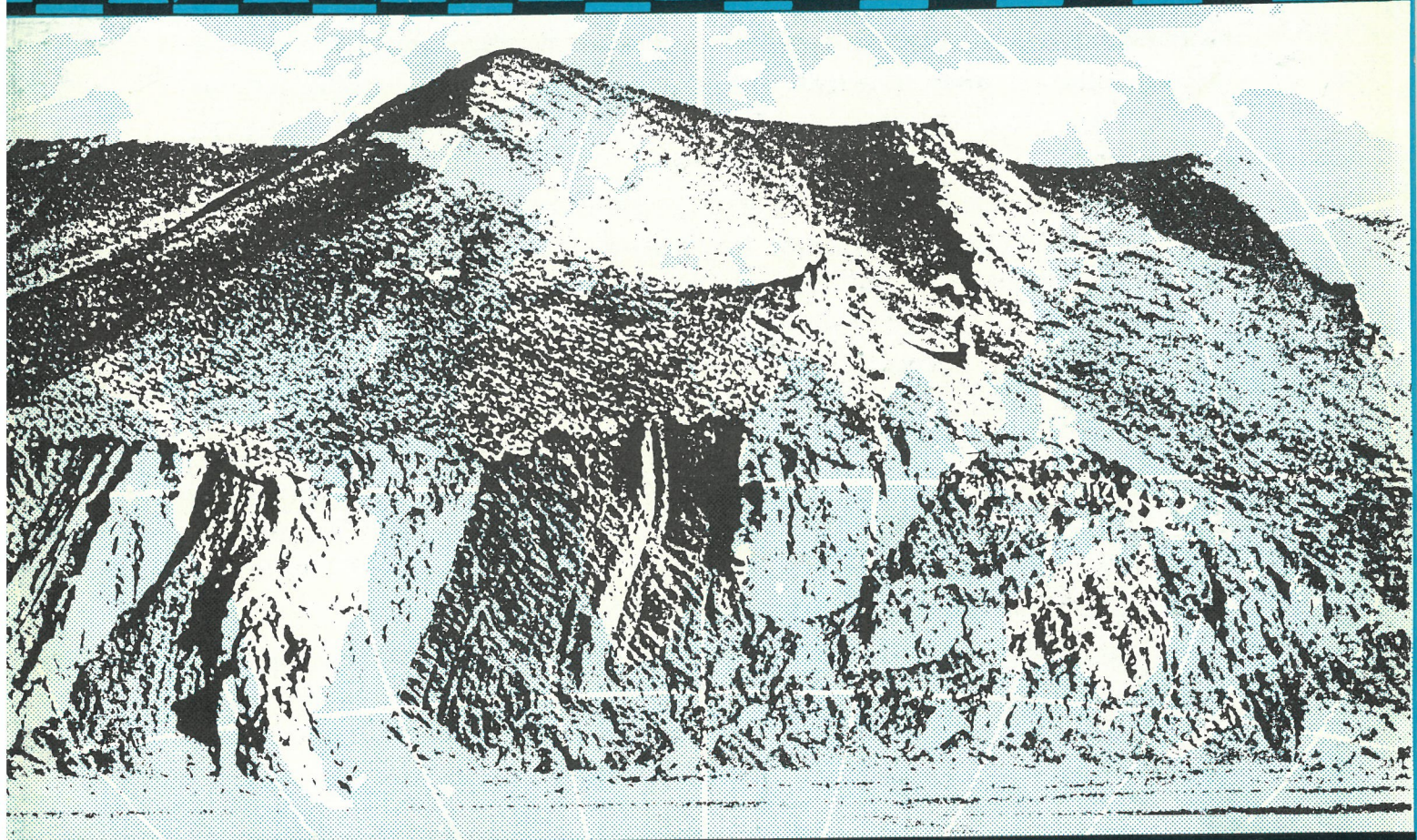


# Отечественная ГЕОЛОГИЯ



**8/1997**

ГЕОЛОГИЯ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ  
РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)



К подписчикам и читателям  
журнала "Отечественная геология"

## **Многоуважаемые коллеги !**

По взаимосогласованному решению учредителей нашего журнала с 1998 г. изменяется периодичность его выпуска. В соответствии с положением о журнале будет выходить шесть обязательных номеров и несколько целевых, число которых зависит от поступающих заказов, но не может превышать шести номеров.

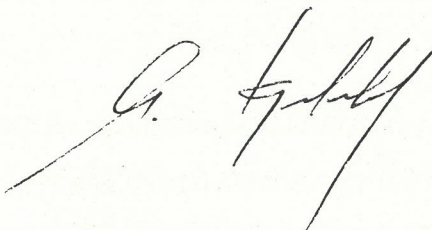
Примером целевых выпусков служит данный номер журнала, отражающий высокую научно-общественную активность Якутскгеолкома. За последние четыре года подготовлено и выпущено 14 целевых номеров, представляющих минерально-сырьевую базу субъектов РФ и научные разработки таких организаций, как Аэрогеология, Башкиргеология, ВНИИзарубежгеология, ВНИИКАМ, концерн "Геологоразведка", Красноярскгеолком, ИМГРЭ, Якутскгеолком, Оренбурггеолком, ЦНИГРИ. Два из целевых выпусков содержали тезисы докладов специалистов системы Роскомнедра к XXX сессии Международного геологического конгресса.

Учредители журнала и его редколлегия надеются на расширение сотрудничества с геологическими службами субъектов РФ в целях привлечения внимания к проблемам освоения и развития их минерально-сырьевых баз и использования других природных ресурсов и рассчитывают на помощь наших авторов и читателей.

Стоимость подписки на наш журнал на 1998 г. обеспечивает получение шести обязательных номеров и всех целевых (без дополнительной оплаты).

Решение, принятое учредителями, продиктовано хорошо известными экономическими обстоятельствами, которые, надеюсь, еще в этом столетии изменятся в лучшую для журнала сторону.

Главный редактор





# Отечественная ГЕОЛОГИЯ

---

Ежемесячный научный журнал

Основан в марте 1933 года

**8/1997**

Учредители:

Министерство природных  
ресурсов РФ

Российское геологическое общество

Центральный  
научно-исследовательский  
геологоразведочный институт  
цветных и благородных металлов

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор **А. И. Кривцов**

Бюро: *И. Ф. Глумов, Р. В. Добровольская* (зам. главного редактора),  
*В. А. Ерхов, В. И. Казанский, А. А. Кременецкий, Г. А. Машковцев,*  
*Н. В. Милетенко, Л. В. Оганесян* (зам. главного редактора), *М. В. Ро-*  
*гачева* (отв. секретарь), *А. Ю. Розанов, Г. В. Ручкин* (зам. главного ре-  
дактора), *Б. А. Соколов, В. И. Старостин, А. А. Шпак, А. Д. Щеглов*  
(председатель редсовета)

Редсовет: *А. Н. Барышев, Э. К. Буренков, В. С. Быкадоров, Н. Н. Ведерников,*  
*И. С. Грамберг, А. Н. Еремеев, А. И. Жамойда, А. Н. Золотов, А. Б. Каждан,*  
*М. М. Константинов, Т. Н. Корень, Л. И. Красный, Н. К. Курбанов, Н. В. Межелов-*  
*ский, И. Ф. Мигачев, В. М. Питерский, В. Ф. Rogov, Е. И. Семенов, В. В. Семенович,*  
*В. С. Сурков, В. А. Ярмолюк*



*В данном и следующем номерах нашего журнала публикуются статьи,  
посвященные 40-летию Якутского института геологических наук  
Сибирского отделения РАН*

## Содержание

|                                                                                                                                                                            |    |                                                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Граусман В.В.</i><br>Корреляция отложений рифея Западной Якутии по материалам глубокого бурения . . . . .                                                               | 3  | <i>Граусман А.А.</i><br>Влияние промерзания осадочных пород на закономерности распределения пластовых давлений и формирование залежей нефти и газа . . . . .           | 30 |
| <i>Вальков А.К., Колосов П.Н., Давыдов Ю.В.</i><br>Опорный разрез пограничных венд-кембрийских отложений Оленекского поднятия северо-востока Сибирской платформы . . . . . | 5  | <i>Сафронов А.Ф., Бубнов А.В., Ивсен Г.В.</i><br>Проблема газоносности пермских отложений Хапчагайского метавала . . . . .                                             | 33 |
| <i>Тарабукин В.П., Прокопьев А.В., Оксман В.С., Карякин Ю.В.</i><br>Первые данные о фаменских отложениях в северо-западной части горной системы Черского . . . . .         | 9  | <i>Митронов Д.В.</i><br>Карбокластит — новая разновидность углей . . . . .                                                                                             | 36 |
| <i>Ермакова С.П.</i><br>Сопоставление биостратиграфических схем нижнего триаса Бореальной и Тетической областей . . . . .                                                  | 12 | <i>Смелов А.П., Березкин В.И.</i><br>Главные периоды кульминационного метаморфизма на Алданском щите . . . . .                                                         | 37 |
| <i>Гриненко О.В., Сергиенко А.И., Велюлюбский И.Н.</i><br>Стратиграфия палеогеновых и неогеновых отложений Северо-Востока России . . . . .                                 | 14 | <i>Филиппов В.Е.</i><br>Роль эоловых процессов в формировании металлоносных конгломератов и сопутствующих им отложений в бассейнах типа Витватерсранд . . . . .        | 40 |
| <i>Прокопьев А.В., Оксман В.С.</i><br>Тектонические покровы Восточной Якутии . . . . .                                                                                     | 20 | <i>Избеков П.Э.</i><br>Роль декомпрессионного затвердевания при вулканических взрывах . . . . .                                                                        | 42 |
| <i>Микуленко К.И., Тимиршин К.В.</i><br>Тектоника и проблемы нефтегазоносности пограничных зон Сибирской платформы и складчатых областей . . . . .                         | 24 | <i>Шкодзинский В.С.</i><br>Природа эндогенных геологических процессов в свете новейших данных о глобальном магматическом фракционировании при аккреции Земли . . . . . | 45 |
| <i>Каширцев В.А., Филл Р.П. (США), Чалая О.Н., Зуева И.Н., Трущелева Г.С.</i><br>Генетические семейства нефтидов востока Сибирской платформы . . . . .                     | 28 |                                                                                                                                                                        |    |
|                                                                                                                                                                            |    | <b>РЕЦЕНЗИЯ</b>                                                                                                                                                        |    |
|                                                                                                                                                                            | 28 | Энциклопедия горно-геологических наук . . . . .                                                                                                                        | 47 |

Редакция: *Р.В.Добровольская, Г.В.Вавилова, М.В.Рогачева*  
Компьютерный набор *В.К.Комарова*  
Верстка и оригинал-макет *П.А.Сандомирский*

Сдано в набор 10.07.97. Подписано в печать 20.08.97. Формат 60×88/8. Бумага мелованная.  
Печать офсетная. Тираж 1000 экз.

