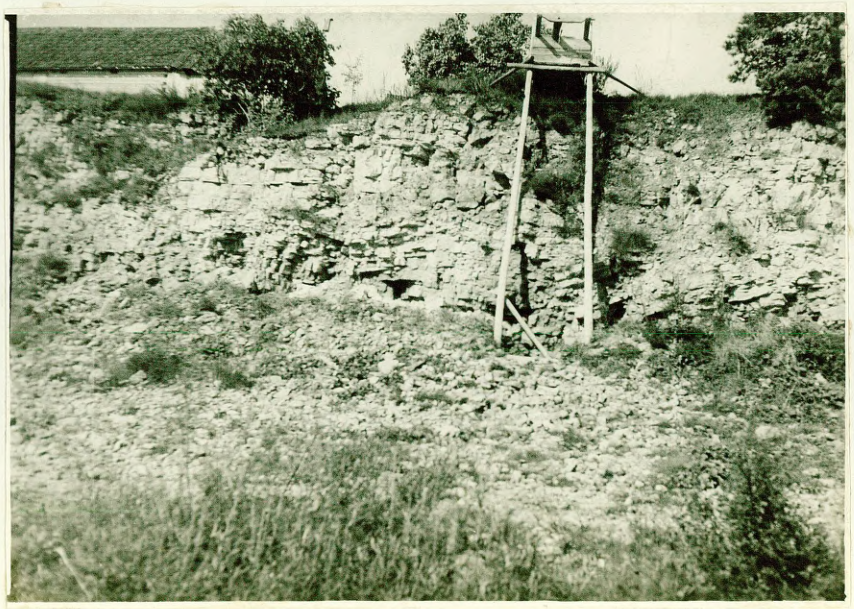
Зоны разломов дают наиболее обильные источники выклинивающихся в долину подземных вод, и омывающих многочисленные плоскости разрывов. Сосредоточение древних карстовых провалов в этих зонах говорит о том, что они и в бортах древней долины составляли главные артерии дренажа обильных водоносных горизонтов верхнедевонских карбонатных толщ. Выходы мощных источников подземных вод, разрабатывающих карстовые формы, связаны также со Стабурагской зоной трещиноватости, осложняющей северное крыло одноименной структуры.

На систему пересекающихся трещин северо-западного и северо-восточного простираний накладываются крупные и мелкие трещины как меридионального, так и широтного направлений. Воздействие этих трещин на плявиньские и даугавские доломиты различное. В плявиньских доломитах на фоне всевозможных смещений сохраняются пласты со слоистой текстурой. Даугавские доломиты, залегающие у бровки террасы, в зоне дробления и трещиноватости большей частью превращены в мелкообломочную брекчию, слабо сцементированную остаточными продуктами выщелачивания. Отдельные глыбы и обломки доломитов пронизаны карстовыми каналами по системам мелких трещин. Сильная закарстованность и раздробленность доломитов распространенных здесь свит наблюдается и в окраинных зонах древних провалов. /Рис. 28).

Большое влияние на формирование карста оказывает трещинная тектоника и на нижнем отрезке долины. Связь карстовых явлений (пещеры и провальных воронок) с многочисленными разрывами по трещинам северо-восточного (80-75°), а также северо-



43



44

Рис. 28. Зоны дробления в даугавских доломитах.

западного (340°) и почти меридионального направлений наблюдается вне Имеретинской излучины у х. Аули. На значительную закарстованность трещин указывает ряд воронок, которые располагаются вблизи бровки террасы, повторяя направления тектонических трещин. На линии продолжения воронок в склоне берега смещенные пачки доломитов, ограничивающие провальные участки, сильно покоробленны и превращены в брекчию. В верхней части склона, в рыхло-желтых брекчиевидных доломитах развиваются мелкие пещерки по внутрислойным узким трещинам.

Далее на запад, в районе Кипрских поднятий, устанавливается отчетливая связь карста с зонами дробления и вертикальных перемещений, которые проходят в более приподнятых частях брахиантиклинальных структур. К рассеченным частыми трещинами сводам поднятий, сложенными доломитами подсвиты $D_3 d_{91}$, приурочены на этом участке древние провалы. В зонах, смежных с провалами, дробления и разломы пород настолько интенсивны, что создают сплошные полосы ступенчатых смещений, пространства между которыми заполнены карстовой брекчией и мелкообломочным материалом. Северо-западному крылу центральной брахиантиклинали присущи небольшие флексуры карстового характера, связанные с пустотами и раздувами в трещинах сбросового типа.

Как уже было отмечено раньше, в районе Кегумских порогов Кегумская структура осложнена серией мелких асимметричных складок с углом падения до 35-40°. С участками мелкой складчатости связана интенсивная трещиноватость, давшая начало многообразным формам карста. Ниже плотины непрерывно протягивается

нарушенные, закарстованные и раздробленные доломиты свиты $D_3 dg$
Смещенные по трещинам их выступы наклоняются вглубь склона и чередуются с зияющими трещинами отпора. В обнажениях прослеживаются карстовые флексуры, в местах разрывов которых располагаются пещеры, шириной по основанию в 5 м, высотой в 2,5 м и глубиной в 3,5 м. Пещеры чередуются с нишами, углубленными в отдельные флексуры. (Рис. 29а).

В большей части случаев карстовые пещеры приурочиваются к крыльям опрокинутых складок. Нередко крылья складок срезываются провалами, заполненными щебнем и щебнем доломита. Подавляющая часть пещер приурочивается к зияющим крутопадающим трещинам с азимутами простирания 285–300° и 40–60°.

Юго-восточное крыло Кегусской структуры разбито разломами, по которым развиты глубокие пещеры. Северо-западное крыло осложнено асимметричными брахискладками. Складки секут зияющие трещины, по которым происходят смещения отдельных слоев и крупных пачек доломитов. В ряде случаев слои разбиты мелкими сбросами. Интенсивное смятие в складки слоев верхнедаугавских доломитов, запрокинутость и сдвинутость их крыльев по отношению друг к другу с последующим комплексом нарушений создают пути, по которым развивается карст.

Нарушения в залегании карбонатных пород в большей мере связаны с экзогенными процессами и особенно с теми изменениями, которые обусловлены карстовыми процессами.

В литературных данных указывается на явления карстовых дислокаций в карстующихся гипсоносных породах, наблюдаемых в



45

Рис. 29а. Карстовые пещерки на участке Кегумских складок.

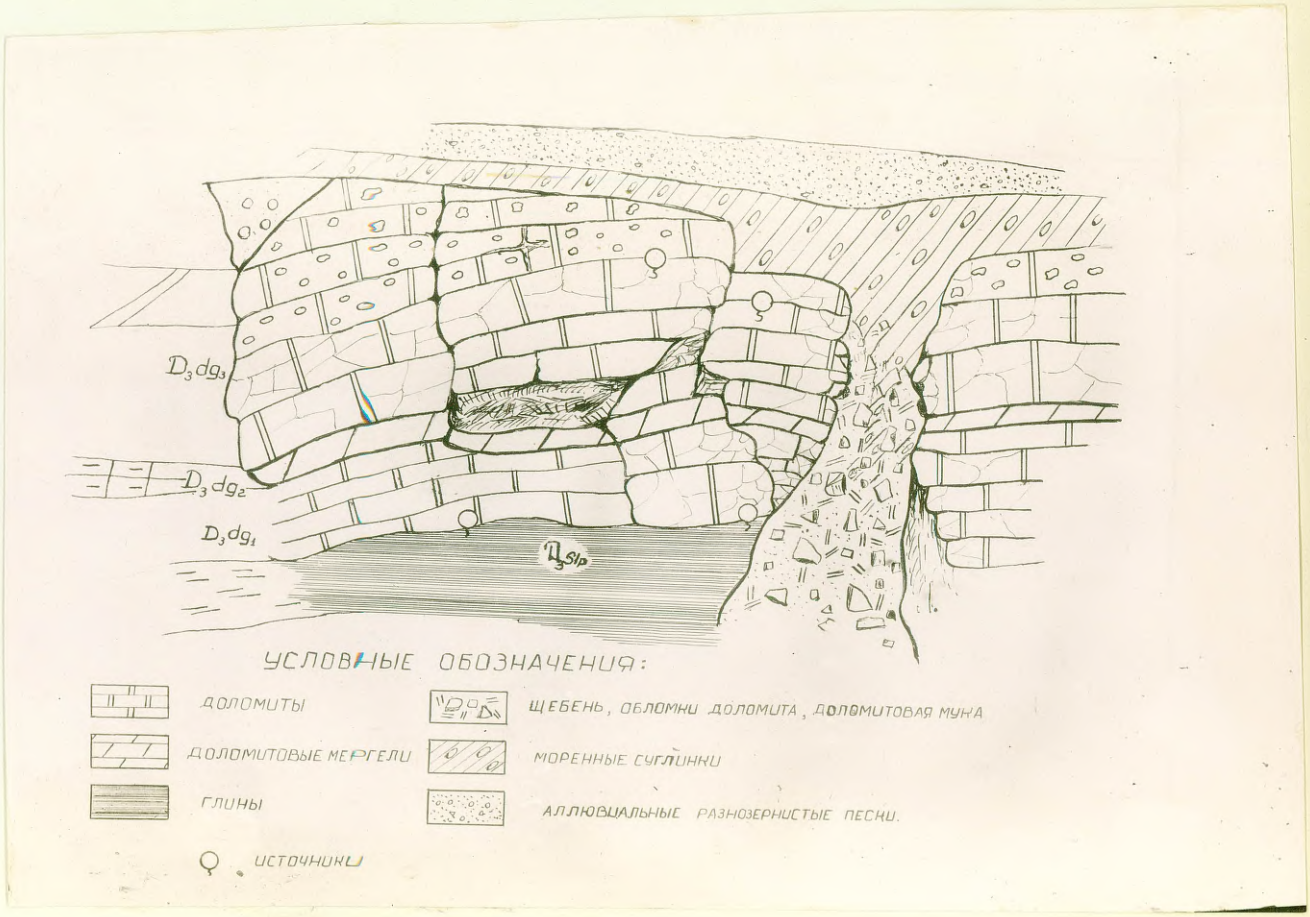


Рис. 29б. Карстовая полость, приуроченная к трещинам.

46

различных районах их распространения. Описанные в данной главе явления "карстовой тектоники в карбонатных карстующихся породах представляют большой интерес в смысле изучения закономерностей изменения этих пород, связанных с собственно тектоническими (эндогенными), а также ледниковыми и карстовыми дислокациями.

Зоны нарушения и тектонического дробления всегда бывают закарстованы и интенсивность развития карста возрастает соответственно с увеличением степени трещиноватости. Трещиноватость в доломитах благоприятствовала их выщелачиванию в местах вертикальных разрывов еще во время существования древней долины, что обусловило возникновение древних карстовых форм. Уже само обрушение больших масс породы в огромные пустоты содействовало появлению дополнительных трещин, вызванных тектоникой карста в толще карбонатного массива, и создало новые пути для выщелачивающего воздействия циркулирующих здесь вод.

Таким образом, неслучайно обнаруживается большая уплотненность современных карстовых форм и разнообразие проявлений "карстовой тектоники" в массивах доломитов, ограничивающих карстовые провалы. Значительно облегчают и усиливают карстовый процесс локальные трещины меридионального и широтного простираний, по которым происходят сбросовые смещения. Трещины этого типа проявляются на участках, раздробленных системами региональных трещин северо-западного и северо-восточного простираний и являются причиной образования зон тектонического дробления и разломов. В пределах ослабления зон тектонического дроб-

ления неизменно присутствуют зоны карстового разрушения карбонатных пород, которые описывались в свое время М.С.Гаазизовым в Прибалтийском сланцевом бассейне (1958). Мощность карстового дробления по вертикали ограничивается отметками уреза воды в реке. Распределение ее вглубь берегового массива определяется первыми десятками метров, но она значительно расширяется в прибортовых полосах древней долины.

После довольно детального рассмотрения общей структуры территории, пересекаемой долиной, мы выделили участки, в которых интенсивно проявляется трещиноватость, приуроченная к зонам повышенной тектонической активности. На формировании трещиноватости сказался весь комплекс тектонических воздействий, начиная со времени заложения Латвийского синклинального прогиба до наших дней.

В послеледниковое время усилились поднятия на площади Латвийского синклинального прогиба и осложняющих его локальных структур. Подвижки носили дифференцированный характер. Недавними исследователями доказаны позднеплейстоценовые поднятия в районе р. Лауце (Спрингис Е.Н., 1960). Следы новейших подвижек были отмечены на крыльях Плявиньской, Авотиньгалиньской и других структур. Выражаются новейшие движения в совместном участии четвертичных и девонских пород в дислокациях, осложняющих крылья структур (Спрингис Е.Н.,1961). Таким образом, на усиление дробления карбонатных пород не могли не влиять новейшие подвижки, по которые происходили по древним структурным линиям.

Г Л А В А У

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ КАРСТА В ДОЛИНЕ р. ДАУГАВА.

а) Гидрогеология района

б) Водопроницаемость карстующихся свит.

в) Гидрографические и гидрогеологические особенности района распространения карбонатных пород в долине р. Даугава.

а) Гидрогеология района.

Полный разрез водоносных отложений Прибалтийского артезианского бассейна приведен во многих работах [2-а, 115-а, 12), но в описываемом районе он подробно рассмотрен в отчете по съемке водохранилища Плявиньской ГЭС (115).

К наиболее глубоким водоносным отложениям района относится кембрийский комплекс пород, к которому приурочено два водоносных горизонта. Первый из них содержится в гдовских песках и песчаниках, второй - в ижорских и оболовых слоях. Воды обоих горизонтов горькосоленые и имеют хлоридно-натриево-кальциевый состав. Воды верхнекембрийских отложений высоконапорные и при бурении Плявиньской скважины дали фонтан высотой около 20 м над поверхностью земли.

Вышележащий комплекс подземных вод заключен в отложениях ордовика и силура, представленных глинистыми и доломитизированными известняками с прослоями мергелей и глин. На рассматриваемой площади воды кембрия, ордовика и силура находятся вследствие отсутствия надежных водоупоров в общей гидродинамической связи и сохраняют высокую концентрацию. За пределами исследованной площади воды силура имеют хлоридно-натриевый и сульфатно-натриевый состав с относительно небольшой минерализацией.

Общая мощность кембрийских и ордовико-силурийских отложений равна 415 м.

Следующий комплекс водонасыщенных пород связан с отложениями среднего девона, мощность которого в районе г. Плявиняс равна 434м.

Воды среднего девона обильны и местами их дебит равнялся 20 л/сек.

В нижнюю часть отдела входят пярнусская и наровская свиты представленные песками и песчаниками с прослоями глины и доломит-мергелей.

Наиболее водообильная пярнуская свита дала в плявиньской скважине соленую воду с сульфатно-натриево-кальциевым составом.

Верхний комплекс водонасыщенных пород среднего девона состоит из тартусской и салацской свит, сложенных песками и песчаниками с прослоями глин.

В долине реки Даугава нет данных о химсоставе вод тартусско-салацского комплекса.

В северо-западных районах Латвии воды салацской свиты имеют сульфатно-гидрокарбонатно кальциевый состав, в северо-восточных- гидро-карбонатно-кальциевый или гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый состав [115].

Комплекс водоносных пород верхнего девона в пределах рассматриваемой площади залегает неглубоко от поверхности и находится в зоне интенсивного водообмена. Этот комплекс делится на несколько водоносных горизонтов приуроченных к трем водосодержащим толщам в равной степени изолированных друг от друга.

Нижняя водоносная толща представлена песчано-глинистыми отложениями гауйской и аматской свит.

Наиболее мощный водоносный горизонт заключен в песках и песчаниках гауйской свиты, разделенных прослоями глин. Общая мощность гауйских пород равна 100 м.

Воды гауйской свиты широко используются для водоснабжения многих городов и поселков и обладают значительными напорами удельный дебит их достигает I-5 л/сек.

Статический уровень гауйских вод снижается от водоразделов к долине р. Даугава и в районе г.Плявиняс он залегает на абсолютных отметках 80-82 м на коренном берегу.

В пределах верхней эрозионной террасы этого района уровень гауйских вод понижается от I0.5 м до 67 м.

Скважина, пробуренная на поверхности высокой поймы левого берега, давала самоизлив на абсолютной отметке, равной 67,52м

Статический уровень смешанных гауйско-аматских вод установился в пределах верхней эрозионной террасы на Стукманском участке на абсолютной отметке 75 м.

На участке Мяменских створок уровень гауйских вод устанавливался на абсолютной высоте 57.5 м. /IУ терраса/, а на правом коренном берегу он поднимался до 63,5 - 65,0 м.

Смещенные гауйско-подморенные воды в пределах древнего эрозионного вреза дали мощный фонтан /до I3.5м/ над устьем скважины.

На площади интересующей нас ниже нас. п. Ерсика/ т.е.река Даугава прорезает породы гауйской свиты только на участках тектонических поднятий. Соответственно с этим наибольшее дреннирующее воздействие реки на гауйские породы сказывается именно там, где они залегают в ее русле и береговых обрывах. Так на крыльях Плявиньской антиклинали обнажаются гауйские пески и песчаники из которых выходят восходящие источники с дебитом до I.5 - I.6 л/сек.

Усиленный дренаж гауйских вод рекой Даугава отражается на их уровнях, которые устанавливаются на довольно низких отметках. Зоной гидродинамической разгрузки в районе является также древняя долина, где уровень гауйских вод в отдельных скважинах (например в скважине № 3) устанавливался на абсолютной отметке 64 м.

В местах резкого перелома подземного рельефа, например, на склонах поднятий, гауйские воды имеют связь с напорными водами внутриморенных песков и тогда их напорные уровни намного превышают уровень дневной поверхности (фонтанирование из скважин на 10-13 м) Химический состав гауйских вод показан в таблице № I

Как видно из таблицы вода из скважины в г.Плявиняс имеет гидрокарбонатно-сульфатно-натриево-кальциевый состав. Общая минерализация ее равна 647,3 мл/л.

Вода из восходящего источника (выше плявиньского парома) имеет гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-натриевый состав при минерализации 585 мг/л.

На Миеменском участке гауйские воды смешаны с водами четвертичных (надморенных) отложений и концентрация их снижается до 385-400 мг/л.

Ниже по течению от Миеменской излучины воды гауйской свиты характеризуются гидрокарбонатно-кальциевым составом, а в г.Риге-сульфатно-кальциевым или сульфатно-кальциево-магниевым.

Верхним водоносным горизонтом песчаной толщи верхнего девона являются отложения аматской свиты, которые почти на всей площади района отделены от гауйской свиты пачкой пестроцветных глин мощностью 7-9 м.

На отдельных участках залегания свиты глинистые прослои выклиниваются и воды гауйского и аматского горизонта сливаются. Аматский горизонт, напорный и пьезометрические его уровни растут с глубиной. Породы аматской свиты, представленные тонкими песками и песчаниками слабосцементированными с прослоями алевролитов и глин, характеризуются незначительными коэффициентами фильтрации и слабой водоотдачей, что сильно снижает их дебиты по сравнению с гауйской свитой.

Мощность водоносных аматских пород увеличивается вниз по течению реки Даугава и меняется от 12,5 м в районе острова Абелю до 23 м в г. Рига.

Река дренирует этот горизонт главным образом там, где он вскрывается руслом, склонами долины, а именно, в тектонически приподнятых участках, в пределах Плявиньской, Кактыни-Авотынькалиской, Кокнесской и Баложской структур.

На площади этих поднятий происходит разгрузка аматских вод. Источники выходящие из аматских пород обычно имеют незначительные дебиты и наибольший из них(на левом берегу у Кокнесской переправы дает 1.2 л/сек.

Статический уровень аматских вод в ряде районов испытывает большие изменения, что по данным многих скважин объясняется наличием депрессионных воронок, обусловленных усиленным дренированием аматских вод. Отдельными очагами разгрузки.

Депрессии в поверхности аматских вод прослеживаются на тектонических поднятиях, вблизи древних эрозионных врезов и в районах древних карстовых провалов окраинные зоны которых представляют собой разрушенные и сильно трещиноватые участки.

сложенные карбонатными и песчано-глинистыми породами.

В отдельных скважинах пройденных на северо-западном крыле Плявиньской структуры наблюдается падение уровней аматских вод по мере удаления скважин от реки к водоразделу т.е. выше по падению слоев.

Депрессия в поверхности аматских вод в районе Плявиньского поднятия выявлена также скважинами Ленбурнефти и Ленинградского проектного института. Низкий статический уровень вод описываемого горизонта устанавливающийся на абсолютной отметке 51 м на верхней террасе и на отметке 39 м в русле, характерен для юго-западного крыла Баложской антиклинали.

Значительное понижение уровня аматских вод намечается в пределах эрозионных врезов. Так близость древней долины сказывается в низком положении этих вод в районе скважины № 12 в присутствии части р. Айвиексте и наиболее ярко - в бортах эрозионного вреза на Имеменском участке, где уровень аматских вод падает почти до 33,0 м и до 35.11 м абс. высота.

Это обстоятельство говорит не только о разгрузке вод в слабо фильтрующую моренную толщу, заполняющую эрозионный врез, сколько о разгрузке их в Плявиньские доломиты и усиленном движении к основной дрене, реке Даугава, вдоль закарстованных бортов древнего переуглубления.

На коренных берегах р. Даугава по направлению от г. Крустпилса до нас. п. Айзкраукле пьезометрический уровень аматского горизонта изменяется от 100-102 м абс. высоты до 45 -55 м.

В пределах верхней эрозионной террасы уровень аматских вод падает от 90-86 м до 30-35 м.

Ниже г. Плявиняс, в районе Стукманских створов в скважинах, пробуренных на поверхности верхней эрозионной террасы наблюдаются местные депрессии в уровнях аматских вод.

Нормальный пьезометрический уровень этих вод устанавливается в русле реки здесь на абс.отметке 70-71 м, а на террасе 74-15 м.

Однако самое низкое положение статического уровня (около 65,27 м) установилось на верхней надпойменной террасе в скважинах вскрывших карстовый провал в районе х.Эглайне, а также вблизи карстового провала, вскрытого скважиной № 153.

Падение статического уровня аматского горизонта было зафиксировано 8^{a} в районе х.Крусталичи, в скважинах № № 126 и 39. В бортах эрозионной террасы этого участка видны карстовые провалы.

На участке Миеменских створов также наблюдается снижение напоров аматских вод в области структурных террас.

В пределах аккумулятивных террас напоры снижаются до +39,78 и + 41,01 м, а в бортах древнего эрозионного вреза до + 34,88 м и + 35,11 м

Пьезометрические уровни более низких горизонтов аматской свиты, замеренные в пределах речной долины залегают на абс.отм. + 46,02 - + 48,79 м, а в краевой части эрозионного вреза на + 51,27 м.

Там, где затруднена непосредственная гидродинамическая связь аматских вод с вышележащими водами, напорный уровень их

в зоне разгрузки превышает уровень дневной поверхности.

По химическому составу аматские воды пресные гидрокарбонатно-кальциевые (Таблица № 2)

По данным таблицы видно, что содержание сухого остатка в водах аматского горизонта меняется от 207-249 до 409 мг/л. Содержание сульфатов изменяется от 3,29 до 44,84 мг/л в районах закарстованных коренных пород и в полосе бортов древней долины.

Коэффициенты фильтрации водосодержащих аматских песков очень незначительны и равняются в районе острова Абелю и Миеменских створов 1,39-2,15 м/сутки. Воды аматской свиты в различной степени изолированы от вод вышележащей плявиньской свиты, так как водоупоры их, представленные нижнеплявиньскими глинисто-мергелистыми породами и глинистыми прослоями аматской свиты.

Водосодержащие доломиты плявиньской свиты имеют мощность на рассматриваемой площади от 24 до 30-32 м. Водоносный горизонт напорный, напоры растут с глубиной, что говорит о разгрузке аматских вод в трещиноватые доломиты. Пьезометрические уровни достигают наибольшей величины на коренных берегах долины и в районе острова Абелю они колеблются от 84 м до 86 м.

Усиленный дренаж плявиньских вод долиной р. Даугава сказывается на их статических уровнях, которые меняются в пределах долины на участке от острова Абелю до Миеменской излучины от 86 м до 40,38 м.

Приближаясь к эрозионным террасам, цоколь которых сложен закарстованными доломитами, уровень плявиньских вод падает на отдельных участках до отметок близких к урезу воды.

По материалам отчета о съемке водохранилища Плявиньской ГЭС [115а] видно, что снижение уровня вод плявиньской свиты наблюдается на детально разведанном МОСГИДЭП - участке Стукманских створов.

Так, на правом берегу реки по линии III створа в скважине, пройденной на первой надпойменной террасе уровень вод горизонта находится гораздо ниже, чем в скважине, пробуренной у уреза воды (53,4 на террасе и 55,6 м - у уреза воды).

Понижение уровня плявиньских вод в направлении от русла вглубь террасы прослеживается также по линии У-го створа. (см. профиля по скв. 43-41 и 184-182). В районах древних провалов (профиля с древними провалами № 74 и другие) уровень плявиньских вод поднимается, по сравнению с другими участками террасы, за счет усиленного подпитывания их водами аматского горизонта.

Обратное явление, сказывающееся в снижении уровня плявиньских вод (до +31,6 - +33,70 м , т.е. ниже отметок русла реки), наблюдается на участке Миеменских створов, где на левом берегу реки в районе древних карстовых провалов (скв.№№ 493, 496 и 97) и на правом берегу (скв.167) происходит дренаж этих вод в толщу сильно трещиноватых и закарстованных доломитов.

По данным гидрогеологических материалов МОСГИДЭПа пьезометрический уровень плявиньских вод на Миеменском участке достигает наибольшей высоты в пределах коренных берегов, где абс.

отметки их залегания равны + 56,23- +62,85 м. В сторону эрозионных террас он снижается до абсолютных отметок + 47,77м и + + 47,35 м, а в области аккумулятивных террас и русла до +44,63- + 32,71 м. В бортах древней долины также отмечается снижение пьезометрических уровней плявиньских вод до абс.отметок + 35,5- + 38,0- +39,0м вследствие из разгрузки в раздробленные и закарстованные доломиты. Изучение режима плявиньских вод производилось лишь на отдельных участках, но и те немногочисленные данные, которыми мы располагаем, говорят о связи уровней вод горизонта с уровнем воды в реке Даугава, причем амплитуда их изменения постепенно затухает по мере удаления от реки (график колебаний уровней воды). Годовая амплитуда колебаний пьезометрических уровней плявиньских вод составляет I, I,5 м. Как показали данные стационарных наблюдений, в ряде скважин и колодцев самые высокие уровни вод наблюдаются в апреле-мае месяцах в периоды затяжных дождей. В паводки воды реки Даугавы производят подпор плявиньских вод в доломитах. В остальное время река дренирует плявиньские воды. В обрывах берега р. Даугава вытекают многочисленные источники на различных гипсометрических уровнях.

Характер почти всех источников карстовый, дебиты их колеблются в широких пределах: от капельных до I0-I2 л/сек. Большая часть источников имеет неустойчивый режим, который находится в зависимости от климатических условий, в основном от количества выпадающих осадков. Карстовые источники с малыми дебитами действуют кратковременно: в паводки во время выпадения интенсивных осадков. Имеются источники с довольно устойчивым дебитом, что зависит от высотного положения области пита-

ния их от мощности и состава перекрывающих плявиньскую свиту пород. На карте естественных выходов вод (приложение № 14) показаны дебиты источников в меженный период 1955г. и 1959г. Самые мощные источники вытекают на склонах тектонических поднятий и на участках интенсивной трещиноватости. Примером этого могут служить источники, выходящие на северном крыле Стабурагской структуры ("Вигантес", "Стабураге"), дебиты которых достигают 12 л/сек. Мощные источники плявиньских и смешанных плявиньско-аматских вод вытекают в районе Миссенской излучины на левом берегу реки из прибортовой зоны древнего переуглубления. Эти источники можно отнести к источникам "барьерного типа". [103], связанных с подпруживающим влиянием моренных суглинков, заполняющих древний врез. Так,дебит источника, расположенного в 400 м от х. Тотени равняется 11-12 л/сек; дебит источника, отстоящего от первого на 110 м - 9л/сек.

Дебиты плявиньских вод в скважинах также испытывают резкие колебания. На Ливанском участке они не превышают 0,3 - 0,4 л/сек. Данные на Миссенском участке показали изменения дебитов от 0,5 до 13,3 л/сек.

Химический состав плявиньских вод напоминает состав аматских вод, но иногда имеет отклонения (см.таблицу химанализов ,№ 3). Воды плявиньского горизонта на Ливанском участке, представляющем собой правый коренной берег, сложенный сильно закарстованными доломитами, с хорошо разработанной сетью карстовых каналов, имеют гидрокарбонатно-магниево-кальциевый состав, слабо минерализованы (сухой остаток 260--300 мг/л/, умеренно жесткие.

Воды плявиньского горизонта в зоне непосредственного дренирования долиной и имеют по большей части гидрокарбонатно-кальциевый состав, со средней концентрацией 320-350 мг/л. Воды карстовых источников имеют несколько повышенную концентрацию, достигающую 444-496 мг/л.+) При детальном исследовании Плявиньского и Миеменского створного участков было установлено в составе плявиньских вод (и вышележащих горизонтов) повышенное содержание сульфатов в районах развития древних провалов, а также в бортах древних эрозионных врезов. Это обстоятельство объясняется окислением сульфидов [115], которые содержаться в доломитах плявиньской свиты. В раздробленных и сильно трещиноватых доломитах воздействие подземных вод на включения сульфидов облегчается, что и сказывается на увеличении концентрации плявиньских, а иногда и даугавских вод.

Воды вышележащей саласпилсской свиты связаны с водами плявиньского горизонта в виду невыдержанности залегания глин, принимаемых за водоупор. В зависимости от характера гидравлической связи саласпилсские воды являются частью или плявиньского или даугавского горизонтов. В более или менее изолированных прослоях доломитов или мергелей обильность саласпилсских вод зависит от мощности водовмещающих прослоев. В виду того, что водоносные трещиноватые доломиты и мергели не выдерживаются на большом расстоянии и переслаиваются с глинами, здесь наблюдается большое количество быстро выклинивающихся водоносных прослоев, характеризующихся малой водообильностью.

+) Источник у х. Билетини, источники в долине р.Лауце и др.,

Статические уровни саласпилсских вод в районе острова Абелю за пределами долины варьируют в пределах + 88,0 - + + 94,0 м абс. высоты, в скважинах у уреза воды они снижаются до + 78,0- +80,0м В районе Стукманских створов пьезометрические уровни саласпилсских вод в скважинах, пробуренных у уреза воды в реке имеют отметки +62,3- +65,10 м абс.высоты, что соответствует уровню поверхности второй аккумулятивной террасы. На Мемеленском участке в составе саласпилсской свиты преобладают глины. Воды, вмещенные в доломитовые прослои, имеют здесь незначительные напоры и пьезометрические уровни их устанавливаются ниже кровли саласпилсской свиты, имеющей абс.отметки 40,0 - 43,0 м (правый берег р.Даугава, выше устья р.Лауце.)

На тех участках, где породы саласпилсской свиты поднимаются над урезом воды, из них вытекают источники. Дебит этих источников колеблется от 0.005 л/сек до 5-8 л/сек. Большая часть источников сочащиеся, но на отдельных отрезках берега фронт таких растекающихся источников достигает 300-350-400 м и суммарный дебит их превышает 15 л/сек (выше устья р. Айвиексте, между хх. Зелты и Мелдери, выше о-ва Абелю, в долине р. Лауце, выше х. Серене).

Воды источников, вытекающих из саласпилсской свиты, насыщены известью и отлагают известковый туф. Особенно мощные залежи последнего имеются в районах х.х. Оли(левый берег реки Даугава, ниже Стукманских створов), в долине р. Лауце напротив хутора Пельше. Особенной известностью пользуются Стабурагские источники, имеющий дебит до 3,2 л/сек и отлагающие мощные натеки

известкового туфа, покрывающие утес Стабураге. Скала известкового туфа постоянно растёт вследствие непрерывного осаждения $CaCO_3$. Источники вытекают из нижней части саласпилсской свиты на высоте около 25 м над урезом воды и на расстоянии 2-3-5 м один от другого.

Источники саласпилсских вод со значительными дебитами, до 3-4 л/сек, вытекают напротив восточной оконечности острова Абелю, вблизи х. Авотыни (в 8 км ниже Стукманских створов)- дебит - 5 л/сек, у х. Балоки (выше Миеменской петли)- 5,5 л/сек, ниже Кегумской плотины дебит I л/сек.

Химический состав саласпилсских вод, как это видно в таблице № 5, почти не отличается от состава вод плявиньского горизонта.ж)

На нижнем участке долины р. Даугава в состав пород саласпилсской свиты входят гипсы. Воды, заключенные в гипсоносных отложениях мощностью от 6 до I3 м, напорны. Статический уровень их располагается на абсолютных отметках I8,68 - 20.70м) (при абсолютных высотах поверхности земли около +30,0 м)

Саласпилсские воды отделяются от вышележащего водоносного горизонта, заключенного в доломитах даугавской свиты, пачкой глин, которые довольно выдержанно залегают почти по всей исследованной площади.

ж) Но на нижнем участке долины в районе распространения гипсов в салапилсской свите воды саласпилсского горизонта становятся минерализованными и относятся к кальциево-сульфатному типу. Количество сухого остатка колеблется в них от 702 до 2504 мг/л, общая жесткость увеличивается до 96^0 за счет увеличения постоянной жесткости.

Доломиты даугавской свиты отличаются сильной трещиноватостью и закарстованностью, и водообильность их в сильной мере зависит от степени сохранности. На коренных берегах долины даугавские доломиты перекрыты мореной значительной мощности и воды даугавского горизонта становятся напорными. Статический уровень даугавских вод в районе о-ва Абелю на правом коренном берегу устанавливается на абс.отметке +88- +90 м и +90- +95 на левом берегу. В пределах эрозионных террас даугавские воды имеют свободную поверхность, уровень которой лежит в районе острова Абелю на абс.отм. +78,0- +79,8м, ниже г. Плявиняс на отметке- +59,5- +71,0 м, на участке Миеменской излучины на отметке +42- +50,0 м.

Даугавская свита на большей части площади долины залегает выше уреза воды в реке, и воды ее дренируются, главным образом, в бортах эрозионных террас в виде многочисленных источников с непостоянным дебитом. Источники вытекающие на контакте подсвит $D_3 dg$ и $D_3 Ap$ ниже устья реки Сканступите, имеют дебит от 0,I л/сек до 6 л/сек, в районе поселка Бебрулея Олинкалнс дебиты вод даугавского горизонта не превышают 0,6 л/сек. В районе хутора Янковского источники из Даугавской свиты превышают дебит I л/сек, и отдельные выходы вод дают дебиты до 5 л/сек. Между Стабурагской и Миеменской излучинами воды даугавского горизонта выходят местами на поверхность в склонах коренного берега или в уступах верхней эрозионной террасы Дебиты их обычно редко превышают 0,5 л/сек. Колебания уровня даугавских вод и дебитов источников зависят от количества

выпадающих осадков и от уровня реки Даугава.

Даугавские воды по химическому составу гидрокарбонатно-кальциевые, пресные, умеренной жесткости. Общая жесткость изменяется от 15^0 до 18^0. Количество сухого остатка в них колеблется от 265-170 до 303-390 мг/л, в отдельных случаях от 450-420 до 465-465 мг/л.

Таким образом, в карбонатных породах рассмотренной толщи выделяются две пачки водосодержащих доломитов, представленные плявиньской и даугавской свитами. Эти две пачки доломитов вмещают два водоносных горизонта, разделенных глинами и мергелями саласпилсской свиты. Среди пород саласпилсской свиты есть прослои водоносных доломитов, составляющие саласпилсский водоносный горизонт. Воды, содержащиеся во всех трех свитах, находятся в гидродинамической связи и в сущности представляют общий горизонт с небольшими колебаниями статического уровня и с близким химическим составом. По характеру циркуляции вод этот горизонт является трещинно-карстовым. Исходя из общих положений [108], трещинно-карстовыми водами называются все гравитационные подземные воды, заключенные в закарстованных породах независимо от степени их закарстованности. Водообильность и водопроницаемость карбонатных пород всех трех свит усиливается за счет расширения трещин при выщелачивании и за счет широкого распространения таких карстовых форм, как каверны и поры растворения.

Типичным проявлением карста и характерной особенностью гидрогеологии р. Даугава являются многочисленные источники, питающиеся трещинно-карстовыми водами. Питание трещинно-карстового горизонта происходит за счет инфильтрации и инфлюации атмосферных вод как за пределами долины на широких водораздельных пространствах, так и в пределах цокольных террас, там где доломиты перекрыты маломощным покровом рыхлых аллювиальных отложений. Так, питание даугавских доломитов в пределах долины происходит в основном на поверхностях эрозионных террас, аллювий которых представлен песчано-гравийно-галечным и валунным материалом. Наряду с этим, подпитывание карбонатной толщи происходит за счет напорных нижележащих аматских вод. Частично подпитывание происходит и за счет четвертичных вод.

Четвертичные воды приурочены к флювиогляциальным и аллювиальным песчаным и гравийно-галечным отложениям. Мощность водоносных горизонтов в четвертичных отложениях зависит от глубины размыва коренных пород и колеблется от 0,5 до 12-14 м. Мощные водоносные прослои подстилают моренные суглинки, заполняющие древний эрозионный врез в районе Миемской петли. Горизонт подморенных песков подпитывается водами из отложений аматской и плявиньской свит. Водоносные горизонты четвертичных отложений невыдержанные по причине непостоянства литологического состава последних.

В пределах коренных берегов долины наибольшее значение имеют воды флювиогляциальных отложений, входящих в состав морены и залегающих в ее подошве или кровле. В зависимости от

рельефа местности воды эти залегают от 0,5 до 10-15 м от поверхности и имеют свободное зеркало. По химическому составу воды флювиогляциальных отложений гидрокарбонатные, пресные, довольно мягкие при общей жесткости 5-10 мг-экв. Содержание сухого остатка в них колеблется от 250 до 300 мг/л.

Внутриморенные воды достигают мощности до 15 м в пределах древней долины в районе г. Плявиняс. Обобщенные данные бурения МОСГИДЭПа и других организаций, приведенные в отчете о съемке плявиньского водохранилища [115] указывают, что в районе Миеменских створов в толще морены, выполняющих древнюю долину, прослои водонасыщенных песков достигают мощности 6 м. Внутриморенные воды имеют различные пьезометрические уровни, наибольшие из них имеют воды песчаных прослоев нижней части моренной толщи, связанных гидравлически с водами коренных отложений. Химический состав вод не постоянен. Концентрация их колеблется в больших пределах и иногда равна 700 мг/л, а иногда едва достигает 120 мг/л.

Большой водообильностью отличаются флювиогляциальные разнозернистые пески и галечники, подстилающие морену и залегающие непосредственно на коренных отложениях. Воды горизонта широко используются в районе г. Крустпилс и в районе г.Плявиняс, где вскрыты подморенные пески и галечники мощностью от 14 до 32 м. Пьезометрический уровень вод устанавливается на разных отметках в зависимости от того, имеют ли они напоры, или свободное зеркало, и колеблются от 64,0 до 75 м.

Воды аллювиальных отложений имеют распространение на тех участках террас, где коренные породы представлены водо-

упорными глинами или перекрыты мореной, и имеют свободное зеркало. Так, на верхней надпойменной террасе аллювиальные воды вскрываются выше острова Абелю. Аллювиальный водоносный горизонт также распространен в районе г. Плявиняс на У надпойменной террасе по обоим берегам реки. На левом берегу реки, , между г. Екабпилс и островом Ķака, аллювий водонасыщен в понижениях и ложбинах старых русел и мощность его колеблется от 0,5 до 4,5 м. Между г. Плявиняс и Миеменской петлей аллювиальные воды вмещены в гравийно-галечные отложения низких террас мощностью от 3 до 10 и более м. В районе Миеменской петли мощность водоносных аллювиальных отложений достигает 12 м. Здесь аллювиальные воды вскрываются на глубине 2-6 м. от поверхности земли. В долине реки Лауце аллювиальные воды насыщают песчано-гравийно-галечные отложения,первой, иногда и второй надпойменных террас и имеют мощность от 1,5 до 5-7 м.

Как в долине р. Даугава, так и в долине р.Лауце аллювий первой надпойменной террасы, и почти всегда второй, содержит воду, мощность горизонта которой изменяется в зависимости от мощности аллювиальных отложений. Питаются аллювиальные воды за счет атмосферных осадков и за счет вод, вытекающих из коренных и четвертичных отложений в бортах коренного берега и выше расположенных террас. Пополняют аллювиальный горизонт также поверхностные воды коренных берегов. Воды аллювиальных отложений отличаются наибольшей мягкостью по срав-

нению с описанными выше горизонтами. Общая жесткость их колеблется от 3,5 до 6 мг/л в отдельных случаях достигая 9 мг/л. Содержание сухого остатка меняется от 180 до 300 мг/л.

б/ Водопроницаемость доломитов Плявиньской и Даугавской свиты.

Водопроницаемость доломитов в рассматриваемом районе зависит главным образом от трещиноватости и степени закарстованности.

Широкое распространение пор и каверн различного генезиса в толще карбонатных пород усиливает их водопроницаемость.

Однако, порово-кавернозная водопроницаемость в исследуемом районе, имеет несравненно меньше значение по сравнению с преобладающей трещиной водопроницаемостью и практически мы будем иметь дело только с последней.

Неоднократность водопроницаемости доломитов различных свит тесно связана с особенностями геологического строения описываемого участка и прежде всего с характером трещиноватости, проявляющейся совершенно своеобразно на каждом отдельно взятом отрезке долины.

Как видно из гидрогеологических профилей Стукманского участка коэффициент фильтрации плявиньских доломитов изменяется в сравнительно больших пределах: от 0.10 м/сутки до 10 - 15.7 м/сутки, а в отдельных случаях достигает 28,2 м/сутки (Профиль водопроницаемости пород по створу IУ, правый берег р. Даугавы, скв. № 153, Приложение)

Чрезвычайно большие колебания коэффициентов фильтрации плявиньских доломитов обнаружились в районе Миеменских створов, в полосе где массив карбонатных пород прорезается древней долиной глубиной свыше 80 м. Дно погребенной долины располагается более чем на 50 м ниже современного русла р. Даугава. Борта древней долины, как показали многочисленные буровые материалы, в сильной мере закарстованы и раздроблены на всю мощность карбонатной толщи пород.

Коэффициенты фильтрации плявиньских доломитов изменяются в широких пределах за исключением глинисто-мергелистой нижнеплявиньской подсвиты, где коэффициенты фильтрации характеризуются незначительными и довольно постоянными величинами. Зоны наиболее высокой водопроницаемости вскрыты в районах древних провалов, приуроченных к бортам древней погребенной долины. Как показывают данные гидрогеологического профиля по линии I-I, (Приложение 8) коэффициенты фильтрации плявиньских доломитов имеют наибольшие значения в верхней части свиты, в пределах первых 2-6 м и достигают здесь 24-39 м/сутки.

По линии III створа водопроницаемость верхней части свиты D_3pl характеризуется величинами коэффициентов фильтрации от 5 до 36 м/сутки. В слабо водопроницаемой зоне коэффициенты фильтрации не превышают 5 м/сутки, причем преобладают значения их менее I м/сутки.

На участках интенсивной трещиноватости коэффициент фильтрации плявиньских доломитов повышается до 100-190 м/сутки,

а в отдельных случаях превосходит 400 м/сутки. Так на правом берегу р. Даугава (на участке проектируемого котлована бетонных сооружений, по линии III створа), была вскрыта сильно водопроницаемая зона в верхней части плявиньской свиты в интервале между абсолютными отметками 25-28 м. Коэффициент фильтрации в этом интервале составил около 440 м/сутки. Зона высокой водопроницаемости протягивается от бичевника правого берега (скв.150) к северо-востоку, вглубь водораздела, а также вверх и вниз по реке. С этой зоной связаны трещиновато-раздробленные и смещенные участки в районе древнего провала у скв. 167, а также обширная полоса, уходящая к западу, вверх по реке. (Приложения №№ 9 и 11).

Карты-срезы водопроницаемости плявиньских доломитов охватывающие правый берег р. Даугава напротив устья р.Лауце и в приустьевую часть р. Лауце на левом берегу р. Даугава показывают зоны повышенной водопроницаемости в районах скважин № 49, 85, 496, 97, 963, вскрывшие древние карстовые провалы. За пределами этих зон в доломитах верхней части плявиньской свиты преобладают коэффициенты фильтрации от 10 до 50 м/сутки (карта-срез на отметке 25.0 м абс.высоты, приложение 9).

Исходя из данных гидрогеологических профилей, можно установить закономерное уменьшение водопроницаемости пород плявиньской свиты с глубиной. Этой закономерности не подчиняются районы древне-провальных зон, где усиливается трещиноватость и разрушенность пород на локальных участках, приуроченных к бортам древней долины. Собственно склоны древнего вреза помимо осложнения их огромными древними воронками, представляют собой

неоднородные в вильтрационном отношении участки, сопровождающиеся интенсивной трещиноватостью и разнообразными карстовыми полостями и каналами.

Уменьшение водопроницаемости с глубиной в пределах ненарушенных доломитовых массивов объясняется наличием прослоев относительно водоупорных глин, на всей площади долины. Особенно большой водопроводимостью обладают даугавские доломиты. Доломиты даугавской свиты залегают выше уреза воды в реке и в сильной степени подвержены процессам выветривания и карста. Слагая поверхности эрозионных террас, даугавские доломиты через сеть трещин, каналов и полостей остаются открытыми для проникновения обильных атмосферных вод. При опытных наливах в сухих даугавских доломитах в районе Стукманских створов расходы воды превышали 200 л/мин.

На месторождении доломитов у х. Крустапицы на левом берегу р. Даугава коэффициент фильтрации безводных даугавских доломитов (определенный при опытных наливах) менялся от I.84 до I50,5 м/сутки. За среднюю величину был принят при этом коэффициент фильтрации равный 4I.78 м/сутки.

Данные откачек из обводненной толщи доломитов на том же месторождении показали колебания коэффициентов фильтрации от 7.30 до 42,3 м/сутки при его среднем значении равном 55,I м/сутки.

При опробовании даугавских доломитов на участке Мисменских створов были применены свободные наливы в скважины.

Даугавские доломиты напротив устья р.Лауце слагают правобережный береговой уступ. Мощность этих доломитов здесь равна 8-10 м. Подошва их лежит на абс.отметке 38-42 м, кровля на отметках 50-53 м.

Урез воды в реке имеет отметку около 32 абс. высоты. Подстилают доломиты даугавской свиты глины, мергели и доломиты саласпилсской свиты, подошва которых лежит в русле реки на отметках 27 - 30 м.

Возвращаясь к ранее приведенному гидрогеологическому профилю (по линии 6-6 Приложение II), мы видим, что свободная поверхность даугавских вод в сильно трещиноватых и закарстованных доломитах лежит на абсолютных отметках 40 - 50 м абс. высоты.

Выше этого уровня толща доломитов безводна и обладает очень плохой сохранностью пород.

Наливы в скважины № 26 и 76 (правый берег р.Даугавы) показали сравнительно небольшие величины коэффициентов фильтрации, колеблющиеся от 23 до 18,3 м/сутки (приложение 9). Резкое увеличение водопроницаемости в толще даугавских доломитов обнаруживается в районе древнего провала, вскрытого скважиной 167. Величины коэфициентов фильтрации здесь превосходят 100 м/сутки. На расстоянии 200 м от скважины № 167 тот же горизонт доломитов снижает свою водопроницаемость до 1,16 - 10 м/сутки (приложение II)

Благодаря сильной закарстованности и трещиноватости даугавских доломитов в пределах ряда участков долины не удавалось поддержать постоянный уровень воды в буровых скважинах при расходах 150-200 л/минуту.

Сильная неоднородность водопроницаемости даугавских доломитов не дает возможности определения средних величин коэффициентов фильтрации в целом по свите и требует детальных опытных работ на каждом проектируемом к строительному участке.

в/ Гидрографические и гидрогеологические особенности района распространения карбонатных пород в долине реки Даугава.

И.К.Зайцев [34] в своей монографической работе по вопросам развития карста писал: "Атмосферные воды отводятся в глубину. В простейшем случае вертикальная циркуляция воды в карсте происходит до тех пор, пока вода не достигнет в мелком карсте - некарстующихся и водонепроницаемых пород, а вглубоком - уровня базиса эрозии.

На этих уровнях каналы переходят из вертикального, в общем, в горизонтальное положение, в котором движется вода до места своего выхода на поверхность.

Раз вода попала в карстовые каналы, то она где то должна и выйти на поверхность. В противном случае нет движения, нет карста".

Уточняя и развивая выводы многих исследователей карста Д.С.Соколов [108] отмечает, что развитие карста обуславливает гидрографические и гидрогеологические особенности той местности, в пределах которой он развивается. Являясь следствием карста эти особенности в процессе своего становления и развития в свою очередь оказывают существенное активное влияние на направление и характер развития карста. Гидрографические и гидрогеологические особенности областей распространения закарстованных пород находят свое общее выражение в двух основных чертах:

1) интенсивное поглощение поверхностных вод;

2) повышенная водообильность закарстованных пород, залегающих ниже уровня подземных вод [108]

Обе эти черты связаны с тем общим свойством, которое приобретают растворимые породы в результате развития карста, т.е. с их повышенной водопроницаемостью.

На описываемой территории обе эти черты проявляются в сочетании друг с другом.

Поглощение поверхностных вод связано с развитием поверхностных и подземных карстовых форм.

Широко распространено поверхностное поглощение вод в пределах долины на эрозионных террасах, где аллювиальные накопления представлены гравийно-галечным материалом и разнозернистыми песками, в которых преобладают крупные фракции.

В целом ряде случаев просачивание атмосферных вод происходит на террасах без видимых очагов поглощения -поноров. На таких участках шурфовые работы показали сильную закарстованность доломитов, превращенных в рыхлый щебень и доломитовую муку.

Тем не менее интенсивное поглощение вод происходят в воронках, сухих оврагах, а также в слепых и открытых долинах ручьев, врезанных в закарстованные породы. Поверхностный сток в таких оврагах и долинах существует лишь в периоды снеготаяния и сильных дождей.

Примерное измерение количества поглощаемых весенних вод в некоторых карстовых долинах показало хорошую разработанность подземных карстовых каналов под руслом временных водотоков.

Прежде чем перейти к характеристике величин водопоглощения в самой характерной карстово-эрозионной долине ручья Курклю-Граве, целесообразно вспомнить, что она прорезает водораздел рек Даугава и Лауце в его юго-восточной части. Ширина долины на водоразделе достигает 100 м, глубина равна 9-10 м. Открываясь на IУ надпойменную террасу р. Лауце, долина резко сужается и приобретает каньонообразные очертания. В пределах террасы долина имеет плоское дно шириной до 20 м. Ниже по течению ручья дно долины начинает усложняться многочисленными карстовыми воронками и понорами и, наконец, замыкается огромной

карстовой воронкой длиной до 125 м, вытянутой вдоль течения ручья. В этом же направлении, в 25 м от удлиненной воронки, располагаются еще три воронки глубиной до 8 м. За воронками, к северо-западу (т.е. по направлению к р. Лауце), прослеживается понижение на поверхности террасы, которое переходит в узкий и глубокий овраг, обрывающийся к берегу р. Лауце. В 1957г. работниками ЛатКИПа, для определения количества поглощаемой воды в ручье велись наблюдения на четырех гидрогеологических поперечниках, расположенных сверху вниз по течению. В 1957г. интенсивное снеготаяние и дожди начались уже в феврале месяце. Так 7/II вода выходила из берегов ручья, который имел 3 м ширины и был врезан на глубину 1 м. На участках расширения дна долины поток достигал ширины 15 м. 15/II воды в ручье стало меньше, и водотоки на расширенных участках дна долины исчезли. Максимальный расход воды в ручье был замерен у дополнительного поперечника, находящегося в верховьях ручья и равнялся 560 л/сек.

Расход воды на IУ поперечнике равнялся только 280 л/сек.

Наибольшее поглощение вод ручья более 300 л/сек. было зарегистрировано на участке между II и III поперечником, где сосредоточено самое большое количество воронок. Наблюдение за расходами ручья в мае месяце, в паводковый период, показали сильное их снижение по сравнению со временем первых замеров.

Результаты определения расходов воды ручья показаны в таблице № I.

поперечник / дата			Расходы воды в л/сек. I	II	III	IУ	У
3	IУ	I957	230	255	I57	I3I	
4	IУ	I957	I78	2I7	II5	97	
8	IУ	I957	23I	I54	I0I	64	
I5	IУ	I957	I6I	II3			
I4	IУ	I957	4I,9	44,3			42,2

Цифровые данные таблицы показывают ежедневное уменьшение количества воды в ручье и место ее конечного поглощения на участках III и IУ поперечников.

Поглощенные в ручье воды изливаются в основании IУ надпойменной террасы р.Лауце в виде подземных речек и множества источников.

Интересные результаты по измерению количества поглощенных вод были получены в районе Стукманских створов в овра-гах называемых "Сухой лог", "Тайный лог", "Подраудзе", вре-занных в даугавские доломиты.

Режимные наблюдения велись во время снеготаяния. Овраг "Су-хой лог" имеет глубину равную 3 м. Склоны его крутые и сла-бо задернованные. Протягивается "лог" на длину 850 м, через всю верхнюю правобережную эрозионную террасу. Нижняя часть "лога" называется "сухим руслом" из-за отсутствия водотока (даже весной). В тальвеге оврага, в 250 м от его верховьев располагаются две водопоглащающие воронки на расстоянии 60 м одна от другой.

25 марта 1954г. расход воды в ручье перед первой во-ронкой был равен 293,5 л/сек., перед второй - 109 л/сек.

Замеры расходов воды в последующие дни дали такие результаты:

Дата	Расход воды в л/сек у первой воронки	Расход воды в л/сек. у второй воронки
26/III	714	-
27/III	344,4	309,0
29/III	230	140
5/IУ	497	140
7/IУ	463	
8/IУ	325	
9/IУ	310	
10/IУ	240	
12/IУ	195	

I2-I3/IУ определялся расход потока выходящего через водослив Клинтайнской мельницы, расположенной выше первой воронки, т.е. выше шоссейного моста.

I2/IУ в I2 ч.22 мин. был закрыт шлюз мельницы. До закрытия шлюза обе воронки были заполнены водой. Через I5 минут после закрытия шлюза вторая воронка осушилась совсем и ниже второй воронки показался водоток.

В источниках выходящих у подошвы террасы, под развалинами к.Крауклис-Крогс, начали сочиться воды, поглощаемые карстовыми каналами идущими от водозабора мельнтцы к реке Даугава.

Уровень воды в ручье, образуемом водами источников, начал подниматься через некоторое время с момента закрытия шлюза.

Величины пребывания воды в ручье замерялись по рейке и возрастали в следуёщем порядке:

Часы	Замеры по рейке	
I3.00	0.0	
I3.50	0.0	
I4.I0	4.0	м/м
I4.20	9.0	"
I4.30	I2.0	"
I7.00	90.0	"
2I.00	I30.0	"
24.00	I60.0	"
4.00	I30.0	"
I0.00	I30.0	"

После открытия шлюза уровень воды в ручье с II часов до I6.00 снизился с I30 м/м до 70 м/м.

Второй общей чертой гидрографии в долине р. Даугава является наличие частично исчезающих рек, которые на отдельных участках своего течения теряют или все или часть своих вод.

Наиболее характерный пример этого проявляется в потере вод р. Лауце и в фильтрации их в р. Даугава через узкий закарстованный водораздел между этими двумя реками.

Заметное поглощение речных вод происходит и в русле р. Даугава на участке трепских порогов, ниже г. Крустпилс в устье протоки Сака напротив х.Звиаданы, напротив устья р. Локстынь, ниже г. Плявиньс, напротив х. Айнарес, ниже Кокнесской переправы и в ряде других мест.

Поглощение речных вод наблюдается также в руслах притоков р. Даугава, таких как р.р. Сусея, Лакстынь, Персе, Айвиексте, Огре и других.

Несмотря на значительные расходы речных вод на поглощение, количественная оценка его очень затруднена в связи с тем, что очаги поглощения часто скрыты от непосредственного наблюдения.

Полное поглощение всего поверхностного стока происходит во многих долинах ручьев и мелких речек.

Д.С.Соколов [I08] выделяет особую форму проявления интенсивного поглощения поверхностных вод в долинах крупных

рек, связанную с наличием локальных продольных приречных депрессий в уровне подземных вод.

Одним из условий существования локальных продольных депрессий является неоднородность водопроницаемости пород. Изучение ряда конкретных примеров позволило Р.С. Соколову [108] наметить существование трех основных типов продольных депрессий:

I. Депрессии, связанные с наличием сильно закарстованной зоны в борту древнего переуглубления;

2. Депрессии, связанные с закарстованными зонами интенсивной тектонической трещиноватости;

3. Депрессии, на поворотах речных долин, связанные с особенностями развития карста в таких условиях.

Рассматривая долину р. Даугава с точки зрения изложенных выше положений, нужно сказать, что некоторые из них проявляются или отсутствуют в ее пределах.

На отдельных отрезках долины реку пересекает древний эрозионный врез заполненный разновозрастными моренами.

На участке Мяменской излучины врез сечет реку дважды. В бортах вреза, сильно закарстованного и трещиноватого, отмечается снижение уровня подземных вод, вследствие усиленного их дренирования в склонах древней долины. Несмотря на это на участке русла, сложенным раздробленными плявиньскими доломитами и ограниченном бортами древнего переуглубления, продоль-

ной депрессии в речных водах не образуется. Отсутствие ее здесь объясняется выравниванием уровней речных и подземных вод в русле реки и превышением уровня подземных вод над урезом воды в реке в склонах современной долины.

В долине р. Даугава намечается наличие второй группы депрессий, согласно классификации Д.С.Соколова [108], а именно: депрессии связанные с закарстованными зонами интенсивной тектонической трещиноватости. Такие сильно закарстованные зоны интенсивной тектонической трещиноватости выявляются на склонах Бебрулейской, Дактерской, Стабурагской, Кактыни-Авотынькалнской структур.

Поглощение речных вод выявляется выше устья р. Локстынь где в русле реки у правого берега обнаружены колодцы глубиной более 8 м.

Вблизи устья р. Локстынь, напротив х.Ерсика.

На бечевнике, у уреза воды, отмечены восходящие источники. Химанализы проб воды из них дали состав типичных гидрокарбонатных речных вод. Это обстоятельство говорит о том, что в данном пункте в реку возвращаются воды, поглощенные где-то в верх по течению реки и скорее всего в пункте А где обнаруживается в скважинах понижение пьезометрических уровней подземных вод, имеющее локальный характер.

Образование депрессий на участках речных излучин возможно как в долине реки Даугава, так и в долинах ее притоков и других рек республики.

Наличие самих поворотов на р. Даугава связано с особенностями тектонического строения территории.

Присутствие интенсивной трещиноватости на участках излучин подтверждают многочисленные примеры. Так ниже устья р.Айвиексте, впадающей в р. Даугава как раз в центре излучины, береговой обрыв рассечен пустой сетью трещин. На данном участке р.Даугава пересекает восточное крыло плявиньской структуры с падением слоев до 19-15^0.

Выше устья р. Айвиексте, по ее берегам и берегам р.Даугава также прослеживается зона дробления пород Даугавской свиты. Преобладающей системой трещин в массиве доломитов на участке х.Пробажи - устье р. Айвиексте являются трещины с направлением С-СВ 1^0-3^0 -20 - 25^0. Буровые скважины, пройденные на правом берегу Даугава / № 620/ и на левом берегу р. Айвиексте /№ 669/ указали на сильную раздробленность доломитов.

По крупным трещинам, расширенным выщелачиванием, возможен отвод части вод р. Даугава в сторону р. Айвиексте вдоль узкого водораздела, представленного У надпойменной террасой. Химанализы проб воды отобранные в колодце на х. Грабажи расположенном в направлении предполагаемой депрессии мягкие воды, сходные по составу с речными, тогда как в колодцы всех близлежащих хуторов питаются жесткими гидрокарбонатно-кальциевыми водами.

Вторым обстоятельством, обращающим внимание на существование депрессии на этом участке, является также близкий к

речному составу вод в скважине № 620, в пробе отобранной на отметке 68.50 м абс. высоты, при абсолютной отметке уреза воды в реке равной 67.8 м

Следующая особенность поглощения поверхностных вод 108 связана с явлением снижения густоты речной и овражной сети. В описываемом районе эта особенность проявляется своеобразно на каждом отдельно взятом участке, но в целом выражена не ярко (см.карту фактического материала). На поверхности эрозионных террас, цоколем которых являются карстующиеся доломиты сами по себе эрозионно-карстовые долины увеличивают овражно-балочную расчлененность.

Второй общей чертой районов распространения закарстованных пород является повышенная их водообильность ниже уровня подземных вод. Наиболее широкое выражение эта черта находит в большом распространении водообильных водоносных горизонтов, приуроченных к карбонатным породам, располагающимся в наших условиях в зоне активного водообмена. По степени водообильности карбонатные породы занимают одно из первых мест среди различных водоносных пород с жесткой кристаллической связью (103). Проницаемость карбонатных пород усиливается за счет раскрытия трещин при выщелачивании и за счет широкого распространения таких карстовых форм, как каверны и поры растворения.

На участках развития подземных карстовых форм высокая водообильность закарствованных пород выражается в наличии

подземных рек ручьев и карстовых источников.

Наиболее водообильны подземные речки в доломитах плявиньской свиты, что объясняется частичным подпитыванием их в сильно трещиноватых зонах напорными аматскими водами.

Подземная речка значительного дебита вытекает из плявиньских доломитов в склоне У террасы выше гор. Ливаны.

Наиболее характерная подземная речка вытекает из плявиньских доломитов ниже Стабурагской переправы, вблизи х.Бикернieки. Дебит ее равен 10-13 л/сек.

Вытекающие рядом с рекой карстовые источники имеют также большие дебиты.

Обилие карстовых вод на этом участке обуславливается тем, что питание их осуществляется в непосредственной близости, в пределах древней долины стока ледниковых вод, которую наследуют реки Сеце и Лауце. Закарстованные и трещиноватые доломиты, слагающие борта долины прикрыты здесь маломощным слоем песка и на большой площади торфом.

На площади эрозионных террас в долинах р.р. Даугава и Лауце, входящих в пределы Даудзавской долины трещинно-карстовые воды в плявиньских доломитах имеют свободное зеркало и используются для водоснабжения. Многочисленные подземные ручьи и речки вытекают из доломитов плявиньской свиты на склонах Радаликской структуры / В 8 км ниже г. Кокнесе/. Наиболее полноводная подземная речка изливается в верхней части надпойменной террасы у х. Аули.

В месте выхода этого подземного потока, как уже было сказано раньше, растут пещеры, а на поверхности террасы - обширные воронки.

В долине р.Даугава водообильность закарстованных пород проявляется в интенсивном питании реки за счет трещинно-карстовых вод (см.карту выходов вод). Разгрузка этих вод происходит как в склонах террас, так и в русле речного потока. Там, где река прорезает карбонатные породы верхнего девона, везде на ее склонах выходят источники, большая часть которых имеет карстовый характер. Воды многочисленных источников служат целям водоснабжения небольших населенных пунктов, расположенных в долине, в непосредственной близости от берегов реки.

Г Л А В А УI

ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ДАУГАВСКОЙ И ПЛЯВИНЬСКОЙ СВИТ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ПЕТРОГРАФИЧЕСКОГО СОСТАВА.

Для правильного понимания и оценки зависимости процессов выщелачивания карбонатных пород, в частности доломитов, от их петрографического и химического состава было изучено несколько разрезов отложений карстующихся карбонатных пород в бассейне р. Даугава.

Главной задачей исследований являлось изучение тех внутренних причин, которые влияют на развитие процессов карста. При микроскопическом исследовании особое внимание уделялось изучению структурных особенностей и вещественного состава пород, т.к. вопрос выщелачивания карбонатных пород в этом направлении сравнительно мало изучен.

На основании детального просмотра значительного количества прозрачных шлифов были выделены группы пород по совокупности структурных и текстурных признаков с учетом химического и минералогического состава, что позволило в какой-то мере составить представление об условиях образования самих пород и о причинах возникновения в них полых пространств.

Для того, чтобы проследить характер изменения пород в одном слое в процессе выщелачивания, образцы на шлифы и химанализы отбирались по разрезу с учетом пористости, кавернозности, слоистости, трещиноватости, начиная от свежих крепких пород до наиболее разрушенных.

Ввиду отсутствия необходимого количества химических анализов, достоверных выводов об изменении химического

состава пород в свежих и выщелоченных разностях сделать не удалось, но, с другой стороны, петрографические исследования ~~петрографического состава~~ дают возможность усмотреть определенные изменения строения пород.

Опорным, наиболее полным разрезом, является разрез отложений плявинвской и даугавской свит в районе г.Плявиньс / порог Грубе, нас.п. Пениги, нас. п. Бебрули/. Дополнительным служат разрезы по скважинам р-на строительства Плявиньской ГЭС, а также разрезы отложений в бортах р. Даугава у нас.п. Кокнесе, Стабураг, Земиши, г.Огре/.

Часть 1

МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ПЛЯВИНЬСКОЙ и ДАУГАВСКОЙ СВИТ В БАССЕЙНЕ р.ДАУГАВА.

Общие сведения.

Отложения описываемых карбонатных пород в бассейне р.Даугава по стратиграфической схеме П.П.Лиепиньша относятся к средней части франского яруса.

Наиболее древними среди этих отложений являются породы плявиньской свиты, соответствующие псковско-чудовским слоям Ленинградской области. Стратиграфически выше залегают породы саласпилсской свиты /свинардо-бурегские слои/ и даугавской свиты /ильменские слои/. Подстилают плявиньскую свиту

песчанистые отложения аматской свиты /подснетогорские слои/.

Доломитовые породы.

На основании макро- и микроскопических исследований и данных химических анализов, карбонатные породы подразделяются по соотношению содержания в них кальцита и доломита, а также по соотношению карбонатной и терригенной составляющих. Согласно предложенной С.Г. Вишняковым классификации карбонатных пород по процентному содержанию $CaCO_3$ - $CaMg/CO_3/_2$ породы в основном относятся к типу чистых доломитов со средним содержанием кальцита 2% [14]

Отдельные химанализы, дающие до 10% $CaCO_3$, не характерны. Повышение содержания этого минерала часто происходит за счет образования вторичного кальцита в кавернах и трещинах / химанализы образцов, взятых из стенок каверн/. Исключением являются отмеченные в отложениях даугавской свиты слабо известковистые доломиты с незначительным повышением / > 5% / содержания $CaCO_3$.

По соотношению карбонатной и глинистой составляющих по классификации С.Г. Вишнякова выделяются следующие типы пород:

1. Доломиты / чистые /	-	глина	5-0 %
2. Глинистый доломит	-	-"-	5-25%
3. Доломитовый мергель	-	-"-	75-25%
4. Глина	-	-"-	95-100%

Согласно классификации терригенно-карбонатных пород, приведенной в работе И.В.Хворовой [127] выделяются алевритистые доломиты с содержанием терригенной /кварц/ составляющей 5-25 %, переходящие местами в алевритовые доломиты с содержанием терригенной составляющей 25-50%.

В зависимости от размера зерен, слагающих карбонатные породы, наиболее у обной является классификация применяемая для обломочных пород. Согласно этой классификации были выделены следующие разности:

1. Средне-крупнозернистые: 0,25 - 0,5 /присутствуют до 1-2 мм/
2. мелкозернистые 0,1 - 0,25 мм
3. тонкозернистые 0,01 - 0,1 мм
4. микрозернистые 0,01 - 0,005 мм
5. криптозернистые < 0,005 мм

ОТЛОЖЕНИЯ ПЛЯВИНЬСКОЙ СВИТЫ.

Отложения Плявиньской свиты П.П.Лиепиньшем разделены на четыре подсвиты: $D_3 pl_1$, pl_2, pl_3, pl_4. которые в обнажениях прослеживаются довольно четко. Мощность свиты изменяется от максимальной 32 м в г.Плявиняс до 14,2 м в г. Рига.

Подсвита $D_3 pl_1$ Мощность подсвиты максимальная - 5,6 м в г.Плявиняс, минимальная - 2,8 м в пределах Кокнесской структуры.

Отложения отличаются от перекрывающих пород своим

глинисто-мергелистым составом. Доломитовые мергели, зеленовато-серые, иногда фиолетово-серые, довольно плотные с пропластками фиолетовых и зеленых глин. Отдельные прослои представлены желтовато-серыми разностями доломитов.

Подсвита $D_3 pl_2$ Её мощность в районе г.Плявиняс до 10.7 м. Представлена она серыми доломитами, часто с темными пятнами. Среди доломитов отличаются два прослоя мощностью 1-1,30м с многочисленными остатками фауны. По определению П.П. Лиепиньша это: Atrypa tenuisulkata, Camaratoechia ex. Gr. livonica и др.

Характерными являются заключения обуглероженного органического вещества и пирита как крупно-кристаллического, так и тонко дисперсного.

Подсвита $D_3 pl_3$ в г. Плявиняс имеет мощность до 9 м. в Кокнесе - до 6,7 м. В западном направлении мощность подсвит $pl_2 + pl_3$ сокращается, а в районе г. Риги подсвиты как-бы сливаются с pl_4, так что их расчленение затруднено. Отложения подсвиты представлены светло-серыми, с прослоями темно-серых, доломитами, чередующимися с тонкими / до 5 см/ прослоями глин и незначительными по мощности до 0,5 м прослоями доломитовых мергелей и глинистых доломитов. Встречается большое количество разностей с включением тонких обуглероженных органических остатков, придающих

породе темный цвет, а также фауна в виде ядер и отпечатков, схожих с встречающимися в подсвите $D_3 p l_2$
По сложению доломиты меняются от плотных, крепких до "песчаниковидных" и кавернозных, часто с линзовидными и неправильной формы участками доломитовой муки.

Подсвита $D_3 p l_4$. Её мощность в районе г. Плявиняс 7,5 м, в западном направлении мощность уменьшается до 3,6 м/в пос.Кокнесе/. Доломиты зеленовато-голубовато серые, довольно плотные, в верхней части среднекристаллические, с фауной строматопор, сильно кавернозные. В основании подсвиты залегает слой желтовато-серого сильно кавернозного песчаниковидного доломита с остатками фауны.

Т И П Ы ПОРОД

Подсвита $D_3 p l_4$

Алевритовые доломиты.

Алевритовые доломиты, обогащенные терригенной примесью /обломочного происхождения/, встречаются в нижней части подсвиты на контакте с аматскими песчаниками, а также в виде тонких прослоев среди доломитов, и составляют около 10% от мощности всей подсвиты.

Макроскопически порода зеленовато-серая, тонкозернистая, плотная, с тонкой, местами очень четко выраженной слоистостью, обусловленной различной зернистостью и разнородностью материала и его окраской. Поверхности слойков горизонтальные или слабо волнистые.

Содержание терригенной алевролитовой примеси в среднем по данным шлифов составляет 15-20%, меняясь в пределах от 5 до 50 %. Участками алевритовые доломиты переходят в алевритистые доломиты со средним содержанием терригенной составляющей до 35-45 %. Среди терригенного материала преобладает кварц. Зерна кварца имеют неправильную полуокатанную форму. Размер обломков от 0,05 до 0,1 мм. Они рассеяны по всей массе породы, но часто образуют скопления, подчеркивающие микрослоистую текстуру. Изредка наблюдаются вкрапления единичных кубиков пирита размером 0,04 мм, часто с ореолом окрашивания в результате окисления.

Основная масса породы представлена доломитом, имеющим микрозернистую и криптозернистую структуру /таб.1-1/. Генетически алевритовые доломиты представляют первичные образования. Осаждение доломитового ила происходит в бассейне, куда периодически приносится терригенный материал в основном в виде зерен кварца.

Глинистые доломиты.

Это темно-серые, микрозернистые до криптозернистых, плотные глинистые доломиты, с прослойками менее плотных, Характерна мелкооскольчатая отдельность. Размер зерен основной массы доломита в породе<0.01 мм. Отмечается значительное количество равномерно распределенного тонкого глинистого материала, а также беспорядочно расположенных редких зерен / иногда скоплений

зерен / кварца. /табл.1-2 /.

Доломитовые мергели.

Представлены голубовато-серыми, темно-серыми, иногда почти черными разностями на выветриваемой поверхности сильно осветленными, тонкослоистыми с тонкоплитчатой и щебенчатой отдельностью. Среди них встречаются темные прослои / мощностью до 2 см/ черного обуглероженного органического вещества, а также сантиметровые прослои чистых доломитов, рыхлых, превращенных часто в мучнистые образования. Поверхности наслоений ровные. Некарбонатная составляющая доломитовых мергелей представлена тонким глинистым материалом, распределенным довольно равномерно. По данным рентгеноструктурного анализа глинистый материал типа гидрослюды по мусковиту. Наблюдаются включения обуглероженного органического вещества и мелкие остроугольные обломки кварца размером порядка 0,04 мм / табл.П-2 /

Микрозернистые и тонкозернистые доломиты.

Эти доломиты залегают чередующимися прослоями мощностью от 0,1 до 0,3 м, причем равномернозернистая структура часто не выдерживается по простиранию слоев. [ТАБЛ. I-3] Представлены они обычно светлосерыми, розовато-серыми, темно-серыми плотными, слоистыми разностями. Слоистость их довольно ясная, четко выделяется наличием большого количества включений тонких обуглероженных органических остатков, либо окраской. (ТАБЛ. III – 1, 2)

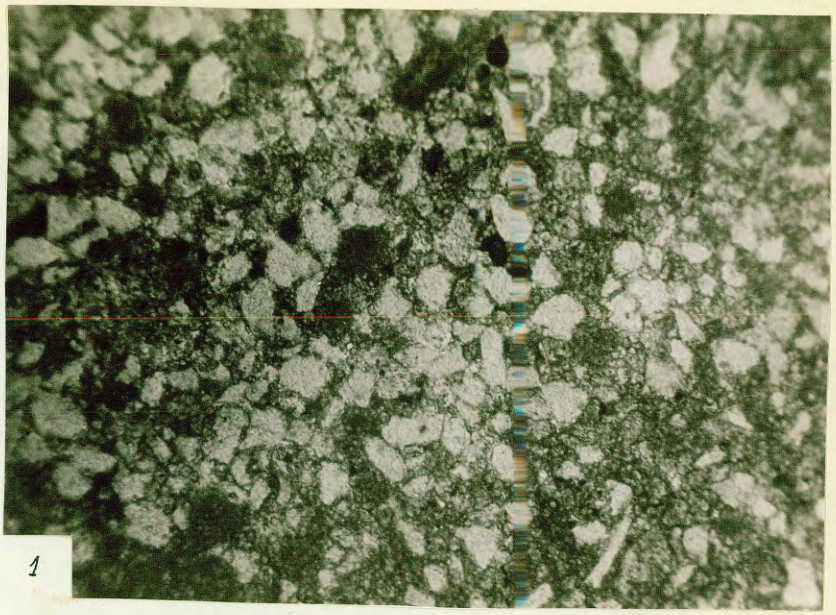
Таблица 1

1. Алевритовый доломит. Участок с максимальным скоплением зерен кварца. $Д_3 р 1_1$ г. Плявиняс.
   ув. х 48 1ник.

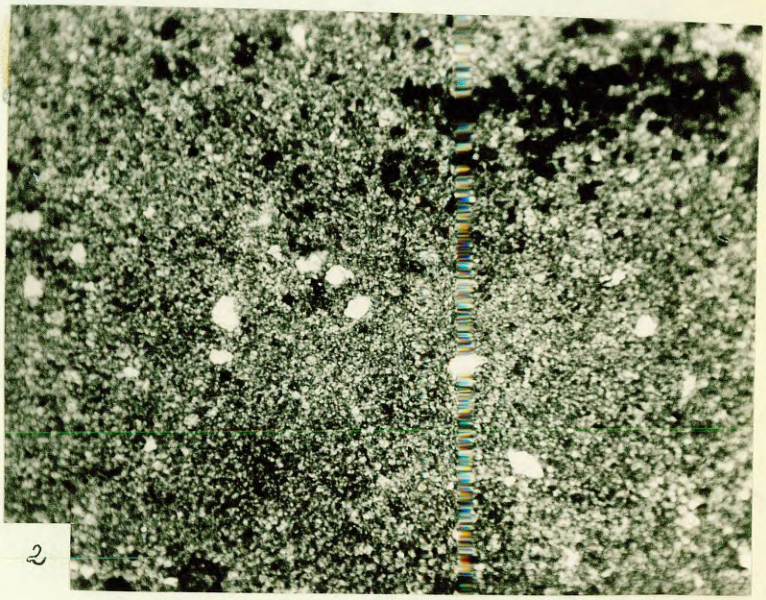
2. Глинистый доломит с редкими зернами кварца.
   ув. х 48 1ник. $Д_3 р 1_1$ г. Плявиняс.

3. Микрозернистый доломит, участками криптозернистый, пористый, с включениями зерен кварца. В центре - членик криноидеи, замещенный доломитом.
   ув. х 48 1ник. $Д_3 р 1_1$ г. Плявиняс.

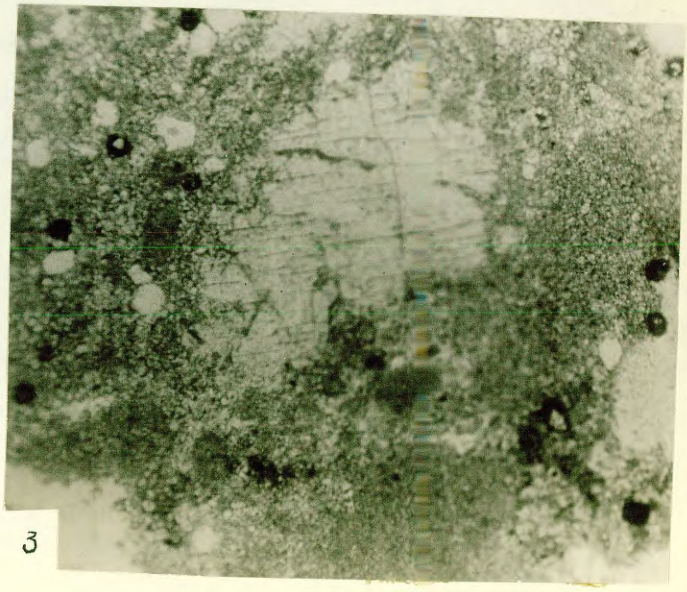
Таблица I



1



2



3

Таблица 11

1. Микрозернистый доломит с отпечатками фауны ракообразных. /?/

ув х 48 1ник. $Д_3 р 1_1$ г.Плявиняс

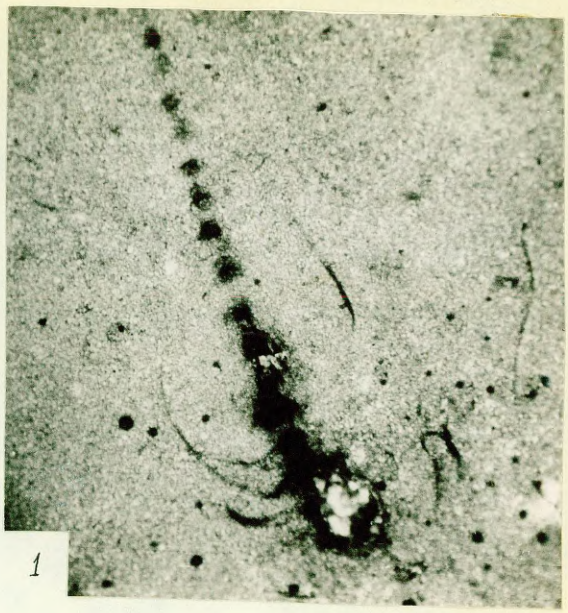
2. Доломитовый мергель с включениями обуглероженного органического вещества.

ув х 48 1ник. $Д_3 р 1_1$ г.Плявиняс

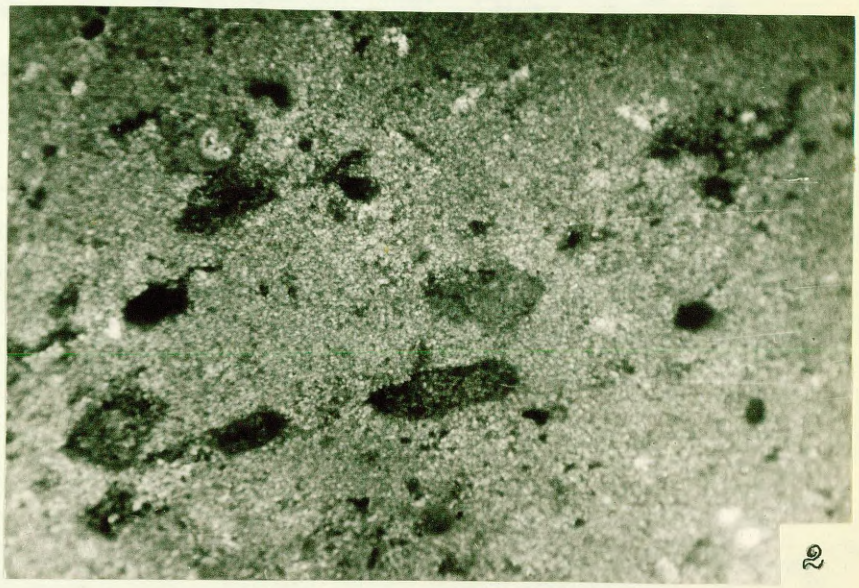
3. Микрозернистый доломит с тонкими прослойками и линзочками тонкозернистого доломита с включениями обуглероженного органического вещества.

ув х 48 1ник. $Д_3 р 1_1$ г.Плявиняс

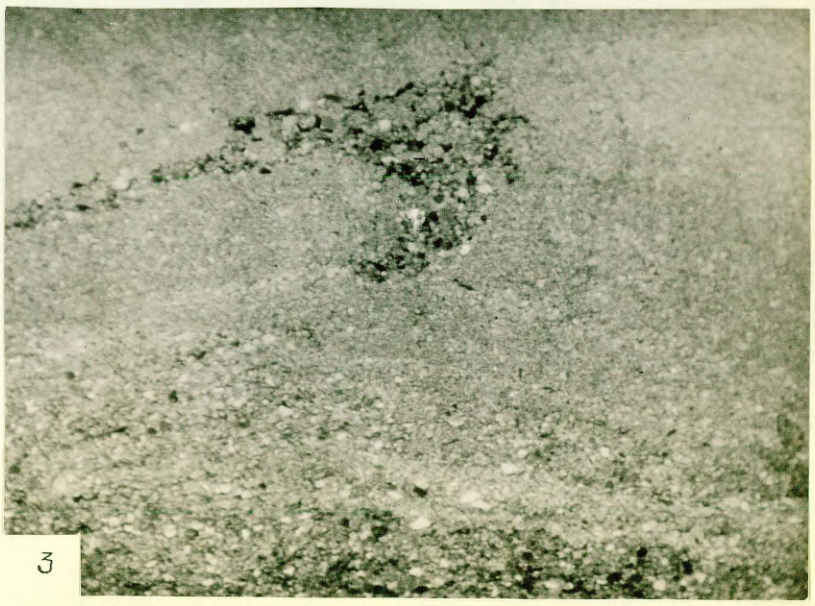
Таблица II



1



2



3

Таблица 111

1. Микрозернистый доломит с включениями обуглероженного органического вещества и редких зерен кварца

ув х 48 1 ник. $Д_3 р 1_1$ г.Плявиняс

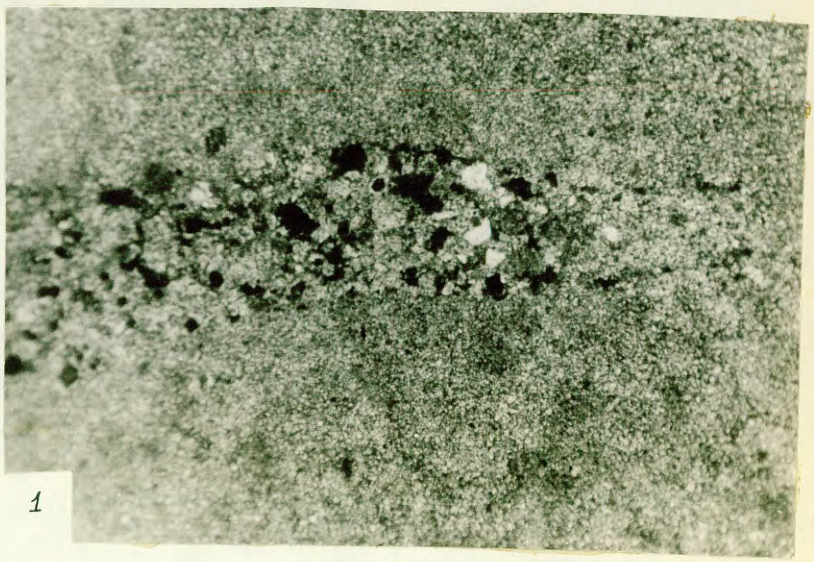
2. Микрозернистый доломит с участками неправильной и линзовидной формы, содержащими зерна кварца и точечные включения обуглероженного органического вещества.

ув х 48 1ник. $Д_3 р 1_1$ г.Плявиняс

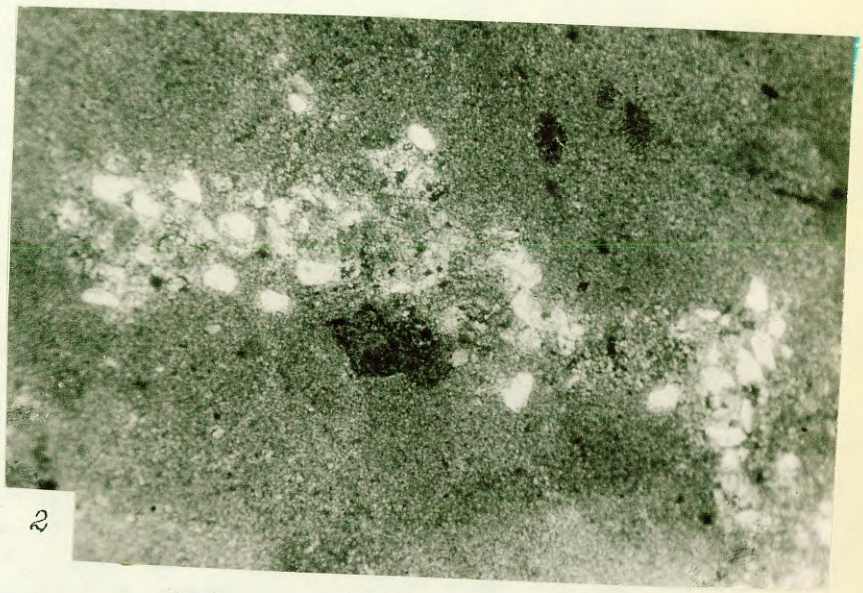
3. Тонкозернистый доломит с включениями обуглероженного органического вещества

ув х 48 1ник. $Д_3 р 1_1$ г.Плявиняс.

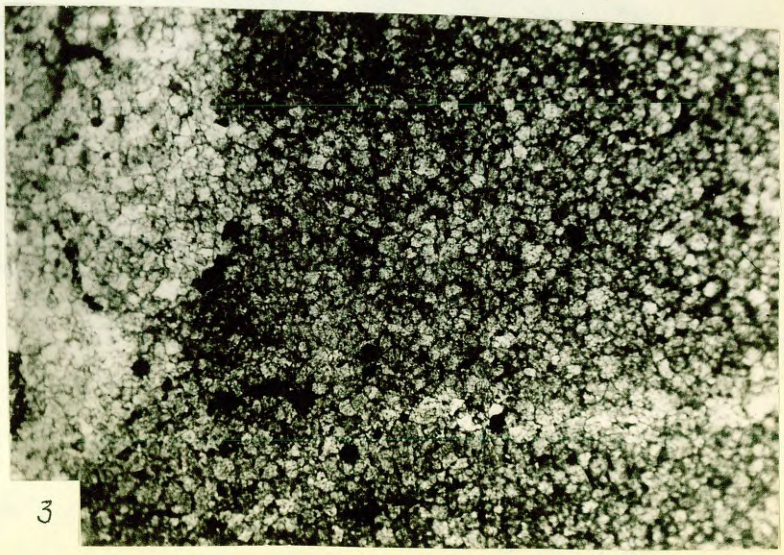
Таблица III



1



2



3

Нередко в шлифах наблюдается и микрослоистость, обусловленная либо разнозернистостью материала, либо неравномерным распределением глинистых частиц.(Табл: Ш - 3;)

Зачастую среди микрозернистых доломитов встречаются тонкие прослойки более светлых ясновернистых доломитов(табл. Ш-3). На отдельных участках отмечаются включения остроугольных зерен кварца, к этим же прослоям приурочены в виде пятен, вытянутых по слоистости, включения обуглероженных органическим остатков.
/ табл.П-3 /

Тонкозернистые доломиты, представленные отдельными небольшими участками и прослоями в микрозернистых доломитах, образованы зернами размером 0,03-0,05 мм, плотно прилегающими друг к другу. Форма зерен неправильно угловатая. Отмечается также наличие многочисленных обуглероженных органических остатков.

Подсвита $D_3 p l_2$

Слабо глинистые доломиты.

В нижней части подсвиты залегают темно-серые плотные слабо глинистые доломиты с характерной тонкоплитчатой отдельностью. Микроскопически на поверхностях отдельности видны обуглероженные растительные остатки.

В шлифе порода довольно темная с однородной величиной зерен размером 0.03-0,05 м. Зерна доломита

имеют неправильную форму. Отмечается большое количество тонких глинистых включений и обуглероженных органических остатков, подчеркивающих микрослоистую и слоистую структуру породы и обуславливающих темный цвет породы./Табл. 1У-1/

Микрозернистые доломиты.

Встречаются в виде небольших тонких прослоев среди других разностей. Довольно темные, с многочисленными включениями обуглероженных органических остатков. Размер зерен 0.01 мм. Под микроскопом видна неясная зернистость, отмечаются многочисленные тонкие равномерно рассеянные глинистые включения. Встречаются редкие угловатые обломки кварца и многочисленные участки, переполненные обуглероженным органическим веществом в виде круглых или сильно вытянутых пятен с неправильными неровными краями. Как правило, эти разности мало пористы. /табл. 1У-2 /.

Тонкозернистые доломиты.

Являются наиболее распространенными разностями доломитов, встречаются в виде прослоев мощностью до 1,0 м.

Это светло-серые до темно-серых доломиты в свежем состоянии довольно плотные, более выщелоченные разности имеют землистый /песчанистый/ облик. Характерна плитчатая отдельность.

Микроскопически доломиты равномерно-зернистые с размером зерен 0,1 , редкие зерна - до 0,2 мм. Форма зерен неправильно многоугольная, реже - ромбоэдрическая иногда с неровными краями, плотно прилегающими друг к другу. В отдельных ромбоэдрах наблюдается зонарное строение с включением непрозрачного пелитоморфного вещества в центре. Присутствует тонкая вкрапленность пирита. Доломиты довольно пористые, особенно это относится к землистым разностям. / табл V-1 /.

Разнозернистые доломиты.

Среди разнозернистых доломитов выделяются две группы:

1/ Неравномерно зернистые слоистые доломиты,

2/ Неравномерно зернистые пятнистые доломиты,

1/ Неравномернозернистые слоистые доломиты встречаются в основном в верхней части разреза подсвиты в виде прослоев среди других разностей доломитов. Макроскопически это светло-серая до темно-серой порода, крепкая, некавернозная с темными разводами в результате вкрапленности тонкорассеянного пирита. Характерна тонкоплитчатая отдельность. По трещинам отдельности наблюдается окрашивание окислами железа.

Микроскопически описываемые доломиты образованы слойками с различной величиной зерен: тонкозернистой / от 0,01-0,1 мм/ и микрозернистой / $\leq$ 0,01 мм /,

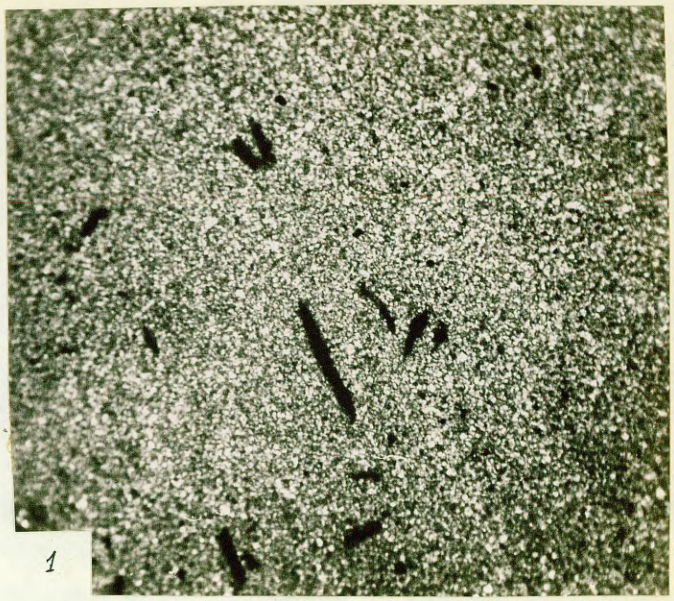
либо криптозернистой. Форма зерен изометрично-округлая. В большом количестве встречается пирит в форме кубиков и неправильных зерен размером 0,04-0,06 мм, а также в виде тонкорассеянного по слоистости. Реже наблюдаются включения кварца остроугольной формы размером порядка 0,1 мм. Порода относительно плотная, крупные поры встречаются редко. / табл.У-2,3 /.

2/ Неравномернозернистые пятнистые доломиты имеют широкое распространение, часто переслаиваясь с выше описанными разностями доломитов. По внешнему виду отличаются от последних только пятнистой по окраске и крупности зерен текстурой. Это светло-серые или голубовато-серые тонкозернистые или микрозернистые доломиты, плотные с отдельными пористыми и кавернозными участками. (ТАБЛ. IV-3)

Микроскопически различаются две разности с пятнистой текстурой: 1/ когда основная масса представлена тонкозернистыми доломитами / с размером зерен от 0,04 до 0,06 мм/ с отдельными более светлыми яснозернистыми участками / размеры зерен 0,1-0,14мм и 2/ когда встречаются более темные пятна с криптозернистой структурой, придающие породе сгустковую текстуру / табл. У1- 4 /.

Зерна, образующие более светлые участки, имеют форму неправильных многоугольников, часто с неровными гранями. В отдельных более крупных зернах хорошо видна система спайности.

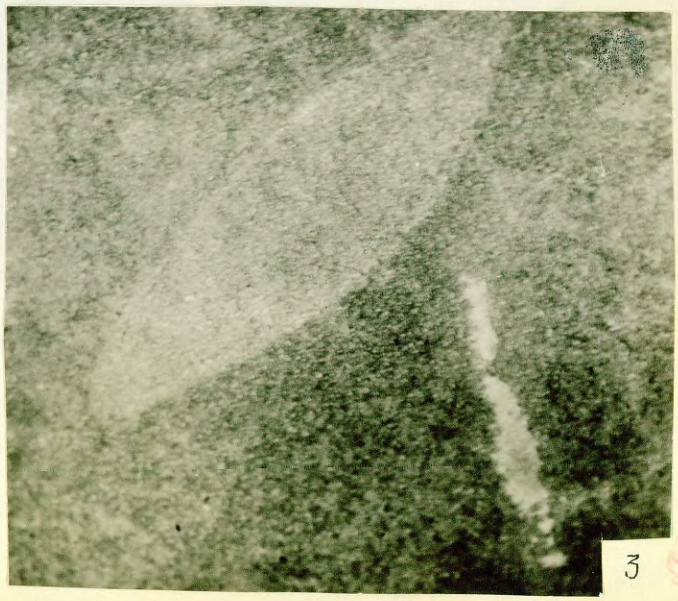
Таблица IV



1



2



3

Таблица 1У

1. Микрозернистый слабоглинистый доломит с включениями обуглероженного органического вещества.

ув х 48 1 ник. $Д_3 р1_1$ г.Плявиняс

2. Микрозернистые доломиты с включениями обуглероженного органического вещества.

ув х 48 1 ник. $Д_3 р1_1$ г.Плявиняс.

3. Участки линзовидной и округлой формы, сложенные более крупнозернистым светлым доломитом.

ув х 48 1 ник. $Д_3 р1_1$ г.Плявиняс

Таблица У

1. Тонкозернистый тонкопористый доломит.

ув х 48 1ник $Д_3 р 1_2$ г.Плявиняс

2.-3 Разнозернистые тонкослоистые доломиты с вкрапленностью пирита

ув х 48 1ник $Д_3 р 1_2$ г.Плявиняс

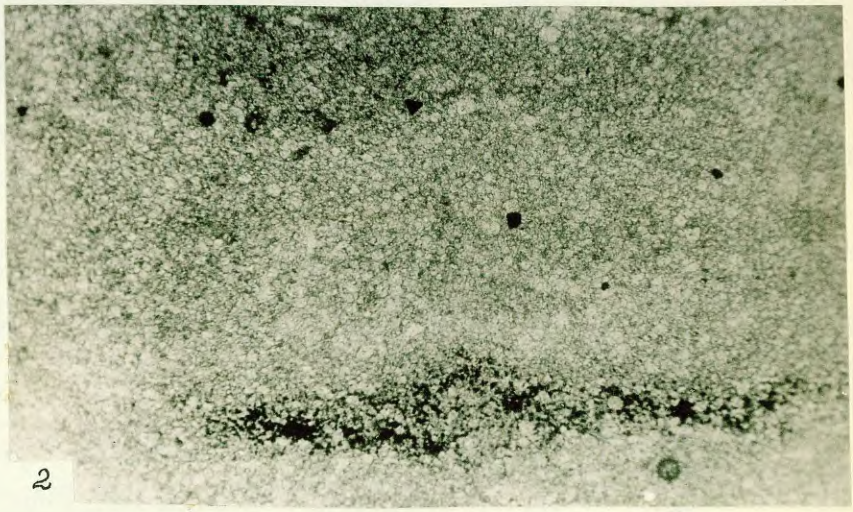
4. Разнозернистые доломиты с пятнистой текстурой /контакт/

ув х 69 1ник $Д_3 р 1_2$ г.Плявиняс

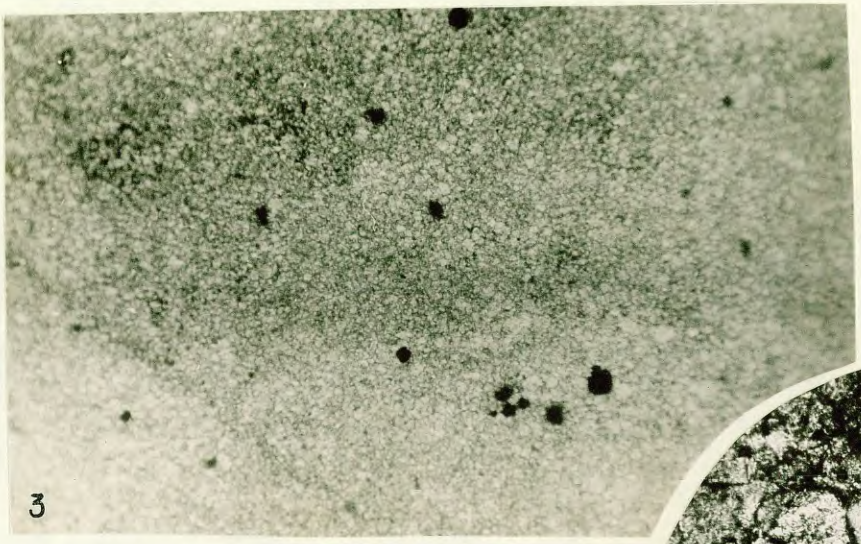
Таблица V



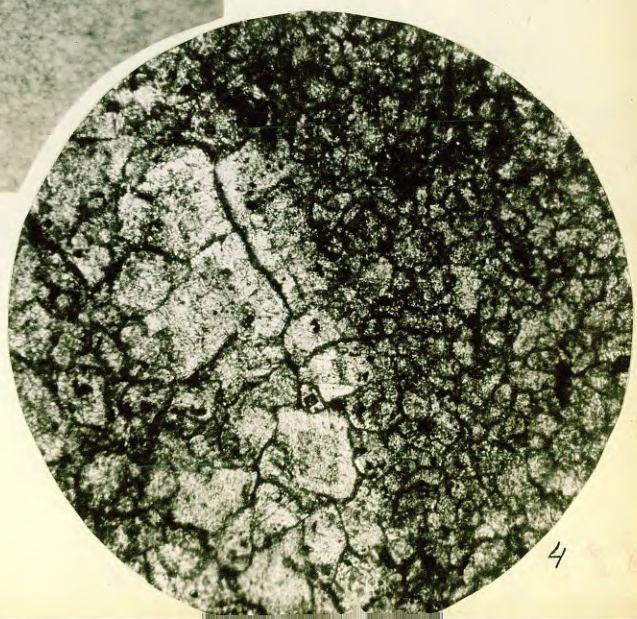
1



2



3



4

Таблица У1

1-2 Членик криноидеи, замещенный монокристаллом доломита в доломитовой породе.

ув х 48 1ник $Д_3 р 1_2$ г.Плявиняс

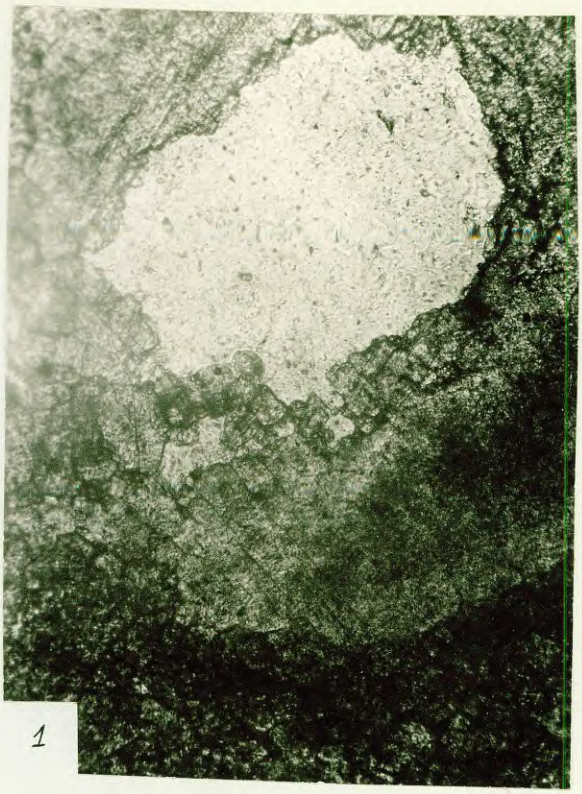
3. Доломиты с обуглероженными органическими остатками

ув х 48 1ник $Д_3 р 1_2$ г.Плявиняс

4. Доломиты со сгустковой структурой

ув х 48 1ник $Д_3 р 1_2$ г.Плявиняс

Таблица VI



1



2



3



4

Пятнистая текстура обусловлена наличием светлых, с большей величиной зерен, пятен в темной тонковернистой массе породы. / табл. 1У–3/ Встречаются включения обуглероженных органических остатков /таблица У1-2/, тонкие зерна пирита, при чем в значительной своей части пирит окислен и порода приобретает буровато-желтый цвет. В отдельных прослоях наблюдаются трещиноватые монокристаллы доломита, являющиеся замещенными члениками криноидей, / табл. У1-1,2/ а также замещенные доломитом остракоды табл. XX1-3,4/.

Доломиты пористые, за исключением более глинистых разностей, и содержащих значительное количество обуглероженных органических остатков. /ТАБЛ V-1/

Структура породы на отдельных участках мозаичная, текстура пятнистая. / табл У-4/

Обломочные доломиты.

Залегают небольшими прослоями мощностью до 0,20 м. Доломиты серые или зеленовато-серые, с неровным изломом. Слоистость отсутствует. Наблюдается большое количество неправильной и округлой формы включений слабо окатанных обломков и галек, представленных голубовато-серыми криптозернистыми доломитами, размером обычно от 2 мм до 5 см, иногда до 10-15 см. Включения в основном ориентированы в горизонтальном направлении. Порода слабо кавернозная, каверны встречаются лишь в цементирующем тонкозернистом

доломите, особенно на контактах с включениями. Каверны относительно мелкие, размером до 0,5-1 мм (поры), редко до 1 см., неправильной формы, часто по краям выполнены корочками кристаллического пирита. Участками порода интенсивно окрашена окислами железа.

Подсвита $D_3 pl_3$

Доломиты с тонкослоистой текстурой.

К этому типу относятся тонкослоистые образования с микрослоистой текстурой, слоистость обусловленной переслаиванием материала различной зернистости.

Макроскопически это светло-серые, зеленовато-серые до темно-серых, неравномерно окрашенные по слоистости доломиты, очень плотные, не кавернозные. Участками отмечается незначительная пористость. Характерна плитчатая, местами листовая отдельность.

Наиболее распространенными являются светло-серые доломиты, довольно плотные, с ясно выраженной тонкослоистой текстурой.

Сложение породы обусловлено тонким переслаиванием криптозернистых доломитов с тонкозернистыми, имеющими размер зерен порядка 0.01 мм. Характерны многочисленные включения тонких обуглероженных органических остатков, придающих породе темный цвет и еще больше подчеркивающих слоистую текстуру породы. / табл.УП-3 /Размер включений обуглероженных органических остатков достигает 1-2 мм. Участки, образованные тонкозернистыми

доломитами имеют мозаичную структуру.

Разновидностью описанных доломитов являются мелкокомковатые доломиты с тонкослоистой текстурой. Мелкокомковатые доломиты по окраске светло-серые, залегают незначительными по мощности прослоями. Микрослоистая текстура обуславливается чередованием слойков с мелкокомковатой текстурой со слойками, образованными микрозернистым доломитом / табл.УП- 1,2 / Комочки образованы криптозернистым доломитом, имеют округлую или овальную форму, сцементированы тонкозернистым доломитом. Порода участками пористая, причем поры развиваются как по комочкам, так и по цементу.

Разнозернистые доломиты с пятнистой текстурой.

Это доломиты сероватых тонов, в одних случаях плотные, в других пористые и кавернозные. Отмечаются прослои, переполненные тонкими обуглероженными органическими остатками. Участками макроскопически отмечается ясно выраженная пятнистая текстура.

Микроскопические исследования показывают, что порода разнозернистая. Основная масса представлена тонкозернистым доломитом с размером зерен порядка 0.04 мм. Форма зерен неправильно округлая, с корродированными краями. Ромбоэдры встречаются редко. В отдельных прослоях отмечаются многочисленные включения

фюзенизированного шламма /табл.УШ-2/, отчего порода под микроскопом имеет буроватый цвет.