Адрес редакции: 113545, Москва, Варшавское шоссе, 1296.  
Телефон: 315—28—47

Отпечатано Государственным картографо-геодезическим предприятием «Поликарт»



# Корреляция отложений рифея Западной Якутии по материалам глубокого бурения

В.В.ГРАУСМАН

Рифейские отложения вскрыты глубокими нефтегазопроисловыми скважинами в Алдано-Майском, Предпатомском и Лено-Анабарском прогибах, Пеледуйском своде, Вилучанской седловине и Ыггыаттинской впадине (рис. 1). Поскольку бурение скважин и обработка полученных материалов проводились в разное время в 70—90-х годах, единая стратиграфическая схема вскрытых отложений рифея до настоящего времени отсутствует.

В Алдано-Майском прогибе в разрезе скв. 1 Мокуйской установлены гонамская, омахтинская и эннинская свиты учурской серии нижнего рифея, тоттинская и нерюенская — среднего и игниканская — верхнего рифея, объединенные в майскую серию [6] (рис. 2). Гонамская свита представлена песчаниками, прослоями алевролитов, аргиллитов и доломитов. В ней найдены *Osagia kotuikanica* Milt., *O. uchurica* Narozhn., *Vermiculites cortuosus* Z.Zhur., *Satka* sp. и др. Ее вскрытая мощность 425 м. Омахтинская

свита сложена чередованием песчаников, алевролитов, аргиллитов и доломитов и содержит *Osagia uchurica*, *Radiosus kotuikanicus* Mil., *R. tenebricus* Z. Zhur., *Satka* sp. и др. Мощность свиты 285 м. Эннинская свита состоит из песчаников, переслаивающихся в средней части свиты с доломитами и аргиллитами. В ней найдены *Radiosus kotuikanicus*, *R. ovale* Vol., *Glebosites magnus* Nar., *Leiosphaeridia effusa* Schep. *L. pelucida* Schep. и др. Мощность свиты 187 м. Тоттинская свита сложена алевролитами, аргиллитами, песчаниками и прослоями доломитов. Она содержит *Osagia uchurica*, *R. kotuikanicus*, *R. tenebricus*, *Leiosphaeridia jacutica* Tim., *L. sinica* Tim., *Siphonophycus* sp., *Tungussia* sp. и др., ее мощность 355 м. Нерюенская свита представлена аргиллитами, прослоями песчаников, доломитов и известняков и содержит *Satka* sp., *Leiosphaeridia aperta* Sch., *L. effusa*, *Strictosphaeridium implexum* Tim., *Trachysphaeridium bavlensum* Sch., *Siphonophycus* sp. и др. Ее мощность

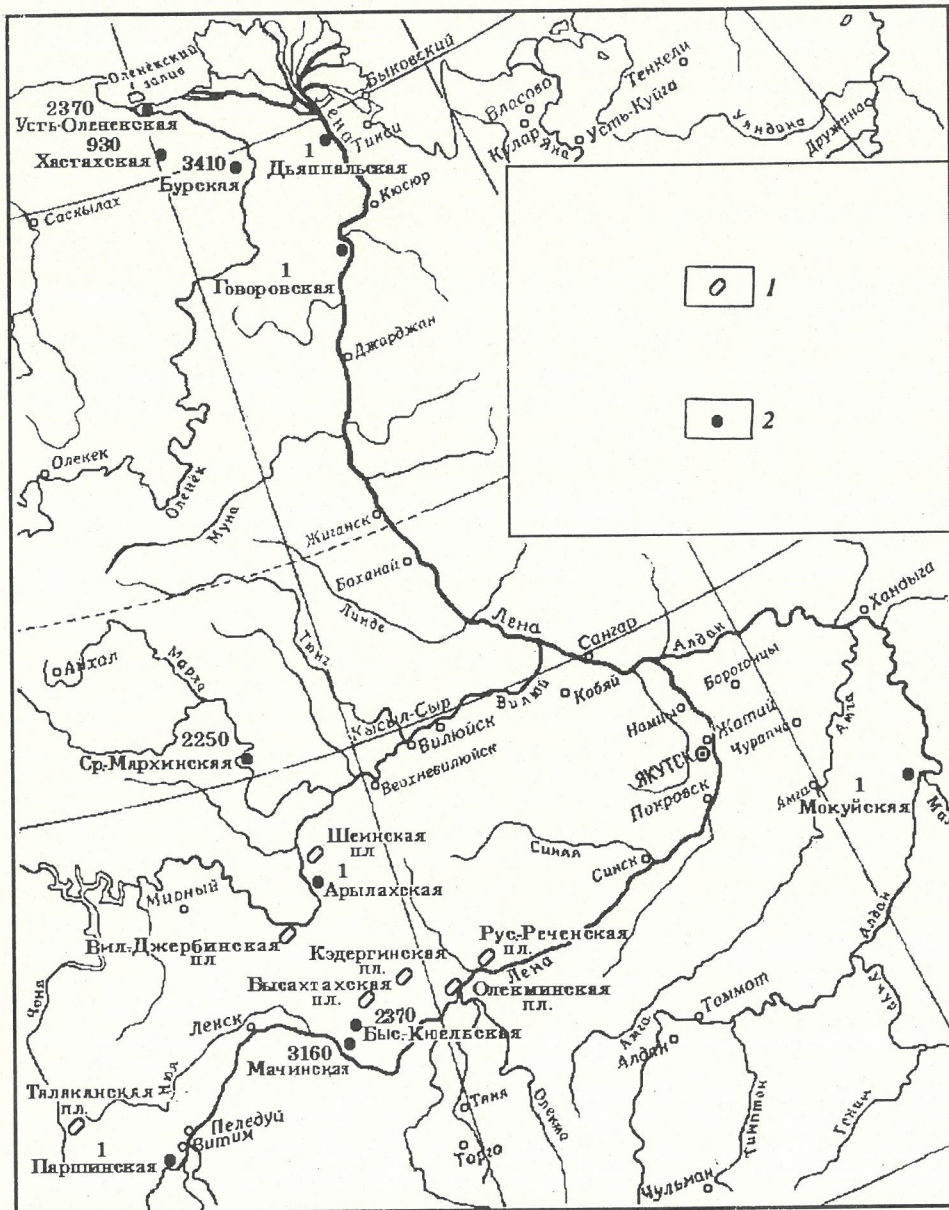


Рис. 1. Схема расположения разведочных площадей (1) и отдельных скважин, вскрывших отложения рифея (2)



| с т р у к т у р н о - ф а ц и а л ь н ы е р а й о н ы |         |                                                                      |                                                                             |                                                                                                    |                             |                               |                        |                               |                             |                                            |                                         |           |             |                           |              |              |            |          |              |  |                |            |  |  |  |  |  |                |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------|-------------|---------------------------|--------------|--------------|------------|----------|--------------|--|----------------|------------|--|--|--|--|--|----------------|------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| зона                                                  | эратема | Пеледуйский                                                          | Ыгытатинский                                                                | Вилучанский                                                                                        | Нижне-Оленекский            | Оленекский                    | Чекуровский            | Уринский                      | Березовский                 | Усть-Майский                               |                                         |           |             |                           |              |              |            |          |              |  |                |            |  |  |  |  |  |                |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                       |         | Пеледуйский свод<br>скв. 1 Паршинск.<br>803, 804, 808<br>Талахановые | Ыгытатинская впадина<br>скв. 1, 471, 472<br>Шенские. 2250<br>Ср.-Маркинская | Вилучанская соловьиная<br>скв. 849, 846, 847,<br>843, 845 В. Джер-<br>бинские, 1 Ар-<br>малковская | Лено-Анабарский прогиб      |                               |                        |                               | Предпатомский прогиб        | Алдано-Майский прогиб                      |                                         |           |             |                           |              |              |            |          |              |  |                |            |  |  |  |  |  |                |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| перек. отл.                                           |         | V <sub>1</sub> талаханская                                           | V <sub>1</sub> бетинчинская                                                 | V <sub>1-2</sub> кыстырахская                                                                      | V <sub>1-2</sub> мастахская | V <sub>1-2</sub> харахтэхская | R <sub>2</sub> бурская | N <sub>2</sub> сералахская    |                             | V <sub>2</sub> юдомская                    |                                         |           |             |                           |              |              |            |          |              |  |                |            |  |  |  |  |  |                |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| рифея                                                 | верхняя |                                                                      | доломитовая толща                                                           | Усть-Оленекская<br>кыстырахская<br>? не вскрыто                                                    |                             | хайпахская                    | сиэтачанская           | жууинская                     | хопычская                   | Торгинская<br>верхняя<br>средняя<br>нижняя |                                         |           |             |                           |              |              |            |          |              |  |                |            |  |  |  |  |  |                |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                       |         |                                                                      |                                                                             |                                                                                                    |                             |                               |                        |                               |                             |                                            |                                         |           | никольская  | Игниканская               |              |              |            |          |              |  |                |            |  |  |  |  |  |                |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                       |         |                                                                      |                                                                             |                                                                                                    |                             |                               |                        |                               |                             |                                            |                                         |           |             |                           | каланчевская | алексеевская | нерюевская |          |              |  |                |            |  |  |  |  |  |                |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                       |         |                                                                      |                                                                             |                                                                                                    |                             |                               |                        |                               |                             |                                            |                                         |           |             |                           |              |              |            | уринская | чекурдахская |  |                |            |  |  |  |  |  |                |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                       |         |                                                                      |                                                                             |                                                                                                    |                             |                               |                        |                               |                             |                                            |                                         |           |             |                           |              |              |            |          |              |  | халатарбытская | не вскрыто |  |  |  |  |  |                |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                       | средняя | конгломератовая толща                                                |                                                                             |                                                                                                    |                             |                               | уктинская              | большепатомская барагутовская | молдоунская<br>? не вскрыто | не вскрыто                                 | Тоттинская                              |           |             |                           |              |              |            |          |              |  |                |            |  |  |  |  |  |                |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                       |         |                                                                      |                                                                             |                                                                                                    |                             |                               |                        |                               |                             |                                            |                                         |           | арымасская  |                           | не вскрыто   |              | не вскрыто |          | не вскрыто   |  |                |            |  |  |  |  |  |                |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                       |         |                                                                      |                                                                             |                                                                                                    |                             |                               |                        |                               |                             |                                            |                                         |           |             |                           |              |              |            |          |              |  | кютингдинская  |            |  |  |  |  |  |                |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                       |         |                                                                      |                                                                             |                                                                                                    |                             |                               |                        |                               |                             |                                            |                                         |           |             |                           |              |              |            |          |              |  |                |            |  |  |  |  |  | сыгынахтахская | не вскрыто |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                       |         |                                                                      |                                                                             |                                                                                                    |                             |                               |                        |                               |                             |                                            |                                         |           |             |                           |              |              |            |          |              |  |                |            |  |  |  |  |  |                |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| нижняя                                                |         |                                                                      |                                                                             |                                                                                                    |                             |                               |                        |                               |                             |                                            | Усть-Оленекская<br>керпильская полсерия | Эннинская | Омахтинская | Гонамская<br>? не вскрыто |              |              |            |          |              |  |                |            |  |  |  |  |  |                |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                       |         |                                                                      |                                                                             |                                                                                                    |                             |                               |                        |                               |                             |                                            |                                         |           |             |                           |              |              |            |          |              |  |                |            |  |  |  |  |  |                |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                       |         |                                                                      |                                                                             |                                                                                                    |                             |                               |                        |                               |                             |                                            |                                         |           |             |                           |              |              |            |          |              |  |                |            |  |  |  |  |  |                |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                       |         |                                                                      |                                                                             |                                                                                                    |                             |                               |                        |                               |                             |                                            |                                         |           |             |                           |              |              |            |          |              |  |                |            |  |  |  |  |  |                |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                       |         |                                                                      |                                                                             |                                                                                                    |                             |                               |                        |                               |                             |                                            |                                         |           |             |                           |              |              |            |          |              |  |                |            |  |  |  |  |  |                |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| подст. отл.                                           |         | Pg <sub>1</sub>                                                      |                                                                             |                                                                                                    |                             |                               |                        |                               | Pg <sub>1</sub>             |                                            |                                         |           |             |                           |              |              |            |          |              |  |                |            |  |  |  |  |  |                |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Рис. 2. Стратиграфическая схема отложений рифея Западной Якутии

471 м. Игниканская свита представлена доломитами и известняками, палеонтологических остатков в керне не найдено.

В Лено-Анабарском прогибе в разрезах скв. 3410 Бурской и 930 Хастахской установлены сыгынахтаская, кютингдинская, арымасская, дебенгдинская и хайпахская свиты, входящие в солоолийскую серию, объединяющую отложения рифея. Характеристика свит приведена в работе [3]. В разрезе скв. 1 Говоровской установлена уктинская свита среднего рифея [7]. Она сложена песчаниками, алевролитами и микросланцами. Палеонтологических остатков в керне не найдено, вскрытая мощность — 361 м. В Оленекском разрезе ей соответствует арымасская свита. В скв. 1 Дьяппальской установлены эсэлэхская, нэлэгэрская и сиэтачанская свиты [7]. Вскрытая часть эсэлэхской свиты (66 м) представлена доломитами с *Vesicularia granulosa* Vol. В Оленекском районе отложения, соответствующие эсэлэхской свите, отсутствуют. Нэлэгэрская свита сложена известняками и доломитами с *Vesicularites* ex gr. *krylovi* Zab. и прослоями мергелей. Мощность свиты 296 м. В Оленекском разрезе ей соответствует дебенгдинская свита. Сиэтачанская свита представлена чередованием мергелей, известняков, доломитов и аргиллитов и содержит *Osagia* aff. *tolerabia* Jak. и др. Мощность свиты 283 м, сопоставляется она с хайпахской свитой Оленекского района.

В Березовской впадине Предпатомского прогиба скважинами вскрыты два типа разрезов: уринский и березовский. Уринский тип представлен молдоунской свитой большепатомской серии, шумихинской и халатарбытской свитами баракунской серии сред-

него рифея, уринской и каланчевской свитами валухтинской серии, никольской и хопычской — жуинской серии верхнего рифея. Березовский тип представлен чекурдахской и алексеевской свитами дикиминской серии и торгинской свитой верхнего рифея [1].

Уринский тип разреза вскрыт скв. 2370 Бысытах-Кюельской и 3160 Мачинской. Молдоунская свита во вскрытой части (30 м) представлена доломитами, в которых определены *Osagia* aff. *articaella* Milst., *O. undosa* Reit., *O. tenuilamellata* Reit. и др. Шумихинская свита сложена аргиллитами, алевролитами и песчаниками, слоями известняка и доломита и содержит *Leiosphaeridia crassa*, *L. holthaedalii* Tim., *L. jacutica*, *Halythrix* sp., *Nubecularites procerulus* Z. Zhur., *Vesicularites flexuosus*. Ее мощность 200 м. Халатарбытская свита сложена доломитами и прослоями алевролитов и аргиллитов, содержит *Glebosites* cf. *gentilis* Z. Zhur., *Osagia acerba* Jak., *Vesicularites krylovi* Zab. и др. Мощность свиты 150—307 м. Уринская свита сложена аргиллитами и алевролитами, прослоями доломитов. Свита содержит *Leiosphaeridia bicrura* Jan., *L. holthaedalii*, *L. jacutica*, *Podoliella irregulare* Her., *Satka granulosa* Jan., *S. sp.*, *Trachyhystrichospaera vidalii* Knoll., *Brevitrichoides bashkiricus* Jan., *Halythrix* sp., *Tortunema sibirica* Nev., *Osagia tenuilamellata* и др. Мощность свиты 188 м в скв. 2730 и 929 м в скв. 3160. Каланчевская свита сложена известняками, доломитами и содержит *Osagia* aff. *grandis* Z. Zhur., *O. columnata* Reit., *O. columnata* var. *ovsianica* Jak., *Vesicularites consuetus* Jak. и др. Мощность свиты 394—410 м. Никольская свита мощностью 415—446 м сложена доломитами, известняками, алевролитами, ар-



гиллитами, мергелями и содержит *Glebosites gentilis* Z.Zhur. и др. Хопычская свита мощностью 363—391 м сложена известняками с единичными микрофитолитами.

Березовский тип разреза вскрыт глубокими скважинами на Бысахтахской, Кэдергинской, Русско-Реченской и других площадях. В нем отложения, соответствующие молдоунской, шумихинской и халатарбытской свитам, не вскрыты. Разрез рифея начинается с чекурдахской свиты, сложенной песчаниками, алевролитами, аргиллитами, прослоями мергелей, доломитов. Свита содержит *Chuaria circularis* (Wal.) Vidal et Ford, *Stictosphaeridium implexum* Tim., *Trachysphaeridium magnum* Sch., *Turuchanica ternata* Tim., *Tinnia patomika* Dol., *Panomninella floribunda* Kol., *Vesicularites compositus* Z.Zhur., *V. raabenaе* Zab. и другие и сопоставляется с уринской. Ее мощность 9—227 м. Алексеевская свита сложена доломитами и известняками с *Osagia acerba* Jak., *Panomninella floribunda*, *Sinzasophyton* cf. *usovi* Pos., *S. subtilis* M.Step., *Vesicularites krylovi*, *V. raabenaе*, *V. reticulatus* Nag. и др. Мощность свиты в полных разрезах 269—310 м. В уринском разрезе ей соответствует каланчевская свита. Торгинская свита сложена переслаиванием аргиллитов, мергелей, алевролитов, реже доломитов, известняков (нижняя), мергелями с прослоями доломитов, известняков и аргиллитов (средняя) и известняками и доломитами (верхняя подсвита). Свита содержит *Chuaria circularis*, *Leiosphaeridia jacutica*, *L. sinica*, *Nucellosphaeridium bellum* Tim., *Octaedrixium symmetricum* Tim., *Trachysphaeridium magnum*, *Vesicularites bothrydioformis*, *Astrosphaeroides serratus* Z.Zhur., *Osagia korbinica* Jak. и др. Мощность торгинской свиты 262—632 м, к востоку она выклинивается. Нижней и средней подсвита торгинской свиты в уринском типе соответствует никольская, а верхней подсвите — хопычская.

К рифейским отложениям с определенной долей условности относятся конгломератовая, кисылаяхская и доломитовая толщи [4, 2, 5]. Конгломератовая толща [4] вскрыта на Пеледуйском своде скв. 803, 804, 808 Талаканскими и 1 Паршинской; в Ыгыатинской впадине — скв. 1, 471, 472 Шеинскими и

скв. 2250 Среднемархинской; в Вилючанской седловине — скв. 649 Вилуюско-Джербинской и скв. 1 Арылахской. Она состоит из разногальчных конгломератов, сцементированных песчаниками и алевролитами, относится к среднему рифею. Мощность толщи от 5 м (скв. 1 Арылахская) до 428 м (скв. 804).

Кысылаяхская толща [2] вскрыта скв. 2370 Усть-Оленекской, сложена песчаниками, относится к верхнему рифею и сопоставляется с хайпахской свитой Оленекского района.