Отдельные участки вытянутой округлой и неправильной формы придают породе пятнистый вид. Пятна, размером 1-5 мм, образованы доломитовыми зернами величиной от 0,06 до 0,2 мм. Зерна имеют правильно- многоугольную форму с прямыми ровными гранями, реже ромбоэдрическую. / табл.УШ-1 /.

Пятна резко выделяются на фоне темной тонкозернистой породы своей четкой формой зерен и отсутствием пелитовой примеси. Иногда пятнистость обусловлена также неравномерным включением тонкого глинистого материала, придающего более темную окраску отдельным участкам. (Табл.УШ-4.)

Тонкозернистые доломиты, со слабовыраженной слоистой текстурой.

Макроскопически это светло-серые тонко ясно-кристаллические доломиты. Имеют характерную тонкоплитчатую отдельность, иногда доходящую до 1-2 см. Порода кавернозная. В отдельных прослоях кавернозность увеличивается по направлению к поверхностям напластования. На контактах с подстилающими и перекрывающими слоями образуются довольно большие карстовые полости. В кавернах часто отмечается кальцит. Микроскопически доломиты тонкозернистые, часто сохраняют первичную слоистую текстуру, подчеркнутую

Таблица У11

1.-2. Тонкослоистые доломиты с копролитами. (комковатые)

ув х 18 1 ник.
ув х 48 1 ник $Д_3 р 1_3$ г.Плявиняс

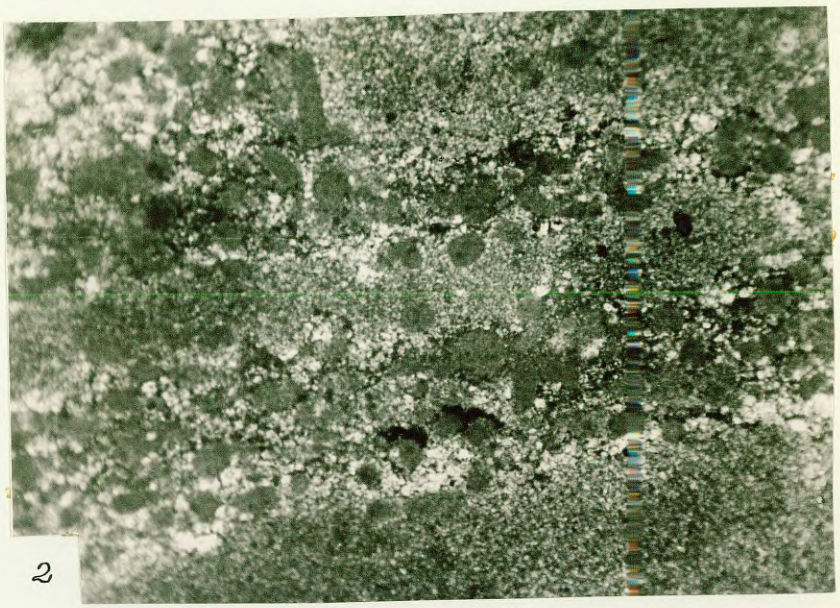
3 Тонкослоистые доломиты. Слоистость обусловлена распределением обуглероженного органического вещества.

ув х 48 1ник $Д_3 р 1_3$ г.Плявиняс.

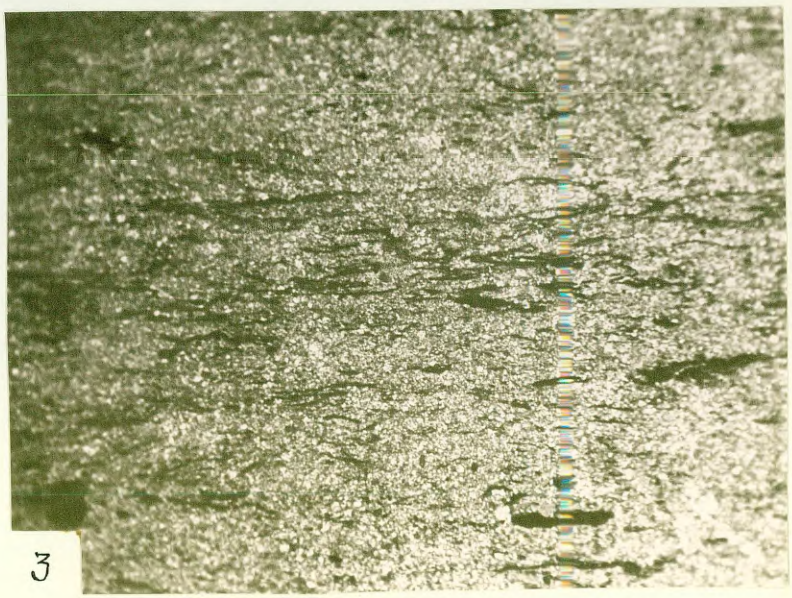
Таблица VII



1



2



3

Таблица У111

1. Мелкозернистый доломит. Структура мозаичная с преимущественно неправильной формой зерен. Зерна загрязнены тонкой пелитовой примесью.

ув х 48 1ник $Д_3р1_3$ г.Плявиняс

2. Тонкозернистый доломит с включениями обуглероженного органического вещества.

ув х 48 1ник $Д_3р1_3$ г.Плявиняс

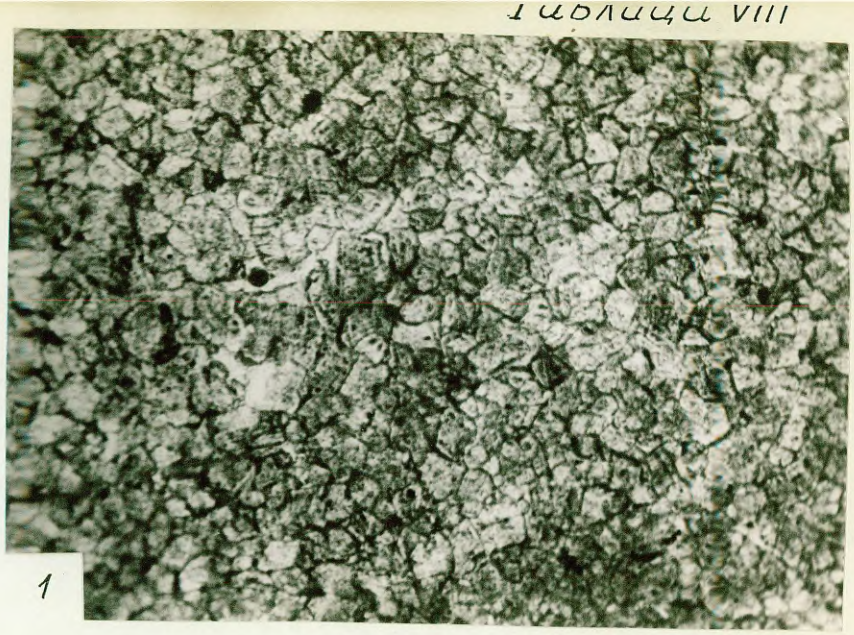
3. Мелкозернистый доломит. Структура мозаичная с преимущественно ромбоэдрической формой зерен. Зерна загрязнены тонкой пелитовой примесью.

ув х 48 1ник $Д_3р1_3$ г.Плявиняс

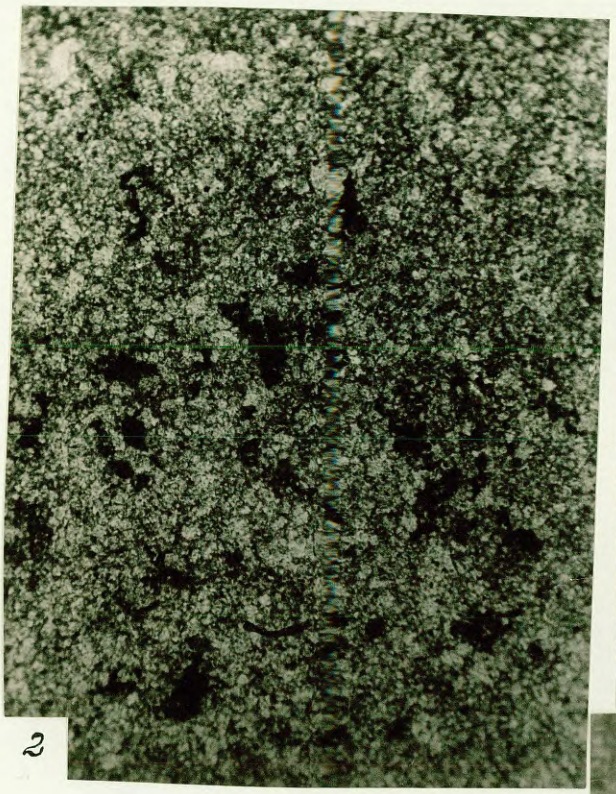
4. Доломит мелкозернистый с тонкорассеянным пиритом.

ув х 48 1ник. $Д_3р1_3$ г.Плявиняс

Таблица VIII



1



2



3



4

68

включениями органического вещества, но выраженную слабее, чем в вышеописанных доломитах с слоистой текстурой. Основная масса породы представлена зернами доломита, размером до 0,1 мм. Встречаются отдельные группы зерен и единичные зерна, размером до 0,2 мм, ромбоэдрической формы, иногда с неровными корродированными гранями. Зерна имеют четкую систему спайности. Часто внутри ромбоэдров наблюдаются непрозрачные включения. Структура мозаичная. Табл. УШ-3.

Слабо слоистая текстура породы обуславливается постепенным переходом вкрест наслоения от мелкозернистой структуры к тонкозернистой / размер зерен 0,04 мм/, а также присутствием обуглероженного органического вещества, ориентированного в направление слоистости на участках с тонкозернистой структурой.

Подсвита $D_3 pl_4$

Средне-крупнозернистые доломиты.

Залегают в верхней части подсвиты на контакте с отложениями саласпилсской свиты.

Доломиты зеленовато-серые разнозернистые, сахаровидные с неровным изломом. В свежем невыветренном состоянии довольно плотные с тонкими /0,5мм/ порами. Выщелоченные участки характеризуются более ясной зернистостью. Встречаются включения размером до 1 см. неправильно-угловатой формы, образованные мучнистым

материалом. Доломиты сильно кавернозные, каверны различной формы, выполнены по краям кристаллическим доломитом (?) и кварцем. Кавернозность в слое распространяется на большие участки, а на обнаженной поверхности кровли слоя образуются карры размером 0,2-0,3 м. Поверхность карров имеет сотовый ячеистый характер, покрыта корочками кристаллического кварца и щетками мелких кристаллов кальцита.

Микроскопически порода очень неравномерно зернистая: от среднезернистой, с размером зерен 0,25-05мм и крупнозернистой, с размером зерен 0,5 до 1 мм до микрозернистой. Форма зерен средних и крупных размеров идиоморфная, но часто с корродированными краями; реже встречаются ромбоэдры с абсолютными гранями. /табл. ХП-1, Х1-2 /.

В большинстве зерен наблюдаются четкие пересекающиеся системы спайности с углами между спайностями 74-75°. Во многих зернах наблюдаются включения пелитового черного непрозрачного вещества. Структура средне- и крупнозернистых участков мозаичная. (Табл ХП-3)

Среди этой довольно однородной массы встречаются включения округлой и вытянутой формы, размером 2-2,5 мм, с очень тонкозернистой до микрозернистой структурой./ табл.Х-1 / Зерна размером 0,1 до 0,01 и меньше имеют неправильно-округлую форму. Границы участков резкие. Текстура породы пятнистая / табл.Х1-1,3 /.

Во всей породе присутствуют многочисленные включения пирита. В проходящем свете это черные идиоморфные кристаллы, имеющие форму правильных кубиков или четырех угольных звездочек, размером 0,06-0,15 мм. / табл.XП-2/ В отраженном свете с характерным золотисто-желтоватым металлическим блеском. В более плотных разностях наблюдаются изолированные поры. В более выщелоченных разностях отмечаются многочисленные поры, сообщающиеся между собой. Структура становится относительно более равномерной за счет выщелачивания в этом случае участков с более мелкозернистой структурой зерен, легче поддающихся растворению. Доломиты очень характерные и служат маркирующим горизонтом.

Тонкозернистые доломиты.

В свежем состоянии голубовато-серые плотные доломиты с неровным занозистым изломом. Кавернозные разности этих доломитов там же сохраняют плотную кристаллическую структуру, за исключением отдельных незначительных прослоев. Микроскопически основная масса породы представлена материалом с размером зерен 0,04-0,05 мм между собой. Структура становится относительно более равномерной, за счет выщелачивания участков более тонкозернистых

Форма зерен изометрично-округлая, иногда с прямыми правильными гранями, реже наблюдаются ромбоэдры. / табл IX-2,1/. Среди этой тонкозернистой породы, довольно темной, благодаря пылевидным включениям в зернах, встречаются более светлые участки в виде тонких удлиненных полос и линз с мелкокристаллической структурой. /табл.X-3-2/. Размер зерен 0,12 - 0,15 мм реже до 0,2 мм. Формы зерен неправильно ромбоэдрическая, в отдельных случаях грани корродированы. В центре ромбоэдров наблюдаются скопления непрозрачного черного вещества. Спорадически распространен пирит с зернами небольших размеров / до 0,04, редко 0,1 мм/., аллотриаморфной формы. Они расположены между зернами доломита, иногда заходя в них тонкими язычками по микротрещинам, / табл. 1X-2 /. В отдельных тонких прослоях наблюдается обогащение обуглероженным органическим веществом / табл. 1X-1 / и терригенным материалом, представленным тонкими угловатыми или слабо окатанными обломками кварца. / табл. 1X-3/ В плотных разностях под микроскопом отмечаются редкие незначительные поры. В более выветрелых разностях наблюдается увеличение степени пористости. Поры, располагаясь вытянутыми цепочками, сообщаются между собой. Наибольшая степень пористости приурочена к округлым тонкозернистым участкам.

Таблица 1 X

1. Тонкозернистый доломит с включениями обуглероженного органического вещества.

ув х 48 1ник $Д_3Р1_4$ г. Плявиняс

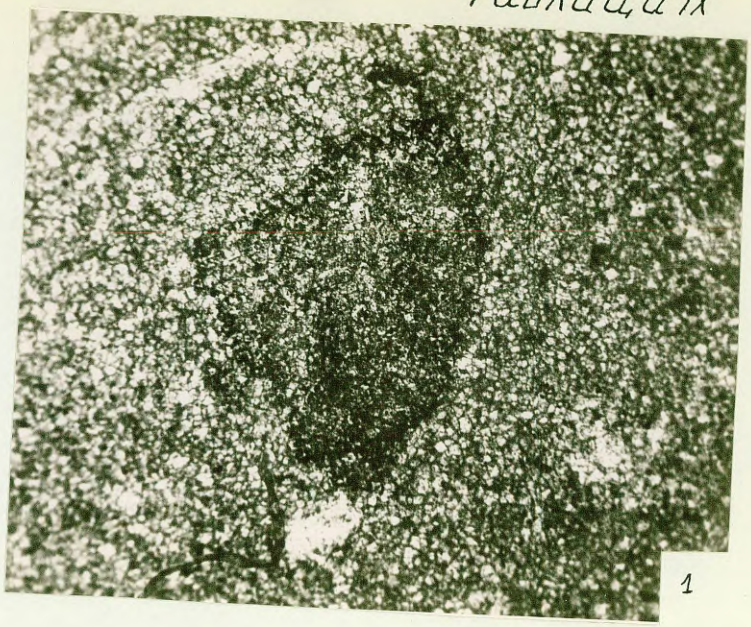
2. Тонкозернистый доломит с пиритом.

ув х 48 1ник $Д_3р1_4$ г.Плявиняс

3. Участки микрозернистого доломита с включениями обломков кварца.

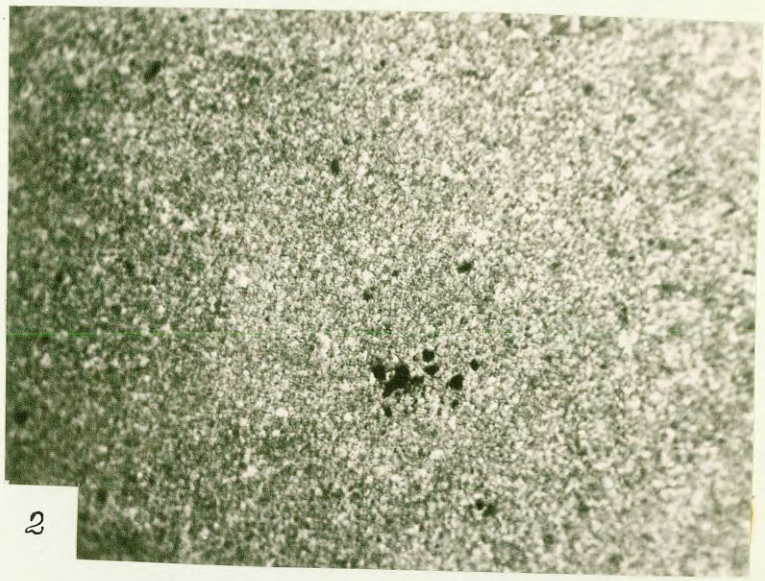
ув з 48 1ник $Д_3р1_4$ г.Плявиняс

Таблица IX



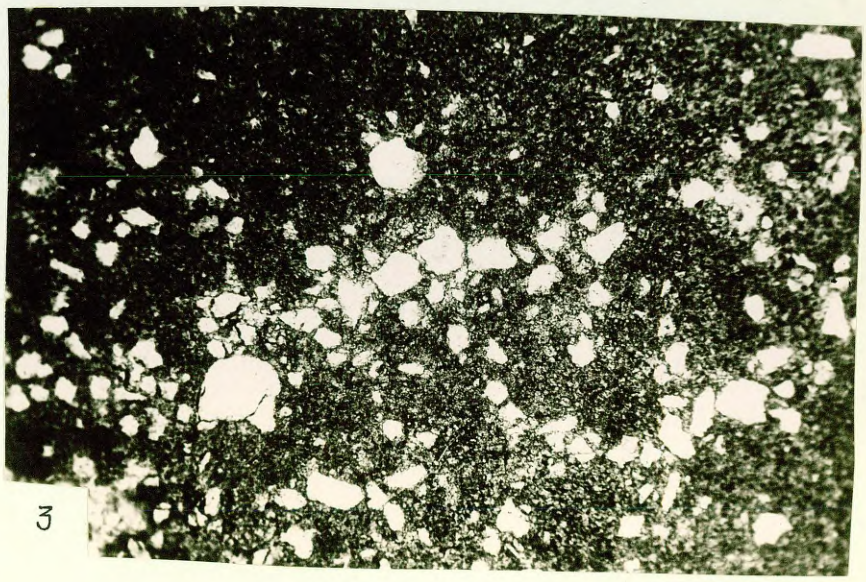
1

71



2

72



3

73

Таблица X

1. Участки с микро- и криптозернистой структурой среди тонкозернистых доломитов /фото 2-X/ с многочисленными включениями обуглероженного органического вещества, подчеркивающего первично слоистую текстуру породы.

ув х 48 1ник $Д_3 р 1_4$ г.Плявиняс

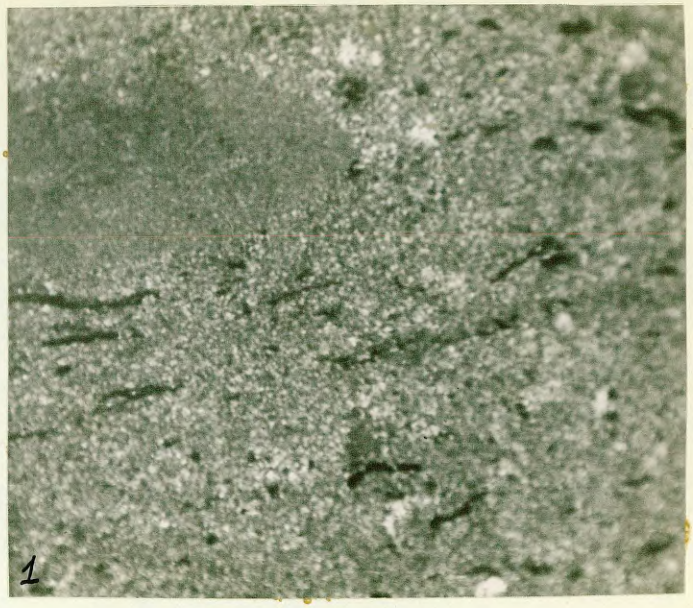
2. Тонкозернистый доломит. Структура мозаичная, с преимущественно неправильно-многоугольной формой зерен.

ув х 48 1ник $Д_3 р 1_4$ г.Плявиняс

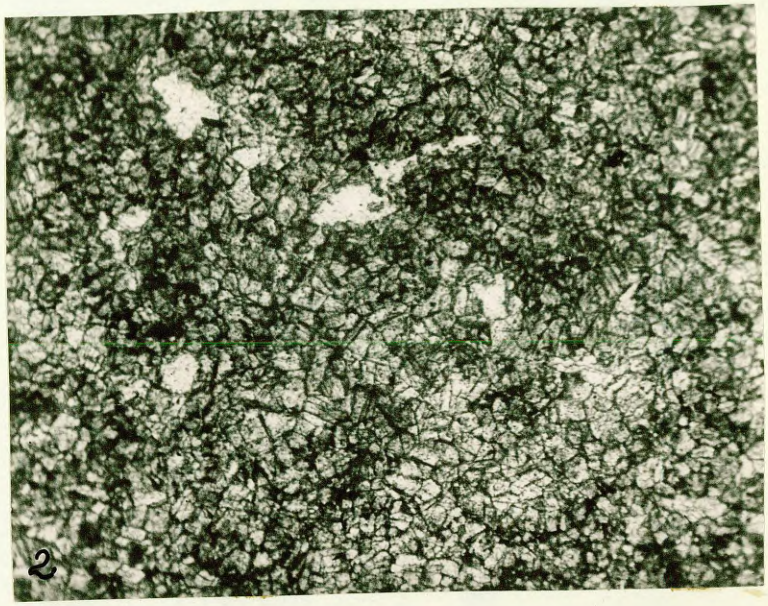
3. Доломит с пятнистой текстурой. Участки округлой [illegible] и линзовидной формы сложены более чистыми по составу зернами доломита, чем вся основная масса породы.

ув х 48 1ник $Д_3 р 1_4$ г.Плявиняс

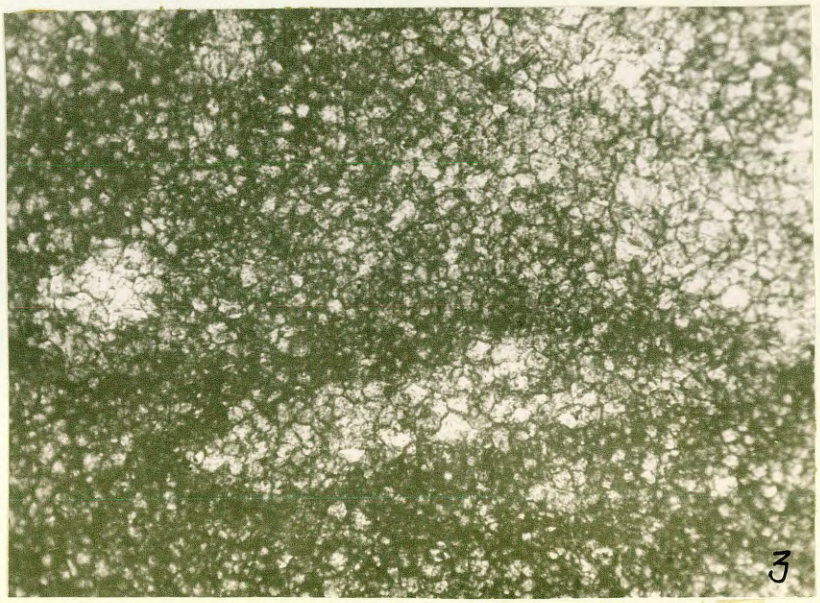
Таблица X



74



75



76

Таблица X1

1. Доломит. Неравномернозернистая структура, пятнистая текстура.

ув х 48 1ник $Д_3 р 1_4$ г. Плявиняс

2. Среднезернистый доломит. Структура мозаичная с преимущественно ромбоэдрической формой зерен. Внутри ромбоэдров включения непрозрачного пелитового вещества.

/ образец тот-же: 1-X1/

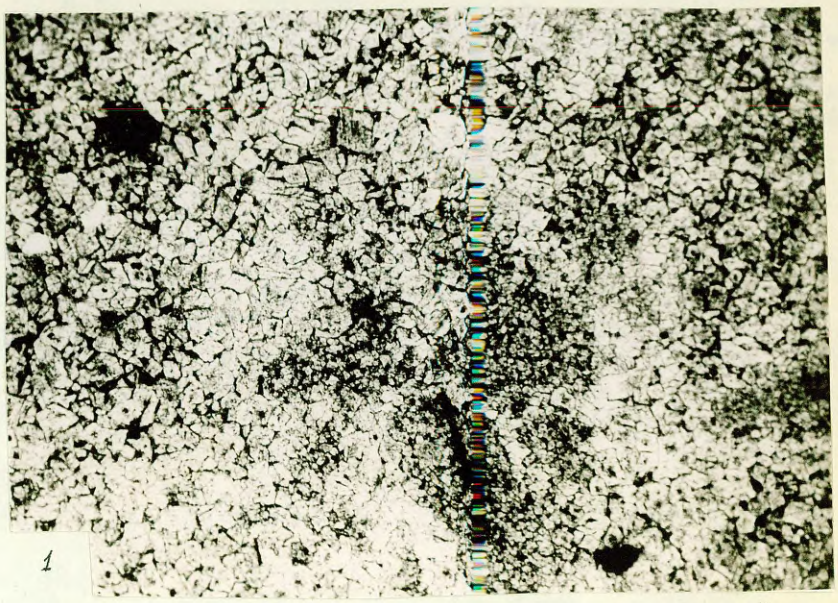
ув х 48 1ник $Д_3 р 1_4$ г. Плявиняс

3. Контакт участков, сложенных различным размером зерен. В более крупных зернах равномерно рассеяны тонкие глинистые включения.

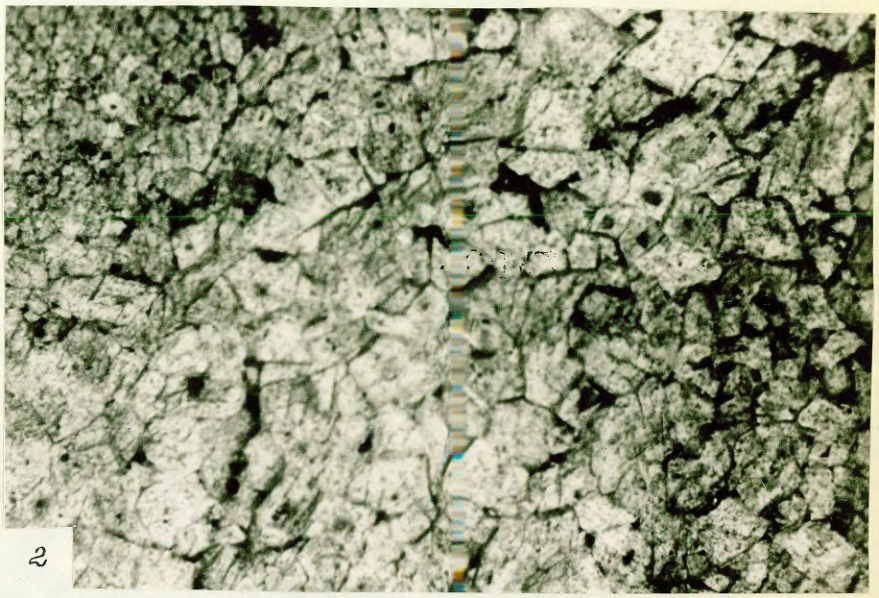
/ образец тот же: 1-X1/

ув х 48 1ник $Д_3 р 1_4$ г. Плявиняс

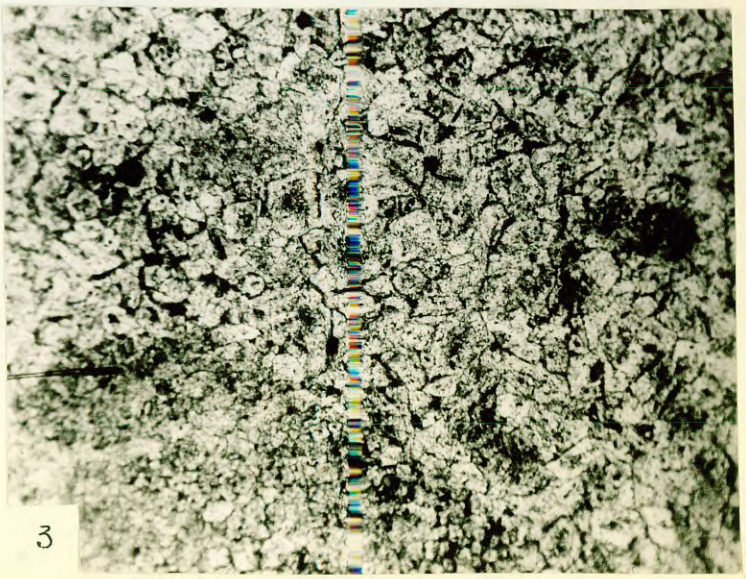
Таблица XI



1



2



3

Таблица X11

1. Доломит с среднезернистой структурой. Зерна, слагающие породу, загрязнены пелитовой глинистой примесью.

ув х 69 1ник $Д_3 р 1_4$ г. Плявиняс

2. Доломит среднезернистый с включениями пирита.

ув х 48 1ник $Д_3 р 1_4$ г. Плявиняс

3. Мозаичная структура доломита с неправильно-многоугольной и ромбоэдрической формой зерен.

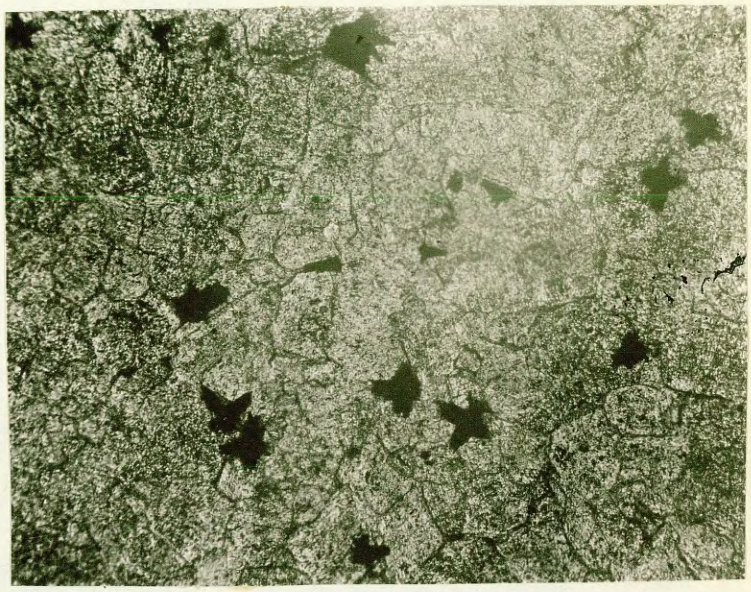
ув х 48 1ник $Д_3 Р 1_4$ г. Плявиняс

Таблица XII



1

80



2

81



3

82

Отложение даугавской свиты.

Отложение даугавской свиты разделены П.П.Лиепиньшем по фауне и литологическому составу на три подсвиты: нижне-средне- и верхнедаугавскую. Отложения свиты обнажаются в обрывах по берегам реки Даугава. Наиболее полные разрезы в г. Плявиняс / нас.п.Пениги, нас.п. Бебрулея,) нас.п.Огре / .

Нижнедаугавская подсвита

Подсвита соответствует верхам шелонских слоев и свинордским слоям разреза отложений франского яруса в бассейне р. Великая.

Мощность подсвиты 8,7 м в районе г. Плявиняс, в районе г. Огре мощность подсвиты сокращается до 5 м. Отложения представлены в основном доломитами (светло-серыми) коричневато- и желтовато-серыми с желтыми или буроватыми ожелезненными участками. В районе г.Плявиняс доломиты, как правило, тонкозернистые, в верхней части разреза неравномернозернистые. По направлению к Западу в разрезе подсвиты увеличивается количество терригенной примеси, как глинистой так и алевритовой/в виде кварца/. Соответственно с этим отмечается и изменение структуры и текстуры пород. Сами доломиты становятся более тонкозернистыми до микрозернистых и криптозернистых, в отдельных слоях приобретают четкую микрослоистую текстуру. Пористость значительно снижается.

По данным химических анализов в разрезе подсвиты преобладают чистые доломиты следующего состава: в процентах CaO составляет 30,57 - 31,58: MgO 20,20 - 21,00 ; SiO_2 0,14 - 3,00 ; Al_2O_3 - 0,1-1,23 ; Н.О. 0,82 - 3,3 ; Fe_2O_3 0,3 - 1,8 а в верхней части известковистые разности с содержанием $CaCO_3$ немногим больше 5%. В районе г. Огре в низах подсвиты отмечается значительное увеличение Н.О. за счет обогащения кварцем. На основании данных химических анализов и петрографических исследований были выделены следующие типы пород:

Микрозернистые доломиты.

Встречаются в нижней части подсвиты на контакте с саласпилсской свитой и составляют по мощности не более 1 м. Макроскопически светло-серые, желтовато-серые с микрослоистой текстурой.

Микроскопически в основном равномерно-зернистые, микрозернистые с редкими более светлыми зернами размером 0,01-0,02 мм неправильно округлой формы. Микрослоистая текстура обусловлена чередованием слойков микрозернистого доломита с слойками микрозернистого доломита, загрязненного тонкой глинистой примесью, а также включениями в направлении слоистости обуглероженного органического

вещества и зерен кварца. Фауна в этих слоях отсутствует. По всей видимости, образование породы происходило путем непосредственного осаждения доломита без последующего замещения и перекристаллизации.

Равномернозернистые тонкозернистые доломиты.

Макроскопически светло-серые, голубовато-серые доломиты на выветрелых поверхностях желтоватые. Микроскопически доломиты равномерно-зернистые, на слабо выщелаченных участках ясновернистые. Зерна размером от 0,06 - до 0,1 мм. имеют форму многоугольников, реже ромбоэдров.

Отмечается загрязненность зерен темными пелитовым материалом. Отдельные участки образованы правильными ромбоэдрами с включениями в центре ромбоэдров обуглероженных органических остатков.

Пятнистая текстура породы обусловлена более светлыми зернами, образующими неправильные по форме пятна среди основной более темной массы породы. Часто они вытянуты в направлении слоистости отчего порода приобретает неясновыраженную слоистую текстуру. Растворению, как правило, подвергаются светлые участки, менее загрязненные пелитовой глинистой примесью. В результате выщелачивания образуются поры, размером

< 2 мм, располагающиеся по слоистости. /табл.XУ-4 /.

Неравномернозернистые доломиты

Макроскопически доломиты слегка желтовато-серые, неравномернозернистые, от тонко до мелкозернистых, довольно крепкие, кавернозные. Микроскопически порода неравномернозернистая, зерна от 0,04 до 0,1 мм, неправильномногоугольной, либо ромбоэдрической формы. Эти зерна, как правило, с пелитовой глинистой примесью, образуют более темную основную массу породы. Пятнистая текстура обуславливается наличием светлых, более чистых участков неправильной формы, образованных зернами размером 0,1 - 0,2 мм., а иногда отдельными единичными зернами размером 0,25 - 0,30 мм Форма зерен неправильно-многоугольная, но довольно часто встречаются ромбоэдры, либо зерна с внутренним ромбоэдрическим строением. / табл.XXУ1-4 /.

К неравномернозернистым доломитам относятся также доломиты с остатками фауны. Отличительной чертой их является более четко выраженная пятнистая текстура и более высокая степень кавернозности. Значительная кавернозность обусловлена выщелачиванием створок раковин. На участках, не подверженных выщелачиванию, наблюдается нацело замещение створок раковин доломитом.

Глинистые доломиты.

Встречаются небольшими тонкими прослойками мощностью до 0,15 м. Макроскопически голубовато-серые, на выветрелых участках желтовато-серые. Содержание глинистой примеси от 5 до 25 %. Макроскопически представлены микрозернистыми светлыми зернами доломита неправильно округлой формы, с включением пелитовых глинистых частиц, как правило, по слоистости, в результате чего глинистые доломиты имеют тонкую слоистую текстуру.

Слабо известковистые доломиты.

Занимают незначительный процент в объеме всей породы. При прокрашивании шлифов кальцит не был обнаружен, но по данным химических анализов содержание $CaCO_3$ -5-6% Порода неравномернозернистая ; основной размер зерен 0,04 - 0,06 мм, форма зерен неправильно многоугольная реже неправильно округлая. Отдельные участки, часто соединяющиеся между собой, образованы более крупными зернами размером 0,1 - 0,2 мм. неправильно- многоугольной формы, часто с корродированными краями. Порода на этих участках более светлая чистая без примеси пелитового глинистого материала. Встречаются зерна в виде ромбоэдров с включением непрозрачного пелитового вещества в центре и светлыми каемками по краям. Иногда эти ромбоэдры имеют неровные корродированные грани, а ромбоэдрическое строение в этом случае подчеркивается

расположением включений, дающих зонарное строение зерна.

Пятнистая текстура породы обусловившись также участками, сложенными более крупными зернами неправильной формы размером до 0.05 - 0,30 мм. плотно прилегающими друг к другу.

Иногда по контакту между ними встречаются маленькие округлые зерна доломита размером 0,04 мм. Отмечаются незначительные тонкие включения обуглероженного органического вещества.

Среднедаугавская подсвита.

Аналогом являются ильменские слои бассейна р.Великая. В разрезе куполовидного Плявиньского поднятия на его восточном крыле отложения среднедаугавской подсвиты имеют довольно нечеткие границы с выше и нижележащими отложениями. Напротив, к западу от структурного поднятия, у хут. Бебрулея и далее вниз по течению р.Даугава отложения подсвиты выделяются довольно ясно.

Это зеленовато-фиолетовые, серые глинистые доломиты, местами переходящие в доломитовые мергели и глины, мощностью от 0,6 м. / максимальная/ до 0,2 м. / по скважине в г. Саулкалне/ Породы тонкоплитчатые при выветривании в обнажениях разрушаются до щебня. Под микроскопом основная часть породы представлена микрозернистым доломитом, сцементированным очень тонким глинистым материалом. В случае перехода в

доломитовые мергели количество карбонатов уменьшается до 25 - 50 %. Порода плотная совершенно не кавернозная.

Верхнедаугавская подсвита.

Отложения верхнедаугавской подсвиты сопоставляются с бурегскими слоями бассейна р. Великая. Разрезы верхнедаугавской подсвиты по робно изучены у нас. п.п. Пениги, Бебрулея, г.Огре. Мощность подсвиты в г. Плявиняс 6 м. по направлению в западу мощность уменьшается и в г. Огре составляет порядка 5 м. Отложения представлены чистыми доломитами следующего состава; в процентах: CaO - 27,09 - 30,14 ; M_9O 18,92 - 20,17 ; R_2O_3 0,24 - 0,58 ; HO 3,47 - 5,74 ; Al_2O_3 0,45- 3,71 ; Fe_2O_3 0,16 - 0,85 .

Микроскопически доломиты светло-серые, мелкозернистые реже среднезернистые, как правило кавернозные. По структурным признакам выделены следующие группы пород.

Тонкозернистые равномернозернистые доломиты.

Тонкозернистые доломиты, мощностью от 0,7 м до 0,1 м. залегают в верхней части подсвиты на контакте с огрской свитой. Розовато-серые, тонкозернистые доломиты, крепкие, мало кавернозные. Каверны располагаются главным образом в направлении слоистости и

имеют щелевидную форму. Микроскопически порода равномернозернистая, размер зерен от 0,066 до 0,11 мм. Форма - неправильные многоугольники, реже встречаются ромбоэдры. На некоторых участках наблюдаются включения тонкой глинистой примеси, обуславливающей незначительную пятнистую окраску. В большом количестве имеются включения сульфидов / пирит /, заполняющих промежутки между зернами доломита / табл.XXУ1-1,2 /. Встречается редкая фауна брахиопод.

Доломиты с остатками фауны.

Доломиты с остатками фауны широко распространены в отложениях подсвиты и занимают значительный процент по мощности. Макроскопически доломиты светло-серые довольно плотные и крепкие. Микроскопически порода довольно равномернозернистая. Размер зерен 0.1 до 0,2 мм. Среди зерен указанного размера встречаются зерна размером 0.04 - 0.06 мм. Форма зерен различная. Участки, представляющие нечто иное как замещение по остаткам фауны, сложены ромбоэдрическими неправильно многоугольными вытянутыми в направлении длинной стороны раковинок зёрнами. Внутри ромбоэдров часто наблюдаются включения непрозрачного нелитового вещества либо тонкие пылевидные непрозрачные включения равномерно рассеянные по всему зерну. Зачастую вокруг ромбоэдров наблюдаются светлые чистые каемки, тоже

доломитовые. Вмещающая же масса породы образована неправильно извилистыми зазубренными зернами часто входящими плотно краями одни в другие, образуя торцевую структуру. / табл.XXУ1-3/. Местами наблюдаются темные участки с включениями телец округлой и вытянутой формы, также являющиеся замещенными участками по фауне в первично образованной породе. / табл.XУ-1,2 /. Отмечаются незначительные включения бурого обуглероженного вещества и мелкие включения сульфидов.

Средне-крупнозернистые доломиты.

К этим доломитам относятся доломиты, залегающие линзовидным телом среди доломитов верхнедаугавской подсвиты у нас. п. Пениги. В других районах бассейна р.Даугава эти доломиты встречены не были.

Под микроскопом они состоят из крупных зерен размером 0,5 - 1,0 мм ; на отдельных участках мелко и среднезернистые / 0,1 - 0,5 мм /.

Форма зерен изометричная или неправильная, лапчатая. Ромбоэдры и зонарное ромбоэдрическое строение зерен отсутствует. / табл.XУ-3/.

В зернах отмечается равномерное распределение пелитовых глинистых частиц и трещины спайности. Между гранями кристаллов часто остаются многочисленные поры. В выщелоченных разностях доломитов связь между зернами нарушается и они превращаются в песковидный рассыпчатый материал.

Доломиты условно относятся к эпигенетическим разностям, т.к. предполагается, что крупнозернистая структура породы возникла в результате перекристаллизации мелко и средне зернистых перекристаллизованных доломитов. Перекристаллизация стирает ромбоэдрическое строение зерен и тонко-мелкозернистую структуру породы. Но местами остаются участки, сложенные мелкими и средними зернами, часто имеющими ромбоэдрическую форму или зонарное строение.

Об условиях образования доломитов плявиньской и даугавской свит.

Настоящие исследования не ставили своей целью детальное выяснение условий образования доломитовых пород. Однако полевое изучение описанных разрезов, а также петрографические и химические анализы образцов, отобранных с целью изучения причин возникновения и закономерностей распределения в тех или иных литогенетических типах доломитов полых пространств, позволили в некоторой степени судить об условиях образования этих пород. Характерной чертой описанных доломитов обеих свит является большая однородность состава, выдержанность по простиранию отдельных слоев и пачек, высокое содержание Mg, $Ca / CO_3/2$, о чем говорят данные химических анализов и микроскопические исследования. Различным генетическим типам доломитов характерны различные

структуры и текстуры, которые в какой-то мере определяют условия образования доломитов, и, таким образом, могут быть использованы в качестве одного из диагностических признаков. Криптозернистые и микрозернистые доломиты, встречающиеся в отложениях обоих свит и имеющие микрослоистую текстуру, образовались, повидимому, в результате непосредственного выпадения на дно бассейна доломита в виде тонкого доломитового ила, который затвердевал без перекристаллизации или с незначительной перекристаллизацией в стадии диагенеза. / табл.IУ-1, У-2,3 /. Сюда же следует отнести мелкокомковатые микрослоистые доломиты встреченные в отложениях плявиньской и даугавской свит, отдельные слойки которых почти нацело состоят из сгустков и комочков округлой формы, сложенных криптозернистым доломитом. / табл.У1-4; УП-1,2; ХУ1-1,5 /. Возможно комочки являются реликтами сине-зеленых водорослей.

Микрозернистость, однородность, относительно чистый состав пород, четкое пластообразное залегание слоев позволяет без сомнения говорить об их хемогенном происхождении. Неравномерное поступление в бассейн терригенного материала обусловило чередование в разрезе чистых карбонатных пород со слоями, в различной степени обогащенными терригенным, в основном глинистым компонентом. Таким путем образовались глинистые доломиты и доломитовые мергели.

Значительно реже наблюдается обогащение более грубым терригенным материалом. К таким породам относятся алевритовые доломиты нижнеплявиньской подсвиты, расположенные ближе к контакту и на контакте с аматской свитой, редкие небольшие прослойки и участки доломитов в разрезе всей плявиньской свиты, а также некоторые прослои доломитов в даугавской свите, в особенности, в нижнедаугавской подсвите в разрезе отложений г.Огре, где количество терригенной алевритовой примеси вообще значительно возрастает по сравнению с другими разрезами подсвиты. / табл.1-1, П-3, 1Х-3 /.

Более сложным является вопрос об образовании доломитов с разнозернистой тонко-мелко-среднезернистой структурами и пятнистой текстурой. Эти доломиты зачастую содержат остатки фауны.
Данные химических анализов пятнистых доломитов даугавской и плявиньской свит говорит о высоком содержании Mg, $Ca\ /CO_3/_2$, а также об их однородности и выдержанности по простиранию.
Нет сомнения в том,что пласты таких пород также могли образоваться в результате непосредственного выпадения из воды мельчайших кристалликов доломита, в дальнейшем, в процессе диогенеза претерпевших разного рода изменения.[34а] Однако, вполне возможно одновременное выпадение из воды

бассейна как мельчайших кристалликов доломита, так и кальцита, которым были сложены раковины животных организмов и который впоследствии был замещен доломитом./табл.ХУ-2,3 /

По всей видимости, отложения даугавской и плявиньской свиты являются отложениями мелководной осолоненной лагуны. При условии полной или частичной изоляции, в результате хорошей прогреваемости воды в краевой части и сильном испарении происходило повышение солености и выпадение осадков в виде доломита. [116а]

На подобные физико-химические условия бассейна указывает также и угетенный характер фауны. В осолоненных лагунах зерна хемогенного доломита в процессе осаждения и на дне лагуны в илистом осадке разрастались, приобретая больший размер и идиоморфные очертания зерен. Укрупнение зерен происходило также и в диагенезе в результате перекристаллизации породы. На это указывает целый ряд признаков, позволяющих говорить о широком развитии перекристаллизации в доломитах даугавской и плявиньской свит. К этим признакам прежде всего относятся вышеуказанные положения о постоянстве и выдержанности химического состава и пластовом залегании доломитов, а также структурные и текстурные особенности пород: значительные величины зерен, / табл.ХХУ 1-4, ХП-2/ разнозернистые структуры, / табл.Х1У-3,4/неравномерное пятнистое

распределение глинистого компонента, отсутствие первичных слоистых текстур,- все говорит об изменении первичного осадка в процессе превращения его в твердую породу. Перекристаллизация повидимому протекала обычно весьма неравномерно.Это наблюдается и в мелко и в среднекрупнозернистых доломитах. Зачастую в одном и том-же шлифе или в двух соседних шлифах можно наблюдать криптозернистые и тонкозернистые участки не затронутые перекристаллизацией и участки, сложенные более крупными зернами./табл.XУ1-3/. Повидимому кристаллически зернистый доломит образовался путем перекристаллизации криптозернистого и тонкозернистого доломита, который сохранился в породе в виде отдельных пятен.

Размер, чистота или загрязнение зерен пелитовой глинистой примесью, ромбоэдрические или неправильные зерна, часто имеющие внутреннее зонарное строение, говорят о различных условиях перекристаллизации. Перекристаллизация, начинаясь повидимому в стадию раннего диагенеза может протекать неодинаково: либо быстро заканчивается, либо продолжается длительное время, заканчиваясь в более позднюю стадию диагенеза, возможно частично в раннем эпигенезе. Зерна, образовавшиеся на более раннем этапе, не отличаются чистотой состава, в то время как более поздние образования: наращивание более светлых зон и более светлые

зерна говорят о последующих, более поздних этапах. / табл.ХУ-1,2 ; ХУ1-2./ Зерна, образовавшиеся в более поздние этапы; вследствие ограниченного пространства, мешают друг другу разрастаться, зачастую , обладая внутренним ромбоэдрическим или зонарно-ромбоэдрическим строением, имеют неправильную форму. / табл.ХУ-4/.

Наиболее полной перекристаллизации подвергаются осадки более частые от посторонних примесей, к которым Каледа Г.А. и Моралев В.М. [42] относит SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, углистые и глинистые включения. Согласно этому положению прослои доломитов, имеющих значительное количество глинистых включений, обуглероженных органических остатков, не перекристаллизованы или имеют частичную незначительную перекристаллизацию и сохраняют свою первично-слоистую текстуру. / табл.П-2, 1У-1, УП-3 /.

Таким образом, в бассейне р. Даугава встречаются как первичные седиментационные доломиты, так и доломиты, претерпевшие перекристаллизацию в процессе диагенеза. Последние являются преобладающими в разрезах отложений обеих свит. Доломиты, условно относимые к эпигенетическим, как уже указывалось выше , имеют не широкое локальное распространение.

Таблица X111

1. Разработка межзерновой поры в перекристаллизованных доломитах за счет растворения граней доломита.Зерна вокруг поры трещиноватые.

ув х 48 1ник $Д_3 dg_3$ г.Огре

2. Средне-крупнозернистые доломиты.Кавернозные.

$Д_3 dg_3$ нас.п. Пениги.

3. Трещиноватые неправильно-многоугольные и ромбоэдрические зерна доломита.

ув х 48 1ник $Д_3 p1_4$ г.Плявиняс

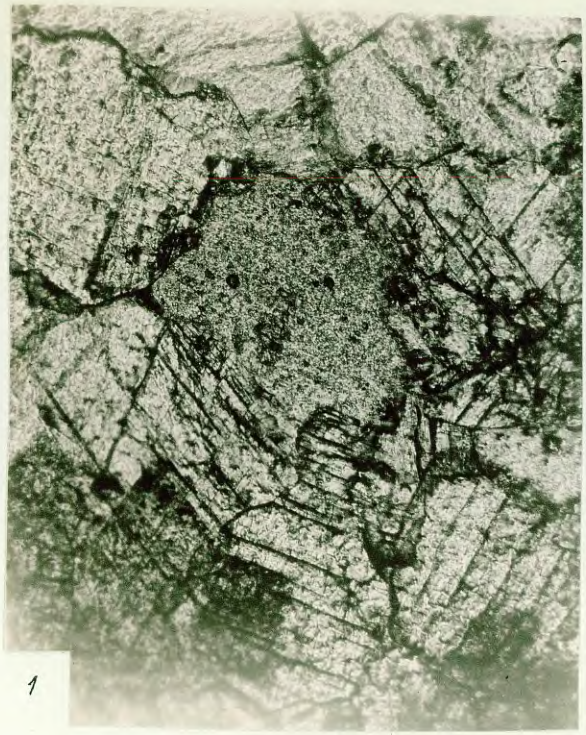
4. Расположение пор между ромбоэдрами /образец невыщелоченного доломита/.

ув х 48 1ник $D_3 pl_4$ нас. п. Риттери

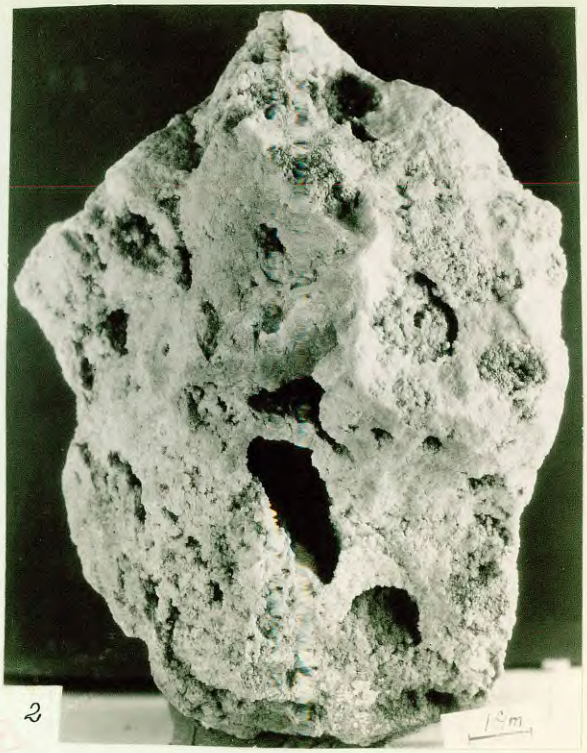
5. Выщелоченная разность того же доломита/4-X111/

ув х 48 1ник

Таблица XIII



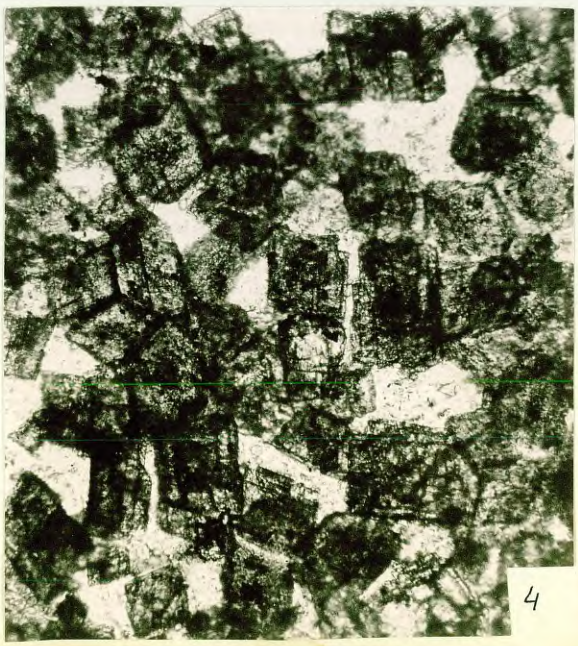
1



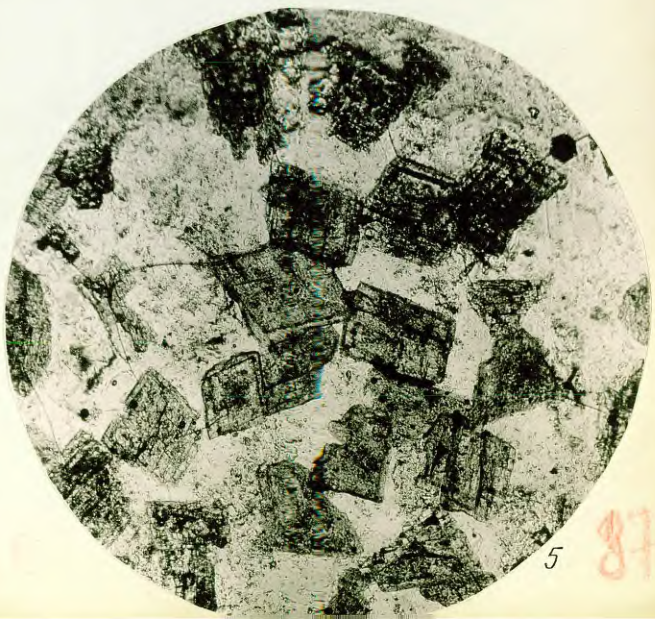
2



3



4



5

Таблица XIУ

1-2. Неправильные зерна доломита, имеющие внутреннее ромбоэдрическое строение.