Доломитовая толща [5] вскрыта в Ыгыатинской впадине и Вилючанской седловине теми же скважинами, что и конгломератовая, и скв. 643, 645, 646, 647 Вилуюско-Джербинскими, состоит из доломитов и содержит *Dzhelindia diversa* Kol., *D. minima* Kol., *Aldania sibirica* Jak., *Colleniella singularis* Kom. Толща относится к верхнему рифею и сопоставляется с верхней подсвитой торгинской свиты. Мощность толщи 8—43 м.

В статье использованы определения палеонтологов Т.А.Дольник, Е.Л. Дробковой, З.А. Журавлевой, П.Н. Колосова, В.А. Рудауской, М.В. Степановой, З.Х. Файзулиной и др.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобров А.К. Стратиграфия и палеогеография отложений верхнего докембрия Южной Якутии. — Якутск, 1979.
2. Граусман В.В. Геологический разрез Усть-Оленекской скв. 2370 (инт. 3605-2700) // Тихоокеан. геол. 1995. Т. 14. № 14. С. 137—140.
3. Граусман В.В., Рудауская В.А., Васильева Н.И. Стратиграфия верхнего докембрия и нижнего кембрия Оленекского поднятия. // Отечественная геология. 1996. № 8. С. 30—35.
4. Жерновский В.П., Колотущенко Л.Д. и др. Новые данные о разрезе верхнего докембрия юго-западной части Предплатомского краевого прогиба // Стратиграфия позднего докембрия и палеозоя Сибири. Венд и рифей. Новосибирск, 1985. С. 36—43.
5. Кокоулин М.Л., Рудауская В.А. Корреляция базальных слоев осадочного чехла юго-западной Якутии в связи с оценкой перспектив нефтегазоносности // Проблемы геологии нефти и газа Сибирской платформы. Л., 1982. С. 5—13.
6. Семихатов М.А., Серебряков С.Н. Сибирский гипостратотип рифея // Тр. НИИГА. Т. 1. Л., 1950.
7. Стратиграфический словарь. Верхний докембрий. — М.: Наука, 1994.

УДК 551.72 732.2(571.56)

© А.К.Вальков, П.Н.Колосов, Ю.В.Давыдов, 1997

## Опорный разрез пограничных венд-кембрийских отложений Оленекского поднятия северо-востока Сибирской платформы

А.К.ВАЛЬКОВ, П.Н.КОЛОСОВ, Ю.В.ДАВЫДОВ

Широкое развитие в позднем протерозое и раннем палеозое на востоке Сибирской платформы мелководных, сравнительно теплых и глубоководных холодных морских бассейнов способствовало расселению органического мира, а разрезы венда и кембрия Оленекского поднятия — одни из лучших в мире по насыщенности палеонтологическими остатками. Дополненные изотопной хемотратиграфией и радиологическим определением времени начала немакит-далдына они являются опорными для выяснений перехода от терминального протерозоя к палеозою [8, 12, 13, 15, 16].

В конце позднего рифея на Оленекском поднятии имел место перерыв в осадконакоплении, после которого хорбусуонская серия трансгрессивно, со

структурным несогласием, налегала на разновозрастные слои рифея. Такая картина наиболее отчетливо наблюдается на северном склоне Оленекского поднятия. Здесь от р. Хорбусуонка по направлению на восток к бассейну нижнего течения р. Солооли хорбусуонская серия на протяжении 50 км последовательно перекрывает вкрест простираения все более древние свиты.

Хорбусуонская серия состоит из мастахской, хатыспытской и туркутской свит. Хатыспытская свита (110—200 м), представленная в основном известняками, от тонкоплитчатых до листоватых, и доломитами, несогласно залегает на мастахской свите. На левом склоне р.Хорбусуонка, в 2 км выше устья руч. Хайапах на контакте между мастахской и хатыспыт-



ской свитами шурфами вскрыт тонкий (0,1 м) прослой светло-зеленых глин и аргиллита. Выше по разрезу в низах свиты залегают бордовые аргиллиты мощностью 2—3 м с прослоями (0,07 м) светло-зеленой глины и очень тонкими пропластками песчаника, участками глауконитового. Указанными породами сложена нижняя (6—7 м) часть разреза. Седиментологические исследования хатыспытской свиты свидетельствуют, что в основном карбонатное осадконакопление произошло в спокойной относительно глубоководной обстановке. Внутрипластовые скольжения отложений привели к обильному осадочному деформированию и вероятному порождению следов течений. Позже результаты растворения и давления пластов привели к развитию характерной «холмообразной» геометрии поверхности напластования. Очень медленные скорости седиментации вместе с возможно высокой биопродуктивностью моря привели к накоплению органического материала в большом объеме.

Туркутская свита (150—230 м) сменяет вверх по разрезу хатыспытскую свиту. Представлена она доломитами, в верхней части разреза содержащими прослой строматолитовых разностей. Имеются и прослой кавернозных и пористых доломитов, а также оолитовые слои и линзы песчаников кварцевых, серых, средне- и мелкозернистых с карбонатным цементом порово-пленочного типа. Кварцевые зерна характеризуются неравномерной окатанностью и средней отсортированностью. Минеральный состав тяжелой фракции песчаников в верхней части свиты характеризуется турмалин-циркон-лейкоксовой, циркон-апатит-ильменитовой ассоциациями. Кроме этих минералов присутствуют рутил, анатаз, сфен, ставролит, пироксен, большей частью характерные для метаморфических пород. Вероятно, верхняя часть разреза содержит продукты размыва более древних метаморфических пород. В приконтактной с вышележащей кессюсинской свитой имеют место: части туркутского подразделения в одних точках строматолитовые и битуминозные доломиты с линзами песчаных доломитов, в других — карсты, заполненные песчаниками и конгломератами, а в третьих — кора выветривания мощностью 0,2—0,3 м, представленная карбонатной глиной охристо-желтой окраски в низах и зеленовато-фиолетовой — в верхней части.

Кессюсинская свита (60—120 м) несогласно перекрывает туркутскую свиту. В низах ее залегает пачка (3—7 м) гравелито-песчаников и песчаников, содержащая в верхней части темно-зеленые алевролиты и аргиллиты. Выше по разрезу присутствует пачка (10—15 м) осадочно-вулканокластических пород желтого и зеленого цветов. В породах пачки наблюдаются мелкие включения туфов и крупные (в сечении до 20 см) обломки туркутских доломитов. Петрографическими исследованиями установлено, что осадочно-вулканические породы представляют собой псаммо-песчаниковые туффиты, на 70—85 % сложенные обломками лавы с гиалопилитовой и стекловатой структурами. Некоторые из них состоят из фрагментов пузыристой лавы, измененной процессами эпигенетической кальцитизации. Терригенно-кальцитовый матрикс туффитов имеет подчиненное значение. Таким образом, по составу пород в начале кессюсинского времени на северо-востоке Оленекского поднятия отмечаются: во-первых, активизация вулканической деятельности, во-вторых, синхронность вулканических и осадочных процес-

сов. Следовательно, кондиционность цирконов из пород охарактеризованной пачки, по которым определен возраст (543,9±0,3 млн. лет) нижней границы кессюсинской свиты [15], не должна вызывать сомнения [10]. Средняя часть кессюсинской свиты содержит прибрежные грубозернистые породы, а верхняя — шельфовые песчаники и песчаные известняки, которые вверх по разрезу переходят в оолитовые известняки и песчаники, осаждаемые в мелководных условиях. Мощность свиты в пределах Оленекского поднятия с юга на север и северо-восток увеличивается с 60 до 120 м с постепенным увеличением мощности всех частей разреза. Параллельно, по данным геологического картирования, происходит уменьшение в указанном направлении и величины предреккетского размыва.

Еркекетская свита (100 м) с размывом залегает на кессюсинской и в основном представлена известняками, которые накапливались в мелководной, но спокойной карбонатной среде. Отложения тонкозернистые, содержат целые фаунистические остатки, реже разрушенные с небольшим истиранием. Отложения обширно биотурбированы.

Для стратиграфии очень важны находки в хорбусунской серии неразветвленных неклеточных трубковидных микрофоссилий *Urphyton* Kolosov, разветвленных неклеточных *Sigirjania* Kolosov, а также разветвленных клеточных нитевидных микрофоссилий *Kerbia* Kolosov (рисунок, комплексы I—III). Виды этих родов характерны для юдомя Сибири — карбонатного типа разреза венда [4—6]. Так, *Urphyton distinctum* Kolosov присутствует в Юдомо-Майском прогибе в верхнеюкандинской подсвите и в низах сарданинской свиты, а также на северо-западном склоне Алданской антеклизы в порохтахской свите. *Urphyton lenaicum* Kolosov, кроме верхнеюкандинской подсвиты, распространен в тинновской свите Уринского поднятия северо-восточной окраины Байкало-Патомской складчатой области и в бесюрхской свите Вилючанско-Ыгыаттинской зоны нефтегазоносных районов юго-запада Якутии. Типовой вид рода *Sigirjania* присутствует в самых низах сарданинской свиты. *Sigirjania* sp. отмечен в нескольких глубоких скважинах в средней части паршинской (курсовской) свиты Пеледуйской зоны нефтегазоносных районов юго-запада Якутии. Единственный пока вид рода *Kerbia* распространен в низах сарданинской свиты, а также в низах устьюдомской свиты на восточном склоне Алданской антеклизы и в верхних слоях курсовой свиты Ботубинской зоны.

В среднекессюсинской подсвите по р. Оленек В.А.Рудавская [11] определила раннекембрийские акритархи *Leiomarginata simplex* Naum., *Granomarginata squamacea* Volk., *G.prima* Naum., *Tasmanites tenellus* Volk., *Micrhystridium* sp. В ней же позже находили *Ceratophyton vermicosum* Kirjanov. По заключению В.В.Кириянова [3], в этой подсвите присутствует комплекс акритарх, который по составу можно сравнить с лонтоваским на Восточно-Европейской платформе. В верхнекессюсинской подсвите он сменяется чукунским комплексом, содержащим редкие, относительно крупные (до 40 мкм) шиповатые акритархи.