1.-ув х 90 1ник

2.-ув х 48 1ник Дз dg з нас.п.Пениги

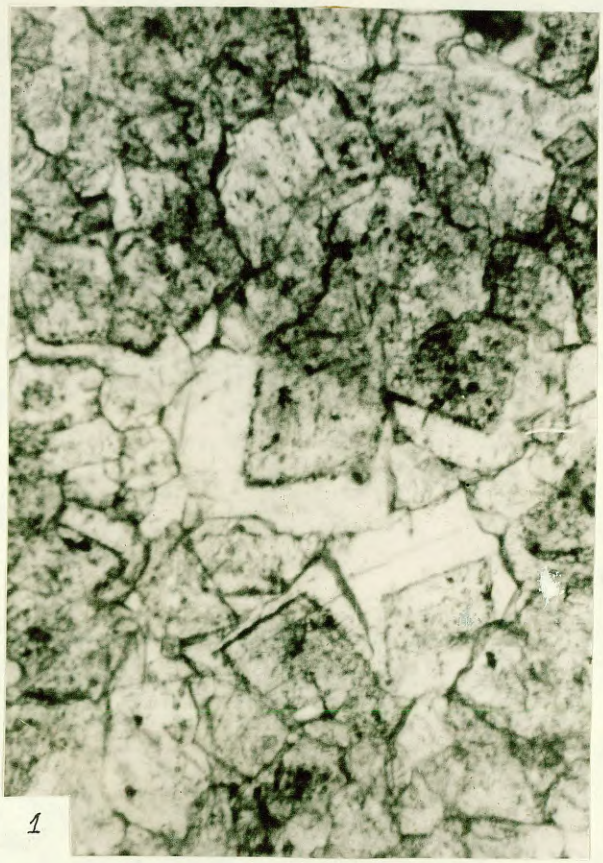
3. Доломит. Структура неравномернозернистая, текстура пятнистая.

ув х 48 1ник Дз dg з нас.п.Пениги

4. Тот же доломит /3-XIУ/. Зерна неправильно-округлой формы имеют внутреннее зонарное ромбоэдрическое строение. Более крупнозернистые участки пористые.

УВ х 90

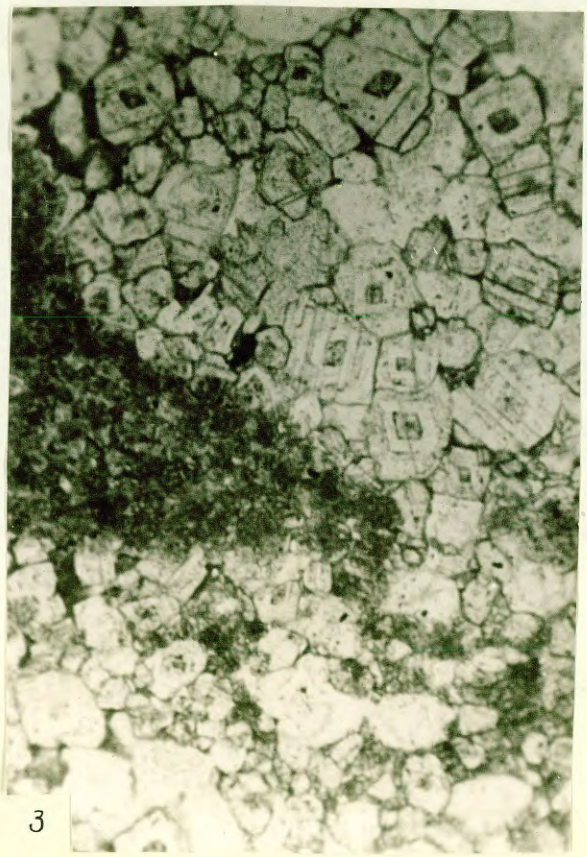
Таблица XIV



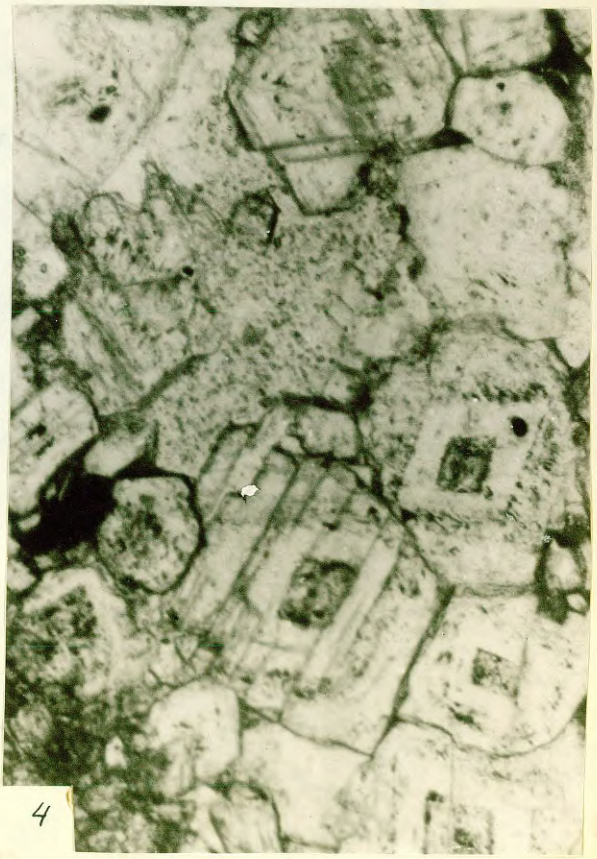
1



2



3



4

Таблица XУ

1. Замещение более крупнозернистым чистым доломитом фауны.

ув x 125
ув x 48 1ник $Д_3 dg_3$ нас.п.Пенигги.

2. Замещение доломитом фауны.

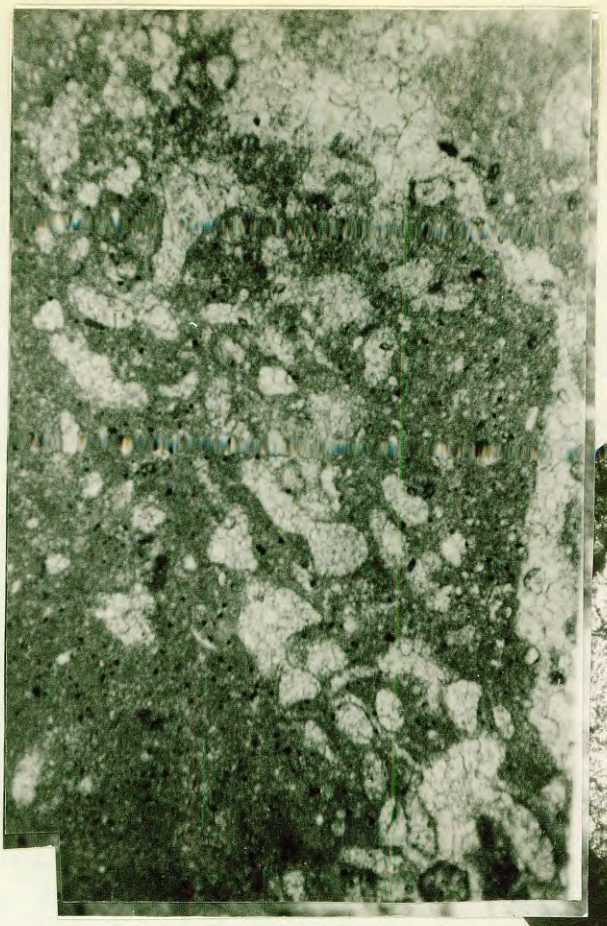
ув x 69 1ник $Д_3 dg_3$ г.Огре.

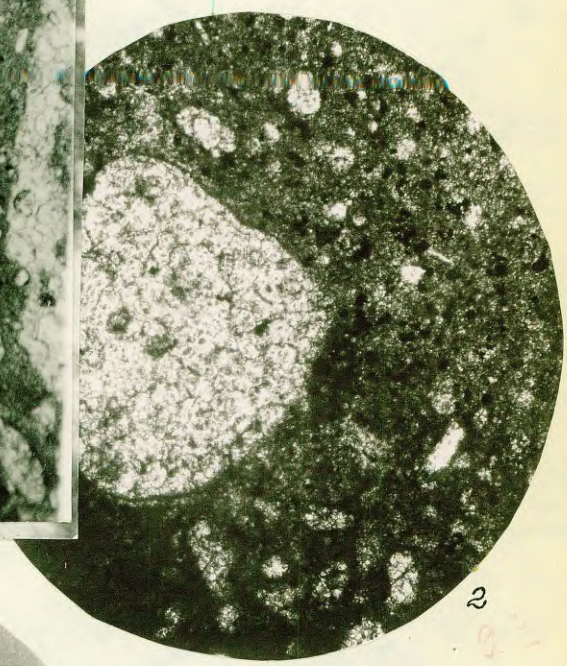
3. Эпигенетические доломиты.Между гранями зерен видны поры.

ув x 70 1ник $Д_3 dg_3$ нас.п.Пенигги

4. Расположение пор по слоистости.

Таблица XV

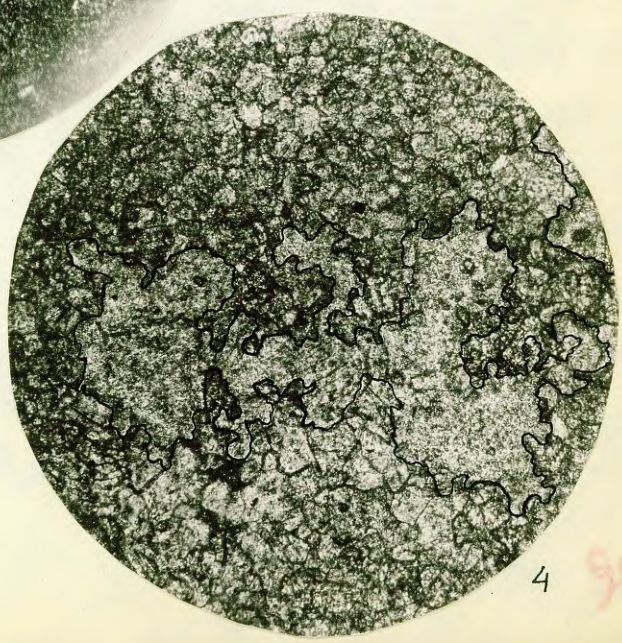




2

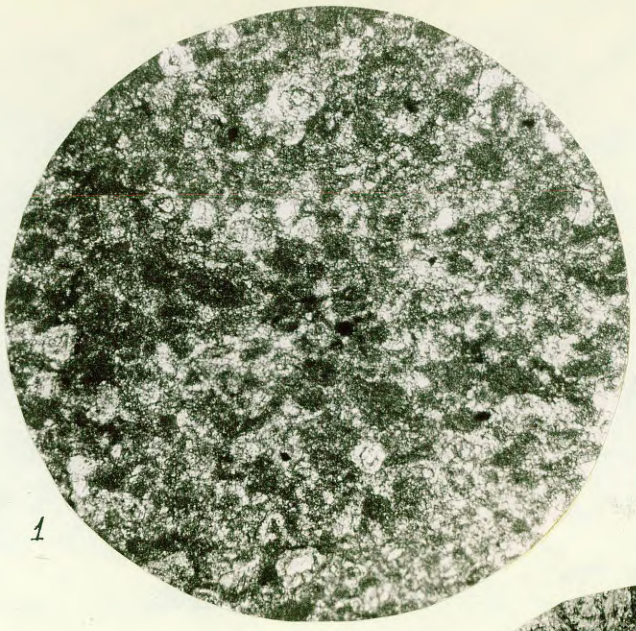


3



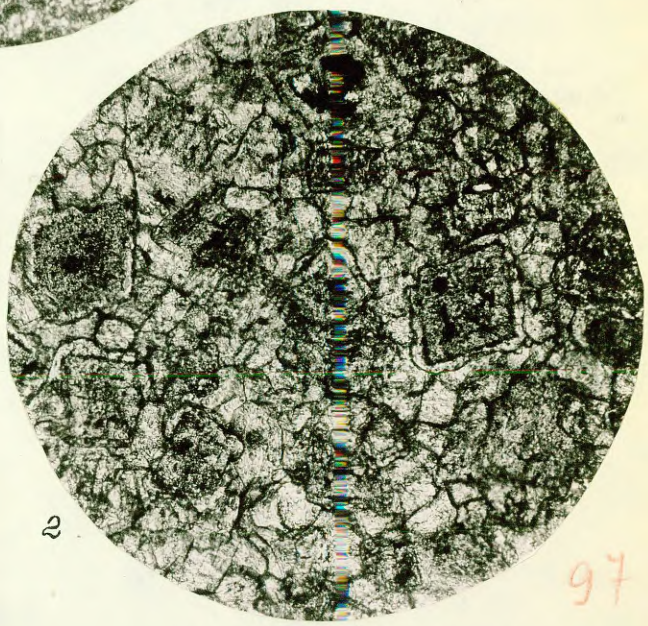
4

Таблица XVI



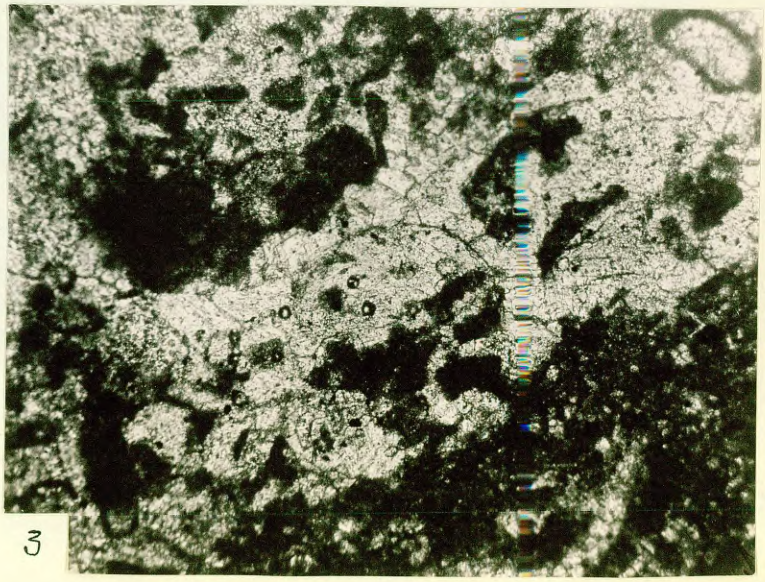
1

96



2

97



3

98

Таблица XУ1

1. Копролиты, / остатки водорослей,/ образованные криптозернистым доломитом, среди тонкозернистой светлой породы.

   ув х 48 1ник $Д_3 р 1_4$ г.Плявиняс.

2. Отдельные правильные ромбоэдры с светлой каймой среди более мелких неправильных зерен доломита.

   ув х 98 1ник $Д_3 р 1_2$ нас.п.Риттери.

3. Сгустки криптозернистого доломита среди перекристаллизованной породы.

   ув х 48 1ник $Д_3 р 1_2$ нас.п. Риттери

Часть П.

ОБРАЗОВАНИЕ ПОРИСТОСТИ И КАВЕРНОЗНОСТИ ДОЛОМИТОВ ДАУГАВСКОЙ И ПЛЯВИНЬСКОЙ СВИТ.

Одним из характерных текстурных признаков доломитов плявиньской и даугавской свит в бассейне р. Даугава является их пористость и кавернозность. Изучение пористости и кавернозности пород очень важно при проектировании гидротехнических сооружений, поисках подземных газохранилищ и исследовании коллекторских свойств пород. Пористость и кавернозность карбонатных пород является так же одним из основных условий развития карстовых процессов.

Не менее важными, также подлежащими изучению, являются внутренние факторы, как-то: минералогический состав, микроструктура и микротекстура породы, которые определяют возможность развития и направления карстовых процессов.

На основании полевых наблюдений и собственных макро и микроскопических исследований карбонатных пород были выявлены некоторые закономерности распространения, строения и происхождения поровых пространств и каверн доломитов даугавской и плявиньской свит. Количественное значение пористости доломитов определялось только для отдельных образцов, тем не менее они дают довольно большие колебания пористости в различных типах доломитов./см.таблицу 1а/

Таблица 1а

№№ шл	Наименование пород	% пористости	Возраст
1.	Доломит из средней части подсвиты $D_3 dg_3$ /Бебрулея/	13,2	
2.	Доломит из верхней части подсвиты $D_3 dg_2$ / н.п.Пениги/	16,8	табл. XXII-2
3.	Доломит из верхней части подсвиты $D_3 dg_1$ / н.п. Бебрулея/	24,2	
4.	Доломит из нижней части подсвиты $D_3 dg_1$ /Плявиняс /	18,7	
5.	Доломит из верхней части подсвиты $D_3 dg_1$ / Плявиняс /	4,4	
6.	Доломит из подсвиты $D_3 dg_3$ /Плявиняс/	8,4	
7.	Доломиты из плявиньской свиты /Ливаны/	от 5,2 до 20,3	

Пористость доломитов даугавской и плявиньской свит.

При изучении пород в прозрачных шлифах, с точки зрения характеристики поровых пространств было выделено 5 различных по морфологическим особенностям и генезису типа пор:

а/ межзерновые поры, б/ остаточные поры, в/ поры растворения, г/ поры залечивания, д/ поры неизвестного происхождения, +/

а/ Межзерновые поры. Образованы гранями мелких и средних зерен доломита ромбоэдрической и многоугольной, близкой к ромбоэдрической, форм. Глинистая пелитовая примесь распределяется равномерно по всем зернам, огораживающим поры. В разрезе они имеют угловатые ломанные очертания и обычно соразмерны одному или нескольким зернам доломита.

Межзерновая пористость в доломитах образовалась в процессе перекристаллизации, которая, как правило, сопровождается растворением твердой фазы. Размеры зерен доломита и плотность новообразовавшейся породы находятся в тесной зависимости от степени насыщения раствора. Иловые растворы характеризуются высокой концентрацией вещества, которые затем переходят в твердую фазу, причем в зависимости от степени их концентрации в процессе перекристаллизации образуются либо компактные, либо пористые и кавернозные разности доломитов.

+/ При написании раздела о морфологии поровых пространств и их генезисе автором использованы также материалы Р.Ж.Ульст по пористости доломитов даугавской свиты на территории Латвийской ССР.

Пересыщенные иловые растворы приводят к образованию многочисленных центров роста кристаллизации, в результате чего образуются компактные разности пород. Если же степень насыщения достигает минимума, необходимого для садки доломита, то происходит образование меньшего числа центров роста, при этом возникают более крупные кристаллы, между которыми могут оставаться незаполненные полые пространства.

Доломиты, содержащие межзерновые поры, в большинстве случаев относятся к мелко и среднезернистым разностям / 0,1-0,25 мм/ и зерна их обычно заключают глинистую пелитовую примесь. / табл.XIII-1,4/ Можно утверждать, что перекристаллизация таких пород и образование межзерновых пор происходила в стадию диагенеза, когда для этого существовали более благоприятные условия. Однако возникновение межзерновых пор возможно и при эпигенетической перекристаллизации пород. Примером эпигенетической перекристаллизации пород служат доломиты, образующие линзовидное тело, мощностью 0,5 м на контакте даугавской и огрской свит в районе нас.п.Пениги / табл.XV-3 /.

б/ Остаточные поры. Остаточные поры в доломитах образуются, повидимому, на более поздних этапах диагенеза, когда происходит заканчивание перекристаллизации.

Указанный тип пор образуется в случае частичного выполнения доломитом первоначально существующих пространств. Причем образование остаточных пор происходит и при неповсеместной перекристаллизации породы, /таблица ХУП-3/

Остаточные поры образованы гранями зерен и имеют очертания, сходные с очертаниями межзерновых пор. Зерна по размеру одинаковые, либо более крупные по сравнению с зернами основной массы породы, но более чистые по составу, совсем не содержат или содержат значительно меньше глинистой пелитовой примеси. / табл.ХУП-2/

Форма зерен изометричная, ромбоэдрическая: часто внутри ромбоэдров отмечаются включения непрозрачного темного вещества. Поры являются своего рода порами залечивания в стадию диагенеза.

в/ Поры растворения характерны почти для всех доломитов. К ним относятся поры, которые образовались при растворении зерен доломита, отдельных зерен и гнезд кальцита, кристаллов пирита, микрофауны, обломков макрофауны.

Поры, образовавшиеся в результате растворения зерен доломита, имеют неправильно-округлые, иногда вытянутые в одном направлении извилистые очертания. Стенки пор образованы сильно изъеденными корродированными зернами доломита./ табл. № ХУШ-1,2,3,4./

Поры имеют различную величину от 0,01 до 2 мм. Обычно сообщаются между собой посредством узких поровых каналъцев, также образованных разрушенными зернами доломита.

В доломитах обеих свит встречаются в направлении слоистости поры с изъеденными стенками. Соединяясь между собой они образуют тонкие цепочки, параллельные слоистости. Микрослоистая текстура породы в таких случаях обусловлена чередованием слойков, сложенных либо разными по размеру зернами доломита, либо неравномерным распределением тонких глинистых частиц. Известно,что растворимость карбонатных пород связана обратной зависимостью с размером слагающих их зерен. Чем меньше зерна, тем выше их растворимость, при условии, если содержание пелитовой примеси как в крупных, так и в мелких зернах одинаково, либо она совсем отсутствует.

В доломитах даугавской и плявиньской свит тонкозернистые участки породы очень часто обогащены глинистой примесью, которая, как установлено исследователями А.Б. Здановского и Г.А. Каледы,[42] препятствует растворению и перекристаллизации породы. В результате, в большинстве случаев, выщелачивание доломитов происходит за счет растворения более крупных по размеру, но чистых по составу зерен доломита. / табл.XУШ-3,4/ Поры, образовавшиеся в результате растворения более тонкозернистых участков встречаются

значительно реже./ табл.XIX-3/

Поры растворения образуются в доломитах, имеющих даже незначительную водопроницаемость, причем образование пор происходит как в центре зерен, так и на стыке нескольких зерен. / табл XVIII-1/Однако многие поры растворения возникают путем дальнейшей разработки других типов пор, возникших в процессе формирования породы. / табл.XIII-1,5/ Разрушение зерен доломита и возникновение микропор происходит в породах, сложенных как ромбоэдрическими, так и неправильно изометричной формы зернами. В ромбоэдрических зернах разрушается либо центральная часть ромбоэдра /табл.XX-1-4/, либо примыкающие к ней зоны. В результате разрушения центральных частей ромбоэдров отдельные участки оказываются сложенными прозрачными рамками доломита./ табл.XIX-1,2,3/Такие пористые участки характеризуются значительной водопроницаемостью и являются причиной образования крупных пор и каверн. Микропоры внутри зерен имеют неправильную форму и располагаются чаще параллельно трещинам спайности или в различных частях зерна. Поры ромбоэдрической формы обычно приурочены к центральной части зерна. / табл.XX-4/

Микропоры, возникшие на стыке нескольких зерен/табл.XVIII-1/ имеют неправильные извилистые очертания. Они образуются при растворении поверхности зерен доломита подземными водами, просачивающимися

в щели между ними.

Поры растворения, образовавшиеся путем растворения кальцита, микрофауны / табл.XX1-1-4/ встречаются значительно реже, возможно, во-первых, они встречаются лишь в отдельных слоях, во-вторых, диагностика их затруднена изменением первоначальных контуров.

Процесс выщелачивания породы не заканчивается выносом легкорастворимых минералов, а продолжается, хотя и в меньшей степени, за счет растворения основного минерала породы - доломита, увеличивая таким образом первоначальный размер пор. Повидимому, растворение кальцита предшествовало выщелачиванию доломита, т.к. скорость растворения последнего в углекислых гидро-карбонатных водах меньше чем кальцита. Поры растворения широко распространены в отложениях даугавской и плявиньской свит.

г/ Поры залечивания.

Возникают в результате частичного заполнения поровых пространств агрегатами зерен вторичных карбонатов. Чаще таким карбонатом является кальцит, зерна которого отличаются от основной массы зерен породы более крупными размерами, четкими контурами и незначительным содержанием или отсутствием вообще посторонних примесей внутри. / табл.XУП-1/ Очень редко встречается доломит.

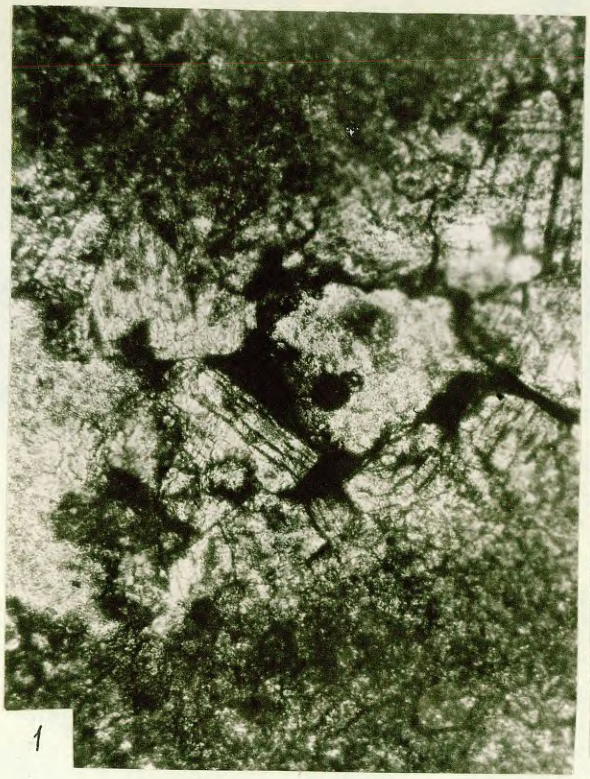
Залечивание пор вторичными карбонатами происходило, по всей видимости, в стадию эпигенеза в полностью литифицированной породе и в стадию выветривания. Последнее в основном относится к кальциту. Подземные воды, проникающие в поры, могут там задерживаться и при определенных условиях из этих растворов происходит выпадение $CaCO_3$, отчего на стенках пор образуются корочки кристаллического кальцита. Аналогичная картина происходит и при залечивании микротрещин.

д/ Поры неизвестного происхождения.

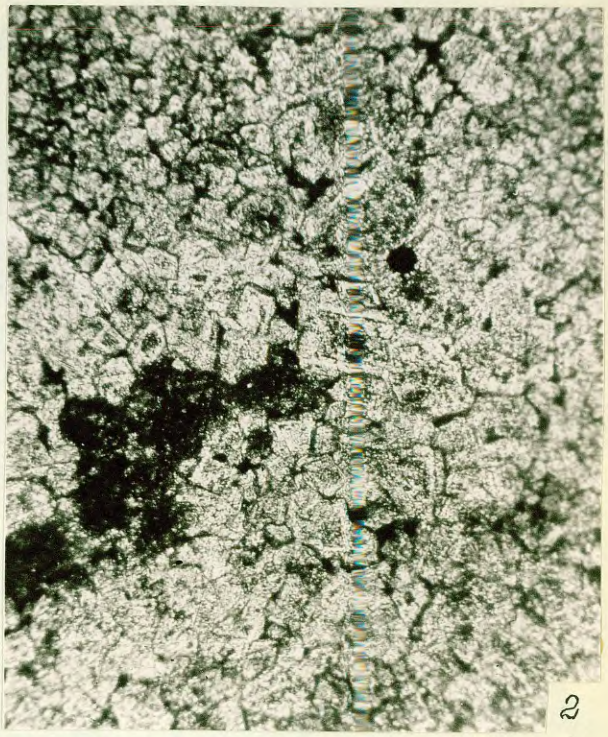
К этому типу пор относятся многочисленные очень тонкие поры неправильных очертаний, встречающиеся в участках породы с различными структурами, и не имеющие никаких диагностических признаков для отнесения их к тому или иному из упомянутых типов пор.

Различный характер пористости объясняется возникновением ее на различных этапах как в стадию диагенеза осадка, так и в стадию эпигенеза / возможно и регрессивного и прогрессивного/ и выветривания. Вся пористость в зависимости от того, в какую из стадий она возникла, может быть подразделена на первичную и вторичную. Согласно Д.С.Соколова, [107] к первичной пористости можно отнести межзерновые поры, возникшие в процессе перекристаллизации осадка в стадию диагенеза, и остаточные поры, возникшие в результате частичного заполнения полых пространств доломитом также

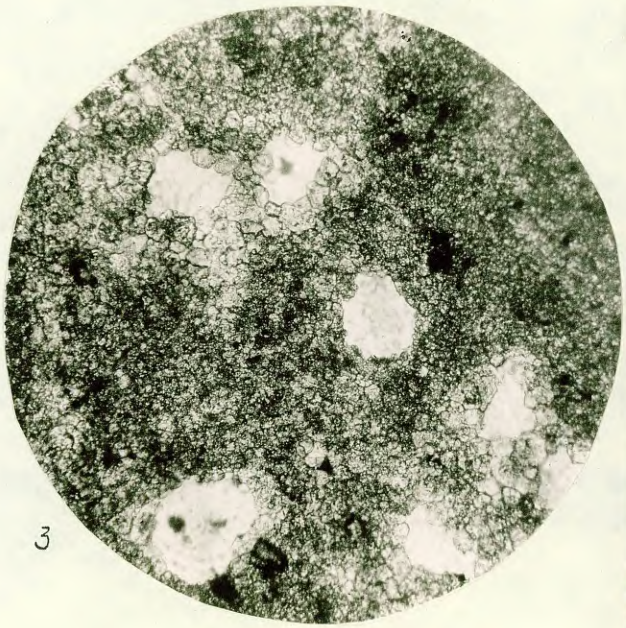
Таблица XVII



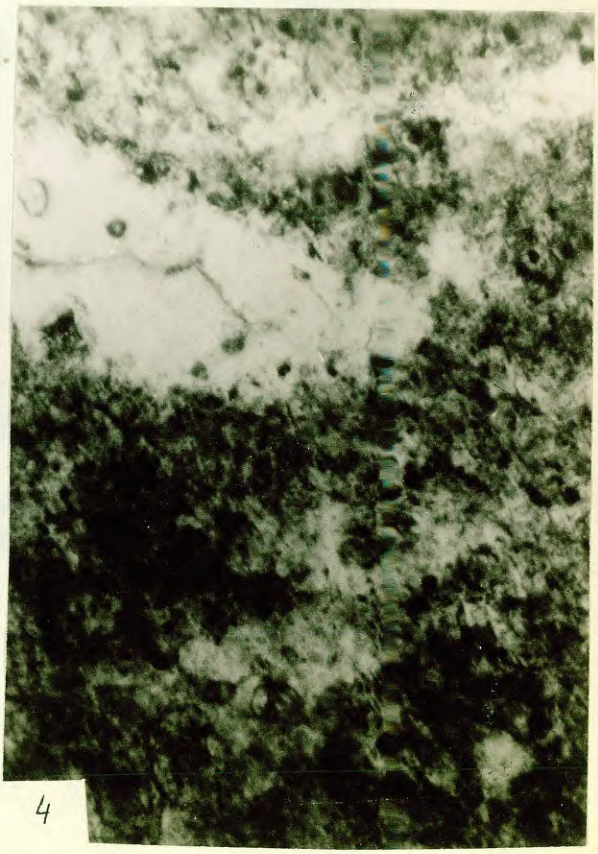
1



2



3



4

Таблица XVIII

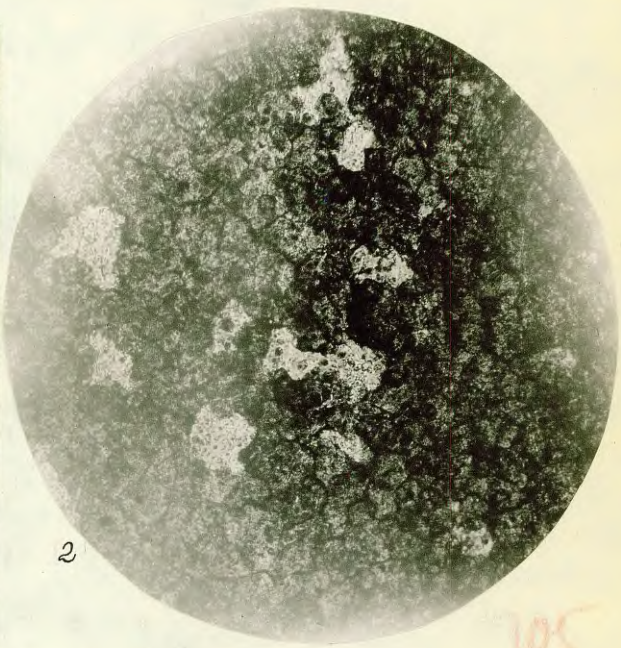


1

103



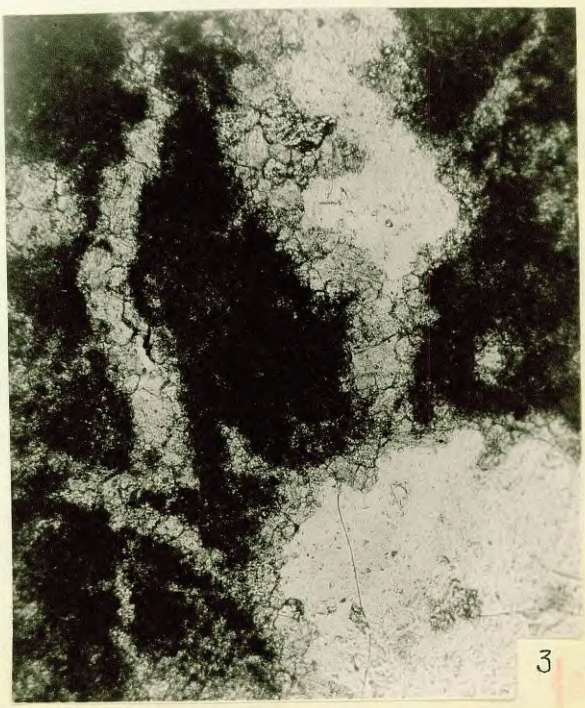
4



2

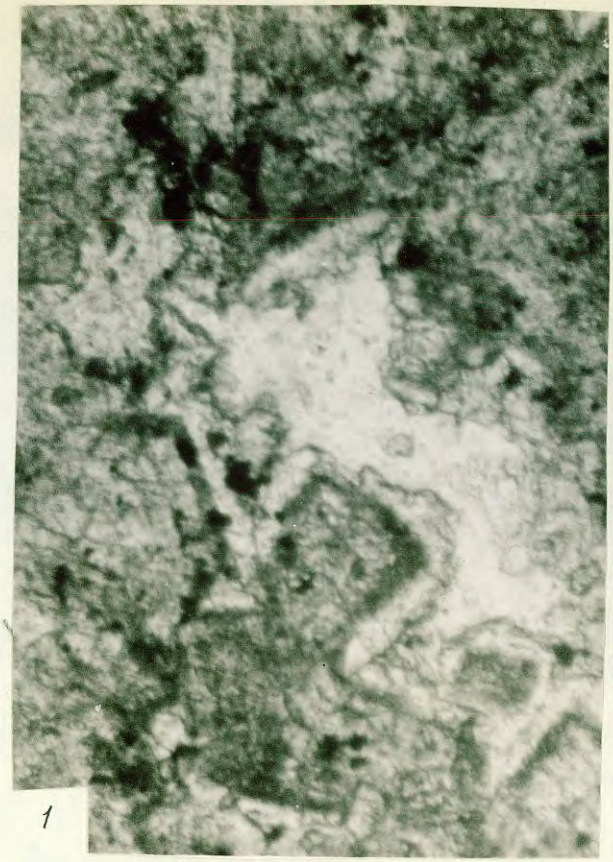
105

104



3

Таблица XIX



1



2

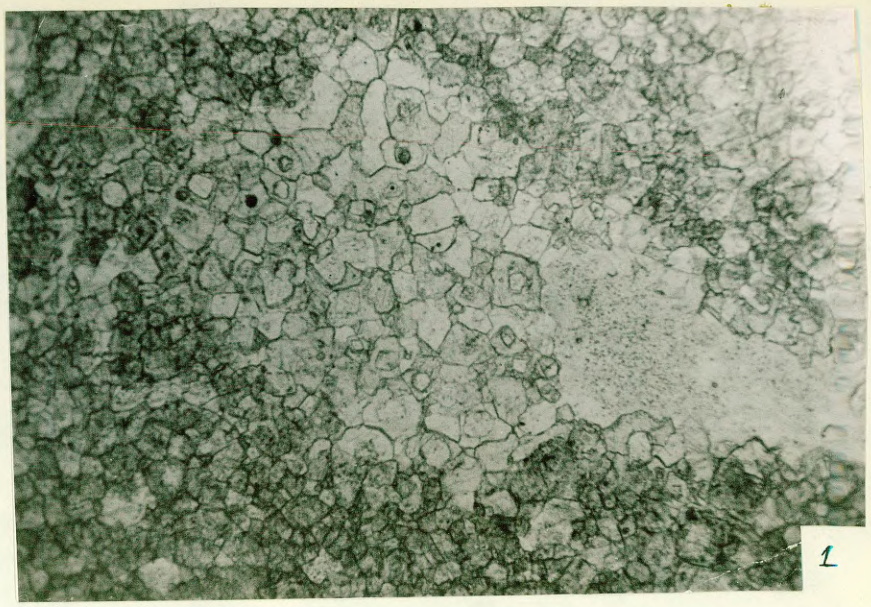


3

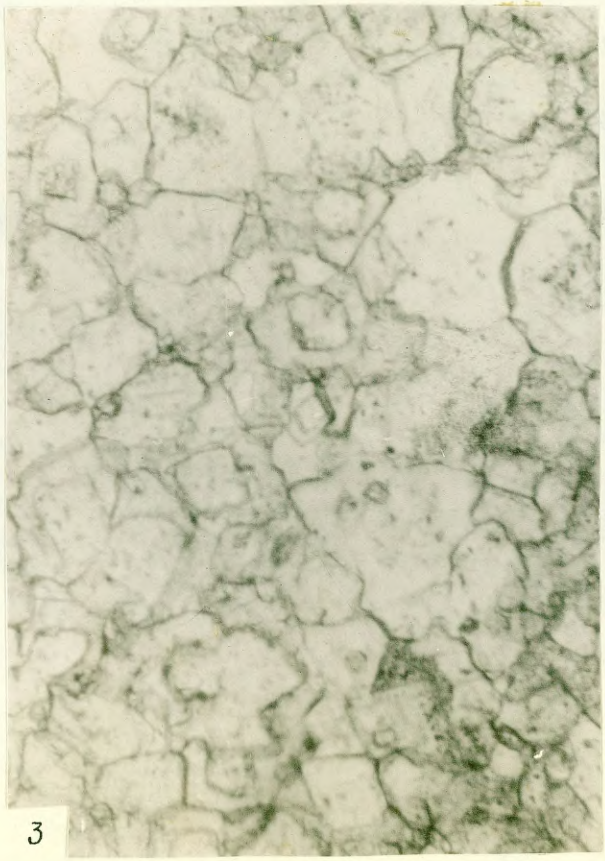


4

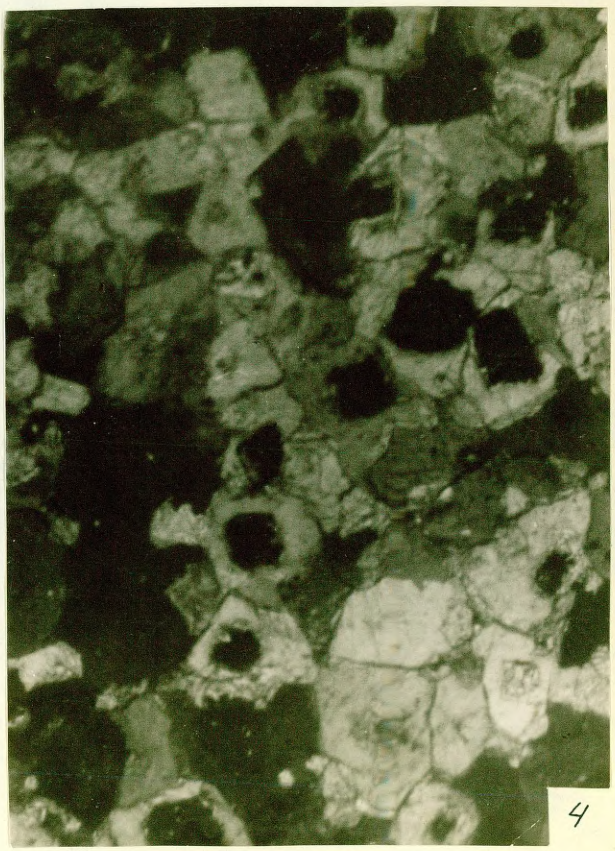
Таблица XX



1

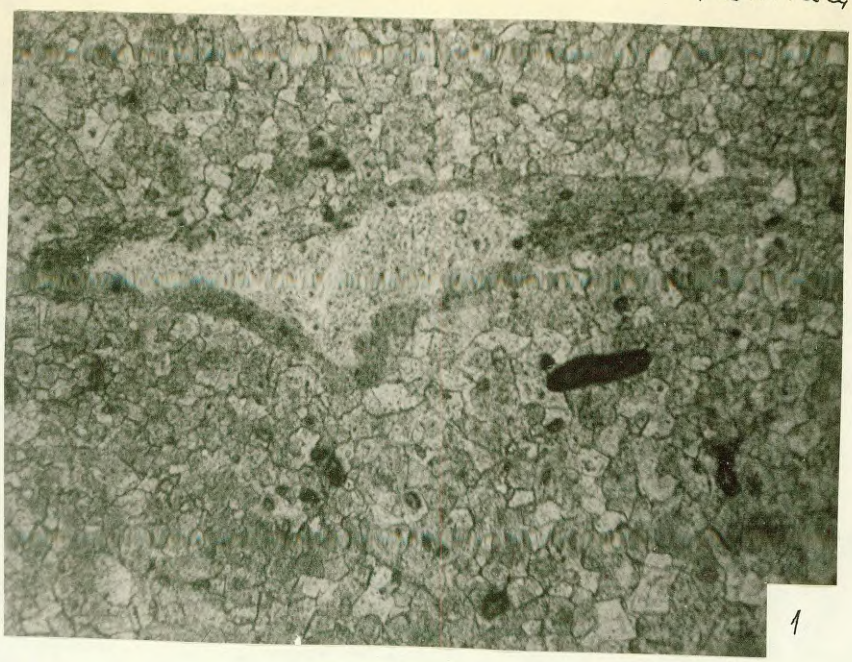


3

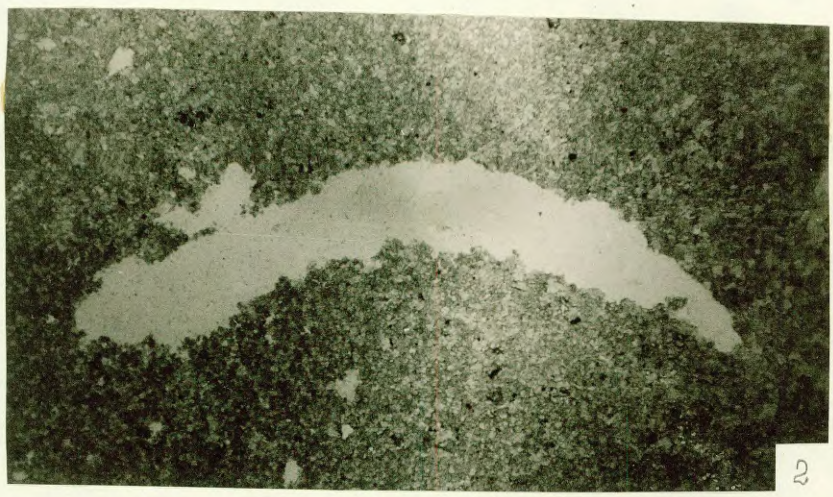


4

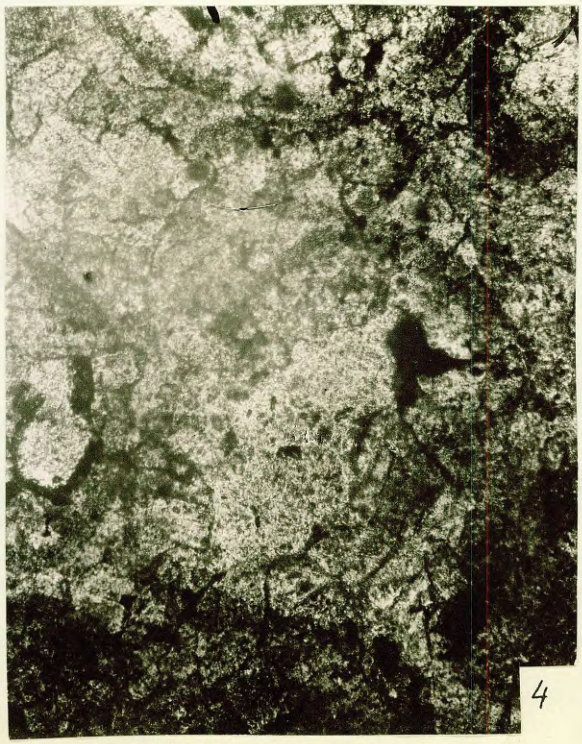
Таблица XXI



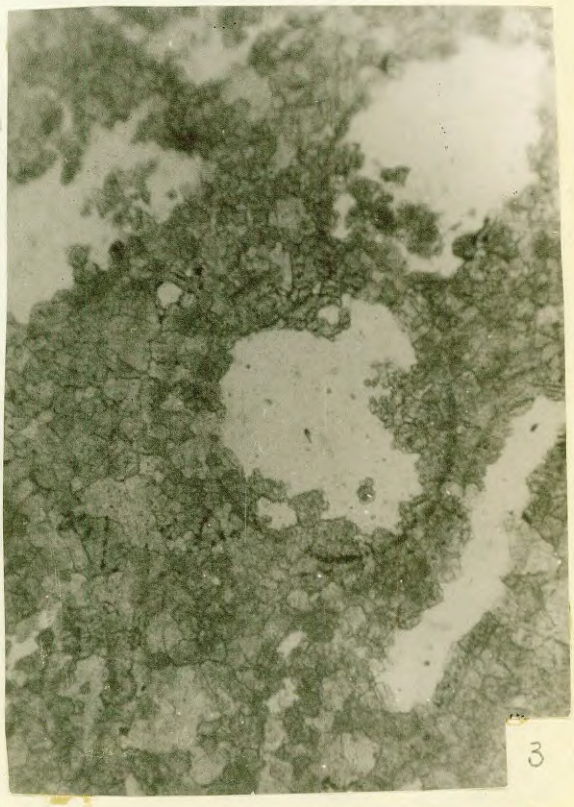
1



2



4



3

Таблица ХУ11

1. Залечивание пор и микротрещин в доломитах кальцитом и гидроокислами железа.

   ув х 69 1 ник $Д_3 dg_3$ г.Огре.

2. Остаточная пора. Залечивание первичной пористости в доломитах в стадию диагенеза.

   ув х 60 1 ник $Д_3 p1_4$ г.Плявиняс

3. Остаточные поры , образовавшиеся в доломитах в стадию диагенеза. Отдельные поры разрабатываются вследствие выщелачивания.

   ув х 69 1ник $Д_3 p1_4$ Миеменская петля

4. Залечивание кристаллическим кварцем пор и микротрещин в доломитах.

   ув х 48 1 ник $Д_3 dg_3$ г.Огре.

в стадию диагенеза на более поздних этапах. Межзерновые и остаточные поры в их первоначальном неизменённом виде встречаются довольно редко.

Вторичная пористость, соответственно, возникла в стадии эпигенеза и выветривания. К ней, из наблюдаемых пор, относятся поры растворения и залечивания, хотя без сомнения, они существовали и в стадию диагенеза, но дальнейшие процессы, протекающие в зонах эпигенеза и выветривания, сделали невозможным их определение. Вторичная пористость развивается во всех доломитах как за счет разработки первичных пор, так и за счет новообразования поровых пространств. Поэтому зачастую диагностика первичных пор затруднена наложением вторичных процессов.

Распространение кавернозности в отложениях даугавской и плявиньской свит.

Вследствие неравномерного выщелачивания карбонатных пород возникает своеобразная форма карста - кавернозность, широко распространенная в отложениях свит.

Доломиты различных литогенетических типов в бассейне р. Даугава характеризуются неодинаковой степенью кавернозности и имеют разное строение и генезис поровых пространств и каверн. Степень кавернозности отдельных слоев по разрезу как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях различная.

Кавернозные слои по подсвитам распределяются следующим образом:

Плявиньская свита. $Д_3 p1_1$. В отложениях нижнеплявиньской подсвиты, представленных в разной степени глинистыми плотными доломитами микро и тонкозернистой структуры и микрослоистой и слоистой текстурой, кавернозны лишь незначительные маломощные прослои.

$Д_3\ p1_{2+3}$. В среднеплявиньской подсвите в нижней части /$p1_2$/ выделяются несколько кавернозных прослоев, наиболее значительными из которых являются прослои мощностью 1,3м. и 1,00м. в средней части подсвиты $p1_2$ и несколько прослоев незначительной мощности / до 0,5м/ распространенных в направлениях к верхнему и нижнему контактам. В средне-плявиньской подсвите, в верхней части /$p1_3$/ на контакте с $p1_2$ выделяется кавернозная пачка, мощностью 2м., и сильно кавернозный прослой, мощностью 0,45м.

$Д_3 p l\ 4$ В верхнеплявиньской подсвите выделяются два кавернозных прослоя, причем оба, по характеру кавернозности, отличны от всех встречающихся кавернозных горизонтов в остальных подсвитах. Один из них, мощностью от 0,70м / г.Плявиняс/ до 1,50 м / Айзкраукле/ располагается на контакте с отложениями саласпилсской свиты, а другой на контакте с отложениями подсвиты $p1_3$.

Таблица XУ111

1. Поры в доломитах, возникшие на стыке нескольких зерен.

ув х 87 1 ник $Д_3 р\,1_{2+3}$ нас.п.Риттери.

2. Поры растворения в тонкозернистых доломитах.

ув х 48 1ник $Д_3 р\,1_{2+3}$ нас.п.Аули.

3. Пористоть, возникшая на участках, сложенных более крупными зернами доломита, но более чистыми от посторонних примесей по сравнению с вмещающей породой.

ув х 69 1ник $Д_3 р\,1_{2+3}$ нас.п.Аули.

4. Барьерчики, образованные глинистым материалом, остающиеся в породе в результате выщелачивания более чистых участков.

ув х 79 1ник $Д_3 р\,1_{2+3}$ нас.п.Риттери.

Общая мощность прослоев кавернозных доломитов во всей свите составляет от 5,00 до 7,00 метров. / см.схему сопоставления разрезов отложений вышеуказанных подсвит/.

Даугавская подсвита. В районе г.Плявиняс наиболее кавернозными являются: пачка доломитов и слабо известковистых доломитов мощностью 2,3м. в верхней части нижнедаугавской подсвиты, слой мощностью около 2м. верхнедаугавской подсвиты на контакте с среднедаугавскими доломитовыми мергелями, и пачка мощностью примерно 1,5м. в верхней части верхнедаугавской подсвиты.

В районе г.Огре к кавернозным слоям в нижнедаугавской подсвите относится только верхняя пачка, мощностью около 1м. В ниже залегающих слоях кавернозность незначительная или отсутствует вообще, но отмечается пористость и характер доломитов. Характер же кавернозности отложений верхнедаугавской подсвиты не меняется за исключением самых нижних слоев на контакте с среднедаугавской подсвитой. В западном направлении от гор. Плявиняс мощность свиты уменьшается. В разрезе фациально замещаются низы верхнедаугавской подсвиты, а поэтому изменяется и характер кавернозности; верхняя же пачка, сокращаясь в мощности, имеет и меньшую степень закарстованности.