Переходя к фаунистической характеристике Оленекского разреза, прежде всего следует отметить данные по мягкотелым организмам. Открытие в 1981 г. представительной эдиакарской ассоциации *Metazoa* [13] в хатыспытской свите хорбусунской



серии на р. Хорбусуонка вблизи устья р. Анабыл (см. рисунок комплекс V) выдвинуло разрез Оленекского поднятия в разряд первостепенных для установления нижней границы кембрийской системы. Древнейшие скелетные организмы характеризуют верхи туркутской, кессюсинскую, еркекетскую, ноуйскую и куонамскую свиты. Найденные в верхних слоях туркутской свиты редкие фрагменты трубчатых скелетных организмов *Cambrotubulus* sp. и *Anabarites* sp. (комплекс VII) в настоящее время не дают возможности установить их точную возрастную привязку. Но, очевидно, условно их можно относить к дотрисулкатусовой зоне немакит-далдынского (манькайского) яруса. Нижняя половина кессюсинской свиты (комплексы XI, XII) включает разнообразных организмы зоны *Spinulitheca rotunda*-*Anabarella plana*, среди которых преобладают ангустиокреиды, моллюски и ортотециморфные хиолиты. Возраст этих комплексов трактуется по-разному: одни исследователи относят их к томмотскому ярусу [7, 9, 10], другие выделя-

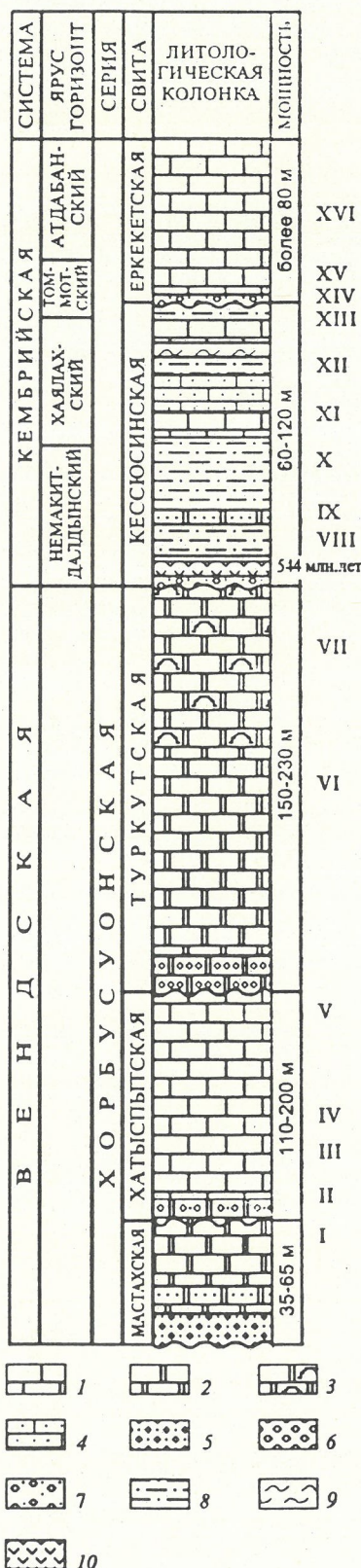
ют в самостоятельный (хаялахский или манькайский) ярус нижнего кембрия [2, 8], третьи разбивают комплекс на две части, относя низы (комплекс XI) к зоне *Purella antiqua* немакит-далдынского яруса вендской системы, а верхнюю его часть (комплекс XII) — к зоне *Aldanocyatus sunnaginicus* томмотского яруса нижнего кембрия [14]. По данным наших исследований, нижняя граница томмотского яруса на большей территории Оленекского сводового поднятия совпадает с кровлей кессюсинской свиты, нижняя же часть этого яруса уходит в перерыв между свитами. На юго-западе свода (обнажение Бороулах) уровень подошвы еркекетской свиты соответствует основанию яруса. На севере района (обнажение против р. Еркекет) лишь верхние слои (7—10 м) кессюсинской свиты (комплекс XIII) вмещают организмы томмотского яруса, а все нижележащие слои (комплекс XII) охарактеризованы организмами, в стратотипическом разрезе присутствующими в дотоммотском уровне [1, 2, 8].

Красноцветные известняки нижней пачки (10—18 м) еркекетской свиты охарактеризованы хиолитами (комплексы XIV, XV) зон *Allathea anabarica* и *Burithes erum* лучаткайского горизонта томмотского яруса [1, 2]. Самые нижние (3—4 м) слои свиты содержат достаточно яркий комплекс древнейших скелетных окаменелостей нижней зоны *Heraultipagma* — *Lapworthella tortuosa* этого яруса [8].

Средняя часть еркекетской свиты (юлегир-юряхский горизонт) по хиолитовой шкале относится к зонам *Tetrathea pentagona* — *Dorsojugatus multicostatus* (комплекс XVI) и *Tetrathea hexagona* атдабанского яруса [2]. В верхней части еркекетской и в ноуйской свитах по трилобитам доказано наличие в разрезе ботомского и тойонского ярусов нижнего кембрия и амгинского яруса среднего кембрия [9, 12]. В амыдайском горизонте амгинского яруса по хиолитам фиксируются два зональных уровня *Amydaicornus fortis* и *Linevitus mitralus* [1].

#### Разрез пограничных венд-кембрийских отложений Оленекского поднятия:

1 — известняки; 2 — доломиты; 3 — строматолитовые доломиты; 4 — песчаники; 5 — кварцевые песчаники и гравелиты; 6 — конгломератные известняки; 7 — конгломераты; 8 — алевролиты; 9 — аргиллиты; 10 — туффиты; комплексы организмов: I — окремненные нитевидные микрофоссилии (МФ) *Urphyton lenaicum* Kolosov, *U. distinctum* Kolosov, *Polytrichoides* sp., *Salome* sp., II — органикостенные нитевидные МФ *Oscillatoropsis* Schopf, *Kerbia* Kolosov, *Sigirjania* Kolosov, бесскелетная фауна *Nemiana simplex* Palij, *Paliella patelliformis* Fedonkin, *Ovatoscutum concentricum* Glesner et Wade, *Hiemaloria stellaris* Fedonkin, *Charnia massoni* Ford, *Khatyspytia grandis* Fedonkin, *Ediacaria* sp., *Kullingia* sp., *Cyclomedusa* sp., икнофоссилии *Palaeopascichnus*, *Nenoxites* [13], VI — МФ *urphyton distinctum* Kolosov, VII — скелетная фауна *Cambrotubulus* sp., *Anabarites* sp. [14], VIII — органикостенные нитевидные МФ *Botuobia angustata* Kolosov, *Acrtacellularia* sp., акритархи *Trachysphaeridium* sp., *Macroptycha uniplicata* Tim. и др., IX — скелетная фауна *Cambrotubulus decurvatus* Missarzhevsky, *Anabarites trisulcatus* Miss., *A. signatus* Sabelliditida, след *Phycodes* sp., X — скелетная фауна (ск.ф.) *Lobiachrea* sp., акритархи *Leiomarginata simplex* Naumova, *Granomarginata squamacea* Volk., *G. prima* Naum., *Tasmanites tenellus* Volkova, *Micrhystridium* sp., *Ceratophyton vermicosum* Kirjanov, след *Phycodes* sp., XI — ск. ф. *Cambrotubulus conicus* Miss., *Anabarites tripartitus* Miss., *Selindeohrea tricarinata* (Miss.), *S. ternaria* (Miss.), *Turcutheca* sp., *Halkieria sacciformis* (Meshkova), следы *Didymaulichus*, *Rhizocarallum*, *Diplocraterion*, XII — ск.ф. *Cambrotubulus sibiricus* (Val.), *Tiksiithea lici* Miss., *Kugdatheca voluta* Miss., *Lobiachrea natella* Val. et Sys., *Angustiochrea lata* Valkov et Sysoiev, *Anabaritellus hexasulcatus* Miss., *Jakutiochrea lenta* Bokova et Val., *Mariochrea* sp., *Spinulitheca rotunda* Val., *Allathea concinna* Miss., *A. cana* Val., *Crossbitheca arcuaria* Miss., *Turcutheca rugata* (Sys.), *Ladatheca annae* (Sys.), *Nikatheca kengedeica* Val., *Purella arcana* Val., *Anabarella plana* Vostokova, *Latouchella sibirica* (Vost.), *L. vetula* Val., *Aldanella costata* Miss., *Barskovia hemisimmetrica* Golubev, *Bemella jakutica* Miss., *Heraultipagma sibirica* Miss., *Hyolithellus tenuis* Miss., *H. tschuscunensis* Val., *Fomitchella infundibuliformis* Miss., XIII — ск.ф. *Spinulitheca billingsi* (Sys.), *Tommotia kozlovskii* (Miss.), *Halkieria costata* (Meshk.), *Ginospina araniiformis* Miss., акритархи *Leiosphaeridia dehiska* Pask., *Granomarginata squamacea* Volk., *Tasmanites tenellus* Volk., *Leiomarginata simplex* Naum., *Micrhystridium tornatum* Volk. и др., XIV — ск.ф. *Exilitheca multa* Sys., *Allathea anabarica* Val., *A. corrugata* Miss., *Notabilites simplex* Sys., *Torellia lentiformis* Sys., *Camenella garbowskae* Miss., XV — хиолиты *Tchuranithea curvata* Sys., *Crestjagitus gratuita* Val., *Obliquathea aldanica* (Sys.), *O. bicostata* (Miss.), *Crestjagitus ornatus* Sys., *C. figuratus* (Miss.), *Burithes erum* Miss., археоциаты *Okulitchicystus disciformis* (Zhuravleva), XVI — хиолиты *Tetrathea clinisepta* (Sys.), *T. pentagona* Sys., *Obliquathea acostae* Sys., *Doliutus inflatus* (Sys.), *Dorsojugatus multicostatus* Sysoiev, трилобиты *Pageiellus lenaicus* (Toll.), *Triangulaspis lemontovae* Suvorova, *Judomia* sp.