В районе г. Саулкалне в основании нижнедаугавской по свиты выделяется еще одна кавернозная пачка мощностью 1,7м. Как правило, к кавернозным слоям в разрезе

приурочены остатки фауны. Общая мощность кавернозных пачек свиты колеблется от 4м до 6м., что составляет почти треть всей ее мощности. / см.схему сопоставления разрезов вышеуказанных подсвит/.

Кроме описанных выделенных кавернозных горизонтов почти все бедные глинистой примесью доломиты, имеют незначительную кавернозность с небольшим размером каверн. Вчастности, это относится к мелко- и тонкозернистым доломитам с тонкослоистой текстурой.

Характеристика кавернозности, наиболее часто отмечающаяся в доломитах с различными структурами приводится ниже.

Кавернозность в мелко и тонкозернистых доломитах с тонкослоистой текстурой.

Тонкослоистая текстура в доломитах, как уже было сказано выше, обусловлена сменой зернистости и зачастую включениями глинистого материала в более тонкозернистых разностях. Как правило, такие доломиты песчаниковидные на ощупь,мажущие. Каверны небольших размеров в среднем от 0,2 до 0,5см., реже до 1см., округлой либо вытянутой в направлении слоистости формы, с неровными шероховатыми стенками, покрытыми доломитовой мукой. Соединяясь между собой образуют вытянутые по слоистости цепочки.

Каверны повидимому образовались как за счет разработки имевшейся первичной пористости , возникшей в результате частичной перекристаллизации пород в диагенезе, так и вследствие растворения мелкозернистых участков, не загрязненных тонкой пелитовой глинистой примесью.

Кавернозность в разнозернистых доломитах .

Разнозернистые доломиты характеризуются наличием многочисленных каверн округлой или вытянутой в направлении слоистости формы размером от 2 см. и более до 0,2 - 0,3 м. Мелкие каверны обычно располагаются по всему слою, а большие, возможно в силу более интенсивной циркуляции воды, зачастую тяготеют к плоскостям напластования или трещинам. На участках интенсивной кавернозности доломиты пористые / верх $p1_4$/, причем степень пористости увеличивается по направлению к каверне. Стенки каверн окрашены окислами железа, иногда выполнены сцементированной доломитовой мукой, имеющей губчатую текстуру.

Кавернозность такого типа обусловлена текстурными особенностями породы. Доломиты, характеризуются пятнистой текстурой и неравномернозернистой структурой, причем более крупнозернистые участки имеющие округло неправильную или вытянутую форму образованы

Таблица XIX

1,2,3. Пористый доломит. На участках, подвергнутых выщелачиванию, сохраняются лишь светлые рамки зерен./образец взят непосредственно из стенки каверны/.

1 - ув х 125 1 ник

2-3 - ув х 69 1ник $Д_3 dg_3$ г.Огре

4. Поры правильно-округлой формы, образовавшиеся за счет выщелачивания сгустков микрозернистого доломита.

ув х 48 1ник $Д_3 dg_1$ г.Огре.

неправильно-многоугольными или ромбоэдрическими зернами размером 0,1 - 0,2 мм, а иногда до 0,3 мм. Зерна на этих участках являются более светлыми по сравнению со всей остальной массой породы, загрязненной тонкой глинистой примесью, и легче поддаются выщелачиванию. Это выражается в разрушении ромбоэдров, сильном корродировании краев зерен, образовании многочисленных пор, вследствии чего довольно часто остается лишь тонкий скелет. Наличие многочисленных пор растворения, к тому же часто сообщающихся между собой, плюс механический вынос остаточных продуктов разрушения, особенно интенсивный ближе к плоскостям напластования, дают наглядную картину образования такого типа кавернозности с полыми кавернами размером от 0,2 до 0,5 см. Если же остаточные продукты не выносятся или выносятся частично, наблюдается различная степень заполнения пустот доломитовой мукой. Формы каверн зачастую похожи на форму распространенных в породе песчаниковидных сильно пористых участков, которые повидимому являются наиболее благоприятными для дальнейшего их разрушения.

Кавернозность в слабо известковистых доломитах.

Слабо известковистые доломиты имеют локальное распространение в бассейне р. Даугава и отмечается лишь у нас. п.Бебрулея. Отличаются от других разновидностей доломитов как степенью кавернозности так и характером её проявления.

При исследовании под микроскопом шлифов кальцит не был обнаружен, но по данным химических анализов содержание $CaCO_3$ составляет порядка 5-7%

Микроскопически порода неравномерно зернистая. Зерна размером 0,04 - 0,06 мм. до 0,1-0,2 мм., неправильно многоугольной формы, часто с корродированными краями. Встречаются многочисленные ромбоэдры с включением в центральной части зерна непрозрачного пелитоморфного вещества, часто подчеркивающего их зонарное строение.

При изучении выщелаченных разностей под микроскопом отмечается большое количество пор растворения, сильная разрушенность породы, в частности сами зерна становятся трещиноватыми. Разрушение пород в значительной степени идет на участках, образованных ромбоэдрами. Об изменении химического состава крепких и более разрушенных разностей можно сказать лишь о возрастании содержания нерастворимого остатка и уменьшении содержания $CaCO_3$.

Таким образом выщелачивание происходит за счет растворения как кальцита так и доломита.

Кавернозность в доломитах, содержащих остатки фауны.

Доломиты, содержащие остатки фауны, имеют значительное площадное распространение в бассейне р. Даугава. Они встречаются в разрезах обеих свит, иногда преобладая в обнажениях над доломитами без фауны./разрез верхнедаугавской подсвиты у нас.п. Бебрулея, Пениги/.

Доломиты довольно крепкие, разнозернистые от тонко до мелко зернистых. Характер их кавернозности значительно отличается от вышеописанных, что объясняется повидимому особенностями структурного и текстурного строения пород, наблюдаемого в шлифах. Кавернозность обусловлена выщелачиванием створок раковин брахиопод и и гастропод. Каверны округлой формы размером 1-2 см, реже 5 см.,в большинстве случаев полые, с отпечатками створок раковин на стенках или корочками кальцита, иногда заполнены доломитовой мукой. Судя по расположению каверн и сохранившимся ядрам, раковины были захоронены в беспорядке, но в общем в направлении слоистости.Кроме того отмечается большое количество щелевидных каверн, образовавшихся за счет выщелачивания обломков створок раковин. На участках, не подверженных выщелачиванию, наблюдаются нацело замещение обломков раковин доломитом.

В доломитах нижнедаугавской подсвиты, непосредственно залегающих на контакте с средне дугавской подсвитой, и верхнеплявиньской подсвиты, на контакте с саласпилсской свитой, каверны округлой формы образованы в результате выщелачивания раковин строматопор, размером от 10 до 20-30 см. Часто в таких кавернах сохраняются остатки раковин, отчего стенки каверн приобретают ребристое строение.

Отличная от описанного типа кавернозность доломитов наблюдалась в одном из слоев даугавской свиты

Таблица XX

Образование пор в разнозернистых доломитах, на участках, образованных более светлыми по окраске и большими по величине ромбоэдрами, чем основная масса породы. Поры образуются внутри ромбоэдров.

1- ув ×18 1ник
2- ув ×18 1ник
3- ув х48 1ник
4- ув х48 +ник

$Д_3$ dg_1 Скважина 832
/Имеменская петля/.

у нас. п.Пениги. Здесь каверны образованы вследствие выщелачивания фауны кораллов, причем порода на этих участках приобретает ячеистую пористую текстуру.

Типы кавернозности.

При изучении кавернозности и приуроченности ее к определенным разностям доломитовых пород были выделены типы каверн различного происхождения / основные типы каверн описаны подробно выше/.

1 тип. Является наиболее широко распространенным. Образуется в результате выщелачивания остатков фауны, причем каверны, в зависимости от имевшейся в них фауны имеют различную форму.

Вследствие выщелачивания двухстворчатых раковин брахиопод и раковин гастропод / закрученные полости/ образуется " дырчатый" характер кавернозности с различным размером каверн от 1 до 5 см.,/табл. XX1У-1,2, XXШ-3/ В результате разрушения стенок между отдельными кавернами, образуются значительные по размеру полые пространства размером 10-20см. В результате выщелачивания фауны кораллов возникает ячеистая и пористая текстура породы / табл.XX1У-Ш/ При растворении раковин строматопор образуются крупные каверны- полости размером от 20см. и больше / табл.XXУ-2,3/ Вследствие неравномерного выщелачивания стенки каверн имеют ребристое строение./табл.XX1У-4/.Наконец, при выщелачивании различных обломков раковин образуются

тонкие щелевидные каверны, не имеющие определенной ориентировки.

2-тип. Каверны в слабо известковистых разностях доломитов. Форма каверн, возникших таким путем очень неправильная, стенки неровные, пористые, со следами растворения. Зачастую внутри каверн наблюдаются остаточные продукты выщелачивания - доломитовая мука. В расположении каверн отсутствует какая-либо ориентировка. Сочетание кавернозности 1 и 2 типов в слое дает сильно брекчированную породу. / табл.XXУ-2/.

3-тип. Каверны, образовавшиеся в неравномерно зернистых доломитах с слоистой и пятнистой текстурами вследствие выщелачивания участков с средне- и мелкозернистой структурой, образованных зернами неправильной или ромбоэдрической формы, более светлых и чистых по сравнению с вмещающей массой породы, загрязненной пелитовым глинистым материалом. В результате химического растворения и дальнейшего механического разрушения с выносом остаточных продуктов образуются округлые и овальные каверны, напоминающие часто по форме неразрушенные " песчаниковидные" участки, представляющие повидимому ослабленные места для процессов дальнейшего разрушения породы./ табл.XXП-1,3/. Иногда каверны в доломитах расположены по слоистости, что опре еляется микрослоистой по размеру зерен и по содержанию пелитовой примеси текстурой доломита. Каверны такого

Таблица XX1

1-2. Образование пор за счет выщелачивания обломков раковин брахиапод.

1- ув x48 1ник $Д_3 d_{93}$ нас.п.Бебрулея.

2- ув x48 1ник $Д_3 p 1_2$ нас.п.Аули.

3-4. Образование пор за счет выщелачивания микрофауны / остракоды?/

3- ув x48 1ник | $Д_3 p 1_2$ нас.п.Аули.

4- ув x68 1ник |

типа часто увеличиваются в размерах ближе к плоскостям напластования. / табл.XXУ-1,4/.

Помимо вышеуказанных основных типов каверн, встречаются каверны, характерные только для определенного слоя в определенном разрезе свиты. Это касается каверн размером от 2 до 10 см. правильной кубической формы, встреченных в некоторых слоях доломитов обеих свит. Эти каверны образовались вследствие растворения пирита. / табл.XXШ-2/ Следует также отметить редко встречающиеся каверны в доломитах плявиньской свиты, разработанные за счет дальнейшего растворения стенок пор, образованных по микрофауне./табл.XXШ-1/

Степень кавернозности и пористости пород зависит от количества заключенной в ней фауны, от состава, структурных и текстурных особенностей доломитов.

Рассматривая вопрос о выщелачивании доломитов, нельзя не остановиться на наличии в них примесей, которые снижают возможность растворения и обуславливают значительную плотность пород. Такими плотными породами являются глинистые доломиты, доломитовые мергели и микрозернистые тонкослоистые доломиты, относимые к первичным образованиям, слабо пористые и кавернозные или совсем плотные / без видимых макропор/, характеризующиеся значительным содержанием пелитового глинистого материала. Как указывалось выше, выщелачиванию подвергаются только те разности доломитов, которые характеризуются невысоким содержанием

нерастворимого остатка. При этом разрушаются, как показывают наблюдения, участки пород, незагрязненные глинистой примесью, даже если образующие их зерна более крупные по размеру, чем вся основная масса зерен. Таким образом, пелитовые глинистые включения загрязняют породу и, как было доказано в работах Г.А. Каледы и А.Б.Здановского [ ] затрудняют перекристаллизацию и растворение пород и тем самым уменьшают интенсивность процессов выщелачивания. Повидимому это происходит вследствие покрытия поверхности зерен коллоидальными пленками, которые препятствуют растворению породы.

Кроме того отмечен ряд факторов, безусловно уменьшающих возможность растворения пород, а, следовательно, и образованию новых или разработку старых пор и каверн, причем в этом случае такими стабилизаторами являются сами поры и каверны, способствующие прохождению через породу минерализованных растворов, что зачастую приводит к интенсивному снижению проницаемости породы. Последнее происходит в результате осаждения из минерализованной части подземных вод, при определенных условиях, кальцита, доломита или кремнезема, а также других минералов и таким образом полного или частичного заполнения полых пространств и каналов их сообщений./ табл.XУП-1,4; XXШ-4 ; XXП-4/ Зполнение кварцем могло произойти частично в стадию диагенеза, но скорее в литифицированной породе в стадию эпигенеза. Вторично выпавшие

минералы затрудняют циркуляцию подземных вод в породе и приостанавливают процессы ее выщелачивания. Этим, повидимому, отчасти можно объяснить на отдельных участках наличие сильно кавернозных, но крепких не пористых доломитов с кавернами, выполненными кальцитом и кварцем.

Аналогичным свойством обладает и доломитовая мука, имеющая повышенное содержание нерастворимово остатка. Образующиеся параллельно выщелачиванию продукты разрушения / куски, кусочки и мучнистые частицы/ при отсутствии условий механического выноса или незначительного выноса их из каверн, скапливаются в порах, кавернах, трещинах, закупоривают их и уменьшают тем самым фильтрацию вод. Процесс в значительной мере может затухать сам собой.

Степень заполнения каверн зависит в значительной мере от расположения их относительно водотоков подземных вод. Каверны в породе близ поверхностей напластования или трещин часто оказываются полыми, ибо в таких условиях легче осуществляется механический вынос остаточных продуктов выщелачивания.

Помимо пористости и кавернозности проницаемость породы в значительной степени определяется трещиноватостью доломитов. Трещиноватость пород в основном обуславливается тектоническими причинами и зависит от условий залегания пород относительно крыльев и сводовых частей локальных структур.

Кроме того, интенсивность выщелачивания доломитов даугавской и плявиньской свит зависит от состава подземных вод. По мнению исследователей, касавшихся вопросов растворимости и скорости растворения карбонатных пород, углекислота подземных вод является наиболее важным фактором в процессах разрушения и выщелачивания карбонатных пород. Чем выше содержание в водах свободной CO_2 , тем интенсивнее растворение породы, при прочих благоприятных условиях / солевого состава подземных вод, температуры, проницаемости пород и др./

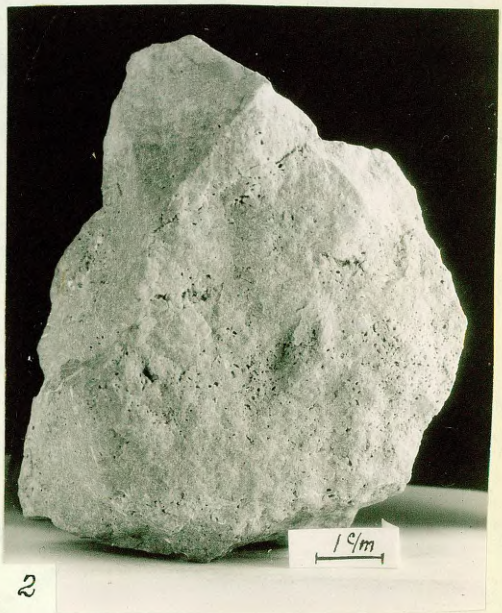
На тех этапах геологического развития территории, когда подземные воды описываемых свит содержали повышенное количество углекислоты, поступавшей из атмосферы, выщелачивание происходило более интенсивно. Однако, как указывает Н.М. Страхов, [116] количество CO_2 в атмосфере в ходе геологического развития сокращалось, поэтому можно предположить снижение интенсивности процессов выщелачивания доломитов даугавской и плявиньской свит в современную эпоху. Однако, в отдельных конкретных случаях сочетание нескольких благоприятных факторов интенсифицирует процессы растворения и приводит, как указывает О.М.Варфоломеева, к образованию многочисленных форм современного карбонатного карста. [12]

Наибольшая интенсивность карстовых процессов, приуроченная к бортам долины реки Даугава, объясняется отчасти / кроме прочих указанных факторов/ значительной циркуляцией грунтовых вод, дренируемых рекой, а также

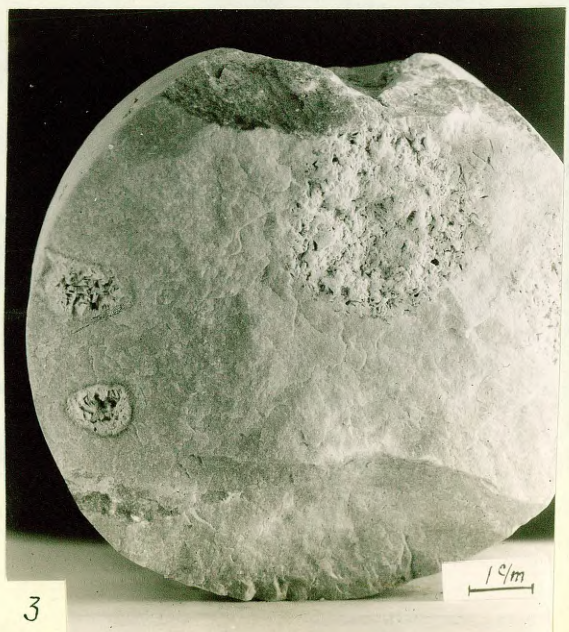
Таблица XXII



1



2

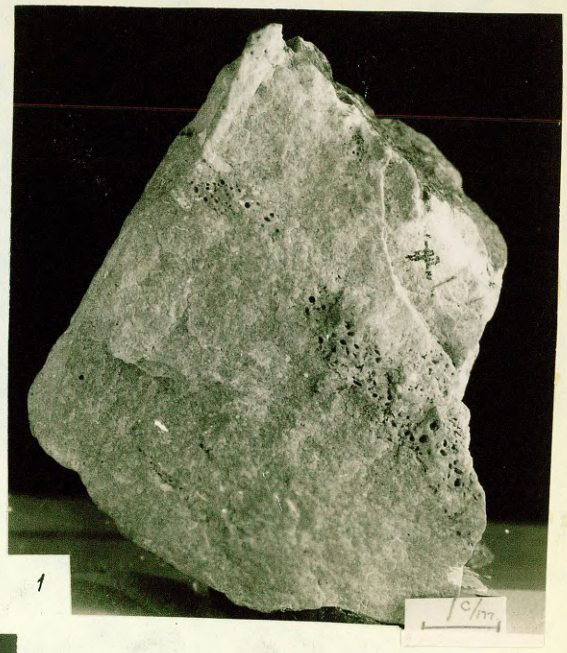


3



4

Таблица XXIII



1

123



2

122



3

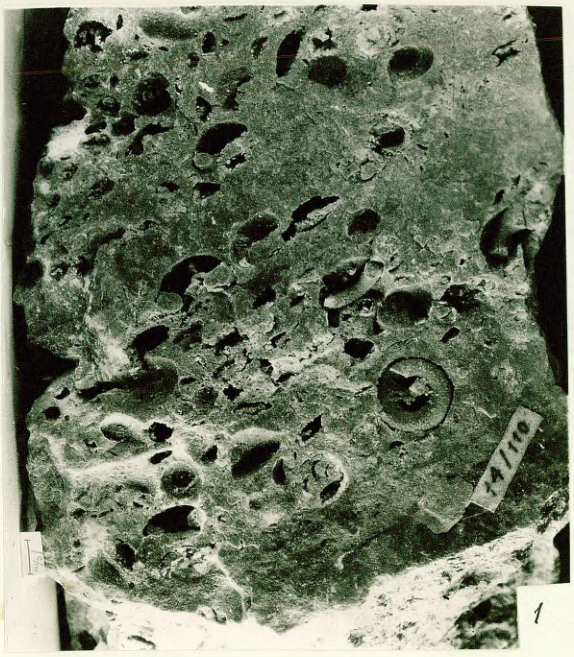
124



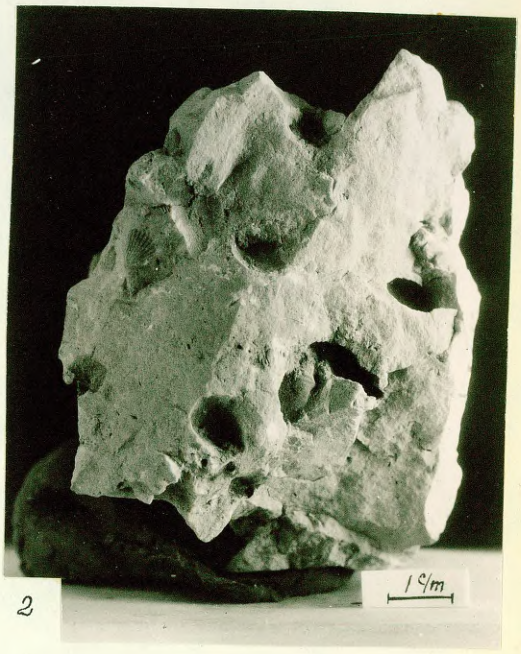
4

125

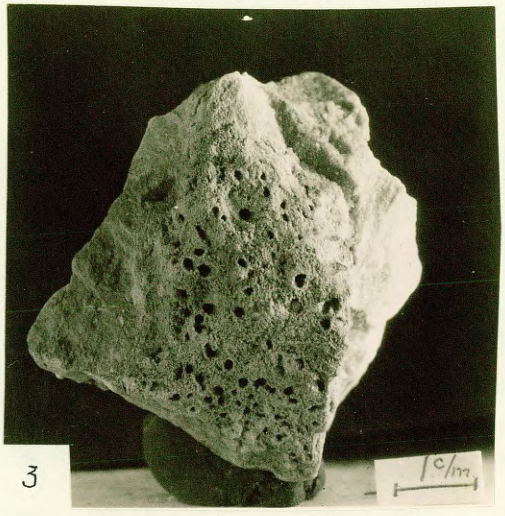
Таблица XXIV



1



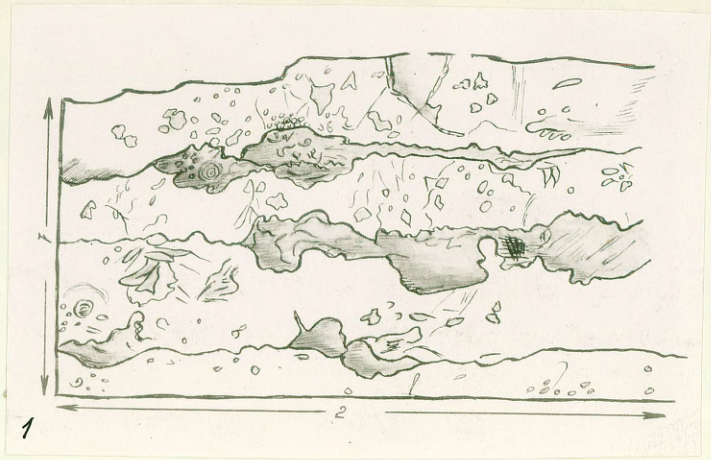
2

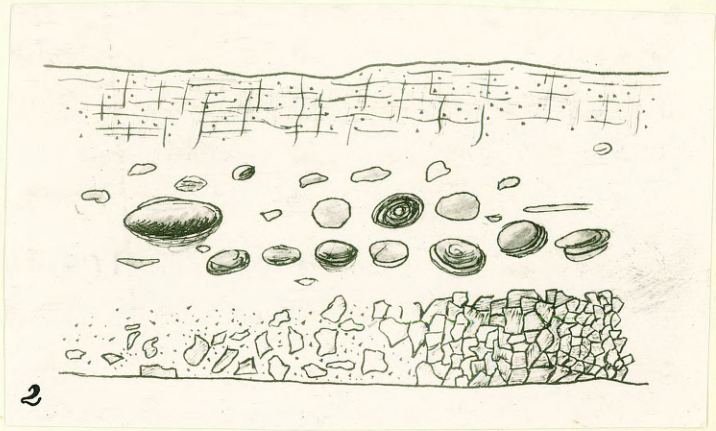


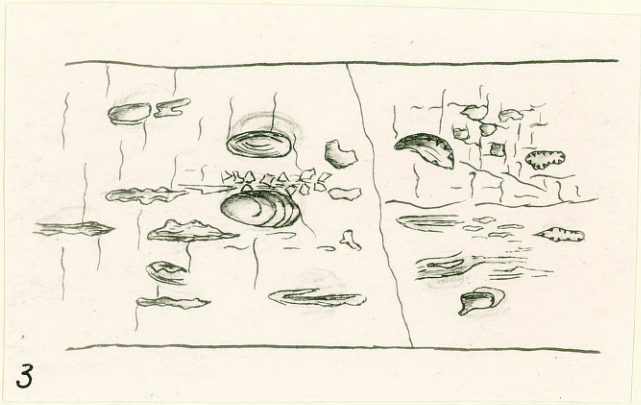
3

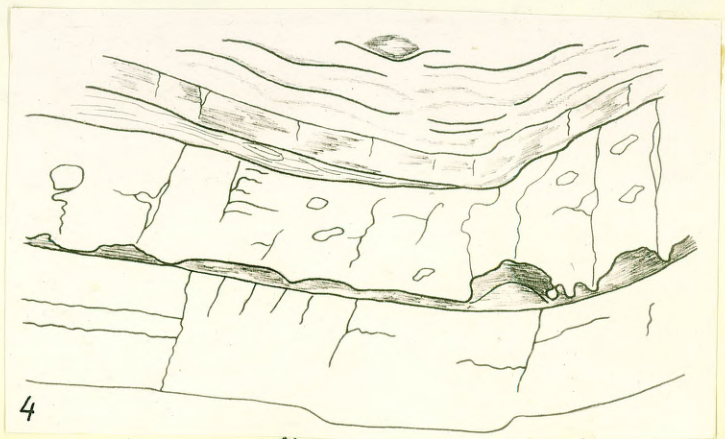


4


1
2


2


3


4

обогащением просачивающихся через почвенный слой органическими кислотами поверхностных вод, которые, понижая pH, увеличивают растворимость доломита. Кроме того, как доказано Ф.Ф.Лаптевым на примере гидрокарбонатно-кальциевых вод, в зоне смешения грунтовых вод с просачивающимися поверхностными, могут образоваться воды, более агрессивные, чем каждая отдельно взятая. [56]

О влиянии некоторых структурных и текстурных особенностей доломитов на процессы их выщелачивания.

Необходимо особо отметить влияние структурных и текстурных факторов, безусловно играющих роль в образовании пор, а следовательно, увеличивающих водопроницаемость пород, что может явиться причиной их дальнейшего выщелачивания.

Влияние этих факторов на процессы выщелачивания, как правило, не дооценивалось, а потому мало изучено.

При просмотре шлифов под микроскопом отмечен целый ряд структур, среди которых наиболее характерные:

1. комковатая структура / с копролитами/
2. сгустковая структура
3. мозаичная структура / с преимущественно ромбоэдрической формой зерен/
4. мраморовидная структура / у эпигенетических доломитов/

5. торцовая структура / преимущественно с неправильной, лапчатой формой зерен/.

Эти структуры целиком являются вторичными, полученными в процессе перекристаллизации породы, за исключением сгустковой и комковатой структур, сгустки и комочки которых, образованные криптозернистым доломитом, являются реликтами первичных структур. Выделенные текстуры : плотная, пятнистая, микрослоистая, пористая в одних случаях могут быть первичными, в других случаях- вторичными.

Не принимая во внимание уже описанные факторы, влияющие на образование пористости и кавернозности пород, следует более подробно остановиться на пористых и кавернозных доломитах, большинство которых имеют разнозернистую мозаичную и торцовую структуры и пятнистую текстуру. Доломиты не обязательно характеризуются той или иной структурой или текстурой; в одной и той же породе они могут сочетаться. Исходя из структурных и текстурных особенностей доломитов, было отмечено, что наиболее широко распространенные поры растворения образуются не только за счёт разработки ранее существовавших пор, но зачастую являются новообразованными, возникшими в результате растворения зёрен доломита либо изнутри зерна, чаще имеющего форму ромбоэдра, либо на стыке нескольких зёрен. / табл. XX-1-4; XXIII-1/

Образование пористости вследствие разрушения внутренних частей зерна широко распространено в доломитах обеих свит. Причины возникновения пор внутри ромбоэдров остаются невыясненными. Д.С. Соколов предположительно связывает их образование с внутренними особенностями строения кристаллической решетки. Что касается образования пор растворения на стыке нескольких зёрен, то они чаще всего возникают на участках с однозернистой мозаичной структурой, характеризующейся прилегающими друг к другу гранями кристаллов ромбоэдрической или многоугольной, близкой к ромбоэдрической формы с прямыми гранями, а также за счёт растворения небольших, как бы цементирующих зёрен доломита или, напротив, участков, сложенных более крупными зёрнами, чем вся основная масса породы. Следует отметить, что во всех этих случаях, как было указано выше, имеет значение содержание пелитовой глинистой примеси в зёрнах, слагающих породу, и в самой породе.

Более стойкими к растворению являются доломиты, образованные зёрнами неправильно-округлой формы с неровными волнисто-зубчатыми очертаниями./ табл. XXУ1-1,3/ Породы, обладающие такой структурой являются повидимому менее водопроницаемыми, а потому более устойчивыми. Возможно это, наряду с другими факторами, объясняет наличие хотя и кавернозных / выщелачивание фауны/, но крепких мало пористых доломитов,

Таблица XX11

1. Пористость в доломитах, переходящая в кавернозность. Порода на участках выщелачивания песчаниковидная не крепкая. При благоприятных условиях возможно дальнейшее механическое разрушение. Нижнедаугавская подсвита, г. Огре.

2. Характер пористости в крепких тонкокристаллических доломитах. Верхнедаугавская подсвита, нас. п. Пениги.

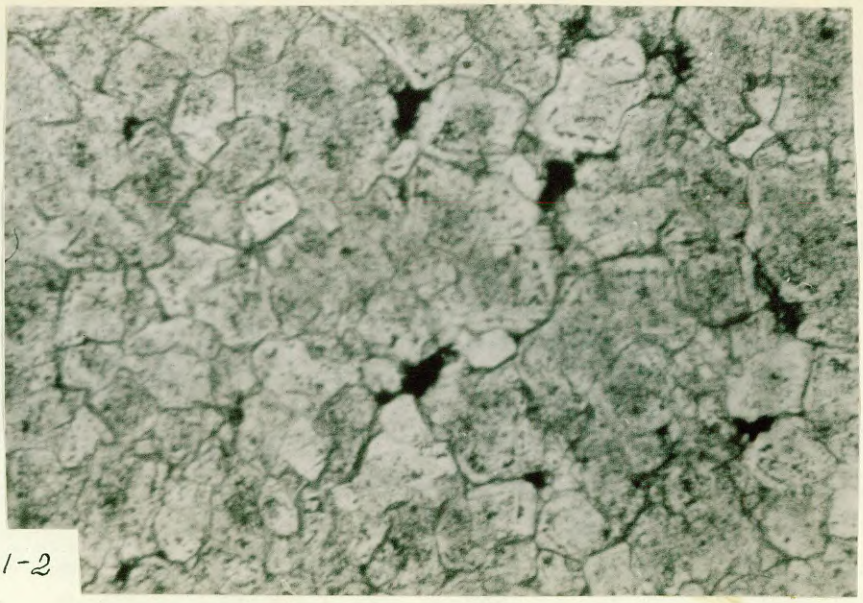
3. Пористые округлые участки, имеющие " песчанистый" облик. Такие участки в доломитах являются начальной стадией образование каверн. Верхнедаугавская подсвита, скв. 832.

Миеменская петля.

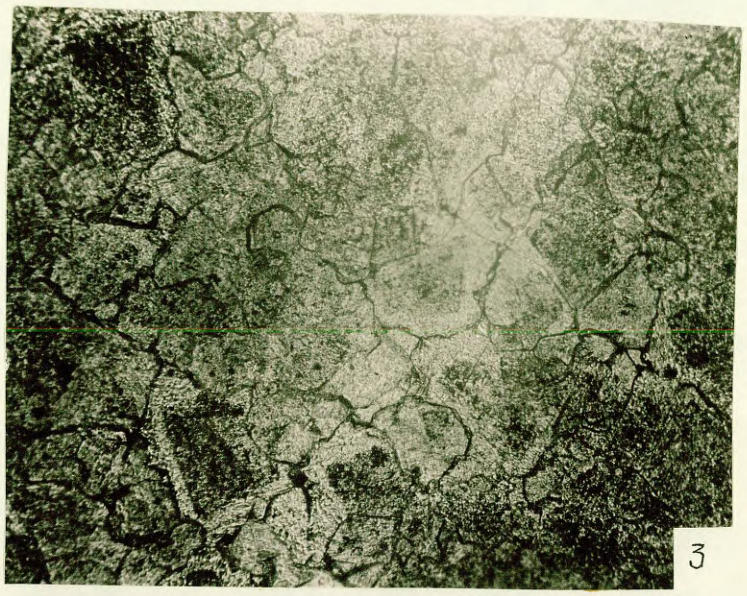
4. Окварцованная стенка каверны в доломитах.

Верхнедаугавская подсвита, нас. п. Пениги.

Таблица XXVI



1-2



3



4

Таблица XX111

1. Пористость по микрофауне, переходящая в кавернозность, в доломитах плявиньской свиты. г.Плявиняс.
2. Каверны по пириту в доломитах нижнедаугавской подсвиты. г.Огре.
3. Ядра выщелаченной фауны в доломитах верхнедаугавской подсвиты. нас.п.Пениги.
4. Выполнение кальцитом стенок полостей в доломитах верхнедаугавской подсвиты. Кегумс.

встречающихся довольно часто в отложениях даугавской, реже плявиньской свит.

Текстуры пород обуславливаются в большинстве случаев разнозернистой структурой и включением тонких глинистых частиц как в зёрнах так и в самой породе, поэтому развитие пористости в доломитах с вышеуказанными текстурами зависит в свою очередь от структурных особенностей каждого слойка или участка. Тем не менее отмечено, что породы обладающие микрослоистой текстурой, являются менее пористыми и кавернозными, чем многие породы с пятнистой текстурой.

Роль структурных и текстурных факторов в выщелачивании пород не является доминирующей, но в сочетании с другими факторами она иногда приобретает большое значение.

Классификация доломитов по размеру каверн и степени кавернозности.

Полые пространства в доломитах даугавской и плявиньской свит, как указано выше, имеют различную величину. Размер каверн часто зависит от их расположения относительно поверхностей напластования. Более крупные обычно тяготеют к последним, мелкие разбросаны по всему слою.

По размеру полых пространств, согласно полевой классификации, различаются доломиты:

1. пористые, с размером полых пространств менее 0,2 см.
2. тонко кавернозные -"- -"- -"- от 0,2 до 0,5 см.
3. мелко кавернозные -"- -"- -"- от 0,5 до 2,0 см.
4. средне кавернозные-"- -"- -"- от 2,0 до 5,0 см.
5. крупно кавернозные-"- -"- -"- от 5,0 до 20,см.
6. с кавернами-полостями-"- -"- -"- от 20 до 50 см.

Разделить же породы по степени кавернозности довольно трудно, так как при определении степени кавернозности необходимо учитывать не только количество каверн на единицу площади, но и их размерность. При описании пород в поле с определением степени их кавернозности за эталон брались не кавернозные и сильно кавернозные и между ними уже условно выделялись еще три группы: слабо кавернозные, мало кавернозные, со средней степенью кавернозности. При этом за сильно кавернозные доломиты были приняты породы, на 1 кв.м. поверхности которых приходилось от 450 каверн размером 0,2 - 2 см., до 1300 каверн размером 0,2 - 1 см. / доломиты с остатками фауны/. Таким образом по степени кавернозности доломиты условно подразделяются на 5 групп:

1. не кавернозные доломиты,
2. слабо кавернозные доломиты,
3. мало кавернозные доломиты,
4. со средней степенью кавернозности доломиты
5. сильно кавернозные доломиты.

Таблица XXIУ

1. Каверны в доломитах даугавской свиты, возникшие при выщелачивании гастропод.нас.п.Бебрулея.

2. Каверны в доломитах даугавской свиты, возникшие при выщелачивании брахиопод.

3. Каверны и поры в доломитах даугавской свиты, возникшие при выщелачивании кораллов. нас.п. Пениги.

4. Каверна с ребристыми стенками в доломитах даугавской свиты, возникшая от выщелачивания строматопоры.

/ образец из Музея Института/.

Пористость и кавернозность существенным образом влияет на физико-техничеекие свойства пород: механическую прочность, морозостойкость, водопроницаемость, стойкость против выщелачивания и т.п., способствуя в той или иной мере процессам разрушения или выветривания. При наличии трещиноватости пород, агрессивности подземных вод, и активности водообмена в пористо-кавернозных карбонатных породах нередко наблюдаются явления карста, как это ярко выражено в бассейне реки Даугава. Снижение породоустойчивости интенсифицирует процессы выветривания, особенно в промерзающих слоях отложений, где повышенная водопроницаемость пород имеет тенденцию быстро возрастать. Упомянутые обстоятельства вменяют в обязанность, при оценке возможностей строительства, особенно гидротехнического, учитывать значение пористости и кавернозности пород несущей толщи.

Г Л А В А VII

Современные представления о развитии карста

Из предыдущих глав было видно, что карст в долине р. Даугавы имеет широкое распространение и проявляется в весьма многообразных формах. Поэтому в теоретических и практических интересах нам предстоит выяснить закономерности распространения и развития карста в исследуемом районе. Прежде чем перейти к рассмотрению этого специального вопроса по нашему участку необходимо рассмотреть существующие представления на основании условия развития карста, главным образом в нашей отечественной литературе, так как региональный характер карста и вытекает из этих условий при наличии необходимых предпосылок карстового процесса в данной области.

На действие растворяющей деятельности воды обратил внимание выдающийся ученый XVIII столетия М.В.Ломоносов, отмечая образование капельников и заполнение пещер. В своем произведении " О слоях земных" он писал: "...

"...дождевая вода сквозь внутренность горы процеживается и распущенные в ней минералы несет с собой..." [64]

Д.С.Соколов указывает на 4 условия развития карстового процесса [105]

1. Наличие породы, относительно легко растворимой в воде;
2. Проницаемость этой породы;
3. Движение в породе воды;
4. Растворяющая способность или агрессивность воды.

А.А.Крубер еще в 1915г. правильно считал процесс растворения горной породы ведущим процессом в образовании

Таблица XXУ

1, Образование каверн-полостей, соединяющихся между собой, по контактам слоев.
/ рисунок-схема/
Доломиты нижнедаугавской подсвиты г.Плявиняс.

2-3. Схема распределения в слое доломита каверн, образованных за счет выщелачивания раковин строматопор. На отдельных участках по контактам развивается дробление.
Даугавская свита нас.п.Бебрулея.

4. Образование каверн по вертикальным и горизонтальным трещинам. Доломиты даугавской свиты. г.Огре.

карстовых форм, но он и отметил, что " нельзя строго разграничить эрозионную и коррозионную деятельность воды". [51]

В.М.Дэвис в 1930г. [141..] рассматривая вопрос о происхождении пещер говорил о подготовке размыва растворением, имея в виду воздействия на породу и фактора растворения и размыва.

Процесс растворения карбонатных пород зависит от их минералогического состава, структуры, текстуры, трещиноватости, пористости, степени агрессивности вод и от условий водообмена.

Растворение карбонатных пород происходит под действием воды, содержащей свободную углекислоту. Вода, насыщенная углекислотой, по сравнению с химически чистой водой повышает растворимость карбоната кальция и магния во много раз. Входя во взаимодействие с растворами, атмосферная вода выщелачивает различные составные части , насыщается ими и в дальнейшем воздействует на породу как сложный раствор с беспрерывно меняющейся концентрацией, а иногда и составом.

И.К. Зайцев [34.] приводит данные о растворимости карбоната магния в граммах на литр в растворах $NaCl$, N_2SO_4, Na_2CO_3 в атмосфере без свободной углекислоты:

$NaCl$	$MgCO_3$	Na_2SO_4	$MgCO_3$	Na_2CO_3	$MgCO_3$
0	0,176	0	0,216	0	0,223
28,0	0,418	25,32	Л,586	23,62	0,288
106,3	0,585	95,68	1,020	86.42	0,879
231,1	0,460	191,90	1,280	181,90	1,972
331,0	0,293	305,10	1,388	213,20	2,317

Таким образом , как правило, с повышением в растворе содержания электролита растворимость карбонатов магния и кальция сильно возрастает [34]. Зайцев / .

Проанализировав большой материал И.К. Зайцев [34] делает следующие выводы:

1/ В химически чистых карбонатах магний растворяется значительно больше и быстрее, чем кальций;

2/ В природных карбонатах с незначительным содержанием магния последний растворяется быстрее и больше, нежели кальций;

3/ Известняки растворяются в несколько раз больше и быстрее, чем доломиты;

4/ В зависимости от соотношения в карбонатах содержания кальция и магния карбонаты растворяются в различных количествах и с различной быстротой;

5/ Содержание в воде различных электролитов увеличивает растворимость как кальция, так и магния, но особенно магния.

Согласно с хорошо известными нам определениями Ф.Ф. Лаптева [56] растворимость углекислого кальция с повышением содержания свободной углекислоты повышается.

Условием равновесия реакции:

является соотношение растворимых в воде количеств свободной углекислоты и бикарбоната кальция.

Избыточное содержание свободной углекислоты нарушает равновесие и переводит твердый углекислый кальций в раствор. Таким образом, растворимость углекислого кальция / карбонатная ёмкость воды/ зависит от количества содержащейся в воде свободной углекислоты способной к реакции с $CaCO_3$. Причем, скорость агрессивного действия воды /растворения/ не находится в прямой пропорциональности с содержанием в воде агрессивной углекислоты, поэтому Лаптев различает понятия "интенсивной карбонатной агрессии" и " карбонатной емкости".

При наличии в воде других кислот выщелачиваемость $CaCO_3$ повышается.

Углекислота действует растворяюще на многие карбонаты и даже на доломит. При уменьшении количества свободной углекислоты в растворе бикарбонат будет распадаться и произойдет осаждение $CaCO_3$. Таким образом, важным условием для осаждения является насыщение воды бикарбонатом, предел которого зависит от количества свободной углекислоты в растворе, и выделение ее, при соответствующих условиях вызывает осаждение. Природные карбонаты помимо своих составных частей обычно содержат и другие примеси, которые образуют нерастворимый остаток.

В природных условиях величина нерастворимого остатка играет роль в смысле замедления карстообразования, а в некоторых случаях и полного его подавления

Таблица XXУ1

1-2. Включения пирита в доломитах.

ув х18 1ник
ув х48 1ник контакт $Д_3 dg_3$
нас.п.Пениги

3. Доломиты. Торцовая структура с преимущественно неправильной, лапчатой формой зерен.

ув х48 1ник $Д_3 dg_3$ нас.п.Бебрулея.

4. Доломиты. Мозаичная структура с неправилно-многоугольной формой зерен.

ув х98 1ник $Д_3 dg_1$ г.Огре.

Ряд данных показывает, что в более чистых карбонатах карст развивается наиболее интенсивно и широко, тогда как в карбонатах с большим количеством нерастворимого остатка происходит быстрое накопление нерастворимых продуктов, закупоривающих все пути циркуляции воды, что ведет к замедлению или полному подавлению карстового процесса.

В книге И.К.Зайцева [34.] приводятся данные А.А.Крубера о том, что " большое содержание глинистых частиц в известняках Никитской и северо-западной Карабиярлы [до 22,3 о/о] не дало здесь развития в сколько нибудь значительных размерах каррам ". Там же приведены высказывания И. Шукина о том, что "не всякий известняк или доломит в одинаковой степени склонен к образованию карста. Если эти породы содержат значительное количество глинистых частиц, то глина остается при растворении породы в виде нерастворимого остатка. Слой этого глинистого элювия, скопляющийся на поверхности, замазывает в конце концов все трещины породы изолирует ее от действия атмосферных вод и делает ее нерастворимой и непроницаемой".

Таким образом, влияние нерастворимого остатка играет значительную роль в интенсивности проявления карста так и в формировании его морфологических форм.

С какойже быстротой и в каких количествах выщелачиваются природные карбонаты в естественных условиях. О количестве растворяемой в действительности горной породы

может дать анализ воды, вытекающей из источников.

Годовое количество, выносимое источником в растворенном виде известняка, может быть определено по следующей формуле:

$$a \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60,$$

где - дебит источника в л/сек.

а - количество граммов извести, растворенной в 1 л. воды, принимаемое А.А.Крубером за 0.25.

Пользуясь этой формулой, А.А.Крубер находит, что источник Тимаво / = 26 620/ выносит извести 210.000.000 кг; принимая среднюю плотность известняка равной 2,6 , получим, что этому количеству растворенной извести соответствует увеличение об"ема пустот в круглых цифрах 80.000 куб. м. в год.

Растворение в природе подготавливается размывом пород. О взаимосвязанном действии процессов растворения и размыва говорится в работах А.А.Крубера, И.К. Зайцева, Н.А. Гвоздецкого и др. [50, 34, 21]

Н.А. Гвоздецкий [50] говорит, что растворяющее действие воды проявляется неодинаково на поверхности известняка, являющегося по своей структуре зернистой породой. Растворение прежде всего действует на спайки зерен, освобождая зерна от сцепления и облегчая их смыв механическим действием водного потока. Благодаря этому процессу одновременного действия растворения и эрозии образуются гладкие поверхности известняка.

Далее Гвоздецкий рядом примеров подтверждает, что при турбулентном движении воды и при наличии достаточных скоростей водного потока, в формировании поверхности карстовых областей и в образовании подземных форм карста участвуют одновременно растворение и размыв, т.е. коррозия и эрозия, действуя одновременно и взаимосвязанно. Механическое воздействие следует понимать во взаимной связи с химическим воздействием воды на породу.

При малых скоростях движения воды механическое воздействие ее может почти не проявляться, разрушение породы в этом случае происходит путем растворения. Вследствие этого образуются " ноздреватые и губчатые " формы разрушения породы.

Растворение и действие механической работы воды проявляются в образовании карстово-суффозионных форм, при этом большое значение имеет процесс разрушения породы. Под разрушением понимают [85 .]Попов 1951[ ] суммарный результат выщелачивания из горной породы растворимых веществ и механического выноса током воды нерастворимого остатка.

Опытные данные Н.В. Соловьева [112] показывают, что от минералогического состава карбонатной породы, в которую основные породообразующие минералы кальцит и доломит входят в различном процентном соотношении зависит ее растворение и разрушение.

В известковистых разностях доломитов, доломит и кальцит растворяются с разной быстротой в

зависимости от их количественного соотношения в породе и скорости движения воды.

Благодаря большой скорости растворения кальцита, последний растворяется более быстро и выносится движущейся водой. Минералы же доломита заполняют образовавшиеся пустоты доломитовой мукой.

Данными Н.В. Родионова [88] установлено, что в районах с развитием чистых разностей известняков карстовые пустоты или полые или частично заполнены остаточными продуктами выщелачивания, т.к. в процессе химического взаимодействия известняков с подземными водами имеет место почти чистое растворение минералов кальцита.

Лабораторные опыты Н.В. Родионова [89а] над известковистыми доломитами с содержанием свободного кальцита до 40-50% и с пористостью до 30 % показали, что при действии углекислой воды на эти доломиты в первую очередь происходит вынос кальцита и постепенное разрушение породы с увеличением ее пористости до 33 %.

Пористость порядка 35-40% является той верхней границей, при которой известковые доломиты еще могут существовать как скальные породы. Дальнейшее растворение превращает породу в " доломитовую муку", состоящую из чистого доломита.

Процесс полного разрушения карбонатной породы, сопровождающийся изменением минералогического состава, возможен в том случае, если порода состоит не менее чем на 35% из кальцита и содержит не более 65% доломита.

При меньшем количестве кальцита, после его выноса процесс выщелачивания и разрушения совершается далее в чистом доломите и не сопровождается изменением минералогического состава. Процесс разрушения имеет место и в однородных, как-бы " чистых" по своему химическому составу но различных по структуре карбонатных породах, состоящих из кристаллических зерен доломита или кальцита с цементом того или иного состава. Подобное явление имеет место и в породах, сложенных сцементированными форменными элементами и органогенными остатками. [. . 50 . . Н.А. Гвоздецкий 1954.].

Ярким примером растворяющей и разрушающей деятельности воды являются описанные М.С.Ковеевым в 1956г [.38] карстово-суффозионные явления в Тат.АССР, в левобережной части долины Волги, в верхнепермских отложениях. В описываемом районе происходит вмывание пластического материала в толщу трещиноватых пород или же в имеющиеся в пермских отложениях пустоты.

Взаимодействие воды с горными породами привело к выщелачиванию легко растворимых разностей пород слабо минерализованными водами изменению структуры доломитов и известняков и образованию доломитовой и известняковой муки. Указанные выше процессы приводили в основном к структурно-текстурным изменениям пород и к другим сложным физико-химическим явлениям.

При усиленном вмывании пластического материала четвертичных отложений в трещины и пустоты пермских происходит в пределах водоносного горизонта. Такое перемещение приводит к образованию выше уровня зеркала грунтовых вод небольших пустот, кровля которых постепенно обваливается до уровня водоносного горизонта. Обвалившиеся породы в свою очередь подвергаются вмыванию в нижележащие отложения. Таким образом, пустоты над зеркалом грунтовых вод увеличивается , после достижения соответствующих размеров ее кровля обрушивается и на поверхности образуются провалы.

Усиленное вмывание кластического материала обычно происходит там, где трещиноватые породы имеют наибольшую мощность. Вследствие этого, резче всего выражены карстово-суффозионные процессы в области погребенных склонов коренных пород и неглубокого размыва пермских отложений.

Процесс вмывания связан со скоростью потока подземных вод.

Наряду с прочими вопросами по растворимости интересны данные Н.А. Огильви освещенные на карстовой конференции в 1956г. о влиянии напряженности скелета горных пород в тектонических зонах на усиление их растворимости [882] Тезисы карстовой конференции 1956г. вып.III Говоря об изучении геофизическими методами карстующихся массивов с точки зрения их

коррозионной способности Н.А. Огильви различает две стороны этого вопроса, выделение коррозистойких включений в толще массива и изучение растворимости основных пород, слагающий данный массив.

В части первого пункта разрешение вопроса не представляет затруднений, в части же второго - мало изучены возможности использования геофизических методов для исследования собственно коррозионных свойств. Только для известняков высказывается соображение о том, что увеличение содержания терригенного материала в известняках существенно понижает их карразионную активность.

Структура карбонатных пород, характер распределения главных структурных элементов, а также характер карбонатного цемента существенным образом сказываются на скорости растворения пород, уменьшая или увеличивая ее.

Большое значение при этом имеет пористость, которая увеличивает поверхность соприкосновения воды с породой, что способствует "разъеданию" и разрушению породы путем растворения.

При наличии системы микропор и микротрещин процесс карста протекает в , например, доломитизированных породах неравномерно.

В первоначальной стадии происходит интенсивное растворение кальцита, за счет выноса которого часто разрабатывается система пор и пустот в породе.

Поры выщелачивания имеют большое распространение среди доломитовых пород. Особенно наглядно процесс образования пористости и связи ее с минералогическим составом и структурой породы прослеживается на одной из разновидностей известковистых доломитов Самарской луки в слоистом песчаниковидном доломите.

По изучению шлифов невыветрелого крепкого доломита установлено, что слоистость его обусловлена наличием тонких горизонтальных прослоек кальцита толщиной от десятых долей до одного мм.

Кальцитом окружены и отдельные зерна доломита, связанный с наличием микропор на грани раздела кальцит-доломит, носит неравномерный характер и ведет при растворении и выщелачивании кальцита к разработке своеобразной формы пор - пустот в виде тонких горизонтальных каналов размерами примерно того же порядка, как и прослойки кальцита.

Структурой и составом этой породы объясняется и дальнейшая форма разрушения доломита, которая расподается на отдельные плитки в 5-6 см. толщиной и даже превращается в рыхлый, грубозернистый доломитовый песок.

/Н.В.Родионов, отчет по теме: " Методика изучения карста при различных видах строительства и, в первую очередь при строительстве прудов и водоемов" за 1956г. /

Рядом лабораторных исследований было установлено, что наиболее растворимы среднезернистые и

разнозернистые породы [Ф.Ф.Лаптев, 56].

Значительно труднее растворимы микрозернистые и крупнокристаллические карбонатные породы. Известно, однако, что растворимость мелких кристаллов выше, чем крупных, и плохую растворимость мелкокристаллических пород следует, очевидно, связывать с их малой пористостью.

Оолитовые или псевдолитовые разности известняков и доломитов обладают наименьшей скоростью растворения, в то время как перекристаллизованные и песчанистые разности известняков имеют наибольшие скорости растворения. Для того, чтобы карстовый процесс мог возникнуть и развиваться в своих типичных формах, необходимо не только наличие растворяющихся в воде пород, но и наличие условий для проникновения воды в глубину. Эти условия в карбонатных породах могут возникнуть только при наличии в породах трещиноватости. Поэтому изучение роли трещин в процессе карстообразования является настолько же важным, как и растворение различных пород. Трещины обуславливают растворение пород на глубине и определяют в значительной мере морфологию и гидрогеологию карста.

Вторым основным условием развития карста является степень водопроницаемости растворимых пород. В сплошных массивах плотных пород с компактной структурой часто практически водонепроницаемых фильтрация воды происходит, главным образом, по системе трещин и крупных каверн.

Карстовый процесс не меняет существенно структуры и состава пород и направлен в основном на расширение существующих трещин и кавери и проявление микротрещиноватости. [89а, Родионов Н.В.) тезисы карстов. конф. 1957г. "Опыт воспроизведения некоторых карстовых форм в лабораторных условиях". Вып.8.]

Влияние трещиноватости горных пород на развитие карста подчеркивалось очень многими исследователями, типы и характер трещиноватости освещаются в литературе очень обстоятельно с учетом разнообразия трещин по ширине и направлению.

Еще Гельмирсен в начале XIX в [148] , описывая геологию побережья Балтийского моря, отмечал сильную раздробленность силурийских известняков и указывает на определенную ориентировку трещин, заполненных глиной или известковым шпатом.

С.Н. Никитин в 1889 г. [80] отмечал, что карстовые воронки в области распространения известняково-доломитовой толщи Казанского яруса перми имеют линейное расположение, обусловленное наличием трещин определенного направления. Роль трещин в процессе карстообразования подчеркивалась А.А.Крубером, [51] А.Е. Ферсманом [126] А.Грундом [152] , Е.Мартелем [159], И.Цвигеи [140] , М.И.Соболевым [100] , А.С.Барковым [5] и др.,

Впоросу трещиноватости посвящаются в нашей отечественной литературе работы М.А.Усова, А.С.ХРамушова, Д.С.Соколова, Е.Н. Пермякова, Н.И.Критера, А.Г.Лыкошина, Л.И.Нейштадт [125, 129, 102, 86, 48, 65, 79]

Ф.П.Саваренский в 1935г. [98] писал, что " Как поверхностные карстовые образования, так и внутренние пустоты связаны с трещиноватостью породы, которая является главной причиной развития карстовых образований, наряду с характером самой породы и доступом к ней просачивающихся вод"...

В работах Ф.П.Саваренского и Д.С.Соколова [98, 102] впервые был поставлен вопрос о необходимости и значении изучения трещиноватости для инженерно-геологической оценки горных пород.

Работы, затрагивающие вопросы трещиноватости в связи с инженерно-геологическими проблемами, написаны А.С.Барковым и Н.И. Соколовым [5, 109], Г.М.Ломизе [63], А.Г.Лыкошиным [65], Н.И.Кригером [48] и др. Последняя работа представляет интерес как сводка описаний методов изучения трещиноватости при гидрогеологической съемке.

В работе Л.И.Нейштадт [79] даются принципы инженерно-геологической классификации трещиноватости на основе полевых методов количественного учета ее. Из генетических классификаций трещин наиболее полной можно считать классификацию В.В. Белоусова, в которой, однако, не учитываются трещины напластования [5а].

В зависимости от генезиса трещин роль их в развитии карстового процесса различна.

Е.П.Пермяков, [86] основываясь на генетическом принципе выделяет следующие виды трещин:

1. Трещины первичной отдельности ;
2. Трещины напластования ;
3. Трещины выветривания ;
4. Трещины откосов, оползней, обвалов и взрывов ;
5. Трещины тектонические.

В этой классификации мало внимания уделяется видам тектонических трещин. А.С. Храмушевым [129] предложена гидрогеологическая классификация трещин, в основу каждой положен принцип распространения трещин в горизонтальном и вертикальном направлениях. При этом выделены два основных класса трещиноватости: класс региональной и класс локальной трещиноватости.

В каждом классе различается трещиноватость пластовая, связанная с определенными литологическими разновидностями пород, трещиноватость поверхностная развитая в зоне выветривания, и трещиноватость секущая, распространяющаяся на большие глубины.

Классификация является узко специализированной, но имеет преимущества для практического использования.

Предложенная Г.М. Ломизе [..63.] гидротехническая классификация трещин составлена по генетическим и морфологическим признакам и классы трещиноватости в ней обуславливаются :

1. Механическими усилиями / тектонические трещины, оползневые трещины и др/ ;
2. Температурными изменениями в породе ;

3. Выветриванием ;
4. Метаморфизмом ;
5. Химическими превращениями в породе и
6. Процессами высыхания.

Кроме этого в классификацию входят отделы, выделенные по морфологическим признакам: отдел трещиноватости стратиграфических структур, отдел тектонических структур и отдел интрузий. Учитывается также в классификации группа трещиноватости по фильтрационной способности.

Трещины в карбонатных породах имеют различный характер в зависимости от того, в каких литологических разностях пород они образуются.

Из последних работ различные генетические типы трещин и их характеристики рассматриваются в " методах геологического изучения трещиноватости горных пород при инженерно-геологических исследованиях" [10]. Соколов Д.С. 1947, Л.И. Нейштадт, 1957]

Трещины первичной отдельности в осадочных породах образуются в процессе диагенеза. Они встречаются в осадочных породах различного литологического состава, в связи с чем имеют различный характер. В карбонатных породах эти трещины образуют правильной формы отдельности. Они чаще всего образуются в результате изменения объема породы в связи с раздоломичиванием или вторичной доломитизацией. Стенки трещин первичной отдельности в карбонатных породах - в общем сглаженные, местами бугристые, в связи с выступающими многочисленными кристалликами кальцита.

Трещины напластования образуются в результате процессов седиментации и диагенеза осадков.

Чаще всего эти трещины развиты на границе литологически различных слоев параллельно слоистости. Возникает этот тип трещин в связи с тем, что соприкасающиеся в плоскости напластования породы неодинаково реагируют на внешние воздействия / нагревание, охлаждение, окисление, гидратацию и давление /. Наиболее отчетливо они проявляются при выветривании и имеют различный характер в различных литологических разностях пород, и почти всегда носят следы выщелачивания. В известняках и доломитах трещины напластования образуют как тонкоплитчатую, так и толстоплитчатую отдельности. По ним часто развиваются пустоты и каверны, как например в третичных известняках в районе строительства Каховской ГЭС. В отдельных районах трещины напластования играют основную роль в развитии карста, где наиболее закарстованные зоны приурочены к контакту двух соседних пластов.

Наиболее важное значение в развитии карста играют тектонические трещины, выдерживающиеся по глубине и рассекающие на значительную глубину серии пластов, различных по возрасту и литологическому составу. Сюда относятся все тектонические трещины, как связанные с зонами тектонических разломов / параклазы/, так и не связанные с ними / диаклазы/.

Тектонические трещины образуются под влиянием внешних напряжений, возникающих в горных породах при тектогенезе, в процессе сжатия и растяжения и

и характерны для горных областей, но встречаются также и на платформе.

Для тектонических трещин характерны общая выдержанность ориентировки по одному или нескольким направлениям, увязывающимся обычно с направлением основных структурных элементов, простиранием осей складок и линий тектонических нарушений.

В разбираемой классификации тектонические трещины подразделяются на два типа: Первый тип - это тектонические трещины, связанные с зонами тектонических нарушений / параклазы /, которые являются в основном трещинами сжатия, реже растяжения. Обычно они распространены локально, приурачиваясь к зонам крупных нарушений, но имеют часто и самостоятельное значение. Среди них можно различать секущие трещины сбросов, взбросов, сдвигов и трещины надвигов.

Второй тип тектонических трещин- это трещины, не связанные с зонами тектонических нарушений /диаклазы/, которые хорошо выдерживаются по площади в одном или нескольких направлениях, образуя выдерживающиеся ряды узких капиллярных трещин. В растворимых осадочных породах /карбонатных/ стенки этих трещин часто изъедены карстом.

Следом за тектоническими трещинами в классификации выделяются трещины разгрузки в склонах долины / трещины бортового отпора, трещины в оползнях и трещины просадок./

Трещины разгрузки в склонах долин приурочены к склонам долин, рек и оврагов, врезанных в скальные и полускальные породы различного литологического состава. Возникновение этих трещин А.Г.Лыкошин / . 65 / объясняет разгрузкой сил внутреннего напряжения. При возникновении эрозионных врезов в напряженном массиве происходит нарушение равновесного состояния и образуются трещины разгрузки. Последние образуются в бортовой зоне вреза, где силы растяжения / отпора / превышают противодействующий им вес пород.

Трещины разгрузки часто образуются по трещинам другого генезиса. Чаще всего трещины разгрузки развиваются по следам тектонических трещин, если направление последних следует эрозионной сети. В зависимости от литологического состава трещины разгрузки в склонах долин имеют различный характер. По таким трещинам часто происходят смещения пород, достигающие в ряде случаев значительного размера.

Трещины, связанные с оползнями и просадками образуются главным образом в глинистых и песчано-глинистых породах, поэтому подробно останавливаться на них в данной главе нет необходимости.

Обращают большое внимание на себя трещины выветривания, которые широко распространены в поверхностной зоне выветривания горных пород на глубинах до 15м и более. Чаще всего они расширяют уже существующие трещины другого генезиса, но могут образовываться и

первично в массивной породе, подвергающейся выветриванию. Характерными особенностями трещин выветривания являются: невыдержанность общей ориентировки, извилистость, а также неравномерное распределение и затухание с глубиной. Эти трещины, первично образующиеся в результате атмосферных влияний, смены температур, солнечной инсоляции, смерзания и размерзания, сгущаясь, приводят к разрушению породы на все более мелкие обломки и превращению ее в щебень и дресву.

На характер трещин выветривания, влияние оказывает климатический фактор, т.к. в зависимости от преобладания факторов физического или химического выветривания изменяется глубина распространения трещин выветривания, степень их раскрытости и характер выполнения.

Трещины выветривания различаются в зависимости от первоначального типа трещин, по которым они образовались: трещины выветривания, образующиеся по тектоническим трещинам, трещинам первичной отдельности, трещинам напластования.

Таким образом, закономерность распространения карстовых полостей в любом карстовом районе определяется главным образом характером трещиноватости карбонатных пород и структурно-тектоническими условиями района, что подтверждается рядом работ / 3,8,11,46,59,62 и др /

Наиболее сильное развитие карста в верхних гидродинамических зонах объясняется фактором трещиноватости, подчиняющимся зональности по глубине.

И.К.ЗАЙЦЕВ указывал [.34.11.], что крупные трещины являются дренирующей поверхностью для вод, циркулирующим по мелким трещинам. Наиболее крупные пустоты при этом образуются на месте пересечения мелких трещин с более крупными.

Характер трещиноватости определяет морфологию и гидрогеологию карста.

Геологические, гидрогеологические и геоморфологические факторы, влияющие на развитие карстового процесса.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ.

Мощность, литология и условия залегания карбонатных пород оказывают существенное влияние на развитие карста.

В зависимости от мощности карстующихся пород А.А. Крубер в 1915г. [.50.] произвел деление карста на мелкий и глубокий и в соответствии с этим описал гидрографические и геоморфологические особенности этих двух типов.

Н.М.Страхов [116, 116а] отмечает разный характер развития карбонатных пород на платформах и в геосинклинальных областях. На платформах карбонатные породы занимают огромные площади, достигая больших мощностей.

В областях с малыми мощностями растворимых пород развивается так называемый, мелкий карст, наиболее закарстованная зона которого наблюдается вдоль контакта с поверхностью водоупорного слоя.

Н.А. ГВОЗДЕЦКИЙ [21] отмечает, что " благодаря меньшей массе растворимой породы, процесс эволюции рельефа, при благоприятных условиях циркуляции вод, идет в мелком карсте быстрее, причем в образовании как замкнутых, так и долинных форм огромное значение имеет обрушение сводов подземных полостей. Здесь подразумевается тот случай, когда маломощная толща выходящей на поверхность растворимой породы, залегающая горизонтально, подстилается какой-то водоупорной толщей.

В районах с большой мощностью карбонатных пород, т.е. в случае глубокого карста, глубина его развития определяется условиями движения трещино-карстовых вод в зависимости от местных или региональных врезов гидросети.

Косвенная зависимость развития карста от тектоники отмечалось А.А.Крубером [50] и другими исследователями.

" Совершенно очевидно,- говорит Н.А. Гвоздецкий [21],- что раз не только трещины наслоения, но и чередование слоев пород с различными физико-техническими свойствами должны существенно влиять на распространение карстовых процессов (отдельные слои могут легче подвергаться действию коррозии или подготовляемой ей эрозии), то характер расположения слоев следует рассматривать как один из важнейших морфологических факторов"...

....." Наклонное залегание слоев растворимых пород ограничивает территориально области распространения карста. При горизонтальном или близком к горизонтальному залегании слоев карстующейся толщи легко растворимые слои могут выходить на поверхность или залегать близко от поверхности под водопроницаемым покровом на очень большом пространстве.

Случай горизонтального залегания слоев обеспечивает чрезвычайно широкую циркуляцию вод в боковом направлении при наличии определенных систем дренажа и, если системой трещиноватости обеспечивается вертикальная циркуляция вод, дает интенсивное развитие также и подземных форм карста".

Неоднородность состава пород и их структура вызывает интенсивное развитие карста в слоях, сложенных более склонными к растворению породами. Включения нерастворимых прослойков и линз оказывает определенное влияние в том отношении, что во многих случаях плоскости контакта разнородных толщ представлены наиболее трещиноватыми зонами и следовательно наиболее закарстованными.

Гидрогеологические факторы.

Гидрогеологические факторы определяют характер движения трещино-карстовых вод в карстовом массиве. При циркуляции вод в глубине карстового массива преимущественно наблюдается вертикальная зональность в зависимости

от условий водообмена. Циркуляция трещино-карстовых вод в верхней части карстующегося массива наиболее интенсивна -вследствие усиленной трещиноватости растворимых пород. С глубиной трещиноватость затухает и водопроводимость пород уменьшается. Здесь трещино-карстовые воды приобретают более стабильный гидродинамический режим, в результате чего водообмен снижается. Из этого вытекает, что в развитии карста особенно важное значение имеют карстовые воды и их распределение на определенном уровне.

Еще на заре науки о карсте - говорит В.А.Апродов, - [2] возникли две, якобы взаимно исключающие друг друга, гипотезы относительно существования единого зеркала карстовых вод. Они получили свое оформление в классических работах Грунда [152] и Пенка [162а], с одной стороны, и Мартеля и Катцера - с другой [153а, 159] Первые считают несомненными наличие единого зеркала карстовых вод; вторые отрицают его, ссылаясь, в основном, на разную высоту уровня карстовых вод в соседних карстовых колодцах и на другие мелкие особенности карстовой гидрографии.

По характеру циркуляции воды в карстовом районе в вертикальном разрезе И.К. Зайцев выделил следующие зоны:

I/ зону периодической циркуляции воды - приурочена к зоне вертикальных каналов.

2. Зону активных запасов воды, приуроченную к зоне горизонтальной циркуляции.

3. Зону сифонной циркуляции, приуроченную к сифонным каналам и

4. Зону пассивных запасов воды.

Схема исключает возможность движения вод в зоне 4 и выделяет разновидность вод циркулирующую по отдельным каналам в зону сифонной циркуляции.

Д.С. Соколов [103. 1947а] выделил два основных типа "трещинно-карстовых" вод: " трещинно-карстовые воды зоны насыщения и так называемые висячие трещинно-карстовые воды в зоне аэрации". Карстовые потоки Д.С. Соколова считает разновидностью тех же двух типов трещинно-карстовых вод.

Позднее Д.С. Соколов [105. 1949] [6], 1951..... выделил следующие гидродинамические зоны:

1/ зону аэрации, движение инфильтрационных и инфлюционных вод по трещинам реже порам и карстовым каналам преимущественно в вертикальном направлении.

2/ Зону сезонного колебания уровня подземных вод; характеризуется периодической сменой горизонтального и вертикального движения подземных вод.

3/ Зону полного насыщения, находящуюся в сфере дренирующего воздействия гидрографической сети; в этой зоне движение подземных вод направлено в сторону речных долин, врезанных в обводненную толщу растворимых пород.

4/ Зону глубинной циркуляции, где движение воды происходит вне непосредственного дренирующего воздействия гидрографической сети. Обуславливается тектонической структурой. Воды медленно движутся к тектоническим депрессиям и отдельным очагам разгрузки.

Ф.А.МАКАРЕНКО [.69. 1947г.] выделяет три наиболее характерные зоны развития карста, отвечающие зонам подземного стока :

1/ верхнюю зону - зону активного стока /"грунтового"/ и интенсивного развития карста / выше местного эрозионного вреза/ ;

2/ среднюю зону - зону замедленного стока и своеобразного карста / ниже первой, но выше уровня регионального вреза реки или моря / и

3/ нижнюю зону - зону весьма замедленного стока, относительно застойную, со слабым и тоже своеобразным развитием карста / наиболее глубокая/.

Ф.А.МАКАРЕНКО первые две зоны: аэрации и сезонного колебания уровня подземных вод относит к наиболее динамичным вследствие неограниченной возможности разгрузки этих вод. Питание вод обладающих значительными скоростями движения происходит за счет просачивающихся атмосферных осадков, насыщенных различными органическими кислотами, вследствие чего интенсивное развитие карста происходит именно в пределах этих двух зон.

В зоне полного насыщения скорость развития карста намного слабее,т.к. движение вод, направленное в сторону

речных долин происходит с меньшими скоростями при более или менее стабильном геохимическом и динамическом режиме.

Зона глубинной циркуляции подземных вод характеризуется наличием восстановительного геохимического режима.

Благодаря очень медленному движению воды в этой зоне обладают наиболее высокой минерализацией вследствие обогащения их углеводородами, биогенной CO_2, N_2 и H_2S

Многими исследователями отмечалось, что при трещиноватости пород циркуляция вод не прекращается и ниже базиса эрозии.

Еще в 1911г. П.ТУТКОВСКИЙ [124] ставил вопрос о значении циркуляции подземных вод ниже местного уровня речных долин. О глубокой циркуляции воды в карсте ниже уровня грунтовых вод и ниже дна речных долин упоминалось и в зарубежной литературе у Ф.Динера [143 а], В.Дэвиса [141], Н.Грамера [149] и др.

В практике советских исследователей карста получены интересные данные о глубине распространения карста ниже уровня речных долин, которые изложены в ряде работ, а затем систематизированы в работе Н.А.Гвоздецкого [21, 1954].

Так на Урале карстовые полости были встречены на глубине до 1100 м.

А.Ф.ЯКУШЕВА [131, 1947] указывает, что " по данным нижней Камы и р.Кинзелы кавернование затухает на глубинах до 55 м и глубина активного кавернования ниже речных долин является результатом воздействия на карбонатные породы подруслового потока".

А.В.ЩЕРБАКОВ [129б] описывает каверновые полости на глубине 430 м и ниже уровня местной гидросети в докембрийских породах Украинского кристаллического массива.

Ф.П.САВАРЕНСКИЙ [98, 1935] писал, что " в трещиноватых породах процесс карстообразования может заходить значительно ниже базиса эрозии, поскольку в движении подземного потока могут участвовать и нижние части его, но чаще с уменьшенными скоростями, в силу чего процесс карстообразования ниже уровня базиса эрозии естественно затухает с глубиной и не может иметь того эффекта, который присущ зоне с большими скоростями выше базиса эрозии". Нижний уровень, до которого возможна циркуляция воды в карстующейся породе, Ф.П.Саваренский называет базисом карста.

В.А.АПРОДОВ движущейся силой циркуляции вод ниже базиса эрозии считает [2] разницу в гидростатических напорах карстово-трещинных вод. Чем сильнее падение уровня карстово-трещинных вод по направлению к речной долине или к подземной дрене, тем больше разность в гидростатических напорах воды в трещинах и карстопроявлениях и тем сильнее и глубже циркуляция вод по

трещинам ниже базиса эрозии. Этой циркуляцией объясняется наличие постоянных восходящих источников в долинах рек. "Глубина распространения карста в областях, сложенных мощными карбонатными толщами, не ограничивается глубиной эрозионных врезов,- указывает Д.С.Соколов [.105, .1947] и,- связано с медленной миграцией подземных вод по направлению к тектоническим депрессиям и областям разгрузки. В верхних зонах земной коры развитие карста тесно связано с развитием эрозионных циклов. В глубоких зонах такая связь отсутствует, и здесь карстообразование является медленным, но непрерывным процессом, развивающимся на протяжении длительного геологического времени".

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАЗВИТИЕ КАРСТОВОГО ПРОЦЕССА.

Геоморфологические условия района определяют условия циркуляции поверхностных и подземных вод. В районах развития карста условия поглощения дождевых и талых вод зависит от рельефа, климатических условий и характера покровных образований.

Рельеф и микрорельеф местности определяет условия инфильтрации поверхностных вод [.108, .65] Интенсивность вертикального просачивания поверхностных вод зависит от крутизны склонов. Очаги поглощения этих вод связаны с наиболее низкими абсолютными отметками, чаще всего с овражно - балочной сетью района.

В большинстве случаев закарстованные зоны приурочены к наиболее пологим участкам склонов, к долинам рек

или к их террасам. В придолинных участках циркуляция воды усиливается вследствие благоприятных условий дренажа, в соответствии с этим усиливается коррозионная деятельность вод по сравнению с водораздельными пространствами.

Вертикальные движения земной коры управляют положением базиса дренирования, что сказывается на развитии карста.

При положительных движениях земной коры уровень карстовых вод в карстующемся массиве снижается и занимает новое положение соответствующее углублению базиса дренирования. В результате этого зона горизонтальной циркуляции карстовых вод охватывает новые пласты пород, которые раньше были в условиях развития глубокого карста Таким образом, в карстовом массиве имеет место этажное развитие горизонтальных карстовых полостей, по которым можно судить о геологической истории данной области.

В случае погружения карстового массива происходит поднятие уровня карстовых вод. При этом карстовые каналы и полости развивавшиеся раньше в зоне горизонтальной циркуляции, опускаются ниже уровня карстовых вод на глубину, которая зависит от амплитуды погружения. Здесь карстовые полости могут подвергаться кальматации глинисто-песчаным материалом, принесенным карстовыми водами из вышележащих зон /66/. Карст продолжает развиваться, но скорость его развития незначительна.

Таким образом, в зависимости от характера вертикального движения земной коры зоны интенсивного развития карста могут перемещаться, занимая разные положения

в карстующемся массиве.

Говоря об этажности развития карста в ходе геологической истории Д.С. Соколов [108] выделяет три основные историко-геологические типа развития карста:

1. Карст верхнединамических зон, где после образования карбонатных пород преобладают резкие поднятия земной коры. Верхняя часть карбонатных пород и карстовые формы здесь снесены (размыты эрозией). Глубокий карст не успевает развиваться интенсивно.

2. Карстовые зоны глубокой циркуляции подземных вод Здесь развивается кавернозность в области, где после формирования толщи карбонатных пород имело место погружение земной коры. Карбонатные породы этой области покрыты более молодыми нерастворимыми породами.

3. Область, где геологическая история характеризуется сменой поднятий и опусканий.

Карстовые формы перемежаются и представляют собой карст обоих гидродинамических зон.

Перед началом раздела, как мы уже упоминали раньше, Ф.П.Саваренский отмечает, [.98.] что для карстообразования необходимы гидрогеологические и геоморфологические условия, обеспечивающие циркуляцию вод, то есть наличие области или зоны питания, области или зоны циркуляции и области разгрузки.

Процесс карстообразования тесно связан с геологической и геоморфологической историей территории, а факторами усиления циркуляции воды в трещиноватых породах и уже закарстованных могут быть: углубление эрозионной сети, поднятие массивов карстующихся пород, тектонические нарушения. Если рельеф карстовой области последующими процессами /наступление морского режима, обильный снос/ сглаживается путем заполнения эрозионных долин или опускания карстовой области, то карстообразование при известных гидрогеологических условиях затухает в нижних зонах, в то время как в верхних зонах где вода не потеряла своей агрессивности, происходит дальнейшая разработка карстовых форм.

Влияние климата, покровных образований и растительного покрова на развитие карстового процесса.

Климатические условия определяют ряд специфических особенностей этого процесса. Немалое значение имеет снеговой покров. Так инфильтрация талых вод затрудняется там, где снег ложится на промерзшую землю. Там, где снеговых осадков много и они ложатся еще на непромерзшую поверхность земли, размеры весенней инфильтрации талых вод намного возрастают.

Неравномерное распределение влажности по временам года вызывает неодинаковые условия инфильтрации

поверхностных вод. Весной интенсивность карстообразования в зоне аэрации увеличивается за счет коррозионной деятельности более агрессивных инфильтрационных поверхностных талых вод.

В результате количество растворимых солей, выносимых водами источников весьма неравномерно.

Условия инфильтрации талых вод значительно зависит от характера покровных образований. Характер покровных образований имеет большое значение в распределении поверхностных карстовых форм. В результате возникновения суффозионно-фильтрационных на контакте карбонатных пород с покровными образованиями, в толще последних может иметь место осецание кровли вышележащих толщ и образование поверхностных воронок. Часто наибольшие коэффициенты фильтрации встречаются именно на контакте залегания этих двух типов пород с разными условиями водопроницаемости. Возникновение этих явлений связано с особенностями рельефа района и со структурно-тектоническими условиями. В связи с этим защитный характер покровных образований может быть ослабленным или совсем не проявляться. А.Ф. Якушова [131] указывает случаи, когда на Русской равнине воронки были обнаружены над серпуховскими известняками с мощностью покровных ледниковых суглинков в 3 и 10 м. Эти явления приурочены к определенным структурным и морфологическим элементам. Это преимущественно приподнятые краевые зоны синеклиз, в которых карстовые процессы происходят особенно интенсивно в результате горизонтального движения подземных вод с

большими скоростями по направлени к древним уступам, или глубоко врезанным речным долинам.

Вопрос о влиянии растительного покрова на развитие карста разными исследователями рассматривается по разному/ 6, 8, 10, 60 /.

Одни утверждают, что растительный покров препятствует развитию карста.

В 1916г. В.А.Варсонофьева[10,11] отмечает, что растительность является мощным фактором, противодействующим развитию карста, удерживая своими корнями продукты выветривания и способствуя образованию слоя покровных образований.

Другие /10,60/ указывают, что условия развития карста в значительной степени зависят от состава и густоты расположения деревьев. Карст развивается интенсивнее в районах, где имеет место несомкнутость корней деревьев и растительный покров состоит из древесных пород. С другой стороны растительный покров, обогащая поверхностные воды углекислотой и органическими кислотами, возникающими в результате жизнедеятельности, увеличивает агрессивность воды и, следовательно, ускоряет развитие карста. Безусловно этот процесс в различных условиях протекает согласно с особенностями местных условий.

Г Л А В А VIII

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ КАРСТА В ДОЛИНЕ РЕКИ ДАУГАВА

Карст развивается при сочетании вполне определенных условий. Основными условиями развития карста, выделенными Д.С.Соколовым [105] являются: растворимые породы, их водопроницаемость, движущиеся воды и их растворяющая способность.

Растворимые породы, в которых развиваются процессы карста, широко распространены на территории Латвийской ССР и в долине р.Даугава. (см.геологическую карту Латвийской ССР, рис.)

В геологическом строении Латвийской ССР принимают участие в основном отложения девона, которые в юго-западной части республики перекрываются пермскими и мезозойскими породами. Девонская система представлена живетским ярусом среднего отдела, а также франским и фаменским ярусами верхнего отдела. Наибольший интерес в смысле изучения карста представляют собой карбонатные и гипсоносные свиты франского яруса верхнего девона и в меньшей степени - карбонатные породы низов фаменского яруса и пермские известняки, развитые в юго-западных районах Латвии. В Латвийской ССР и в долине р.Даугава наиболее закарстованы даугавская, саласпилсская и плявиньская свиты франского яруса.

В отдельных районах проявления карста встречаются в бауской и амульской свите франского яруса, а также в курсаской свите фаменского яруса.

Наибольшим развитием в верхнедевонских породах долины р. Даугава пользуется карбонатный карст, который в районах распространения глинисто-гипсово-доломитовых пород замещается гипсово-доломитовым. В долине реки Даугава последний тип карста имеет ограниченное распространение и встречается только в нижнем течении реки у нас. п.п. Саулкалне и Навессала, где саласпилсская свита содержит в своем составе гипсы. И так главным типом карста на территории всей республики и в долине р. Даугава является карбонатный карст, основой для которого служат доломиты преимущественно даугавской и плявиньской свит. Карбонатный карст в породах саласпилсской свиты на исследуемой площади практически не проявляется в силу особенностей ее литологического состава / глинисто-мергелисто-доломитовый комплекс пород/ и особенностей в условиях залегания на тех участках, где она сложена , способными карстоваться доломитами.+/

Различия в растворимости доломитов обуславливаются, как показано в гл. . VI... их вещественным и химическим составом, а также структурно-текстурными особенностями пород. Одним из характерных текстурных признаков карстующихся доломитов является их пористость и кавернозность.

+/ В уступах эрозионных террас саласпилсские доломиты обычно перекрываются водоупорной толщей глин. В местах выходов обильных источников на контактах доломитов и глин, полости образующиеся за счет воздействия подземных вод, кальматируются глинами и маскируются оплывинами.

Вторым основным условием развития карста является наличие путей, по которым в растворимых породах циркулируют подземные воды.

Такими путями для движения вод служат трещины, пустоты, а также поры и каверны. В зависимости от того по каким каналам движутся воды различают трещинную и поровую водопроницаемость [69, 108] . В условиях рассматриваемого района они сочетаются друг с другом, но трещинная водопроницаемость является преобладающей, во-первых потому, что возрастает её объемное значение по сравнению с порами и кавернами, и во-вторых, потому, что скорости движения воды по трещинам во много раз превышают скорости её движения по порам. Практически это приводит к тому, что возникают более благоприятные условия для развития карста именно по системам существующих трещин. Как было уже видно из главы У (б) формирование трещинной водопроницаемости связано с образованием трещин различного генезиса. Наибольшее значение при этом имеют тектонические трещины, ориентированные под различными углами к коренному береговому уступу.

Степень раздробленности карбонатных пород носит локальный характер. Зоны интенсивной трещиноватости приурочены к полосам мелкой брахиантиклинальной складчатости, наложенной на более крупные местные структуруры.

Тектонические трещины, как правило, открытые, раскрытие их зависит от свойств пород, от характера наложения одной трещиноватости на другую и от величины разгрузки вблизи крутых береговых склонов, влияющей на раскрытие трещин и зависящей от различной интенсивности эрозионных процессов на том или ином участке долины. В береговых уступах образование трещин выветривания в значительной степени влияет на развитие карста и связано также с явлениями разгрузки вследствие эрозии.

Повышенная закарстованность карбонатных пород в долине р. Даугава, при увеличенных скоростях движения трещинно-карстовых вод вблизи дрены, которой является река, обуславливается расширением трещин путем растворения, усиленного гравитационными и эрозионными процессами, что приводит к образованию поверхностных и подземных форм карста.

При преобладании трещинной водопроницаемости, поровая водопроницаемость имеет меньшее значение, но и она играет определенную роль в развитии микроформ карста.

В пределах рассматриваемой площади в доломитах карстующихся свит большим распространением пользуются поры, образовавшиеся при растворении зерен доломита, отдельных зерен и гнезд кальцита, кристаллов гипса, пирита и микрофауны. [96а] Поры обычно сообщаются между собой через узкие поровые канальца и образуют цепочки параллельные слоистости.

Поры растворения особенно часто встречаются в перекристаллизованных и известковых доломитах. Пористость доломитов генетически связана с кавернозностью. В карстующихся доломитах, в частности в даугавской свите, Л.С.Савваитовой выделено несколько типов каверн, образованных за счет выщелачивания. Форма и размер каверн определяются их генезисом. Наиболее разнообразны форма и размер каверн, сформировавшихся при выщелачивании отдельных участков породы, сложенных кальцитом или доломитом.

Вообще каждому литогенетическому типу доломитов свойственны определенные типа каверн. Так, например, в пористо-кавернозных разностях доломитов даугавской свиты в районе г. Плявиняс преобладают каверны по фауне. В известковых доломитах каверны возникли при растворении кальцита в обогащенных кальцитом участках. Ряд наблюдений показали [96а], что взаимосвязанность пор и каверн во многих случаях зависит от залечивания их вторичным карбонатом, приводящей к снижению проницаемости породы, что еще раз подтверждает меньшее значение поровой водопроницаемости по сравнению с трещинной, обусловленной главным образом тектоническими причинами зависящей от условий залегания доломитов относительно отдельных элементов местных структур.

Заполнение полых пространств происходит в результате осаждения из подземных вод вторичных минералов / доломита, кальцита и других/, что затрудняет

и приостанавливает процессы выщелачивания.

Образование карстовых форм происходит под воздействием движущихся вод, способных растворять породы. Согласно классификации Д.С.Соколова [108] по этому признаку карстовые формы могут быть разделены на три группы:

1. Формы, образующиеся под воздействием морских или озерных вод.
2. Формы, образующиеся под воздействием поверхностных вод метеорного происхождения.
3. Формы, образующиеся под воздействием подземных вод.

На исследуемой площади большая часть карстовых форм относится ко второй и третьей группам.

Карстовые формы связаны с наличием путей, по которым поверхностные воды отводятся на глубину. Для форм берегового карста такими путями являются трещины, для карстовых воронок и карстово-эрозионных долин каналами для отвода вод являются лоноры и опять таки расширенные карстом трещины.

Для развития карбонатного карста под воздействием поверхностных вод большое значение имеет содержание в них углекислоты, а также солевой состав и температура. Обобщая ряд литературных данных и исходя из собственных наблюдений, Соколов Д.С. [108] подчеркивает, что солевой состав в формировании растворяющей

способности атмосферных осадков играет незначительную роль. Наибольшее "углекислотное питание" атмосферные воды получают из приземной атмосферы, которая обогащена углекислотой за счет выделения ее почвой.

Дыхание почвы зависит в основном от четырех главных факторов:

1/ продуцированности CO_2 почвой ;

2/ диффузии CO_2 из почвы в атмосферу ;

3/ физических и химических свойств почв / воздухопроницаемость, структура почвы, количество органических веществ и др./ ;

4/ изменения метеорологических условий.

Углекислота в почве образуется благодаря деятельности микроорганизмов, дыханию корней и химическим процессам. Выделение углекислого газа из почвы наиболее интенсивно происходит летом. На активность дыхания почвы оказывает влияние влажности и температура.

В периоды переувлажнения почв создаются анаэробные условия разложения органического вещества и возможность образования CO_2 в почве снижается [-108-].

Поверхностные воды обогащаются углекислотой при прохождении через почвенный слой за счет диффузии CO_2 из этого слоя. Гумусовый горизонт почв на поверхности эрозионных террас развит не везде хорошо, и на больших заболоченных площадях он заменяется торфянистым покровом, что не способствует пополнению углекислотой просачивающуюся

через них воду. Вследствие этого на заболоченных площадях террас карст не проявляется. Таким образом, в формировании углекислотной агрессивности подземных вод главную роль играет CO_2, образующаяся в почвенном и надпочвенном слоях, в результате биохимических процессов. В описываемом районе в условиях благоприятных климатических и инфильтрационных факторов этот процесс идет интенсивно. Образование карстовых форм не ограничивается только воздействием поверхностных вод. Разнообразные карстовые формы образуются также в условиях движения подземных вод трещинно-карстового характера. В зависимости от того, в какой из вертикальных гидродинамических зон располагаются такие полости, движение вод в них может происходить под напором или эти воды наоборот будут иметь свободную поверхность. Карстовые полости, развивающиеся под воздействием подземных вод / закарстованные трещины, пустоты, пещеры, ниши и др/, в долине Даугавы располагаются всегда в верхней гидродинамической зоне.

В местах выходов напорных вод на поверхность, процессы выщелачивания сочетаются с механическим разрушением пород текучей водой. Развитие карста под воздействием подземных вод рассматривается на фоне вертикальной гидродинамической зональности трещинно-карстовых вод, выделенной рядом исследователей [34, 74, 105], и включающей:

1/ зону аэрации, в которой преобладает нисходящее движение инфильтрационных и инфлюационных вод, а во многих

карстовых областях наблюдаются и висячие трещинно-карстовые воды;

2/ зону сезонного колебания уровня трещинно-карстовых вод ;

3/ зону полного насыщения, находящуюся в сфере дренирующего воздействия местной гидрографической сети;

4/ Зону глубинной циркуляции, где движение подземных вод осуществляется в сторону удаленных дрен, вне непосредственного влияния местной гидрографической сети.

Карстовые формы, рассматриваемые в данной работе, располагаются в пределах первых трех зон.

Распределение и движение трещинно-карстовых вод в зоне аэрации зависит прежде всего от условий проникновения атмосферных осадков в карстующуюся толщу растворимых пород. Эти условия связаны с характером рельефа, составом и мощностью покровных отложений, климатом и характером водопроницаемости верхних горизонтов растворимых пород.

В прилегающей к долине р. Даугава территории на интенсивность инфильтрации атмосферных вод существенно влияет характер рельефа.

Река Даугава пересекает территорию современный рельеф которой был сформирован в основном экзарационно-аккумулятивной деятельностью ледника, главным образом, последнего - валдайского оледенения. Основные формы рельефа возвышенности с холмистым моренным и камовым ландшафтом

и обширные равнины и низменности со слабо всхолмленной поверхностью- образовались в результате аккумуляции ледникового материала. Современный рельеф на территории Латвийской ССР сложен, и разница в его уровнях на возвышенностях и низменностях иногда достигает 150--200 м. В республике карст на возвышенностях практически не проявляется вследствие большой мощности четвертичных отложений. В пределах низменностей карст имеет довольно широкое распространение.

Распространение карста на коренных берегах реки Даугава зависит от того, какой геоморфологический регион она прорезает. Если к долине примыкает равнина с незначительной мощностью четвертичных отложений, покрывающих карстующуюся толщу карбонатных пород, то в краевых частях водораздела наблюдаются карстовые формы, как это было уже видно на поверхности озерно-ледниковой равнины ниже г. Ливаны, юго-западнее г. Екабпилс у х. Броды, юго-восточнее пос. Кокнесе, у х. Блодыни и во многих других пунктах. На водоразделах р. Даугава, сложенных довольно мощными толщами ледниковых отложений, карст приурочен только к оврагам и логам, основания которых приближены к карбонатным или сульфатным породам девона.

В долине р. Даугава карстовые формы развиваются на поверхности верхних эрозионных террас с мощностью аллювиальных отложений от 0,2 до 4-4,5м. Речной аллювий на участках распространения карста представлен

обычно разнозернистым песчаным материалом с включением гравия и гальки или песчано-гравийно-галечными отложениями, коэффициенты фильтрации которых достигают 150 м/сутки

Меньшая мощность аллювиальных отложений в пределах террас Даугавы благодаря смыву их талыми и атмосферными водами, наблюдается на склонах оврагов, сухих долин, лощин и в бровках террас.

Небольшая мощность руслового аллювия характеризует также дно овражно-балочной сети, к которой приурочено наибольшее количество карстовых воронок. Неравномерность проявления карста на отдельных участках террас зависит от мощности аллювиальных отложений и от микрорельефа. Наличие понижений и западин, а также старых русел на поверхности террас, собирающих талые и дождевые воды, облегчает инфильтрацию и возникновение поноров и воронок.

Песчаные и гравийно-галечные аллювиальные отложения являются неустойчивыми в отношении сводов над карстовыми пустотами, так как из них легко выносятся более мелкие фракции путем суффозии, а более крупные обрушаются.× Моренные суглинки на водоразделах представляют довольно надежные покрытия над подземными карстовыми полостями, хотя на уровне зеркала грунтовых вод в них и образуются небольшие пустоты за счет выноса мелких частиц в трещиноватые карстующиеся породы.

× В условиях нисходящего движения токов вод происходит заполнение трещины и пустот кластическим материалом.

Пустоты могут увеличиваться при обрушении их сводов, но благодаря значительным мощностям морены, обрушения эти не отражаются на поверхности.

/ рис.5. /

Большое значение при развитии карста в верхних гидродинамических зонах рассматриваемого района является климат, определяющий количество выпадающих осадков и распределение их по сезонам.

Вся территория Латвийской ССР относится к области избыточного увлажнения. Наибольшее количество осадков / 400-500мм/ выпадает в самый теплый период года - в августе месяце. Количество талых весенних вод, расходуемое на инфильтрацию, обильно пополняется летними и осенними дождевыми водами, интенсивно воздействующими на процессы выщелачивания.

Таким образом, климатические условия являются чрезвычайно благоприятными для развития карста в долине р.Даугава. При наступлении частых оттепелей существует возможность течения карстовых процессов почти круглогодично, хотя летний максимум осадков намного повышает их интенсивность по сравнению с зимой. Большое влияние на инфильтрацию оказывает мощность и распределение снегового покрова.

В зависимости от того, лег ли снеговой покров на талую или уже промерзшую землю вначале зимы

создаются определенные предпосылки, обуславливающие особенности инфильтрации и стока талых вод весной. Наибольшей мощности достигает снег в отрицательных формах рельефа, создавая в них предпосылки образования карстовых форм. В зависимости от особенностей рельефа, климата, характера растительности мощности на участках снегового покрова террас и коренного берега будут различными.

Проникновение инфильтрационных вод в толщу карстующихся пород зависит от их водопроницаемости, обусловленной рядом причин, среди которых на первый план выступают в исследуемом районе условия залегания карбонатных отложений. Появлению карста внутри карбонатного массива предшествовало образование в нем глубоких трещин. Зоны усиленной тектонической трещиноватости в долине р. Даугава приурочены к полосам местных структур, осложненных мелкой брахиантиклинальной складчатостью. Трещины основных тектонических направлений / северо-западного и северо-восточного/ пересекают всю толщу карбонатных пород, разбивая их на отдельные глыбы и блоки. Узколокальные участки сгущения трещиноватости сопровождаются зонами разломов с мелкими смещениями слоев, где преобладают трещины широтного или меридионального направлений.

В таких зонах дробления и интенсивной трещиноватости, описанных в главе ..4... талые и атмосферные воды получают хорошие пути вертикальной циркуляции и

при достижении водоупоров образуют в карбонатном массиве подземные потоки от места своего питания до участков разгрузки в склонах долины Даугавы. Проникая вглубь доломитового массива, поверхностные слабо минерализованные воды расширяют трещины и карстовые каналы путем выщелачивания, размыва и механического разрушения пород. Следы размыва носят стенки и дно пещер, ниш и слабо оформившихся полостей.

Наиболее благоприятные условия для инфильтрации талых и дождевых вод создаются на эрозионных террасах, сложенных сильно трещиноватыми даугавскими доломитами, перекрытыми маломощным крупно-песчаным и гравийно-галечным аллювием.

Зона нисходящего вертикального движения инфильтрационных вод на террасах р. Даугавы имеет небольшую мощность, которая колеблется от 2,0 до 15,0 м. Так, на левобережной надпойменной террасе, напротив острова Абелю, она равна 5,5-6,0 м, ниже г. Плявиняс - 10,0-13,0 м, в районе Миеменской излучины - 2,55-15,0 м, на юмравском участке-7,0-9,0 м.

Проникая в карстующиеся доломиты, поверхностные воды выщелачивают из них различные растворимые соли. Среди растворимых солей, определяющих состав вод в описываемом районе, преобладают углекислый кальций и магний, в меньшем количестве содержатся углекислые калий и натрий, а также хлористый и сернокислый натрий. Появление в воде углекислоты из почвенного слоя, где содержание CO_2 во много раз больше, чем в атмосфере, резко повышает рас-

творимость карбонатов щелочноземельных металлов в поверхностных водах, находящихся в соприкосновении с атмосферой при среднем содержании углекислоты в последней 0,03% (по объему), составляет для карбоната кальция 0,25 мг/экв., для карбоната магния - 10,26 мг/экв в 100 $см^3$ воды. Общая их растворимость при совместном присутствии будет несколько меньше вследствие наличия в растворе одноименных ионов, но не будет превышать суммы эквивалентов этих ионов (т.е. 10,51 мг/экв.) / /.

Помимо углекислоты на растворимость карбонатов оказывают влияние содержащиеся в водах различные соли. Так, хлористый и сернокислый натрий повышают растворимость $CaCO_3$ и $MgCO_3$ и являются интенсивными катализаторами в отношении карста. Сернокислый и хлористый кальций понижают растворимость $CaCO_3$, а хлориды и сульфаты магния понижают растворимость $MgCO_3$. Помимо этих солей огромное значение при выщелачивании карстующихся пород имеет концентрация водородных ионов, которая сильно меняется в зависимости от обогащения воздуха дымовыми отходами и газами.

Талые и атмосферные воды являются всегда недосыщенными по отношению к карбонатам, а также к $NaCl$ и $CaSO_4$ и поэтому их агрессивность по отношению к карбонатным породам большая. Очень хорошо подтверждают это положение анализы вод из источников, прошедших короткий путь от мест их поглощения в "Сухом" и "Темном" логах на участке Плявиньских створов. pH этих вод составляет

6,2 - 6,7, сухой остаток - 42,46 - 96,15 мг/л, постоянная жесткость - 0,31 - 0,8 мг/экв. Анализы вод даугавского горизонта /который питают поверхностные воды/ из скважин, расположенных вблизи источников, дают совсем иную картину. pH здесь повышается до 7,2 - 7,6, сухой остаток - до 328,0 мг/л, постоянная жесткость до 1,09 мг/экв. Насыщенные бикарбонатами воды

$$(CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightleftarrows \underbrace{Ca^{++} + 2HCO_3^-}_{H_2CO_3})$$

при выходе на поверхность испытывают соприкосновение с воздухом и теряют часть углекислоты, что обуславливает распад бикарбоната и осаждение $CaCO_3$. Таким образом, корочки и натеки вторичного кальцита, наблюдаемые по стенкам трещин, пустот полостей, являются свидетелями карстовых процессов.

Характер взаимодействия между водами и породами наряду с другими условиями определяется также заполнителями трещины.

Трещины в доломитах, слагающих борта долины Даугавы преимущественно выполнены брекчией, сцементированной глинами, кальцитом и гидроокислами железа, которые способствуют частичному залечиванию трещины. В даугавской свите заполнителями трещин являются кальцит и гидроокислы железа, что хорошо прослеживается на участках Плявиняс - Бебрулея - Олинкалнс - Крусталичи: В районе хут. Пенигги, выше устья р. Айвиекстс, трещины выполняют пирит, гидроокислы железа, карбонаты, сульфиды (главным образом в верхнедаугавской подсвите). В

саласпилсской свите в состав заполнителей трещин входят кальцит, пирит, гидроокислы железа; наиболее важную роль играет глина. Среди заполнителей трещин в плявиньской свите кальцит и пирит почти не встречаются, а преобладают здесь гидроокислы железа.

В трещинах, расширенных карстом, доминирующую роль играют кальцит, гидроокислы железа, доломитовая мука и редко - глина. В трещинах бортового отпора рядом с кальцитом и гидроокислами железа присутствует иногда пирит. В трещиноватых карстовых брекчиях пирит появляется в виде корочек на обломках доломита и в виде прожилок в скоплениях глин, заполняющих карстовые пустоты. Из всех вторичных новообразований в трещинах наибольшее значение в отношении выщелачивания доломитов является окисление сульфидов. Ко всему сказанному нужно добавить, что среди доломитов плявиньской свиты встречаются битуминозные разности доломитов. В трещинах органический компонент блокирует поверхность, но при прохождении через последние токов воды, наличие кислорода дает возможность окисления органического вещества и следовательно - выщелачивания.

Зона вертикальной циркуляции вод, в которой происходят все эти процессы, ограничивается местными водоупорами, состоящими из прослоев слаборастворимых пород /глинистые мергели, переслоенные с плотными глинами в среднедаугавской подсвите, саласпилсской свите, в средне-

и нижне-плявиньских подсвитах/ и из относительно водонепроницаемых нерастворимых пород значительной мощности /глины саласпилсской свиты, главным образом контактирующие с даугавской свитой/.

Развитие пустот, полостей, внутрислойных воронок и наличие остаточного материала выщелачивания в виде доломитовой муки, песка, рыхлого щебня доломита во всех карстовых полостях в зоне сезонного колебания трещинно-карстовых вод говорит об их связи с речными водами в долине р. Даугавы. В период межени река питается за счет трещинно-карстовых вод, во время весенних и летних паводков речные воды проникают в толщу карстующихся доломитов. Такое периодическое изменение гидродинамического режима в зоны сезонного колебания уровня речных вод приводит к усиленному выщелачиванию доломитов, слагающих борта террас вследствие понижения минерализации трещинно-карстовых вод.

Анализы вод, отобранные из карстовых источников в весенний паводок 1960 г., показали снижение минерализации по сравнению с меженным периодом. В источнике из правобережной Бебрулейской пещеры минерализация упала до 257 мг/л /паводок/ по сравнению с 496 мг/л /межень/. Аналогичное падение минерализации прослеживается также в водах источников у хут. Аули, вблизи устья р. Локстынь и в других. Высота подъема весенних уровней речных вод зависит главным образом от количества снега, выпавшего

за зиму и от температуры воздуха в период снеготаяния.

Весенний подъем уровней воды в р. Даугавы и ее притоках начинается в конце марта и кончается в середине апреля. Средняя продолжительность подъема уровней воды колеблется в широких пределах: от нескольких дней до 1-5 месяцев. Высота подъема уровней весеннего паводка над зимними меженными уровнями достигает на отрезке реки Даугавы от г. Яунелгава до г. Огре от 4,5 до 9,5 м. Между г. Екабпилс и г. Кегумс резкие подъемы уровней воды в паводок вызываются частыми заторами льда на участках излучин и порогов. Подъемы уровней воды на р. Даугаве часто бывают во время летних - и чаще осенних - дождевых паводков, но обычно они не превышают весенний максимальный уровень [77а]. В долине р. Даугавы в период оттепелей наблюдаются и зимние подъемы уровней воды в реке и в отдельные годы /например, февраль 1935 г./ они превышали уровни весенних паводков.

Таким образом, неоднократная в течение года смена вертикальной и горизонтальной циркуляции трещинно-карстовых вод в зоне сезонного колебания обуславливает усиленное развитие карста в бортах долины и придолинных участках.

Выщелачивание доломитов, залегающих ниже водоупорной толщи, происходит за счет разгрузки напорных вод в зоне полного насыщения. Верхняя граница этой зоны, находящейся под дренирующим воздействием р. Даугавы, залегает выше уреза воды в реке и определяется первым от

поверхности земли надежным водоупором. Для всех водоносных свит это будут или глины или переслаивающаяся пачка глин и мергелей.

Интенсивность процессов карста в этой зоне ослабевает по сравнению с верхней, но на участках интенсивной трещиноватости и особенно в бортах древних долин проявляются они резко. Объясняется это обстоятельство усиленной разгрузкой вод эматской свиты в карбонатную толщу пород с соответствующим понижением общей минерализации. Такое понижение можно наблюдать на участке изысканий под Екабпилсскую ГЭС, в районе острова Абелю, в водах плявиньской свиты, отобранных из скважин, пробуренных по берегам древней долины /скв.№№ 16,29,14/.

Глубина развития карста в целом на рассматриваемом участке определяется глубиной залегания контакта карстующейся карбонатной толщи и песчано-глинистыми отложениями эматской свиты.

Развитие современного карста в долине р. Даугавы связано с ее развитием в четвертичное время. На формирование долины большое значение оказывали неотектонические движения локальных структур, к которым, как мы уже видели ранее, приурочены зоны интенсивного развития карста. Вследствие малой изученности истории развития движений в новейшее время, мы не можем выделить циклы развития современного карста. Известно, что после стаивания льдов последнего оледенения, территория Латвий-

ской ССР начала усиленно подниматься. Неотектоническая карта территории Латвии [37] показывает, что общее поднятие территории, которое связывается с разгрузкой от льда, происходило после стаивания ледника неравномерно.

При анализе фактического материала ясно намечается наиболее совершенное развитие карстовых форм в области древних террас. Возраст новейших тектонических движений уточняется Е.Н. Спрингис [114] путем сопоставления их с возрастом верхних террас р. Даугава. Формирование VI террасы относится ко времени, когда ледник занимал большую часть Земгальского бассейна. В то время, когда северная часть Земгальского бассейна освободилась от льда, формировалась V надпойменная терраса. Так как воды этого уровня размывали своды локальных структур, последние вероятно испытывали поднятие, которое продолжалось во время формирования уровня IV надпойменной террасы. Прекращение поднятия местных структур Е.Н.Спрингис относит к началу формирования III надпойменной террасы [114].

Не останавливаясь на фактах, подверждающих возможность неотектонических движений, отметим, что при активности поднятий структур происходило усиленное врезание ложа Даугавы и понижения уровня трещинно-карстовых вод. При этом мощность поглощающей толщи доломитов наоборот возрастала и увеличивалось скалывание склонов трещинами бортового отпора, что создавало благоприятные условия для проникновения воды с поверхности.

вания воды с поверхности.

Таким образом, современный карст по времени образования связан с моментами формирования террас. Каждой террасе р. Даугавы соответствовали свои разработанные пути фильтрации. Наиболее интенсивно карстовые процессы развивались вдоль окраины эрозионной долины. Наиболее крупные воронки располагаются в области развития верхних террас. Хорошо подтверждают это положение обширные воронки на верхней террасе р. Лауце у хут. Шнорниеки и Мелдерниеки, а также на верхней террасе р. Даугавы ниже г. Плявиняс у хуторов Кригули, Раудес, Урги, Пакули и др.

На развитие современного карста в долине р. Даугава существенное влияние оказала закарстованность верхнедевонских пород в более ранние эпохи. Верхнедевонские породы находились длительное время в условиях континентального режима, продолжавшемся, возможно, от конца верхнего девона до начала ледниковой эпохи. Денудационные процессы послеверхнедевонского времени привели к снижению мощности отложений, перекрывавших карбонатные породы и вывели их непосредственно на земную поверхность. Снятие нагрузки с карбонатных толщ обусловило в них расширение трещин, что способствовало интенсивному выщелачиванию растворимых пород и образованию поверхностных и подземных форм карста.