Установленная возрастная последовательность древнейших фаунистических комплексов Оленекского поднятия дает возможность точно сопоставлять разрез с другими опорными разрезами Сибирской платформы. Приведенная зонально-ярусная характеристика комплексов намечает общий контур этого сопоставления. Дополнительно отметим некоторые новые данные непосредственно по рассматриваемому уровню. Пробуренная Амакинской экспедицией скважина в верховьях р.Чамая-Терде (правый приток р.Молодо) вскрыла полный разрез еркекетской свиты, в нижней части которой выявлены скелетные организмы *Spinulitheca rotunda* Val., *S.monoseptata* Val., *Nikatheca digna* Val., *N.kengedeica* Val., *Allatheca concinna* Miss., *Aldanella utchurica* Miss., *A.attleboensis* (Shal. et Foerst.), *Purella* sp., *Halkieria sacciformis* (Meshk), *Fomitshella infundibuliformis* Miss., *Tiksitheca korobovi* Miss. Несколько севернее (скв. 2 в верховьях руч. Кыра-Разбойник — правый приток р.Оленек) нижняя часть еркекетской свиты, кроме отмеченных, вмещает также *Anabarella plana* Vost., *Barskovia Hemisimmetrica* Gol., *Anabarites tripartitus* Miss., *Anabaritellus hexasulcatus* Miss., *Selindeochrea ternaria* (Miss.), *Allatheca cana* Val. и др. В обеих скважинах содержится комплекс зоны *Spinulitheca rotunda* — *Anabarella plana*, вверх по разрезу сменяющийся представительными ассоциациями организмов томмотского яруса. Данные по скважинам показывают, что к юго-западу от Сололийского поднятия, так же как и на Куойско-Далдыньском и Уджинском поднятиях, нижняя часть еркекетской свиты имеет такой же зональный возраст, как и нижняя часть эмяксинской свиты северо-восточного Прианабарья и соответствующая часть кутдинской (медвежинской) свиты Западного Прианабарья [1, 2, 8].

Достоинства Оленекского венд-кембрийского разреза таковы: в разрезе имеются как фауна эдиакарского типа венда, так и наиболее древняя мелкоракчинная фауна нижнего кембрия; единственный регион, где в изобилии встречаются совместно ихнофоссилии и скелетные организмы немакит-далдыньского яруса нижнего кембрия; разрез охарактеризован представительными ассоциациями разнообразных древнейших организмов; не вызывает сомнений последовательность возрастной смены свит от рифея до среднего кембрия; широко развиты карбонатные и карбонатно-терригенные фации открытого моря; получены С-изотопные и радиометрические данные для низов немакит-далдыньского яруса.

Как любой разрез, он имеет и некоторые недостатки: наличие перерывов между свитами: хатыспытской и туркутской, туркутской и кессюсинской, кессюсинской и еркекетской; малая мощность слоев, синхронных с томмотским ярусом стратотипа; наличие неблагоприятных для фауны фаций (доломиты туркута, терригенные породы в нижней части кессюсинской свиты). Недостатки разреза компен-

сируются латеральной сменой фаций в приконтактных частях формаций. Охарактеризованный разрез на Оленекском поднятии является весьма перспективным для дальнейшего выявления особенностей очень важного перехода от венда (терминального протерозоя) к палеозою.

Из-за слабой филогенетической связи известных в настоящее время фаун венда и кембрия необходим планомерный детальный поиск органикопокровных животных в вендских отложениях. По аналогии с находкой из низов верхнего венда Непско-Ботубинской антеклизы это могут быть микроскопические, подобно *Kursovia* Kolosov et Rudavskaja [5], организмы предположительно аннелидного (класс *Annelides* — кольчатые черви) облика из органического вещества типа хитина.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вальков А.К. Биостратиграфия и хиолиты кембрия северо-востока Сибирской платформы. — М.: Наука, 1975.
2. Вальков А.К. Биостратиграфия нижнего кембрия востока Сибирской платформы (Юдомо-Оленекский регион). — М.: Наука, 1987.
3. Кириянов В.В. Последовательность комплексов архитарх в пограничных отложениях докембрия-кембрия Восточно-Европейской и Сибирской платформ // III Всесоюзный симпозиум по палеонтологии докембрия и раннего кембрия: Тез. докл. Петрозаводск, 1987. С. 44—45.
4. Колосов П.Н. Верхнедокембрийские палеоальгологические остатки Сибирской платформы. — М.: Наука, 1982.
5. Колосов П.Н. Позднедокембрийские микроорганизмы востока Сибирской платформы. — Якутск, 1984.
6. Микрофоссилии докембрия СССР. — М.: Наука, 1989.
7. Миссаржевский В.В. О пограничных слоях кембрия и докембрия западного склона Оленекского поднятия (р. Оленек) // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1980. Т. 55. Вып. 4. С. 23—34.
8. Миссаржевский В.В. Древнейшие скелетные окаменелости и стратиграфия пограничных толщ докембрия и кембрия. — М.: Наука, 1989.
9. Розанов А.Ю., Репина Л.Н., Анполонов М.К. и др. Кембрий Сибири. — Новосибирск: Наука, 1992.
10. Розанов А.Ю., Семихатов М.А., Соколов Б.С. и др. Решение о выборе стратотипа границы докембрия и кембрия: прорыв в проблеме или ошибка? // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1997. № 1. С. 21—31.
11. Рудавская В.А., Васильева Н.И. Архитархи и скелетная проблематика на границах венда, томмотского и атдабанского ярусов // Стратиграфия позднего докембрия и раннего палеозоя Сибирской платформы. Л., 1985. С. 57—57.
12. Савицкий В.Е., Шабанов Ю.Я., Евтушенко В.М., Шишкин Б.Б. Опорный разрез Хорбусунской фациальной области (северо-восток Сибирской платформы) // Материалы по стратиграфии и палеонтологии Сибири. Новосибирск, 1972. С. 53—60.
13. Федонкин М.А. Бесскелетная фауна венда и его место в эволюции метазоа. — М.: Наука, 1987.
14. Хоментовский В.В., Карлова Г.А. Нижняя граница кембрия и принципы ее обоснования в Сибири // Геология и геофизика. 1992. № 11. С. 3—26.
15. Bowring S.A., Grotzinger J.P., Isachsen C.E. et al. Calibrating rates of early Cambrian evolution // Science. 1993. Vol. 261. P. 1293—1298.
16. Knoll A.H., Grotzinger J.P., Kaufman A.J., Kolosov P.N. Integrated approaches to terminal Proterozoic stratigraphy: an example from the Olenek Uplift, northeastern Siberia // Precambrian Research. 1995. Vol. 73. P. 251—270.



## Первые данные о фаменских отложениях в северо-западной части горной системы Черского

В.П. ТАРАБУКИН, А.В. ПРОКОПЬЕВ, В.С. ОКСМАН, Ю.В. КАРЯКИН

До настоящего времени считалось, что на территории хр. Селенняхский, Тас-Хаяхта и Улахан-Сис (северо-запад горной системы Черского) отсутствуют фаменские отложения. Отмечалось, что на карбонатных отложениях франского возраста со стратиграфическим несогласием залегают терригенно-карбонатные породы раннего карбона. Проведенными исследованиями установлено присутствие фаменских отложений на севере Селенняхского хребта, выделенных в объеме нижней части вулканской толщи фамен-турнейского возраста.

Разрезы вулканской толщи расположены по руч. Короткий, Имта, Перевальный и Вулкан (левые притоки р. Сеймчан). Толща протянулась на 30 км в северо-восточном направлении и вскрывается в лежащем крыле Сеймчанского надвига. Верхние горизонты ее перекрыты по надвику отложениями нижнего палеозоя (рис. 1, А). Толща согласно, без видимых следов перерыва залегает на пряникской свите франского возраста, в верхней части которой по руч. Короткий (в 7 м от кровли) обнаружены конодонты *Palmatolepis gigas* Mil. et Youngq., *Polygnathus aequalis* Kl. et Lane, *Polygnathus politus* Ovn., *Icriodus* sp. (обр. 94414), характерные для зоны *gigas*. Нижняя, фаменская часть толщи в разрезе по руч. Короткий сложена темно-серыми и черными известковистыми алевролитами с прослоями и линзами туфов, черных фтанитов, окремненных и доломитизированных из-

вестняков с конодонтами, характерными для зон *triangularis*, *crepida*, *rhomboidea* и *marginifera* фамена (рис. 2, 3). Эти отложения сменяются в разрезах, расположенных северо-восточнее по руч. Имта и Перевальный, известковистыми алевролитами с тонкими прослоями известково-глинистых сланцев и редкими пластами известняков и конгломератов, в низах толщи появляются доломитизированные известняки. В редких случаях встречаются обломки «банок» с переотложенными среднефранскими брахиоподами. Видимая мощность фаменской части разреза вулканской толщи увеличивается в северо-восточном направлении от 35 м (руч. Короткий) до 190 (руч. Имта) и 245 м (руч. Перевальный). Верхняя, турнейская, часть толщи представлена вулканическими и вулканогенно-осадочными образованиями (руч. Короткий), сменяющимися в расположенных северо-восточнее разрезах органогенно-обломочными криноидными известняками (см. рис. 2). В прослоях известняков найдены турнейские брахиоподы и выделены конодонты, характерные для зон *delicatus* и *typicus* [1]. Видимая мощность толщи варьирует от 350 (руч. Короткий) и 370 м (руч. Перевальный) до 410 (руч. Имта) и 475 м (руч. Вулкан).