При наступлении ледника эти формы были уничтожены и остатки их сохранились лишь в единичных случаях. Отдельные буровые скважины вскрыли древние карстовые формы в

виде провальных воронок на территории Латвийской ССР и в долине р. Даугавы.

Ход развития древнего карста связан с развитием древней долины и наиболее сильные зоны разрушения приурачиваются именно к склонам этой долины. Наиболее глубокие долины на территории республики врезаны на 200-300 м Время заложения древних долин латвийскими геологами [52] относится к периоду общего регионального поднятия территории. В конце мезозоя и начале кайнозоя преобладали нисходящие движения, и к началу неогена территория Латвийской ССР представляла собой пенепленизированную равнину [37] В миоцене территория Прибалтики, по-видимому , испытывала восходящее движение, обуславливающее врезание дочетвертичной гидросети. В плиоцене происходит значительное опускание территории, о чем свидетельствует расположение дна долины на 150-200 м ниже уровня моря. Таким образом, для того времени определялись две фазы движения: восходящая и нисходящая. С фазой поднятия были связаны периоды усиленного врезания гидросети, что повело к резкому повышению активности водообмена в толщах верхнего девона. Поверхность коренных пород этого периода возвышалась над уровнем моря более чем на 300 м.Соответственно с этим резко усилились процессы выщелачивания на участках, непосредственно примыкающих к бортам древних долин.

Последующий этап опускания территории характеризовался заполнением врезов и затуханием карстовых процессов в свя-

зи с понижением базиса эрозии.

Несомненно, что в течение длительной континентальной эпохи развитие карста было неравномерным, но установить определенные этапы обострения и затухания карстовых процессов сейчас не представляется возможным, в виду отсутствия более молодых, чем верхнедевонские отложения. Возраст древнего карста можно датировать в очень широких пределах: от верхнего девона до четвертичного времени.

П.П.Лиериньш [59] на описываемой территории отмечается тенденция поднятия в карбоновое время, так что последевонские движения не раз изменяли гипсометрические положение карстующейся толщи. Тем не менее, приуроченность древних форм карста к склонам дочетвертичной долины дает основание предполагать их время образования во второй половине третичного периода. Такое предположение не исключает возможности выщелачивания карбонатных пород в более раннее время. И она существовала с момента появления девонского континента, создавая формы поверхностного и подземного карста, впоследствии уничтоженных процессами денудации и ледниковой экзарацией.

Имеющийся у нас фактический материал устанавливает на многих участках долины р. Даугавы наличие древней долины. Древняя долина вскрыта буровыми скважинами ниже г.Ливаны, в районе островов Абелю и Сака ниже хут. Мелдери у г.Плявиняс и на участке Миеменской излучины.На участке острова Абелю ширина долины равна 800 м, а глубина ниже уреза р.Даугавы составляет 60 м. Древняя долина пересекает р. Даугаву и протягивается с ЮЗ на СВ. В том же направлении располагаются в районе острова Абелю

древние провалы, количество которых на площади в 2,8 км^2 достигает 12-ти. В пределах Миеменской излучины врез древней долины имеет глубину 52 м ниже уровня реки Даугавы (-20 м абс. высоты). На этой отметке скважины еще не вышли из моренных суглинков и, значит, не достигли дна долины. В краевых зонах вреза были обнаружены обломки доломитов даугавской и плявиньской свит, а также глыбы пород селяспилсской свиты. Основная часть дна погребенного вреза лежит над породами гаудской свиты, средняя ширина его на уровне кровли эматской свиты равна 350 м, даугавской свиты - не менее 80-85 м. Врез прослеживается на склонах берега и морфологически, по резкой смене коренных отложений в бортах террас - четвертичными.

Отдельные рукава древней долины прослеживаются еще по правому и левому берегам современной долины реки Даугавы. Первый из них вскрыт буровыми скважинами на правом водораздельном плато и прослеживается почти в широтном направлении как бы соединяя нижнюю и верхнюю оконечности Миеменской излучины. Долина эта не прорезана до песков эматской свиты, глубина ее от поверхности даугавской свиты равна 35 м, при абс. отметке дна - 26м, т.е. каньон был на 6,0 м глубже современного уреза воды в реке и целиком заполнен красновато-бурым моренным суглинком.

Второй рукав долины обнаружен на левом и правом берегах р. Даугавы и ее современное русло на этом отрез-

ке вложено в контуры древнего вреза. Минимальные абсолютные отметки ее дна равны -14,0 - 12,0 м над уровнем Балтийского моря или дно ее находилось на 18-20 м ниже уреза воды р. Даугавы в данном месте.

На левом берегу в основании погребенной долины при бурении скважины были обнаружены древние карстовые провалы, дном которых являются верхние слои аматской свиты, заполненные обломками и щебнем доломитов. Погребенная долина заполнена моренными отложениями, возраст которых еще точно не установлен. Провалы заполнены смещенными и разрушенными породами от аматской до огрской свит, включая комплекс карбонатных отложений. Наличие огрских пород в провалах свидетельствует о том, что образование их произошло уже в послеогрское время. Включения морены в провалах говорят и о более молодых обрушениях карбонатных пород в карстовые полости, происшедших после накопления ледникового материала.

Таким образом, развитие древнего карста тесно связано с историей существования карстующихся пород в течение длительного времени континентального режима и закономерности его развития связаны с интенсивностью процессов выщелачивания в бортах древних долин. Обстановка, в которой происходило развитие доледникового и современного карста отличалась как продолжительностью времени, так и интенсивностью и формами проявления карста.

Палеогеографические условия развития древнего карста значительно отличались от современных, ибо развитие карстовых форм размерами, резко превышающими разме-

ры современных форм, было возможно в условиях значительной обводненности при господстве теплого и влажного климата.

Зоны развития современного и древнего карста часто накладываются одна на другую, что хорошо было видно из главы IУ. Изложенный в отчете материал наглядно показывает, что наиболее распространенный современный карст в долине р. Даугавы связан с дренирующим влиянием реки и закономерности его развития зависят от геологического строения района, сказывающегося в неглубоком залегании карстующихся пород /доломитов/ от поверхности. При прочих равных условиях решающее значение имеют условия залегания карстующихся пород. Наиболее существенной особенностью карста в долине реки Даугавы является его приуроченность его к многочисленным местным структурам, осложненным мелкой трещино-складчатостью в полосах которой неблюдаются участки интенсивной трещиноватости и дробления пород.

Второй главнейшей особенностью развития и распространения карста в долине р. Даугавы является его приуроченность к склонам древней долины (Пра-Даугавы). Как в первом, так и во втором случае создаются наиболее благоприятные условия разгрузки трещинно-карстовых вод, при которых усиленное выщелачивание происходит в периоды интенсивной инфильтрации атмосферных вод и при паводковых повышениях уровня воды в реке /до 4,5-8 м/.

Следующей особенностью развития карста в долине р. Даугавы проявляется в том, что при сравнительно однородном химическом составе доломитов, они оказыва-

ваются в разной степени растворимыми в зависимости от их структурно-текстурных особенностей. В породах с неоднородной кристаллизацией карст развит сильнее. Работы, проведенные Л.С. Савваитовой, показали, что степень растворимости характеризуют пористость и кавернозность доломитов. Наибольшему растворению подвергаются доломиты с разнозернистой текстурой. Выщелоченные участки доломита сложены преимущественно более крупными зернами, чем вся основная масса породы. Текстуры пород обусловливаются в большинстве случаев разнозернистой структурой и включением тонких глинистых частиц как в зернах, так и в самой породе. Породы, обладающие микрослоистой ~~структурой~~ текстурой являются наименее растворимыми. При очень незначительном содержании кальцита в доломите /2-9 %/ доминирующее значение имеет выщелачивание собственно доломитовых зерен, что дает основание к выделению доломитового типа карста в долине реки Даугавы.

Г Л А В А IX

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАРСТА

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАРСТА

Карты фактического материала на различных участках долины показывают чрезвычайно неравномерное распространение карста.

Закономерности размещения карста внутри районов определяются общими закономерностями распространения карста в долине, сказывающимися в его приуроченности к местным структурам и участкам брахискладчатости и интенсивной трещиноватости, а так же - к склонам древней долины р. Даугава.

Участки наибольшего развития карста, главным образом, тяготеют к бровкам и бортам террас, открытым для воздействия агентов химического и физического выветривания.

На эрозионных террасах полосы со сгущением карстовых форм приурочены к долинам исчезающих речек и ручьев, между которыми карстовые проявления развиты слабо и встречаются рассеяно в виде отдельных карстовых воронок.

Для инженерно-геологической оценки карста наибольшее значение имеет его сгущение непосредственно в бортах будущего водохранилища, воды которого разольются от Миемской излучины до острова Сака (ниже г.Крустпилс).

Оценку интенсивности развития карста в долине р. Даугава можно дать весьма относительно, так как распределение карстовых форм по площади (скажем, на I кв.км) не даст количественной характеристики карста в целом по участку, а именно, на склонах берега и поверхности террасы. Судить о степени закарстованности лишь по поверхностным карстопроявлениям в

в описываемом районе невозможно вследствие того, что буровые материалы и горные выработки часто дают сведения о наличии большого количества пустот а также доломитовой муки, залегающей в виде прослоев и гнезд в различных подсвитах и заполняющей карстовые пустоты. Закарстованные зоны характеризуются незначительным процентом выхода керна и наличием в нем щебня, дресвы, песка и муки доломитов. Кроме этого, среди карстующихся доломитов много пористых и кавернозных разностей, которые образуют кавернозно-дырчатые разновидности с разветвленной сетью каналов и пустот.

Все это вместе взятое создает большие трудности в количественном определении закарстованности на разных участках.

Условия развития карста на всей площади долины однообразны.

Карстующиеся верхнедевонские доломиты залегают большей частью выше уреза воды в реке и перекрыты маломощным песчано-гравийным и галечным аллювием с включением небольших валунов кристаллических и карбонатных пород.

По материалам картирования карстовых форм и по данным буровых скважин и горных выработок можно выделить три категории участков различной интенсивности развития карста:

I) Площади, где карст на поверхности не проявляется, но имеются подземные его формы, вскрытые карьерами, скважинами и горными выработками.

2) Участки слабого развития карста, где встречаются поверхностные формы карста, преимущественно воронки, или неясно выраженные понижения в рельефе террас, поглощающие поверхностные воды в количестве до 3-х на I кв км. Обрывы эрозионных террас могут иметь при этом расширенные карстом трещины, а также единичные карстовые полости.

3) Участки среднего развития карста, где пустота карстовых воронок превышает три-пять на I кв. км и на склонах террас имеется более пяти карстовых форм.

4) Участки сильного развития карста; где на I кв.км приходится до I0 карстовых форм на террасах и множество форм берегового карста (трещины, ниши, пещеры, пустоты). В пределах таких участков встречаются грандиозные древние провальные карстовые воронки диаметром до 60 м и глубиной свыше 50 м, в окраинных зонах которых неизменно присутствуют современные карстовые формы. Поля сильного развития карста могут быть внутри участков среднего развития карста и они обычно приурачиваются к склонам современной долины, наложенным на склоны древней долины. В бортах древних долин скважины указывают на значительную закарстованность пород (см.профиль по кв.970-981). Иногда скважины вскрывают карстовые полости (ск (скв.43, левый берег р.Даугава, у Мяземской излучины). В таких случаях глубина зоны интенсивной трещиноватости достигает более I0 м (шахта № 800). Ширина зоны открытой трещиноватости от бровки к примыканиям террас достигает 30 и более м.

На участках сильного развития карста встречаются свежие воронки (преимущественно воронки просасывания), которые в диаметре равны 1-3 м.

Участки различной интенсивности развития карста входят в инженерно-геологические районы, выделенные для целей гидротехнического строительства. / 115 /

В пределах территории, где проявляется карст выделено 4 инженерно-геологических района:

I. Район Ерсика - Плявиняс;

II. Район Плявиняс -устье р. Лауце ;

III. Район Скривери - Кегумская ГЭС ;

IУ. Район Кегумская ГЭС-Катлакалнс.

I. Район Ерсика - Плявиняс.

Между нас.п. Ерсика и г.Плявиняс р.Даугава начинает врезаться в коренные породы. Широкое дно долины сложено коренными породами, а борта - мореной, перекрытой озерно-ледниковыми образованиями.

В пределах района выделяется 4 участка развития карста.

I. Цирсниекский участок.

Расположен участок на правом берегу реки в 4 км выше г. Ливаны. Русло, основание склонов и поверхность коренного берега сложены здесь доломитами плявиньской свиты.

На участке прослеживается только пойменная терраса, приспоненная к коренному берегу. Высота коренного берега равна около 8,0 м.

Мощность четвертичных отложений на коренном берегу колеблется от 0,5 до 3,8 м

Обычно на доломитах залегает морена мощностью до 2,75 м перекрытая пылеватыми озерно-ледниковыми песками.

Карст развивается там, где морена размыта и ее замещают гравелистые пески, мощностью 0,10 - 0,98 м.

В доломитах плявиньской свиты циркулируют безнапорные воды на глубине от 6.40 до 7.80 м

Участок можно отнести к району средней интенсивности развития карста. Здесь на площади в 2,5 кв. км зарегистрировано 5 карстовых воронок, (из них 2 свежих) один провал колодца над подземной речкой, маломощные прослои доломитовой муки, в доломитах; вскрытых стенками карьера, а также внутрислойные карстовые проседания вдоль выщелоченных трещин и следы карстовой тектоники в отдельных пластах доломитов.

Выход керна в скважинах на участке во время разведки месторождения доломитов составлял 70-80%

Средний коэфициент фильтрации по данным откачек равнялся 2,4 м/сутки.

2. Абелевский участок.

Охватывает правый и левый берег реки напротив острова Абелю, а также сам остров, разделяющий русло реки на две протоки. Правая протока примыкает к крутому коренному берегу высотой в 18-20 м над урезом реки, сложенным ледниковыми

отложениями. На левом берегу к руслу примыкает широкая надпойменная терраса, цоколем которой служат доломиты даугавской свиты, мощность которых не превышает 4-6 м Доломиты покрываются аллювиальными накоплениями мощностью до 2-3 м.

Русло реки выстилается породами саласпилсской свиты, которые поднимаются и на правый берег, где покрываются моренными суглинками.

Даугавские доломиты содержат маломощный водоносный горизонт с свободным зеркалом воды. К саласпилсской свите приурочены воды как свободные, так и напорные.

На описываемом участке современную долину и остров Абелю пересекает древний эрозионный врез, прорезающий всю доломитовую толщу верхнего девона и верхнюю часть аматской свиты.

К бортам древнего переуглубления приурочены древние карстовые провалы, которые вскрыты на правом берегу (2), на острове Абелю (5) и на левом берегу (5). Всего на площади в 4 кв.км вскрыто I2 карстовых провалов.

На левом береву реки, в доломитах даугавской свиты, по соседству с древними провалами, в борту террасы отмечаются карстовые прогибы и воронки проседания. Шурфы, пройденные на надпойменной террасе, вскрыли сильно закарстованные доломиты песчаниковидные, местами превращенные в доломитовую муку.

Данный участок относится к участку сильного развития карста с комплексом древних и современных форм.

3. Крустапилсско-Екабпилсский участок.

Участок включает правобережную надпойменную террасу между островом Абелю и г.Крустпилс, левобережную надпойменную террасу между островом Абелю и островом Сака, а так же остров Сака (юго-восточная его часть, примыкающая к р. Даугава).

В районе г.Екабпилс ширина долины достигает 4-5 км На левом берегу надпойменная терраса плавно переходит в низкий водораздел, на правом - она прислоняется к высокому коренному берегу, сложенному ледниковыми отложениями.

В русле реки залегают породы саласпилсской свиты, борта террасы сложены даугавскими доломитами.

Относительная высота террасы над урезом воды не превышает 7 м Мощность песчаных и песчано-гравийных аллювиальных накоплений равна 0.5 - I.5 м, но в размывах коренных пород иногда превышает 3,5 м (песчано-гравийный карьер юго-восточнее г. Екабпилс).

Свободный уровень грунтовых вод залегает в районе на 0,8-I,0 м выше уреза реки Даугава, что составляет 74,5 - 75.5 м абс. высоты.

Ниже острова Абелю, на правом берегу в склоне террасы и на бечевнике отдельные карстовые формы проявляются в виде карстовых прогибов и обрушений над пустотами. На этом участке обнаружена одна провальная воронка (ниже точки 317) и значительное проседание пластов доломитов в I км.

На поверхности террасы на всем отрезке от острова Абелю до г. Крустпилс и в пределах самого города карстовых проявлений не наблюдалось. На левом берегу реки, к югу и западу от г. Екабпилс карстовых воронок нет. Но весьма часто встречаются понижения в виде западин, поглощающие поверхностные воды. Так на площади в 10,2 кв.км. на площади севернее нас. п. Броды размещается 5 западин размерами 12 х 22 м и 20 х 30 м. Такие западины всегда приурочены к ложбинам стока вод.

В доломитовых карьерах этого участка отдельные прослои доломитов сильно выщелочены, содержат пустоты диаметром до 10 см, а также рыхлые и мучнистые разности. Так, на площади в 10 кв. км в окрестностях Екабпилса насчитывается четыре водопоглащающих понижения в рельефе террасы.

На юго-восточной оконечности острова Сака даугавски доломиты залегают сразу с поверхности, но ясно обозначенных очагов поглощения поверхностных вод не имеют. В уступе надпойменной террасы доломиты сильно подвержены процессам карст в куполах и на крыльях мелких складок, где они почти нацело превращены в щебень и доломитовую муку. Помимо этого, большую часть бечевника .... Саласпилс занимает зона обрушения в доломитах, напоминающая древний провал. Усиленная разрушенность и закарстованность доломитов помимо ряда других факторов объясняется здесь близостью древней долины, пересекающей остров Сака напротив х. Зелтыни.

В целом на всем этом участке карст развит слабо. Поверхностные формы на террасах отсутствуют за исключением немногих западин.

Узкую полосу, прилегающую к острову Бака, нужно считать участком средней интенсивности развития карста.

4. Пенигский участок.

Расположен в 2 км выше устья р. Айвиексте на правом берегу реки.

На левом берегу, напротив х. Пенигу к реке подходит коренной берег.

На правом берегу контур долины расплывчат, так как надпойменная терраса постепенно сливается с озерно-ледниковой равниной.

Русло и борта террасы слагают доломиты даугавской свиты. Относительная высота террасы равна 5.0 м Поверхность террасы невраная и носит следы блуждания русла. Мощность аллювия колеблется от 0,5 до 4,5 м

На участке площадью в 3,2 кв.км насчитывается две небольшие воронки, одна водопоглащающая западина, выход одного подземного ручья и один древний карстовый провал в борту террасы.

Участок относится к площади слабого развития карста.

II. Район Плявиняс-устье р. Лауце

В этом районе река Даугава глубоко врезается в коренные породы и долина ее представляет узкий каньон с обрывистыми берегами, глубина которого возрастает от 7 м у устья реки Айвиексте до 35 м в районе Миеменской петли.

Современная долина р. Даугава врезана в широкую древнюю долину, борта которой сложены мореной или флювиогляциальными песчано-гравийными отложениями, а дно - коренными преимущественно карбонатными породами.

На описываемом участке река вскрывает ряд мелких и крупных локальных структур, в ядрах которых поднимаются на поверхность песчано-глинистые отложения аматской свиты, а на крыльях доломиты плявиньской и даугавской свиты и глины, мергеля и доломиты Саласпилсской свиты.

Фильтрационные свойства в доломитах определяются степенью их тектонической трещиноватости и развитием в их толще карстовых процессов.

Как видно было раньше, степень трещиноватости доломитов изменяется в широких пределах. На отдельных участках района на системы региональных трещин накладывается локальная (меридиональная, или широтная) трещиноватость, проявляющаяся в зонах нарушений и дробления пород. Именно к таким зонам (участок выше порога Грубе, Бебрулейская, Дактерская, Стабурагская) приурачиваются узлы сильного развития карста.

Связь с зонами усиленной трещиноватости обнаруживают не только явления современного карста, но и глубокие древние провалы. Только на участке от х. Ритери до г. Плявиняс, на расстоянии около 20 км вскрыто 30 древних провалов.

Поверхностные формы современного карста проявляются на верхних террасах и особенно в пределах наиболее древней пятой террасы, продолжающей уровень единственной надпойменной террасы верхнего участка (от г. Плявиняс до г. Ливаны) Абсолютные отметки поверхности террасы ниже г. Плявиняс колеблются от 70 до 75 м Мощность аллювиальных песчано-гравийных отложений на ней меняется от 0.2 до 2 м.

Наибольшее сосредоточение карстовых форм отмечается в бортах террас, а затем на террасах вдоль оврагов и долин, где исчезают ручьи и речки.

На поверхности террас большого скопления воронок (полей) обычно не наблюдается, что объясняется сосредоточением путей поглощения вод в трещиноватых и разрушенных зонах.

Наряду с этим, буровые скважины на всем протяжении участка вскрывали закарстованные зоны с разрушенностью доломитов до щебня и доломитовой муки.

Подтверждают это обстоятельство профиля сохранности перед составленным Западной экспедицией МОСГИДЭП'а по

I-У створам в районе Стукманских створов. Породы даугавской свиты в большой степени подверженные выщелачиванию вскрыты в отметках 11,0 - 57,0 м и 74,0 - 64,0 м почти на всей площади У террасы (скв.31-37; 132, 152, 198, 199, 198 и многие другие).

Карстовые формы, нанесенные на карту фактического материала дополняют картину интенсивной закарстованности доломитов главным образом даугавской свиты. Густота карстовых форм на каждом отдельно взятом участке меняется от 5-7 до 10 и более на 1 кв км но они в полной мере не могут отразить степни развития карстового процесса, происходящего на некоторой глубине в зоне поглощения поверхностных вод и тем более в зоне горизонтальной циркуляции подземных вод.

Особенно неустойчивы в отношении карста участки, расположенные около древних карстовых провалов.

Как показали опытные откачки, коэффициенты фильтрации в плявиньских доломитах вблизи карстовых провалов возрастали до 18-19 м /сутки по сравнению с 2,5 - 4,5 м/сутки на участках расположенных вдали от провалов.

Говоря о районе в целом, следует остановиться на участке строительства напорной гидростанции в районе Миемепской петли.

Долина реки Даугава на миемепском участке врезана в породы даугавской, саласпилсской и плявиньской свит, ниже которых залегают водонасыщенные пески и песчаники ашатской свиты.

Особенностью строения этого участка является наличие древней долины пересекающей дважды реку Даугаву: в северном конце излучины и в ее южной центральной части. Древний врез делает сложный изгиб, напоминающий букву ...

Буровыми скважинами было установлено, что глубина вреза (от поверхности даугавской свиты) равна 80–85 м Помимо этого вреза, самые глубокие отметки которого установлены на уровне залегания аматской свиты (-20 м абс.высоты) на участке вскрыты и другие древние переуглубления. Одно из них оконтуривается на участке устья реки Лауце, второе спрямляет излучину на правом берегу р.Даугава. Глубине последнего вреза равна 35 м от поверхности доломитов даугавской свиты. Абсолютная отметка его дна равна - 26 м, т.е. . . . . был врезан ниже современного русла реки на 6,5 м

В окраинных зонах эрозионных врезов располагаются древние провалы и участки интенсивного развития современного карста, выявленные скважинами №№ 43,46 и шахтой 800 на левом берегу реки, а также скважинами №№ 970, 880–882 на правом берегу.

Коэффициент фильтрации плявиньских доломитов колеблется на участке от 0,I до 8 м/сутки, увеличиваясь в зоне влияния древнего эррлзионного вреза, на участках усиленного дробления пород до I60 и иногда до 400 м/сутки.

III. Район Скривери-Кегумская ГЭС

В указанном районе долина р.Даугава имеет глубину до 30 м. Коренные берега долины сложены моренными или флювиогляциальными отложениями.

Русло реки врезано в доломиты даугавской свиты, они же являются и цоколем надпойменной террасы, возвышающейся над урезом воды на 12-15 м. Верхнюю часть уступа террасы покрывают глины и песчаники огрской свиты.

В районе выделяется два участка развития карста: Кмправский и Кегумский.

I. Кмправский участок.

Располагается участок в 215 км выше нас. п. Лиелкмправа и приурачивается исключительно к бортам эрозионной террасы, сложенной даугавскими доломитами. В узкой прибереговой полосе на площади в кв. км вскрывается шесть древних провалов и большое количество форм берегового карста. Так, в седловинах между мелкими складочками образованы воронки-прогибы, ниши и расширенные в результате карстовых процессов трещины с раструбами у бровки террасы.

Между древними провалами дробление пород настолько интенсивно, что создает замещение доломитов брекчией и обломочно щебневидным материалом, вмещающим доломитовую муку.

Распространение карста на поверхности террасы ограничивается здесь присутствием песчано-глинистых пород огрской свиты.

Таким образом, в береговой части участка располагается полоса сильного развития карста. Вглубь террасы, как на правом, так и на левом берегу, по мере увеличения мощности огрской свиты, эта полоса сокращается и карст там практически не проявляется.

2. Кегумский участок.

По геоморфологическому и геологическому строению участок напоминает предыдущий.

Даугавские доломиты на этой площади смяты в мелких брахиосклалках, осложненные карстом и глациодислокациями. Со складками связана интенсивная трещиноватость доломитов.

Ниже плотины непрерывно протягиваются в борту террасы всевозможные карстовые формы, описанные в главах наряду с современными карстовыми формами: трещинами, пустотами, пещерами, воронками здесь встречены и древние провалы.

Во время изысканий под Кегумской плотиной, были обнаружены обширные зоны поглощения вод, выявленные в процессе опытных работ.

(Личные сообщения В.Я.Стапренса).

Участок сильного развития карста характеризует приборотовую полосу террас и по направлению к коренным берегам резко выклинивается благодаря перекрытию даугавских доломитов огрскими слабопроницаемыми породами.

IУ. Район Огре-Саулкалне.

Морфология долины на этом участке не отличается от предыдущего района.

Русло и основание склонов долины врезаны в доломиты даугавской свиты, под которыми в сводах небольших поднятий вскрываются отложения саласпилсской свиты.

В районе выделяются два участка развития карста: Огрский и Саулкалнский.

I. Огрский участок.

Охватывает долину реки Огре, которая вскрывает ряд мелких брахиантиклинальных складок в приустьевой части реки.

В береговых обрывах прослеживаются зоны дробления пород по трещинам (особенно бортового отпора), секу.... своды и крылья складок.

Усиленная трещиноватость даугавских доломитов сопровождается образованием всевозможных полостей, а также карстовых брекчий и доломитовой муки.

Узко прибортовая полоса долины р.Огре относится к участку развития карста средней интенсивности. Большое значенте имеет здесь кальматация трещин огрскими глинами перекрывающими даугавские доломиты.

Ниже Огрской протоки, на правом берегу в бортах эрозионного уступа террасы между х.Граутье и Ремпетри, располагаются древние карстовые провалы. Река Даугава вскрыла на этом

участке на площади в 2,4 кв.км три карстовых провала. Не исключена возможность присутствия еще не выявленных провалов в пределах террасы.

В промежутках между провалами происходят разрывы и смещения слоев, вдоль которых образуются полости и пустоты. Очень характерно присутствие крупнообломочных брекчий, залегающих отдельных слоев доломитов.

Участок включает площадь сильного развития карста как древнего, так и современного.

2. Саулкалнский участок.

В районе ст. Саулкалне в породах саласпилсской обнажающихся в своде крупной структуры содержатся гипсы. Включение гипсов в саласпилсский комплекс глинисто мергелисто-доломитовых пород обуславливает проявление активного гипсово-доломитового карста в склонах и на поверхности террасы, а также на правом коренном берегу, где отложения саласпилсской свиты перекрываются флювиогляциальными образованиями мощностью до 9 м.

На I кв.км на участке насчитывается более I0 карстовых форм. Провальные воронки появляются в районе после каждого паводка, что создает опасность для эксплуатации железной и шоссейной дорог.

Участок включает площадь сильного развития карста.

Выделение инженерно-геологических районов по развитию карста на всей площади долины подтверждает неравномерное его развитие, определяемое рядом факторов.

Особенно важно такое районирование в пределах водохранилища Плявиньской ГЭС, которое разольется на расстоянии около 40 км от Миеменской излучины до острова Сака.

В пределах первого района будет находится только Пенигский карстовый участок. Береговой уступ надпойменной террасы, сложенный доломитами даугавской свиты при поднятии уровня воды в водохранилище, покроется водой. Карстовые процессы при таких условиях практически проявляться не будут.

В пределах второго района воды водохранилища разольются по поверхности У надпойменной террасы. Борта водохранилища будут сложены доломитами даугавской или плявиньской свит.

Там, где подпор выклинивается на поверхности У террасы возможности развития карста снижаются, так как карстующиеся доломиты попадают в зону полного насыщения и в них исчезают условия для образования новых пустот.

С другой стороны, создается возможность вымывания аллювиального материала в трещины и пустоты и некоторое их залечивание.

На тех участках, где борта водохранилища на уровне НПГ сложены карбонатными породами неизбежен усиленный размыв в прибортовой зоне с вымыванием доломитовой муки и

и рыхлого карбонатного материала.из трещин и пустот, что предопределит их дальнейшее развитие и расширение. Повышение уровня воды в водохранилище (до + 72 м) вызовет повышение уровня грунтовых вод, что вызовет перемещение очагов карста на более высокие отметки (П-район-Бебрулейский, Клинтайнский участки на правом берегу и участок Скуени-Паегли- на левом берегу.).

Наиболее сильное развитие карста последует на контакте грунтовых и подземных вод в зоне их сезонного колебания и особенно там, где соприкасаются четвертичные и карстующиеся коренные породы.

На площади второго района часто встречаются древние провалы. Обычно сами полости провалов плотно утрамбованы глинами огрекой и саласпилсской свит. На окраинные зоны древних провалов представляют собой ослабленные сильно фильтрующиеся участки.

Располагаясь в бортах водохранилища, полости провалов могут постепенно освобождаться от размокающего глинисто-карбонатного заполнителя, и могут вызвать пути фильтрации в сторону коренного склона долины.

Значительная концентрация карстовых провалов в районе Стукманских створов являлась значительной помехой для размещения там гидротехнических сооружений.

На тех участках района, где воды водохранилища затопят низкие террасы и установится на уровне бровки У террасы,

подводный уступ которой сложен целиком доломитами, в зависимости от их трещиноватости и закарстованности, будут происходить интенсивно не столько процессы карста, сколько обрушивания и обвалы с заполнением существующих каналов и пустот.

В береговой полосе водохранилища, сложенной доломитами, вмещающими прослои доломитовой муки, будет происходить вымывание последней, что вызовет сильное разрушение пород.

В условиях затопления всех надпойменных террас и нижней части коренных склонов, сложенных мореной или песками и галечниками, возможности проявления карста будут отсутствовать.

З А К Л Ю Ч Е Н И Е

Исследования карста в долине реки Даугавы показали, что в карбонатных породах, слагающих ее склоны и ложе, имеются три основные разновидности карста, отличные по формам своего проявления и по возрасту. Наибольшим развитием пользуются проявления современного карста. Достаточно широко представлен древний доледниковый карст и, наконец, повсеместное развитие в областях распространения карбонатных пород имеет еще одна форма древнего карста, проявляющаяся в виде кавернозности слоев и пачек доломитов. Наиболее разнообразны формы проявления современного карста, размещенные в целом в долине очень неравномерно. Распространение карстовых форм зависит в основном от распространения карстующихся пород и от глубины их залегания. Из современных форм активного карста в долине р. Даугавы встречаются воронки, замкнутые котловины, слепые и полуслепые долины, исчезающие ручьи и речки и источники трещинно-карстовых вод.

Современные карстовые процессы проявляются также в разработке трещин, в образовании ниш, пещер, а также во внутрислойных перемещениях глыб и пачек доломитов.

В исследуемом районе встречаются также подземные полости и каналы, заполненные карстовым элювием и доломитовой мукой.

Выщелачивание доломитов свит проявляется в наличии разрушенных зон доломитов, сложенных рыхлыми разностями с гнездами и прослоями доломитовой муки.

Древний карст представлен микроформами в виде пор, каверн, а также воронками и провалами в виде полостей подземного обрушения.

На развитие современного карста благоприятное воздействие оказывают физико-географические условия. На описываемой территории, в зоне мягкого и влажного климата развитие карста в верхней гидродинамической зоне идет интенсивно. Температурные условия воздуха Средняя годовая температура с запада на восток в республике меняется от +4,5° до +6,5° и почвы, а также режим осадков /выпадение последних преимущественно в летние месяцы/ благоприятствуют развитию карста в долине р. Даугавы почти в течение всего года. Сезонная неравномерность развития карста в описываемом районе в связи с этим проявляется слабее, чем в других карстовых областях.

На ход развития карстовых процессов из физико-географических факторов существенное влияние оказывает гидрогеографическая сеть, так как верхнедевонские карстующиеся доломиты находятся в сфере дренирующего воздействия реки Даугавы и ее притоков. Характером врезания р. Даугавы обуславливается закономерность наибольшего распространения карста на участках ее глубокого врезания вследствие увеличения мощности зоны аэрации.

Чрезвычайно благоприятными для развития карста в долине р. Даугавы являются геологические условия, определяющие неглубокое залегание карстирующих-

ся пород на террасах. Преобладание долошитов в свитах, участвующих в геологическом строении долины р.Даугава, представляет неограниченные возможности выщелачивания и особенно в долошитах даугавской свиты.

Вторая особенность геологических условий в развитии карста определяется условиями залегания карстующихся пород в пределах долины. Наибольшее сгущение карстовых форм наблюдается в полосах местных структур, осложненных мелкой брахискладчатостью и интенсивной трещиноватостью. С зонами повышенной трещиноватости связаны многочисленные проявления карста и проявления карстовой тектоники, проявляющейся в обрушении слоев над карстовыми пустотами, а также в резких прогибах слоев с нарушением залегания и их сплошности.

В карбонатных породах долины р. Даугава имеется две региональные системы трещин. Первая из них состоит из трещин северо-западного направления с азимутами простирания от 285° до 340° ; вторая - перекрещивающаяся с первой - система, северо-восточная, с азимутом простирания трещин от 20° до 50° и от 60° до 80°. На отдельных участках, каковыми являются крылья локальных структур, на главные системы трещин накладывается трещиноватость

широтного и меридионального простирания, которая проявляется слабее первых или доминирует. Степень трещиноватости носит локальный характер и наибольшая раздробленность пород и явления карста приурочены к районам наложения мелких структур на более крупные. Наибольшему закарстованию трещины подвергаются в местах выходов трещино-карстовых вод. Большое значение в развитии карста имеют трещины бортового отпора, сильно расширенные подземными и речными водами.

Развитие и распространение карста на коренных берегах и в долине зависит от их геоморфологического строения, так оно определяет рельеф местности и водопроницаемость покровных отложений. Рельеф водоразделов, прилегающих к р. Даугава, сформирован экзарационно-аккумулятивной деятельностью ледника. Основными формами рельефа водораздельных пространств являются моренные холмы, камы, иногда озы, имеющие большую мощность четвертичных отложений, препятствующих развитию карста. Появление карстовых форм возможно только на тех участках коренных берегов, где к долине подходят равнины и низменности с незначительной мощностью покровных образований

(Восточ-

но-Латвийская низменность - Цирсниеки, Кукшы, Буцениеки, флювиоглящиальная равнина - Бебрини, Блодыни, Приморская низменность-Саулкалне, Томи и т.д).

На прилегающих к долине водоразделах, имеющий всхолмленный моренный ландшафт, карст проявляется только в овражных и речных долинах, вскрывающих эрозией карстующиеся породы, (Водораздел р.р.Даугава и Лауце, правый водораздел р. Даугава, напротив Стабурагской излучины).В пределах долины р. Даугава карст (поверхностный и подземный) проявляется в пределах У, IУ и Ш надпойменных террас. Наиболее закарстованы доломиты, являющиеся цоколем самой древней террасы р. Даугава, У надпойменной.

Интенсивность развития карста и густота распространения карстовых форм на террасах находятся в зависимости от мощности рыхлых песчано-гравийных аллювиальных отложений, покрывающих карстующиеся доломиты. Самая большая плотность карстовых форм наблюдается на У террасе. Значительной закарстованностью отличаются некоторые участки IУ террасы. На Ш террасе возрастает мощность аллювиального покрова и поэтому карстовые явления встречаются здесь в единичных случаях.

Мощность аллювиальных отложений на террасах резко понижается в сводовых частях брахиантиклинальных складок анализ фактического материала показывает на увеличение количества карстовых форм на поверхности террас,

в большей части случаев связанное с поднятиями коренных пород к центрам структур (У террасе- между х.х. Клауги и Меддери, IУ терраса - у х.х. Раудес и Расас, У терраса - напротив Стабурагской излучины и др.).

При возрастающей мощности рыхлых отложений карстовые формы появляются в окраинных зонах древней долины и особенно там, где склоны современной и древней долины совпадают. Объясняется это усиленной ролью суффозионных процессов, за счет которых происходит вынос рыхлого материала в сильно раздробленные и закарстованные доломиты в склонах древней долины.

Гидрогеологические условия карста в долине р.Даугава определяются гидродинамическим режимом и составом вод, содержащихся в карбонатной толще.

Воды, циркулирующиеся в карбонатных породах находятся в гидродинамической связи и в сущности представляют общий горизонт с небольшими колебаниями статического уровня и с близким химическим составом. По характеру циркуляции этот горизонт является трещинно-карстовым. Напорные уровни трещинных вод понижаются в локальных зонах разгрузки на участках древних провалов в бортах древних долин и на участках интенсивной трещиноватости.

В долине р. Даугава и ее придолинной зоне можно наметить несколько схем циркуляции вод:

1. Карстовые воды характеризуются нисходящим движением и дренируются долиной. Наблюдается зона поверхностной и нисходящей циркуляции (вертикальной). Сплошного водоносного горизонта карстовых вод в этой зоне обычно нет. Мощность зоны колеблется от 9,0 до 15,0 м. Зона вертикальной циркуляции ограничивается местными водоупорами (подсвита $D_3 dg_2$, свита $D_3 slp$, подсвиты $D_3 pl_1$, $D_3 pl_{2+3}$).

2. Нисходящее движение карстовых вод сменяется на примерно горизонтальное на уровне менее проницаемых пород. Движение карстовых вод по водоупору происходит в сторону дрены (долины). Эта зона переходной циркуляции характеризуется чередованием вертикальной и горизонтальной циркуляции за счет сезонных колебаний уровня карстовых вод.

3. Зона горизонтальной циркуляции с движением вод из области питания в направлении речной долины. Выщелачивание доломитов в этой зоне происходит за счет разгрузки напорных вод в зоне полного насыщения.

4. Зона сифонной циркуляции охватывающая толщу песчано-глинистых отложений залегающих ниже русла р. Двуреча, практически не оказывает влияния на развитие современных карстовых процессов.

Формирование трещинно-карстовых вод связано с выщелачиванием карбонатов, а также со смешиванием их с водами четвертичных отложений и напорными водами более глубоких горизонтов (свит D_3amt и D_3gj). По химическому составу воды карбонатной толщи пресные и относятся к гидрокарбонатно-кальциевому типу.

В районе древних провалов и в бортах древних долин в составе вод наблюдается повышенное содержание сульфатов за счет окисления сульфидов в разрушенных и раздробленных карстом породах. Повышение минерализации трещинно-карстовых вод наблюдается также в водах некоторых карстовых источников.

Типичным проявлением карста и характерной особенностью гидрогеологии в долине р. Даугава являются многочисленные источники, питающиеся трещинно-карстовыми водами.

На выщелачивание карбонатных пород во всех рассмотренных нами ранее гидродинамических зонах при прочих равных условиях существенное влияние оказывают литолого-петрографические особенности карстующихся пород. Литология пород влияет на морфологию карста и интенсивность его проявления. О скорости протекания карстовых процессов можно судить по размерам карстовых форм. Вопрос о скорости развития карста в доломитах еще мало изучен. Для некоторых карстовых районов нашей страны был определен показатель активности карста только для известня-

ков и гипсов (Н.В.Родионов,1949). Большое значение в процессе развития карста приобретает химический состав карстующихся пород. Карстующиеся доломиты в долине реки Даугава имеют довольно однородный химический состав. Содержание кальцита в доломите колеблется от 2 до 9 %. Однако, доломиты оказываются в разной степени растворимыми в зависимости от структурно-текстурных особенностей. Наибольшему растворению подвергаются доломиты с разнозернистой структурой и особенно участки породы, сложенные более крупными зернами.

Большая роль принадлежит выщелачиванию собственно доломитовых зерен. Доломиты Даугавской свиты растворяются и карстуются легче, чем доломиты других свит, что объясняется разнозернистым составом породы, обусловленным процессами ее перекристаллизации . Наиболее выщелочены прослои кавернозных и пористых доломитов. Степень кавернозности и пористости породы зависит от количества заключенной в ней фауны, а также от состава и структуры доломитов. Большое значение при этом имеет невысокое содержание нерастворимого остатка. Особенно сильному выщелачиванию подвержены прослои доломитов нижней части подсвиты $D_3 dg_1$ (контактовые с подсвитой $D_3 slp$ и подстилающие кавернозную толщу). К этим слоям приурочено большое количество пустот, углублений и пещер.

В обнажениях слои неоднородных доломитов превращены в доломитовую муку и щебень, тогда как участки крепкого скрыто кристаллического доломита образуют решетку или скелет слоя.

Прослои выщелоченных песчаниковидных доломитов приурочены также к верхней половине нижнедевгавской подсвиты.

Доломиты саласпилсской свиты находятся в неблагоприятных условиях в смысле развития в них карстовых процессов, определяющихся , во-первых, глинисто-мергелисто-доломитовым составом свиты, а во-вторых, перекрытием карстующихся кальцитизированных доломитов водоупорной толщей глин.

В плявиньской свите интенсивно выщелачиваются неоднородные, преимущественно среднезернистые, сахаровидные доломиты. Доломиты не всегда характеризуются той или иной структурой или текстурой. В одних и тех же прослоях они могут сочетаться. Микрослоистые разности доломитов являются менее выщелоченными, чем массивные с пятнистой текстурой.

Все перечисленные ниже условия и факторы, содействующие образованию карста в долине объясняют закономерности его развития. На развитие современного карста существенное влияние оказала закарстованность верхнедевонских пород в более ранние эпохи.

Движения земной коры разного знака и амплитуды приводили к неоднократной смене морской обстановки на лагунную и континентальную. В периоды континентальных перерывов карбонатные породы закарстовывались. Древний карст в карбонатных породах проявляется на исследуемой площади в виде пористости, кавернозности и огромных провалов. Ход развития древних провалов связан с развитием древней долины, Предаугавы и наиболее закарстованные зоны приурочены именно к склонам древней долины, обнаруженной буровыми скважинами в районе г. Лиепаи, у островов Абелю и Сака, в г. Плявиняс, на участке Мисменской излучины и других.

Закономерности развития древнего карста связаны с интенсивностью процессов выщелачивания в бортах древних долин и с образованием суффозионных полостей в песчано-глинистой толще, подстилающей карбонатные карстующиеся породы.

Обстановка развития доледникового и современного карста отличалась как продолжительностью времени, так и интенсивностью и формами проявления.

Вследствие широкого развития карста в долине р. Даугава с ним приходится считаться при решении ряда практических вопросов.

Наличие карстовых трещин, полостей, воронок, провалов и других форм в породах, слагающих берега и русло

реки осложняет проектирование и сооружение плотин, водохранилищ и мостовых переходов.

На основе изучения карста в долине нами намечена схема инженерно-геологических условий карстовых районов и участков, описанных в главе IX.

В пределах территории, где проявляется карст, выделено 4 района:

1. Район Ерсика-Плявиняс;
2. Район Плявиняс-устье р. Лауце;
3. Район Скривери-Кегумская ГЭС;
4. Район Кегумская ГЭС-Катлакалнс.

По материалам картирования карстовых форм и по данным буровых скважин и горных выработок в пределах районов выделяются три категории участков различной интенсивности развития карста:

1) Площади, где карст на поверхности не проявляется, но имеются подземные его формы.

2) Участки слабого развития карста, где имеются единичные карстовые формы.

3) Участки средней интенсивности развития карста, где густота поверхностных карстовых форм превышает 3-5 на 1 кв. км.

4) Участки сильного развития карста, где на 1 кв.км приходится до 10 форм на террасах и большое количество форм берегового карста (трещины, пустоты, пещеры).

В пределах таких участков имеются и древние карстовые провалы.

При поднятии уровня воды в водохранилище значительную роль будут играть гидрогеологические факторы: режим карстовых вод в условиях подпора и периодического колебания уровня водохранилища.

Зона подземных вод (горизонтальной циркуляции) переместится на высоту подпору и карстовые процессы ниже его уровня, видимо, будут затухать.

С другой стороны, при переработке бортов водохранилища, сложенных доломитами, карст будет развиваться в форме выщелачивания трещин у уреза воды, а также в образовании полостей и блоков отседания по расширенным трещинам.

Согласно литературным данным, скорость закарстовывания в условиях водохранилища возрастает. Это обусловлено постоянным омыванием берегов ветровой волной, периодическим падением уровня воды в водоеме и подпором.

В свою очередь гидродинамические зоны карстовых вод смещаются вверх, что приводит к омоложению карстовых форм зоны вертикальной циркуляции(И.А.Печеркин,1960).

На участках развития карста в долине условия водоснабжения неблагоприятны. Карстовые источники зоны поверхностной и вертикальной циркуляции действуют только в периоды снеготаяния и сильных дождей. Источники зоны горизонтальной циркуляции водообильны, но располагаются в нижней части уступов террас, что затрудняет доставку вод

хозяйственным постройкам, не обеспеченным скважинами на воду.

Закарстованность карбонатных пород в долине реки Даугава создает затруднения для создания колхозных водоемов (так ушла вода из пруда у х.Кригули, вблизи устья р. Пикстере), а также для осуществления линии высоковольтной передачи, которая проходит по закарстованным породам в долине р. Лауце. Серьезные опасения для устойчивости звеньев этой линии возникают на участке левобережной IУ надпойменной террасы, ниже устья р.Пикстере, сложенной закарстованными доломитами плявиньской свиты. Сильная закарстованность доломитов даугавской свиты (карры, поноры, воронки) вскрыта по линии зуба плотины строящейся Плявиньской ГЭС.

Таким образом, в настоящем отчете показана многообразная роль карста, влияющая на практическую деятельность человека.

Настоящим отчетом не исчерпывается необходимость накопления фактического материала для характеристики карстовых районов всей республике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. АНТОНОВИЧ - Геологический очерк берегов Западной Двины в пределах Витебской губернии.
Горный журнал ,СПб, 1873.
Тоже в книге Сапунова "Западная Двина".
Витебск, 1893.

2. АПРОДОВ В.А.* - О некоторых вопросах теории карста .
Изв.АН СССР, сер. географ.и геофизич., т.XII
№ 3, 1948.

3. БАЛОД Я.П.и
ЦУКЕРМАН Я.К. - Гидротехническая характеристика р.Салаца.
Вопросы энергетики . Труды Инст.энергетики и электротехники. АН Латв.ССР, Вып.7, Рига, 1952.

4. БАРКОВ А.С. - Карст Самарской луки.
Землеведение, т.24,вып.1-2,1932.

5. БАРКОВ А.С. - Карст Русской равнины.
Вопросы географии,сб.40,
Москва,1957.

5а.БЕЛОУСОВ В.В. - Тектонические разрывы , их типы и механизм образования.
Труды геофизич.Инст.АН СССР,
№ 17 / 144 / ,М,1952.

5в.БЕЛОУСОВ В.В. - Основные вопросы геотектоники .
Госгеолтехиздат, М,1954.

6. БЕРУЭЛЛ Е. и
МОНИМАКЕР Б. - Геология при строительстве плотин.
Сб. статей."Проблемы инженерной геологии".
Изд.иностр.литературы,М,1958.

*

7. БИНДЕМИН Н.Н. – Количественная оценка водопроницаемости массивов закарстованных пород на основе изучения режима подземных вод. Тезисы докл. на совещании по изучению карста, вып. 7, АН СССР, М, 1956.

7а БОЛОТИНА М.Н. СОКОЛОВ Р.С. – Карст района Витебских порогов. Бюлл. МОИП., отд. геологии, т. 59, вып. 4, 1954.

8. БОГОМОЛОВ Ф.С. – Отчет о разведке Саурнешского месторождения гипсов в Латвийской ССР за 1945-48гг. Ленгеолнерудтрест. Фонды ИГ АН ЛССР, 1949.

8а. БОГОМОЛОВА К.Ф. и НИКОЛАЕВ Е.А. – Отчет о детальной разведке доломитов месторождения Кусталицы, т. 1, Фонды гипротранспроекткарьера, Л. 1957

8б. БРОНГУЛЕЕВ В.В. – Мелкая складчатость платформы. МОИП, нов. сер., вып. 14/18, 1951.

9. БРЕЙВЕ А.Ю. – Отчет о комплексной геологической съемке масштаба 1:10000 участка долины р. Западная Двина в районе расположения створов проектируемой Екабпилсской ГЭС, 1956. Фонды института "Гидроэнергопроект". Москва.

10. ВАРСОНОФЬЕВА В.А. – Карстовые явления в северной части Уфимского плоскогорья. Землеведение, т. XXII, кн. 1У, М., 1915.

11. ВАРСОНОФЬЕВА В.А. – В южной части Уфимского плоскогорья .
Землеведение, кн. Ш-1У,1916.

12. ВАРФОЛОМЕЕВА О.М. – Карстовые явления в долине р. Даугава. Геология долины реки Даугава.
Тр.Института геологии и полезных ископаемых , т.Ш, Рига, 1959.

12а. ВАРФОЛОМЕЕВА О.М.– Карст в Латвийской ССР.Труды ИГ АН Латв.ССР,т.УП/ в печати/

13. ВАСИЛЬЕВ Б.В. – К динамике образования карстовых провалов на территории Татарской республики.
ДАН СССР,т.91,№ 2,1953.

14. ВИШНЯКОВ С.Т. – Генетические типы доломитовых пород.ДАН СССР,т.76, № 1,1951.

14а. ВИШНЯКОВ С.Т. – Карбонатные породы и полевые исследования их пригодности для известкования почв. Карбонатные породы Ленинградской области, северного края и Карельской АССР, вып.1,1933.

15. ВОЛОДЬКО И.Ф. – К методике лабораторного изучения движения подземных вод в трещиноватых породах. Сб. Гидрогеология и инженерная геология, № 8,М,-Л, 1941г.

16. ВОСКРЕСЕНСКИЙ К.П.– Сток рек и временных водотоков на территории лесостепной и степной зон Европейской части СССР.
Труды гос.гидрол.института, вып. 29/83/,1951.

17. ГАЗИЗОВ М.С. -К вопросу о морфологии и происхождении карста в Прибалтийском сланцевом бассейне. Труды института геологии АН Эстонской ССР, т.II, 1958.

18. ГВОЗДЕЦКИЙ Н.А.-Карст, псевдокарст и суффозия. Тезисы докладов Пермской карстовой конференции, 1947.

19. ГВОЗДЕЦКИЙ Н.А.-а/ Опыт районирования карста Большого Кавказа. Географический сборник, т.1, АН СССР, 1952.

20. ГВОЗДЕЦКИЙ Н.А.-в/Карстовые явления в Приангарье. Ученые записки МГУ, вып. 160, 1952.

21. ГВОЗДЕЦКИЙ Н.А.-Карст, Географгиз, ~~1954~~, Москва, 1954.

22. ГВОЗДЕЦКИЙ Н.А.-Письмо в редакцию. Известия Всесоюзного географического общества, т.87, Вып.3, 1955.

23. ГВОЗДЕЦКИЙ Н.А., НИКОЛАЕВ Н.Н., СОКОЛОВ Д.С. -О книге Д.С. Рыжикова" Природа карста и основные закономерности его развития". Изв.АН СССР, серия геол. № 11, 1956.

24. ГЕРМАНОВ А.И. - Кислород подземных вод и его геохимическое значение. Изв.АН СССР, серия геологии, № 6, 1955

25. ГИНЗБУРГ М.И. и ЗАЛЕССКИЙ Б.В. - Исследование физических свойств карбонатных пород.
Труды института геологии АН СССР, вып. 122, 1950.

25а. ГОРБУНОВА О.М. и БОГОМОЛОВ Ф.С. - Геологический отчет по разведке Салаеспильского участка Тижского месторождения гипсов в ЛССР за 1946-48гг.
"Фонды "Ленгеолрудтрест", 1949.

26. ГОРБУНОВА К.А. - Карст некоторых районов Молотовской области.
Автореферат канд. диссертации.
Молотовский университет, 1956г.

27. ГОЛУБЕВА Л.В. - О плотности карстовых воронок в различных геоморфологических условиях
ДАН СССР т.90, № 1, 1953.

28. ГОЛУБЕВА Л.В. - Опыт применения спорово-пыльцевого анализа для установления возраста карстовых воронок.
Бюлл.ком. по изучению четвертичного периода, АН СССР, № 18, 1953.

29. ГОЛУБЕВА Л.В. - Карстовые явления окрестностей села Павлово-Ординского района Молотовской области. Уч. зап. Молотовского ун-та, т.9, в 1, 1955.

30. ДАНИЛАНС И.Я. - Голоценовые пресноводные известковые отложения Латвии. Рига, 1957, Изд. АН Латвийской ССР.

31. ДЗЕНС-ЛИТОВСКИЙ А.И. - Соляной карст СССР, гидрогеологические законы его развития и географические районы его распространения. Тезисы докладов на совещании по изучению карста, вып.10, АН СССР, М., 1956.

32. ДУРОВ С.А. - К вопросу о происхождении солевого состава карстовых вод.
Украинский химический журнал, т.XXII, вып.1, АН УССР, Киев, 1956.

33. ЖУКОВСКИЙ С.Я. - Карст участка Каховской ГЭС на р.Днепре. Тезисы докладов на совещании по изучению карста, вып.11, АН СССР, Москва, 1956.

34. ЗАЙЦЕВ И.К. - Вопросы изучения карста.
Москва, Госгеолиздат, 1940.

34а. ЗЕЛЕНОВ К.К. - Литология нижнекембрийских отложений северного склона Алданского массива. Тр.геол.Ин-та АН СССР, вып. 8, 1957.

35. ЗУБАЩЕНКО М.А. -Опыт районирования карста на территории Европейской части СССР и Кавказа.
Изв.Воронежского госпед.института, т.У, вып.1, 1939.

36. ЗУБАЩЕНКО М.А. – Вопросы изучения карста в мелу. Тезисы докладов на совещании по изучению карста вып.II, М.,1956.

37. ИНДАНС А.П., КОВАЛЕВСКИЙ М.И., СПРИНГИС Е.Н. – Неотектонические движения на примере Латвийской ССР.
Сб. докл. Неотектонические движения в Прибалтике.
Изд. АН,ЭССР,Таллин , 1960.

37а ИНДАНС А.П. – К вопросу о гипсовой тектонике в Латвии.
Изв.АН ЛССР,№ 2/151/,1960.

37б ИНДАНС А.П. – Тектоника.
Геология СССР,т.XXXУШ Латв.ССР,
Госгеолиздат,М.-Л,1961.

37в ИНДАНС А.П. – О некоторых вопросах развития древних местных структур в новейшее время.
Неотектоника СССР. Тр.ИГ ЛССР,/ в печати/

38. КАВЕЕВ М.С. – Результаты инженерно-геологических исследований в карстовых районах Татарской АССР.
Тезисы докладов на совещании по изучению карста, вып. 15., АН СССР,
М,1956.

39. КАВЕЕВ М.С. и ВАСИЛЬЕВ Б.В. – Провальные явления на территории г.Казани. Изв.Всесоюзного геграф.об-ва, т.90,вып.1,1958.

40. КАВЕЕВ М.С., ВАСИЛЬЕВ Б.В., ГАЛИЕВ У.З., ХАБИБУЛЛИНА Ф.С. – Общие закономерности развития экзодинамических явлений на территории Татарии.Изв.Казанского филиала АН СССР,сер.геол.наук,№ 2, 1954.

41. КАВЕЦКИС М.А. – Карстовые процессы на территории Литовской ССР. Тезисы докладов на совещании по изучению карста, вып.12,АН СССР,М,1956.

42, КАЛЕДА Г.А. – К вопросу о перекристаллизации карбонатных пород, Вопросы минералогии осадочных образований, кн.2-я Львовский госуниверситет,1955.

43. КАПУСТИН А.П. – Карст Дзержинского района Горьковской области и его особенности. Тезисы докладов на совещании по изучению карста, вып. 15, АН СССР,М.,1956.

44, КАРПЫШЕВ Е.С. – Схема комплексного использования р.Зап. Двины. ТЭД,ч.Ш .Геология сооружений, Москва, 1949, Техархив ин-та "Гидроэнергопроект".

45. КАТУЛЬСКИЙ В.З. - Инженерно-геологический очерк долины р.Западной Двины от ст. Кресты до Балтийского моря, 1946г, Техархив Гидроэнергопроект.

46. КАШТАНОВ С.Г. - Карстовые явления в районе Казанского Поволжья. ДАН СССР, т.49: № 2, 1943.

46а.ЛЯВИНЬ А.Я. - Отчет о детальной разведке Ливанского месторождения доломитов. Фонды ИГ АН Латвийской ССР, 1956.

47.КАШТАНОВ С.Г., СЕЛИВАНОВСКИЙ В.В., СТУПИШИН А.В. - Закономерности развития карста в Среднем Поволжье. Тезисы докладов по изучению карста; вып.2, АН СССР, Москва, 1956.

47а.КОРОТКЕВИЧ Г.В. Некоторые генетические особенности карстовых форм областей закрытого карста. Тезисы докладов по изучению карста, вып. 16, АН СССР, М, 1956.

48.КРИГЕР Н.И. - Трещиноватость и методы ее изучения при гидрогеологической съемке. Материалы по инженерной геологии; вып. II, М., 1951.

49.КРОТОВА Е.А. - Определение возраста корразионных карстовых воронок по растворимости. Зап.Молотовского Ин-та Т: П, № 2, 1957.

50.КРУБЕР А.А. - О карстовых явлениях в России. Землеведение, т.УП, кн.4.1900

51.КРУБЕР А.А. - Гидрография карста, Сб. в честь 70-летия проф.Д.Н. Анучина, 1913.

52. КОВАЛЕВСКИЙ М.И. - О рельефе поверхности коренных пород Латв.ССР.
Изв.АН Латв.ССР, N11(148), 1959

52а.КОВАЛЕВСКИЙ М.И.- Соотношение рельефа и тектонической структуры территории Латв.ССР
Неотектоника СССР: Рига.. (196)
[illegible]

53. Коллектив авторов .(А.П. ИНДАНС, П.М.МИХАЙЛОВСКИЙ, Н.А. СМИРНОВА, Г.П.ЯКОБСОН).
Проект округа санитарной охраны курорта"Кемери". Фонды ИГ АН Латв.ССР, 1957.

53а.Коллектив авторов-Геологическое строение СССР, т.3. Тектоника.
Геогеолтехиздат, М., 1958.

54. Коллектив авторов-(ЛИЕПИНЬШ П.П. , МАЙОР М.К, КОВАЛЕВСКИЙ М.И., КРУКЛЕ М.Я., Лауэнкрапа Э.К ПЕРКОНС В.А.)
Отчет о геологической и географической съемке долины р.Даугава. 1953 -1954 . Фонды И.Г. АН Латв. ССР. Рига.

55. ЛАЗЕР Л.Ф. -Инженерно-геологическое изучение карста при гидроэнергетическом строительстве (на примере Каховской и Павловской ГЭС).Автореф.кандидатской диссертации .Москва, МГРИ, 1955.

56. ЛАПТЕВ Ф.Ф. -Агрессивные действия воды на карбонатные породы ,гипсы и бетоны . М.-Л, 1939.

56а.ЛАУЭНКРАНЦА Э.К. - О распространении почв на девонских отложениях в Латв.ССР. Автореферат кандидатской диссертации. ИГ Латв. ССР, Рига, 1960.

57.ЛЕБЕДЕВА Л.К. - Отчет о маршрутной инженерно-геологической съемке долины р.Западной Двины от устья р.Нерета до устья р. Лауце в масштабе 1:50.000 1949.Техархив института "Гидроэнергопроект" Москва.

58.ЛЕПЕХИН И.И. - Продолжение дневных записок путешествия по разным провинциям Российского государства в 1770г. и в 1771г. Ч.2 и 3. СПб ,изд.АН,1772г. и 1814г.

58а.ЛИЕПИНЬШ П.П. - Геологическая карта Латвийской ССР 1:600000 .И.Г. АН Латв.ССР,1958.

59. ЛИЕПИНЬШ П.П. - К вопросу о палеографии и тектонике Западной части Главного девонского поля . Изв.АН Латв.ССР, 5, 1950.

60. ЛИЕПИНЬШ П.П. - Стратиграфия девона Прибалтики /со стратиграфической схемой автора/ в АН Латв.ССР, XI,1955

Фонды ИГ АН Латв.ССР,

61. ЛИЛЛИНЫШ П.П. -Девонские отложения долины р.Даугавы, Геология долины р.Даугавы. Труды ИГ и ПИ АН Латв.ССР. т.3,г.Рига

62. ЛИЧКОВ Б.Л. -О происхождении древних глубоких размывов четвертичного и предчетвертичного времени в ледниковом районе Европейской части СССР. Проблемы физической географии, т.11,1941.

63.ЛОМИЗЕ Г.М. - Фильтрация в трещиноватых породах. М.-Л.,1951.

64.ЛОМОНОСОВ М.В. - О слоях земных. Соч.т.УII. Изд.АН СССР,1935 / вышло в 1750г./

65.ЛЫКОШИН А.Г. - Трещины бортового отпора . Бюллетень МОИП,отд.геологии. т.XXУШ/ 4/, 1953.

67.ЛЫКОШИН А.Г. - Основные вопросы и методы инженерно-геологических исследований карста в связи с энергетическим строительством. Изв.высш.учебных заведений. Сер.геология и разведка, № 1,1959г.

66.ЛЫКОШИН А.Г. - Некоторые гидрогеологические закономерности развития карста в платформенных областях. Землеведение т.У,1960,Москва

68. ЛЕТКЕВИЧ Е.М. и ПЕЙСИК М.И. - О послеледниковых тектонических движениях в области Латвийского прогиба ДАН СССР, т.88, № 5, 1953.

69. МАКАРЕНКО Ф.А. - Гидрогеологические закономерности развития карста. Тезисы доклада Молотовской карстовой конференции, 1947.

70. МАКЕЕВ З.А. - Карст и вопросы подземного стока. Тезисы доклада Молотовской карстовой конференции, 1947.

71. МАКСИМОВИЧ Г.А. - Типы карстовых явлений. Тезисы доклада Молотовской карстовой конференции. 1947.

72. МАКСИМОВИЧ Г.А. - Методы изучения карста. Уч.зап. Молотовского Ун-та, 1956, в 10, № 2.

73. МАКСИМОВИЧ Г.А. ГОЛУБЕВА Л.В. - Генетические типы карстовых воронок. ДАН, № 14, 1952г.

74. МАКСИМОВИЧ Г.А. - Основные типы гидродинамических профилей областей карста карбонатных и сульфатных отложений ДАН СССР, 1957, т.122, № 3.

75. МАКСИМОВИЧ Г.А. - Гидрохимические фации подземных вод и их зональность. ДАН, т.61, № 6, 1947.

76. МАКСИМОВИЧ Г.А. - Карст пермской области .
Пермь, 1958.

77. МАКСИМОВИЧ Г.А. - Районирование карста СССР.
Доклад четвертого Всеуральского совещания по физико-географическому районированию.
Пермь ,1958.

77а. МОСКОВКИН Э.Г. - Гидрогеологический режим р. Даугава .
Труды Института геологии и полезных ископаемых, т.Ш, 1959, Рига.

78. НАРБУТАС В.В. - Сульфатные карбонатные отложения нижне и среднефранского подъярусов Литвы и условия развития в них древнего карста.
Автореферат, канд.диссертация.
Вильнюс, 1959.

79. НЕЙШТАДТ Л.И. - Методы геологического изучения трещиноватости горных пород при инженерно-геологических исследованиях.
М.-Л., Госэнергоиздат, 1957.

80. НИКИТИН С.Н. - Грунтовые и артезианские воды на Русской равнине .
Научно-популярные чтения по сельскому хозяйству и основанным для него наукам. Под общ. ред. проф. В.В.Докучаева. СПб. 1900

81. НИКОЛАЕВ Н.И. - Об эволюционном развитии карстовых форм и значении структурно-тектонического фактора. Советская геология .Сб.№ 10 М,1946.

82. СТИЛЬВИ Н.А. - Тезисы Молотовской карстовой конференции . 1947, вып. 3.

83. ПАКАЛН Р.К. - Отчет о результатах поисковых работ и детальной разведке месторождения доломитов "Ритери" в Кливиньском районе районе Латв.ССР. Фонды Упр.геологии и ОН Латв. ССР, г Рига, 1950.

84. ПАКАЛН Р.К. МУКАНЕ Л.А. - Отчет о геолого-разведочных работах проведенных на "Саурешком" участке Рижского гипсового месторождения. Фонды Управ. Г и ОН Латв.ССР. г.Рига,1950.

85. ПОПОВ И.В. - Инженерная геология. М, 1951.

86. ПЕРМЯКОВ Е.Н. - Тектоническая трещиноватость Русской платформы. М,1949, Изд. МОИП. Вып.12, М., 1949.

86а РИХТЕР - Se

87. РОДИОНОВ Н.В. - Изменение карбонатных пород в процессе карста.
Тезисы докл. Молотовской конференции, 1947.

88. РОДИОНОВ Н.В. - Некоторые закономерности карста в карбонатных породах.
Труды Лаборатории гидрогеологических проблем, АН СССР, т.Ш.
М.-Л., 1948.

89. РОДИОНОВ Н.В. - Методика изучения карста при различных видах строительства и, в первую очередь, при строительстве прудов и водоемов.
Рукопись. Фонды ВСЕГИНГЕО, 1956.

89а РОДИОНОВ Н.В. - Опыт воспроизведения некоторых карстовых форм в лабораторных условиях.
Тезисы Молотовск. карстовой конференции. 1947. Вып.8, 1947.

90. РОН О.А. - Отчет о геолого-поисковых работах на участке ст.Плявиняс-Резекне-Карсава, Балт.жел. дороги. Гипротранспроект-карьер. Ленинград.филиал, Л-д, 1955.

91. РОНОВ А.В. - Химический состав и условия формирования палеозойских карбонатных толщ Русской платформы/ по данным литолого-геохимических карт/.
Труды геол. Ин-та АН СССР, Вып4, М.1956.

92. РУТЕВИЧ К. - Определение округов охраны Кемерских, Балдонских, Прускенникских и Цахвинских источников минеральных вод. Горный журнал, т.2, 1891.

93. РУХТИ Л.Б. - О некоторых закономерностях эпигенеза. Вопросы минералогии осадочных образований. Кн.3-я и 4-я. Изд. Львовского Ун-та, 1956г.

94. РУХИНА Е.В. - О характере дочетвертичного рельефа Ленинградской области и Прибалтики. Научн. Бюл. ЛГУ, № 9, 1946.

95. РУХИНА Е.В. - О предчетвертичных долинах, северо-западной части Русской платформы и их геологическом значении. Труды Ленинградского общества естественных наук, вып.2, т.1XIX, 1957г.

96. РЫМИКОВ Д.В. - Природа карста и основные закономерности его развития. Изд.АН СССР, М, 1954.

96а САВВАИТОВА Л.С., УЛЬСТ Р.Т. - О пористости и кавернозности даугавской свиты Латвийской ССР. Труды Инст.геологии, т.?, / в печати/

97. САМОЙЛОВ и Д.С.СОКОЛОВ - О возможных причинах вертикальной гидрохимической зональности артезианских вод. Изв.АН СССР. Отд. хим.наук, № 3,1957.

98. САВАРЕНСКИЙ Ф.П.-Гидрогеология. Изд.М.-Л,1935.

98-а.САПУНОВ - Западная Двина. Витебск, 1893.

99. СКВОРЦОВ Б.Н. - О скорости развития карста в гипсах. Вопр.изучения подземных вод и инженерно-геологических процессов. М.1955.

99а.СКУОДИС В.П. - О древней погребенной долине в районе впадения р.Лауце в р. Даугава. Труды Института геологии и полезных ископаемых .АН Латв.ССР,т.Ш,1959,Рига.

100.СОБОЛЕВ М.И. -О карстовых явлениях Онежско-Двинского водораздела. Известия Русск.геогр.об-ва, т.XXXУ, вып.5,СПб ,1899/а/

101.СОКОЛОВ Д.С. -Инженерно- геологическая съемка при гидроэнергетическом строительстве, Инструкция Госэнергоиздат, 1947.

102. СОКОЛОВ Д.С. - Карст и вопросы изучения его в связи с гидротехническим строительством.
Гидротехническое строительство. 1947, № 7, 1947

103. СОКОЛОВ Д.С. - Карст и трещинно-карстовые воды средней части Уфимского амфитеатра.
Тезисы докл. Молотовск. карстовой конференции, 1947, /а/

104. СОКОЛОВ Д.С. - Влияние крутизны поверхности на распределение карстовых воронок.
Природа, 1948г. № 1, 1948.

105. СОКОЛОВ Д.С. - Основные условия развития карста. Бюллетень Москв. общества. . . . . .
Вып. 2. . . 1949г.

106. СОКОЛОВ Д.С. - Схемы классификации карстовых форм и субтеральных отложений.
Бюл. МОИП, отдел геологии. т.30, вып.1, 1955г.

107. СОКОЛОВ Д.С. - Формирование пористости и кавернозности растворимых пород.
Изв. высших учебных заведений Геология и разведка.
Москва, 1958г.

108. СОКОЛОВ Д.С. - Основные условия развития карста. Диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук . Фонды МГРИ, 1959, Москва, 1959.

109. СОКОЛОВ Н.И. - Явление отседания склонов и глыбовые оползни ангарского типа. Бюл.Моск.исп.тр. т.60, отд.геологии. т. 30, вып.1.1955г.

110. СОКОЛОВ Н.И. - Изучение карста и карстовых явлений 1956, № 4. Вестник Академии Наук СССР, №4, 1956.

111. СОКОЛОВ Н.И. - Бархатовский карст . Вопросы географии .Сб.40. 1957г.

112. СОЛОВЬЕВ - Исследования по вопросу происхождения доломитовой муки в районе строительства Куйбышевской плотины. ДАН СССР.т.XXX, № 6,1941.

113. СПРИНГИС Е.Н. - Древние карстовые провалы в долине р.Даугава. Изв. АН Латв.ССР, № 6,1958.

114. СПРИНГИС Е.Н. - О позднеплейстоценовых тектонических движениях на юго-восточном крыле Латвийского прогиба.

115. СПРИНГИС Е.Н. - Отчет об инженерно-геологической съемке Плявиньского водохранилища. 1957. Рукопись . Рига, 1957.

115а. СПРИНГИС Е.Н. - Отчет по геологической съемке р. Даугава между г.Плявиньс и х. Ритери. 1954г.,Фонды ИГ АН Латв. ССР.

116. СТРАХОВ Н.М. - О типах и генезисе доломитовых пород /состояние знаний/ .Труды геол.Ин-та АН СССР,вып.4,1946.

116а. СТРАХОВ Н.М. - К вопросу о распространении и генезисе доломитовых пород верхнего карбона самарской Луки . тр.геол. ин-та АН СССР, вып. 4, 1956.

117. СТУПИШИН Б.А. - Ландшафтообразующее значение карста в условиях равнинных территорий . Геогр. сб.Львовского Гос.Ун-та, Вып. 4,1957.

118. СТУПИШИН Б.А. -Вопросы палеографии карста на примере среднего Поволжья. Землеведение, У,1960.

119. ТАТАРСКИЙ В.В.- Раздоломичивание и связанные с ним вопросы . Вестник Ленингр.Университета, № 1,1953.

119 а. ТЕМНИКОВА Н.С. - Климат Латвийской ССР. Изд.АН Латв.ССР,Рига,1958.

120. ТЕОДОРОВИЧ Г.И. -Картина доломитообразования на восточном массиве Ишимбаевского нефтеносного района. Докл. АН СССР,1942.34,№ 7.

121. ТЕОДОРОВИЧ Г.И. - Карбонатные фации нижней перми-верхнего карбона. Материалы к познанию геологического строения.ЕССР .МОИП,вып.13/17/1949г.

121а. ТЕОДОРОВИЧ Г.И. - Учение об осадочных породах. Гостехиздат ,1938.

122. ТИХОМИРОВ С.В. - К истории Русской платформы в девоне. Бюлл.Москов.об-ва испытат. природы, отд.геологии, т.29, № 3,1954.

123. ТОСТИХИНА М.М. и ТОЛСТИХИН Н.И. - О карсте Снего-Двинского междуречья, 1954. Рукопись . Фонды Западн. геологич.Управления, 1954.

124. ТУТКОВСКИЙ П. - Карстовые явления и самобытные артезианские ключи Волынской губ. Ст.П,ТР.Об-ва исследователей Волыни. т,УП,Житомир, 1912.

125. УСОВ М.А. - Структурная геология. М.-Л, 1940.

126. ФЕРСМАН А.Е. - Геохимия пещер. "Природа", № 2, 1952.

127. ЖВОРОВА И.В. - Особенности изучения карбонатных пород. В кн. "Методы изучения осадочных пород", т.II., 1958.

127а. ХЕЙНСАЛУ - Четвертичный карст в Эстонской ССР, Таллин, 1960 стр.

128. ХОЛЮВ А.Е. - Геологическая роль подземного выщелачивания галогенных пород. Труды Всесоюзного научно-исследовательского института. Вып. 35. Л. 1959.

129. ХРАМУШЕВ А.С. - Гидрогеологическая классификация трещиноватости горных пород. Советская геология, 1961, № 4.

130. ШМАТКОВ В.П. - Отчет об инженерно-геологических работах на деформирующемся участке железнодорожного пункта Саулкалне. Рукопись. Фонды Транспроект-карьера, Л., 1959.

129б. ЩЕРБАКОВ А.В. – Древний карст в докембрийских породах Украинского кристаллического массива. Разведка и охрана недр. № 2, 1954.

129в. ЩУКИН И.С. – Общая морфология суши, т.1, М-Л. Новосибирск, 1933.

130. ЯКУШОВА А.Ф. – Карст и гидротехническое строительство. Тезисы докл. Молотовской карстовой конференции, 1947г.

131. ЯКУШЕВА А.Ф. – Карст палеозойских пород /карбонатных/ на Русской равнине. Уч.зап.МГУ.Гос.Ун-та им.Ломоносова. Геология, т.3, Вып.136.

132. ЯНАТЬЕВА О.К. – Растворимость доломита в водных растворах солей. Изв.сектора физ.хим.анализа АН СССР.Ин-т общ.и неорган. химии, т.20, стр. 358-368, 1950.

133. ЯНАТЬЕВА О.К. – О растворимости доломита в воде в присутствии углекислоты. Изв.АН СССР, отд. хим.наук, № 6, с 1119-1120, 1954.

134. ЯНАТЬЕВА О.К. - О физико-химической характеристике некоторых карбонатных пород. ДАН СССР, т.96, № 4 с 777-779, 1954.

135. ЯЩЕНКО З.Г. - Опыт применения электроразведки для исследования проявлений карста в долинах рек Ангары и Зап.Двины. Изв.высш. уч.заведений. Сер.геология и разведка. № 1,1959.

136. AIVARS A. Pārskats par kvartārģeoloģiskiem kartēšanas darbiem Zemgales līdzenuma E daļā. Фонды ИГ АН Латв. ССР Рига, 1948 г.

137. BUCH Z.V. Beiträge zur Bestimmung den Gebirgsformationen Russlands Karsten's Archiv f. Mineralogie, XV, 1841.

138. CUKŠRMANIS K. Kurorta Ķemeri aizsargjoslas projekta pamatojums (mašīnraksts). Rīgā, Ģeoloģijas un derīgo izrakteņu inst. fondi 1949.g.

139. CUKŠRMANIS K. Latv. PSR kūrvietas, to minerālūdeņi un dziedniecības dūņas. Latv. PSR ZA Ģeoloģijas un derīgo izrakteņu institūta Raksti ģeoloģijas jautājumos. (iesp. ZA Vēstis 1947.-1950.g.).

140. CVIJIC I. Dass Karstphänomen. Geogr. Abhandlung. Bd. V., H., 3. Wien 1893.

141. DAVIS W.M. Origin. of Limestone Gaberne. Bull. of the Geol. Soc. of America, Vol, 41, 1930.

142. DELLE N. Daugavas devona nogulumi "Raksti par Daugavu" RIgā, 1932.g.

143. DELLE N. Zemgales līdzenums, Augšzemes un Lietuvas devona nogulumi. LVU Raksti, Matem. - dabaszin. fak. ser.II RIgā, 1937.

143a. DIENERT J. Sur l hydrologie d I'Acad. d. Sc., t 178 I semestre Paris, 1924.

144. DOSS B. Die histrorish beglāubigten Einsturzbeben und seismisch-akustischen Phähomene der russischen ostseeprovinzen. Gerland u. Rudolphs Beiträge zur Geophysik. Leipzig, 1909.

145. DUCMANIS Hidrogeologiskie pētījumi Baldonē un apkārtnē.

146. FERBER I. См., В номере 147.

147. FISCHER I. Zusätze zu einem Versuch einer Naturgeschichte von Livland nebst einigen Anmerkunger zur physischen Erdebeschreiung von Kurland, entcorfen von I.I. Ferben Riga, 1784.

148. HELMERSEN — Bericht über die in den Jahren 1872-76 in dem Gouvernment Grodno und Kurland ensgeführten geologischen Untersuchungen zur Kenntnes den dort vorkommerden mineralischen Brennstoffe. Bulletin de l'Academie Imperiole des Sciences st. Petersburg.

149. GRAMER H. — Höhlenbildung und Karsthydrographie. Zeitschr. f. Geomorphologie Bd. VIII H.b. Leipzig 1935.

150. GREWINGK K. — Geologie von Liv und Kurland mit Inbegriff einiger engrenzender gebiete Archiv f.d. Naturkunde Z.E Kurlands 1. ser. Bd. II Dorpat 1861.

151. GROSS W. — Die Fischfaunen des Baltischen Devons und ihre biostratigraphische Bedeutung 1942.

152. GRUND A. — Die Karsthydrographie. Geographische Abhandlungen, hrgb S.A. Penk, Bd. VII H, 3, Leipzig 1903.

153. GŪTMANIS M. — Daugavas krāču izcelšanās. LU Raksti, 16. 1926.g.

153a. KATZER F. — Karst und Karsthydrogrophie. Zurkunde der Balkanhalbinsil, Sarajeva 1909.

154. KEYSERLING A. — Wissenschaftliche Beobachtungen auf eine Reise in Petschorland. Petersbourg 1846.

155. KRAUSS E. — Die Geschichte des Devons in Lettland. LU raksti 1, 1930.

156. KRAUSS E. Die Geschichte des Devons in Kettland. LU Raksti I, 1930.

157. LANGMANIS Z. Latvijas kritenes (Zemes iebrukumi - Erdfälle)
Izgl. ministr. mēnešraksts 8 burtn. Rigā, 1925.

158. LEHMANN O. Hydrographie des Karstes. Enzyklopädie der Erdkunde. h r g b. v. O.Kende. Leipzig und Wien 1932.

158a. MAJORE M. Materiāli par Daugavas terasēm 1951.g. Latv. PSR ZA Ģeologijas inst. fondi.

159. MARTEL E.A. Apllications geologiques de la spiliologie. Origine etrole cavernes, leurs variations, Annoles des Hines. g sēī. t. 7, livraison Paris 1896.
Perboration des gresēt tunnel natural d'loup - liz - fizikē.
La Nature, t. 32. II sem, Nr. 1637, 1904.

160. MURCHISON R., VERNEUE E., KEYSERLING A. The Geology of Russia in Europa and the Ural. Mts. Vol 1 Geology. London 1845.

161. PECHT R. Der devonische Kalk in Livland. Arch. f.d. Naturkunde L-E Kurlands, 1 ser. Bd. II Dorpat 1859.

162. PENK V.A. $^{G}_{M}$ N. 152.

163. ROSEN F. — Die chemisch - geognostischen Verhältnisse d. devonischen Formation des Dünsthales in Liv. - und Kurland und des Welikjethals bei Pleskau. Dorpat, 1863.

164. VĪTIŅŠ J., ZĀNS V. u.c. — Baldones sēravota aizsargājamais apvidus. Zemes bagātību pētīšanas institūta raksti 1., Rīgā, 1940.g.

165. VĪTIŅŠ J. — Vispārīga rakstura pētījumi, ķemeru sēravotu aizsargājamais apvidus. Zemes bagātību pētīšanas institūta raksti III, I daļa, Rīgā, 1941.g.

166. VĪTIŅŠ J. — Nokrišņu un dziļāko iežu ūdeņi ķemeru sēravotos. (Mašīnraksts), Rīgā, Ģeoloģijas un derīgo izrakteņu institūta fondi, 1945.g.

167. VĪTIŅŠ J. — Hidrogeoloģiskie apstākļi Latv. PSR. LPSR ZA Ģeoloģijas un ģeogrāfijas inst. raksti, I sējums, 1947.g.

168. VĪTIŅŠ J., ĢUKERMANIS K. — Virsūdeņi un gruntsūdeņi Baldones apkārtnē.

169. ZĀNS V. — Baldones apkārtnes ģeoloģiskā uzbūve.

+32 с индексом „а", всего библ. - 201 назв.

ТАБЛИЦА ХИМАНАЛИЗОВ ПРОБ ВОДЫ

Гауйская свита -

Таблица № 1

Лаборат. и проб №	Геологич. свита	Место взятия пробы	Глубина взятия пробы дата	Сухой остаток	R_2O_3	SiO_2	H_2S	PH	Анионы: Щел., колич. коч. $CO_3^{\cdot\cdot}$	HCO_3	NO_3'	NO_2	$Cl^{\cdot}$	SO_4''	Катионы: кол. кочество: общее железа	$Fe^{\cdot\cdot}$	$Fe^{\cdot\cdot}$	NH_4	$Ca^{\cdot\cdot}$	$Mg^{\cdot}$	$Na^{\cdot}+K^{\cdot}$	Жесткость в мг/экв.: общая	Карбон.	Посточн	Экв. CO_2	Интенсивн. карбон. агрессии	Агресивность: $CaCO_3$	CO_2 агресс.	MgO_2	
	D_3gj	г.Ливаны, Спиртзавод	51.5-71.8	406.5				7.4		431.9	-	-	11.0	7.4		3.15		2.0	83.4	33.0	12.0	16.66	10.84		6,5					
	D_3gj	Ливанский р-н с/р Калинина х. Саулиеши	48-60	378				7.10		405.3	-	-	3.5	7.0.		3.4		нет	76.5	31.5	11.3	17.96	17.96						3.4	
	D_3gj	г.Крустпилс по ул. Калну	121.29-140.50	293.6		11.0		7.4		311.9		6.	6.0	15.6		1.6			62.2	26.4		14.25	14.31							3.6
	D_3gj	г. Крустпилс	100-138	237.0				7.2		291.0			2.0	5.0					60.0	22.0	1.0	13.2	-							1.2
	D_3gj	На террит. Крустпилского военного городка	100-145	252				7.2					4.0	сл.					50.0	24.0		12.5	14.0							
	D_3gj	Екабпилский р-н с/с Дыгнаяс х-р. Карка	103-118	377				6.9		376.9		1.5	4.0	15.2		3.45			81.5	32.3		18.84	17.29							377

АМАТСКАЯ СВИТА

Таблица № 2

Геологическ индекс	Место взятия пробы	Дата		R_2O_3	SiO_2	H_2S	PH	Анионы CO_3''	HCO_3	NO_3'	NO_2	Cl'	SO_4''	Катионы $Fe^{\cdot\cdot\cdot}$	$Fe^{\cdot\cdot}$	NH_4		$Ca^{\cdot\cdot}$	$Mg^{\cdot\cdot}$	$Na^{\cdot}+K^{\cdot}$	Жесткость в мг/экв. общ.	карб.	пост	своб. CO_2	Окисл. O_2	Агрегаты $CaCO_3$	CO_2 агр.	MgO_2
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.
D_3^{amt}	г.Ливаны ул.Ригас скваж.										12.0	7.0							1.0		19.36	6.91			3,04			
"	Ливанский р-н с/а "Падомью Латвия" (скв.)													1,66											4,80			
§	Крустпилс на углу ул. Виляну и Зилану (скв.)		295		9,0		7,5		386,7			5,0	4,5	0,08				68,7	36,9	1,8	18,19	17,45			4,3			
"	Екабпилский р-н ж.о.ст. Даудзева (скв.)		321				7,4		327,0			9,0	6,6	0,35		0.1		72,9	23,3	4,1					14,6			
	Екабпилский р-н ж.о.ст. Виесите		361				7,4		320,9			7,0	21,1	1,14		5.8		66,7	27,2	60,7	15,65	14,75			13,2			
"	х-р Тетеркалнс		371				7,4		392,6	2.		10,0	29,6					69,4	36,0	21,4					1,5			
	объект "Плявиняс"	20.III-1955.	338,74				6,8		333,4			17,52	38,68					66,53	34,51	13,8	17,25	15,29	1,96	28,6		K_1 0,023	K_2 0,649	
	объект скв. 175																											
	объект скв. 175	22.III	353,12				6,7		359,12			20,02	32,92					76,32	36,25	8,05	19,01	16,49	2,52	22,0		0,212	0,811	
	-"- скв. 180	4.УП	440,66				7,7		387,35			40,82	54,32					86,0	38,0	27,83	20,48	17,78	3,0	40,55		0,35	1,017	
	-"- скв. 189	8.УП	331,61				7,0		396,5			32,26	15,64					80,0	34,51	20,9	19,12	18,20	0,92	38,7		0,191	2,757	
	-"- скв. 212	7.IX	420,	40			6,6		445,3			5,3	2,5					83,0	31,6	17,3	6,8	6,8		21,9		0,02	3,0	
	-"- скв. 212	7.IX	360				7,2		414,8			6,7	4,1					84,0	20,7	26,9	5,9	5,9		10,9		0,39	2,37	
	-"- скв. 212	8.IX	305,87			0,6	7,2		372,1			6,58	6,58					71,0	34,51	1,15	6,38	6,1	0,28	21,89		0,05	1,35	
	-"- скв. 172	16.IУ	324,33				6,8		381,03			5,01	15,64					76,32	33,63	3,22	18,42	17,50	0,92	50,60		0,04	0,42	
	-"- скв. 122	21.УП	262						314,2			5,3	8,2					60,0	24,9	9,7	5,1	5,1		52,8		0,06	0,88	

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25	26.	27.	28.	29.
объект	скв. 126	2.III 54.	308,70				6,7		315,54		15,02		29,63				63,74	30,58	11,96	15,93	14,48	1,45	52.8			0,2	0,68	
-"-	скв. 134	22-УП	350				7,2		402,6		13,1		14,8				80,0	36,5	6,2	7,0	6,6	0,4	44,0			0,1	1,23	
-"-	скв. 70	24.IX 54.	378,52	16		2,03	4,1		448,35		9,01		17,28				70,0	50,23	4,88	4,62	7,35	0,27	18,13			0,08	0,69	
-"-	скв. 70	28.IX -	268,35				6,9		317,2		6,93		10,7				60,0	31,89	0,23	5,91	5,2	0,41	26,40			0,081	0,9	

ПЛЯВИНСКАЯ СВИТА

Таблица № 3

Лабораторный номер	Глубина	Геологическая свита	Место взятия пробы	Дата	Сухой остаток	pH	R_2O_3	SiO_2	H_2S	Анионы: шел. кол. коч. CO_3''	HCO_3'	NO_3'	NO_2'	Cl'	SO_4''	Катионы: кол. кочество об-щая	Fe'''	Fe''	NH_4	Ca''	Mg''	$Na'+K'$	об-щая	Жесткость: карб.	пос.	Своб. CO_2	Интенсивность	Агрессивность: $CaCO_3$	CO_2	MgO_2	$KMnO_4$
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	32.
	D_3pl	Ливаны скв. № 61		28.XII	330.0	7,4		18.0			292,8			7.0	44,0		0,15	-		75,0	23,6		15,97	13,43	2.54						7,6
	"	-"- скв. 9а		11.I	260,0	7,5		7,5			260,9	- " -		11,0	27,6		0,07	-		64,5	20,0		13,85	11.97	1,88						5,0
	D_3pl	Источник напротив карьера доломитов, правый берег Даугавы в 3 км воис г. Ливаны			347,56	7,5					236,35	100.0		15,00	25,92					56,23	26,64	23,05	16,66	10,84		22,11					5.6
	D_3pl	х-р Вейгуры источник. правый берег Даугавы			342,08	7,1					336,49	3.0		20,00	29,21					77,2	31,67	6,44	22,19	15,45		61,61					12,16
32,5-58,2		г. Екабпилс скв.				7,4					373,9			6,0	26,7		0,37	0,1		67,0	39,1	6,4	18,45	17,16							7,0
	"	Район строительства Екабпилсской ГЭС, скв. № 55			430,52	6,6					488,0			17,46	16,46					10,20	39,75	10,81	8,36			56,76					
	"	-"- скв. № 59			337,27	7,1					417,85			4,89	6,58					76,0	40,19	0,69	7,10			28,6					
20.0	"	-"- " № 57		11.У 55.	414,81						491,05			18,01	7,41					85,54	49,36	8,97	8,33		0,28						
18.0	"	-"- " № 59		25.УП 55.	360,8	7,3				нет	451,4			5,59	4,94					75,0	45,43	4,14	7,48		0,08	25,08					
57.0	"	-"- " № 55		25.УП 55.	340,87	7,1				нет	329,4			13,97	31,27					81,0	29,7	0,23	6,43		1,03	25,74					
10.25	"	-"- " № 58		25.УП 55.	319,86	нерпр.				нет	390,4			4,19	6,58					70,0	35,38	8,51	6.40								
20.20	"	-"- " № 58		25.УП	321,04	нерпр.				нет	408,4			4,19	сл.					69,0	38,44	5,06									
15.0	"	-"- " № 61		16.УШ55	363,06	неопр.		неопр.		нет	366,0			11,87	44,44					55,0	39,31	29,44	5,98	6,60							
23.55-23.50	"	-"- " № 62			301,68	7,5				нет	323,3			15,31	21,40					52,0	34,94	16,33	5,47								
		-"- " № 16		10.УП 55.	282,01	7,3					338,55			4,89	8.23					71,19	27,96	0,46	5,85								
33.45-28,95	"	-"- " № 16		10.УП 55.	246,08	7,1					332,45			4,89	7,41					70,19	27,08	0,23	5,49		0,29	26,4					
14.85-19.80	"	-"- " № 15		10.УП 55.	259,21	6,9					305,0			4,19	10,70					62,53	24,46	4,33	5,13		0,28	22,0					
25.05-30.20	"	-"- " № 15		10.УП 55.	259,84	6,9					301,95			4,19	18,77					61,54	24,9	5,00	5,12		0,13	30,8					
40.0	"	-"- " № 13		15.УШ 55.	289,81	4,3					320,25			6,29	21,4					66,0	26,21	12,19	5,45		0,17	39,6					
22.60	"	-"- " № 14		5.X 55.	282,87	6,8					314,25			4,89	21,4					61,74	26,21	11,5	5,24		0,20	22,0					
34.35	"	-"- " № 14		5.X 55.	294,02	6,4		28.0			292.8			4,19	19,45					60,76	23,59	8,28	4,99		0,09	30,8					
43.40	"	-"- " № 14		5.X 55.	271,70	7,0					308,05			4,89	16,46					61,74	24,46	10,12	5,09		0,19	39,6					
																									0,04	22,0				

Таблица 3

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	32.
		D_3pl	Район Миемеской пещ., в сливе х-ва Павилаты, борт древнего эрозионного врва.		444				7,1		380,4		2,5	6,0	32,1					87,9	28,2	9,4	18,86	17,45								1,3
		D_3pl	Источник, левый берег р.Двугава, бровка террасы, склон структуры ниже х.Кальвини.		382				7,3		440,8		0,5	9,0	9,9					92,8	31,2	1,15	20,24	20,22								2,0
		D_3pl	Выше хут.Кальвини, левый берег р.Двугава, склон структуры.		395				7,1		514,9		12,5	8,0	12,3					87,8	24,9	8,3	15,28	14,14								0,99
			х.Аули, выход подземной речки.		311				7,2		350,3		15,0	9,0	8,2					76,1	25,8	11,0	16,65	16,07								4,16
			объект "Плявиняс" скв. № 21	12.IX																											
			" №144	21.УП	408,48	12			6,8		439,2			46,37	34,57					97,20	33,2	37,95	21,22	20,15	1,07	24,20			K_1	K_2		
			" №145	20.У	133,13			3,34	7,8		109,8			10,53	20,58					28,0	6,55	13,57	5,43	5,04	0,39	7,8			0,281	1,82		
			" №177	20.УП	407,16				6,8		476,29			7,51	10,64					104,69	34,51	16,67	22,57	21,84	0,70	46,20			0,06	0,63		
			" №177	17.УП	371,69				7,6		425,95			14,48	12,35					90,0	32,76	10,12	20,10	19,46	0,64	19,80			0,09	1,57		
			" №177	24.УП	350,31			0,45	6,9		414,8			7,9	9,05					88,0	30,14	7,82	19,24	19,04	0,20	52,8			0,06	1,16		
			" № 89	28.IX	349,34						420,9			24,36	27,98					87,0	34,51	2,07	20,10	19,32	0,48	35,2			0,05	1,47		
			" № 41	14.IX	426,45	32			6,7		400,18			25,77	0,73					73,96	34,94	28,75	18,37	16,8	1,57	30,8			0,3	1,78		
			" № 43	28.УI	393,17				6,7		366,0			41,25	1,16					76,32	32,76	24,15	18,20	17,05	1,12	41,80			0,234	1,3		
			" № 43	2.УП	478,70				7,2		372,1			28,97	0,82					84,0	33,38	6,44	21,28	20,38	0,90	30,10			0,065	0,46		
			" №128	22.IX	316,88				7,2		315,98			5,01	12,35					84,14	31,45	4,83	15,23	13,66	1,57	15,40			0,029	3,8		
			" №154	22.УП	348,30				7,1		381,03			12,51	22,22					70,45	31,45	21,16	17,19	17,50	-	26,40			0,129	0,76		
			" №154	31.УП	299,63				7,2		347,7			12,17	6,58					66,0	27,90	13,57	5,70	5,70	-	4,18			0,084	2,41		
					202			2,8			195,2			7,1	9,1					44,0	9,7	13,8	3,0	3,0		4,4			0,125	1.		

Таблица № 5

ДАУГАВСКАЯ СВИТА

Геогическ свита	Место взятия пробы / Глубина взятия пробы	Дата	Сухой остаток	R_2O_3	SiO_2	H_2S	PH	Анионы: Щел. кол. кочество CO_3''	HCO_3	NO_3'	NO_2	Cl'	SO_4''	Катионы: кол. кочество общее железа	$Fe^{\cdot\cdot\cdot}$	$Fe^{\cdot\cdot}$	NH_4	$Ca^{\cdot\cdot}$	$Mg^{\cdot\cdot}$	$Na^{\cdot}+K^{\cdot}$	Жесткость в мг/экв.: общая	Карб.	пос.	Своб. CO_2	Интенсивность карбон. агрессии	Агресивность: $CaCO_3$	CO_2 агресс	MgO_2
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.
D_3dg	Напротив х-ра "Тейканы" ист. левий берег р. Даугава		238.22				7.3		283,62	5,0	6,0	6,99			сл.		55,28	22,50	7,59	15,86	13,01		34,10				2,64
"	х-ра Зодани, колодоц правий берег Даугавы 7.70 м		314.98				7,3		348,61	5,0	14,0	10,70			сл.		78,15	31,23	-	22,35	15,99		66,83				
"	Левий берег воине г. Екабпилс напротив о-ва Абелювыше школы		471.81				7,2		449,06	50,0	26,0	30,03			сл.		101,98	37,35	32,08	28,68	20,60		144,65				1,92
"	Источник у разрушенного Крустпилского моста		426.20				7,2		372,	40	14,0	17,69			сл.		70,53	30,58	20,56	20,50			68,83				3,28
"	В районе Екабпилской ГЕС	10.X 55.	247.13				7,4		268,4		10,48	13,99			сл.		58,8	19,22	11,04	4.51		0,11	9,9				
"	колодец 26																											
	" 18	10.X55.	466.83				7,0		423,95		51,68	42,8					98,98	43,68	17,71	8,53		1,58	35,2				
	" 11	10.X 55.	245.50				7,0		277,55		6,98	16,46					54,88	30,58	4,82	4.75		0,20	11,0				
"	" 16	10.X 55.	255.59				7,4		280,6		8,38	13,14					54,82	30,58	8,28	4.75		0,15	11,0				
D_3dg	Источник напротив о-ва Абелю у х-ра "Оглиниеки"		402.0				7,1		391,1		3,0	12,8			0,25		95,4	27,5		19,69							
"	Выше порога Трудое г. Плявиняс		256.35				7,0		301,95		5,54	4,94					78,0	15,29	1,61	5,16			28,6				
	В районе Стабурагс правий берег		292.88				7,9		326,35		8,3	25,51					75,70	27,52	1,61	7,04			15,17				
	- " -		290.24				7,4		322,8		9,69	18,93					70,72	29,27	0,23	5,94			9,67				
	у х-ра Вайделоте		290.0				7,5		270,3	12,0	3,5	16,4					64,8	22,3		14,20							
	х-ра Аули		264.0				6,9		298,9		6,93	12,32					75,4	18,78	0,92	5,32			53,09				
	В районе Миеменской ГЭС скв. 55	25.УП 55.	430.52				6,6		488,0		17,46	16,46					102,0	39,75	10,81	8,36		8,0	56,76				
	- " - источн.97	25.УП	353.84				7,0		427		4,19	9,05					96,04	30,14	0,92	7,27		0,27	37,4				
	- " - источн.102	25.УП 55.	362.23				7,0		439,2		4,19	6,58					103,88	27,52	0,46	7,44		0,24	39,6				
	- " - источн.106	25.УП 55.	268.46				7,5		436,15		10,48	8,23					98,1	32,76	0,92	7,58		0,43	8,8				

КАРСТОВЫЕ ИСТОЧНИК

Таблица № 6

№ проб	Геологический индекс	Местоположение	Дата	№ выработки	Сухой остаток	R_2O_3	SiO_2	H_2S	PH	Анионы: Щел., Колич. кач. CO_3^{--}	HCO_3^-	NO_3^-	NO_2^-	Cl^-	SO_4^{--}	Катионы: Колич. качеств. Fe^{+++}	Fe^{++}	NH_4^+	Ca^{++}	Mg^{++}	$Na^+ + K^+$	Окисляемость O_2	Жесткость в мг/экв. общая	карбон.	постоян.	Своб. CO_2	Агрессивн. в $CaCO_3$	агрес. CO_2	K_1	K_2
		Исн. у мельницы Авотини	27.УП		269,71				7,2		286,7			8,99	23,04				65,0	23,58	5,75	5,18		4,7	0,48	19,80			0,155	0,521
		Сухой лог	3.IУ		42,46		20		6,2		41,67			1,32	4,94				1,75	13,7	0,98	2,21		1,90	0,31	39,6			0,206	0,4
		У х. Подраудзе	"		96,15				6,7		71,44			6,58	19,75				3,49	23,48	7,13	4,08		3,28	0,8	37,4			0,518	0,464
		Темный лог	5.IУ 54.		158,72				7,2		148,84			6,58	23,04				12,67	34,18	4,83	8,12		6,83	1,29	15,4			0,274	0,396
		Крауклюкрогс	3.IУ		57,36		8		6,4		47,67			2,63	9,88				1,45	14,68	5,06	2,35		2,18	0,17	33,0			0,359	0,331
		у скв.44	2.УП		323,14				4,2		353,8			7,9	23,87				80,23	26,65	7,59	17,33		16,24	1,09	27,95			0,124	0,44
		ист. 32	18.УП		265,75				7,6		305,0			6,69	24,81		0,60		62	28,83	0,92	5,46		5,0	0,46	0,42			0,1	0,613
II	D_3dg	х.Шнорниеки долины р.Лауце источн.	25.УП 57г.		290		-		7,0		317,8	0,5		2,0	10,3				77,5	19,2		15,27		14,58			8,3			
14	D_3pl	х.Ступели долина р.Лауце	27.УП 57г.		225				7,2		225,4	18,0		9,0	14,8		0,87		56,4	19,2	0,2	12,32		10,34						
29	D_3pl+	х.Апшкалны	16.УШ		450				6,6		184,9	11,5		59,0	19,7		1,13		51,4	26,2	51,3	3,23		8,48			28,6			
	D_3sl_p/pl	х.Ловбегены долины р.Лауце т.28	20.УI 57г		219				7,1		237,0	2,5		3,0	11,1		0,45		48,9	22,2		11,96		10,87			5,9			

Таблица 5

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	K_1	K_2
	В районе Мингечаурской ГЭС																													
D_3^{dz}	источник 212	25.УП 55.	294.91	неоп.		7,2		326,35			6,98	19,75						78,4	23,15	3,45	5,81		.0,46	88						
"	источник 4	25.УП	322.02	"		7,3		384,3			2,79	11,52						85,26	27,07	3,22	6,48		0,18	15,4						
	источник 188	25.УП 55.	258.8	"		7,2		280,6			12,57	23,04						72,0	23,59	2,3	5,53		0,93	15,4						
	объект "Плавучий"																													
	скв. 23	29.УП	319.59			6,9		353,8			7,76	23,04						67,76	31,01	0,57	16,6	16,24	0,36	17,60				0,121	0,46	
	" 24	26.УП 58.	354.23	24		6,7		342,0			8,76	53,5						67,76	33,63	0,81	17,22	15,68	1,54	8,80				0,242	0,232	
	" 26		251.32			7,0		298,9			4,87	9,88						53,0	28,83	0,23	5.02	4,9	0,12	35,2				0,415	0,665	
	" 28	22.УП	432.89	56		7,2		500,2			17,52	9,88						96,05	45,43	0,17	23,88	22,96	0,92	17,60				0,855	2,34	
	" 143	3.IX	398.6			7,2		375,15			23,7	45,27						78,0	31,01	1,22	18,03	17,22	0,81	7,2				0,261	0,716	
	" 145	21.XII	215.0			7,8		167,75			10,34	42,8						68,0	2,62	0,32	3,61	2,75	0,86					0,429	0,326	
	" 45	21.XII	345.4			6,9		359,9			18,04	31,27						65,51	38,44	0,53	18,0	16,52	1,48	15,4				0,197	0,485	
	" 47	11.IX	406.55			6,4		447,74			18,04	26,54						94,04	34,94	0,84	21,17	20,55	0,62	44,0				0,144	0,929	
	" 170	22.УП	346.71			7,2		396,5			9,22	13,99						86,0	27,52	0,51	18,31	18,2	0,11	35,2				0,084	0,895	
	" 172	22.УП	178.0			7,6		195,2			6,22	18,17						22,0	30.58	0,15	3.61	3,2	0,41					0,175	0,475	
	" 46	25.IX	419.37			6,8		481,9			15,92	15,64						86,0	44,99	0,69	7,99	7,9	0,09	52,8				0,097	1,36	
	" 101	20.XI 58.	455.19			7,0		512,4			13,17	35.39						79.71	62,9	0,34	25,68	23,52	2,16	22,0				0,132	0,5	
	" 123	16.П 54.	170.12			6,7		175,58			7,01	16,46						23,34	16,6	0,39	8,48	8,06	0,42	44,0				0,187	0,589	
	" 124	21.УП	426	25		7,0		481,9			6,7							96,0	39,5	0,04	8,1	8,1		57,2						
	" 129	4.I 54.	263.08			7,2		298,29			11,26	8,23						61,38	22,71	0,45	13,80	13,69	0,11	6,60				0,169	1,88	
	" 129	8.I 54.	298.55			7,3		321,49			18,77	8,23						65,70	24.46	0,68	14,31	14,76	0,05	11,0				0,133	3,15	
	" 129	22.УП	272.89			7,2		317,2			4,91	8,23						69,0	22,71	0,28	5,31	5,2	0,11	22,0				0,75	1,29	
	" 125	9.П 54.	392.6			7,1		415,78			26,28	19,75						96.10	34,07	0,37	21,28	19,0	2,29	17,60				0,168	1,805	
	" 208	14.IУ 54.	171.95			6,8		196,47			5,27	6,58						13,98	43,05	0,21	9,24	9,02	0,22	37,4				0,09	1,07	
	" 589	13.УП	350.48			7,3		372,1			14,48	25,51						9,00	27,08	0,32	18,82	17,08	1,74	23,65				0,154	0,771	

СКВАЖИНЫ ПРОБУРЕНЫЕ В КАРСТОВЫХ ПРОВАЛАХ

Таблица № 7

Дата отбора пробы	Место положения	№ выработки	Сухой остаток	R_2O_3	SiO_2	H_2S	pH	Анионы: Щел.,колич.,неоч. CO_3''	HCO_3'	NO_3'	NO_2'	Cl'	SO_4''	Катионы: кол. кочество $Fe^{...}$	$Fe^{..}$	NH_4	$Ca^{..}$	$Mg^{..}$	$Na^{.}+K^{.}$	Окисляемость O_2	Жесткость в-мг/к общая	карбон.	постоян.	сврб CO_2	Интенсивность карб. агрессии	Агресивность в в $CaCO_3$	агрес. CO_2
																										K_1	K_2
2.XI 53.	объект "Пля-виняс"	74	311.87	2,8			6,8		323,4			11,52	25.51				67,76	32,32	5,06		16,91	15,12	1,79	52,8		0,159	0,623
12.XI 53.	-"- - " -	74	335.77	20			7,2		378,2			9,05	24,69				72,74	35,82	4,37		18,70	17,58	1,62	30,8		0,126	0,51
25.XI	- " -	161	461,16				7,2		341,6			67,88	62,55				84,0	34,07	41,86		6,99	5,6	1,39	17,6		0,575	1,47
17:XI 54.	- " "	"	462,89				7,1		335.5			63,03	60,9				82,0	24,02	57,04		6,04	5,5	0,54	13,2		0,555	1,4
4.XI 54.	- " -	"	441,09				7,2		347,7			62,69	49,38				78,0	32,32	44,85		6,55	5,4	0,85	17,6		0,491	1,72
12.XI 54.	- " -	"	448,396				7,2		338,55			61,65	58,49				70,0	29,70	59,34		5,93	5,55	0,48	13,2		0,535	1,42