В нижней части толщи в разрезах по руч. Имта и правому водоразделу руч. Перевальный (см. рис. 2, 3) найдены конодонты *Palmatolepis triangularis* Sann., *Palmatolepis perllobata perllobata* Ulr. et Bassl., *Palmatolepis*

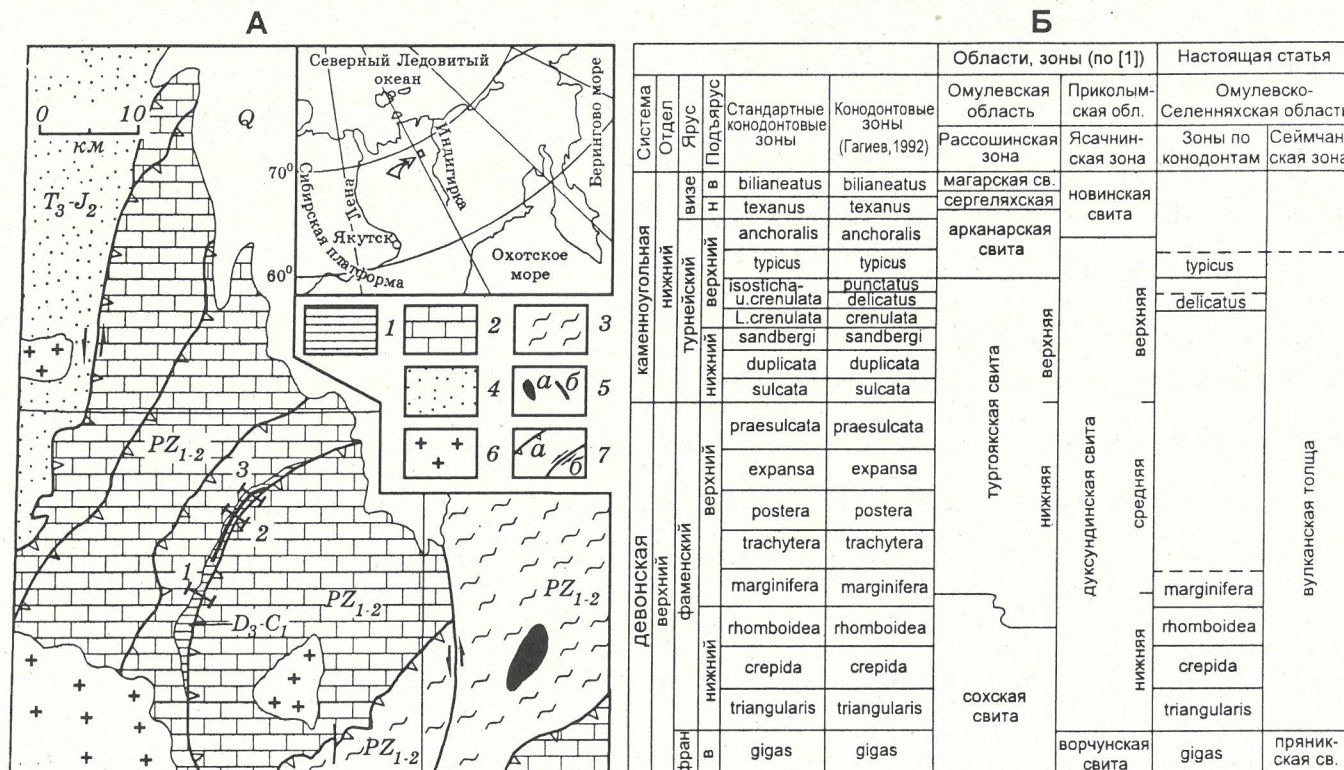


Рис. 1. Структурная схема северной части Селенняхского хребта (А) и схема сопоставления стратиграфических подразделений (Б):

отложения: 1 — фаменские-нижнекаменноугольные, 2 — палеозойские карбонатные нерасчлененные, 3 — нижне-среднепалеозойские зеленосланцево метаморфизованные, 4 — мезозойские; 5 — массивы ультраосновного-щелочного (а) и силлы основного (б) составов; 6 — раннемеловые гранитоиды; 7 — разломы (а — надвиги, б — сдвиги); стратиграфические разрезы: 1 — руч. Короткий, 2 — руч. Имта, 3 — руч. Перевальный; на врезке местоположение района исследований



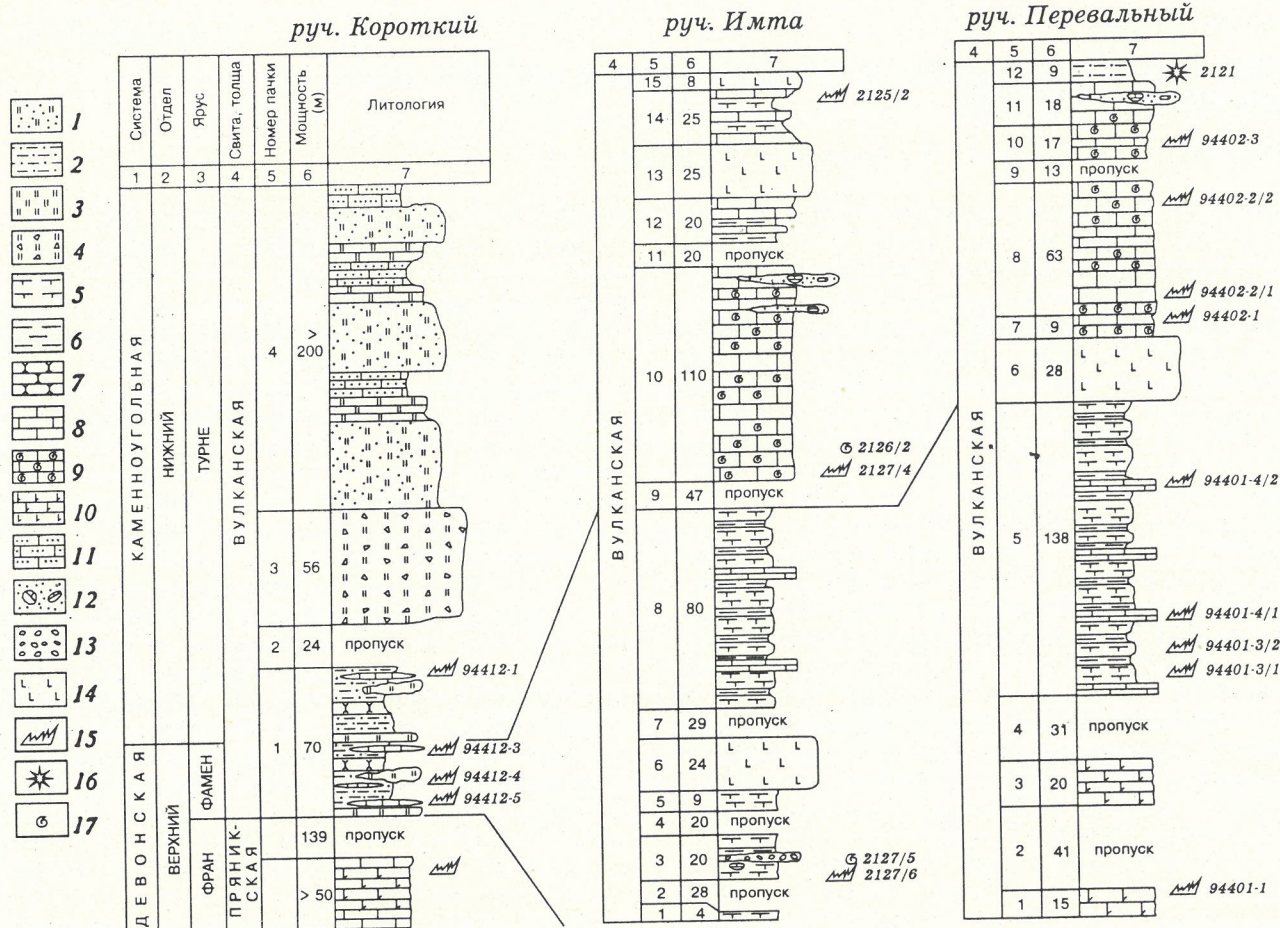


Рис 2. Стратиграфические разрезы фаменских отложений:

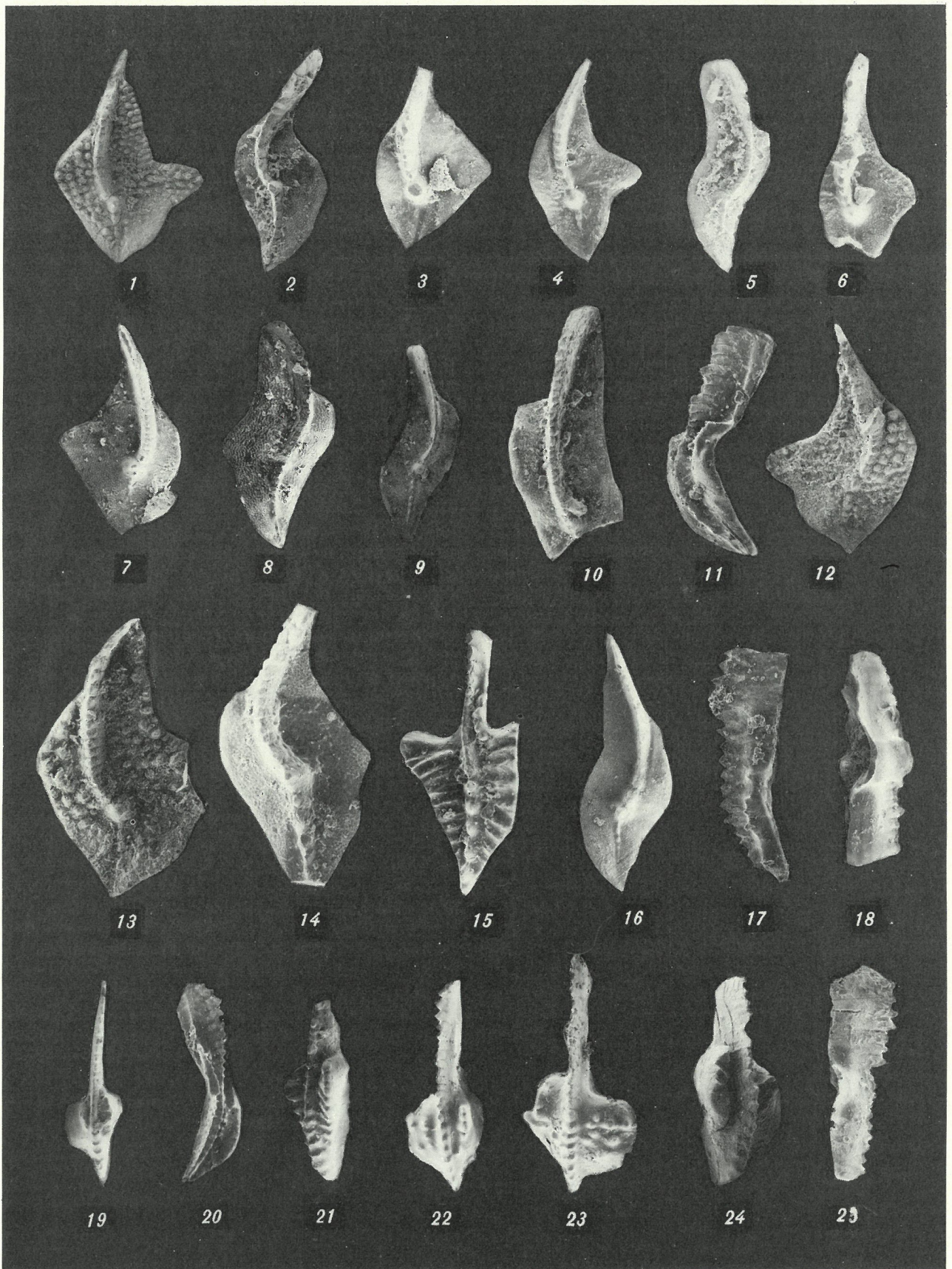
1 — туфопесчаники; 2 — туфоалевролиты и туфоаргиллиты; 3 — туфы; 4 — туфобрекчии; 5 — алевролиты известковистые; 6 — известково-глинистые сланцы; 7 — кремнистые аргиллиты; 8 — известняки; 9 — известняки органогенно-обломочные; 10 — известняки доломитизированные; 11 — известняки песчаные; 12 — известняковые осадочные брекчии; 13 — известняковые конгломераты; 14 — таббро-диориты; 15 — конодонты; 16 — радиоларии, 17 — макрофауна

*regularis* Cooper, *Polygnathus normalis* Mil. et Youngq и др. (обр. 2127/6, 94401-1), характерные для верхней части зоны *triangularis*. Отсутствие вскрытого контакта толщи с подстилающими известняками пряникской свиты не позволяет уверенно совмещать нижнюю границу зоны с подошвой толщи. Выше по разрезу на руч. Перевальный появляются конодонты *Palmatolepis crepida* Sann., *P. glabra glabra* Ullr. et Bassl., *P. glabra prima* Z. et Hudd., *P. perlobata perlobata* Ullr. et Bassl., *P. perlobata schindewolfi* Mull., *P. regularis* Cooper, *P. minuta minuta* Br. et M., *P. quadrantinosalobata* Sann., *Polygnathus normalis* Mil. et Youngq, *Icriodus* sp. и др., которые являются характерными для зоны *crepida*. Комплексы конодонтов *Palmatolepis rhomboidea* Ziegler, *P. glabra glabra* Ullr. et Bassl., *P. perlobata* Ullr. et Bassl., *P. perlobata schindewolfi* Mull., *P. poolei* Sand. et Z. и другие в разрезах по руч. Короткий и по правому водоразделу руч. Перевальный типичны для зоны *rhomboidea*. Наличие видов *Palmatolepis distorta* Branson et Mehl и *Palmatolepis inflexioidea* Ziegler в комплексах конодонтов, появляющихся выше в разрезах по руч. Короткий и по правому водоразделу руч. Перевальный, позволяет уверенно выделять зону *marginifera*. Многочисленные вулканогенные образования и плохая обнаженность не позволяют проследить

Рис 3. Характерные конодонты из вулканской толщи, бассейн р. Сеймчан, хр. Селенныхский:

*Palmatolepis quadrantinosalobata* Sannemann: 1-экз. 94401-1-4 (x43); 13-94401-1-2 (x70); правый водораздел руч. Перевальный, фаменский ярус, зона *crepida*; 2-*Palmatolepis regularis* Cooper: экз. 94401-1-5 (x41), местонахождение (м-ние) и возраст те же; 3-*Palmatolepis rhomboidea* Sannemann: экз. 94401-4/2-1 (x35), м-ние то же, фаменский ярус, зона *marginifera*; 4-*Palmatolepis perlobata* perlobata Ulrich et Bassler: экз. 94401-3/2-4 (x37), м-ние то же, фаменский ярус, зона *rhomboidea*; 5-*Palmatolepis glabra prima* Ziegler et Huddle: экз. 94401-3/1-6 (x33), м-ние и возраст те же; *Palmatolepis triangularis* Sannemann: 6-экз. 94401-3/1-5 (x37), 7-экз. 94401-3/1-7 (x31); м-ние и возраст те же; 8-*Palmatolepis perlobata schindewolfi* Muller: экз. 94401-3/1-3 (x40), м-ние и возраст те же; 9-*Palmatolepis distorta* Branson et Mehl: экз. 94401-4/2-7 (x23), м-ние то же, фаменский ярус, зона *rhomboidea*; 10-*Palmatolepis glabra glabra* Ulrich et Bassler: экз. 94401-4/1-7 (x43), м-ние и возраст те же; 11-*Polygnathus communis communis* Branson et Mehl: экз. 94410-3/1-12 (x50), руч. Вулкан: турнейский ярус, зона *delicatus*; 12-*Palmatolepis poolei* Sndberg et Ziegler: экз. 94401-4/1-8 (x50), правый водораздел руч. Перевальный, фаменский ярус, зона *rhomboidea*; 14-*Palmatolepis crepida* Sannemann: экз. 94401-3/1-15 (x70), м-ние то же, фаменский ярус, зона *crepida*; 15-*Pseudopolygnathus triangularis* Voges: экз. 94410-3/1-18 (x40), руч. Вулкан: турнейский ярус, зона *delicatus*; 16-*Palmatolepis inflexioidea* Ziegler: экз. 94412-4-3 (x23), руч. Короткий: фаменский ярус, зона *marginifera*; 17-*Bispathodus aculeatus aculeatus* (Branson et Mehl): 94410-3/1-18 (x40), руч. Вулкан: турнейский ярус, зона *delicatus*; *Gnathodus cf. cuneiformis* Mehl & Thompson: 18-экз. 94412-1-3 (x33), руч. Короткий, турнейский ярус, зона *delicatus*; 24-экз. 94412-1-5 (x33), м-ние и возраст те же; 19-*Gnathodus typicus* Cooper: экз. 94402-3-3 (x23), прав. водораздел руч. Перевальный, турнейский ярус, зона *typicus*; 20-*Siphonodella quadruplicata* (Branson et Mehl): экз. 94402-2/1-3 (x40), м-ние то же, турнейский ярус, зона *delicatus*; 21-*Gnathodus cuneiformis* Mehl & Thompson: экз. 94412-1-3 (x23), руч. Короткий: турнейский ярус, зона *delicatus*; *Gnathodus delicatus* Branson et Mehl: 22-экз. 94412-1-5 (x40), руч. Короткий, турнейский ярус, зона *delicatus*; 23-экз. 94410-3/1-18 (x40); руч. Вулкан: турнейский ярус, зона *delicatus*; 25-*Bispathodus stabilis* (Branson et Mehl): экз. 94402-1-1 (x37), правый водораздел руч. Перевальный: турнейский ярус, зона *delicatus*







конодонтовую зональность в средней части толщи. Только в верхней части толщи найдены конодонты, характерные для зон *delicatus* и *typicus*. Выделяемая М.Х.Гагиевым зона *punctatus* пока не установлена.

Таким образом, по комплексам конодонтов и брахиопод возраст толщи датируется фаменом — турне и сопоставляется с дуксундинской свитой Приколымья (см. рис. 1, Б). Литологические особенности и резкая фациальная изменчивость толщи на очень коротком расстоянии позволяют предполагать, что

она формировалась в условиях углубленной части внешнего шельфа или в присклоновой зоне с подвижным режимом гидродинамики. Смена относительно мелководной шельфовой карбонатной седиментации на глубоководную вулканогенно-терригенно-кремнистую приходится на начало фаменского века и может быть связана с резким углублением дна бассейна осадконакопления на ранних стадиях позднепалеозойского рифтогенеза.

УДК 56(116.1)

© С.П.Ермакова, 1997

## Сопоставление биостратиграфических схем нижнего триаса Бореальной и Тетической областей

С.П.ЕРМАКОВА

Для морского нижнего триаса нет общепринятого международного стандарта ни на ярусном, ни на зональном уровнях. В настоящее время три биостратиграфические схемы претендуют на эту роль. Первая разработана на материалах тетических регионов, вторая, известная как Канадский стандарт, основана на аммоноидеях Арктической Канады и третья схема, которую по аналогии с Канадским можно назвать Сибирским стандартом, разработана на материалах Якутии. Сопоставление двух последних схем или корреляция западной и восточной частей Бореальной области особых затруднений не вызывает. Наиболее сложным для корреляции в пределах Бореальной области был и остается верхний инд, несмотря на то, что выделение Е.Т.Тозером [4] подзоны *Kingites discoidalis* значительно упростило эту задачу. Изучение эволюционного развития аммоноидных сообществ восточно-бореального бассейна показало, что в западной части бореального бассейна фиксируется палеонтологический hiatus в позд-неоленекское время, и сибирская биостратиграфическая схема нижнего триаса по сравнению с канадской является более полной [2]. Отличия в номенклатуре зон Канадского и Сибирского стандартов отражают большей частью субъективные факторы, а не реальные различия аммоноидей, и поэтому сибирская зональная схема, как наиболее полная, вполне применима для всех бореальных регионов. В этом случае целесообразно говорить о существовании двух типов зональных биостратиграфических схем морского нижнего триаса, обусловленных принципиальными отличиями фаун высоких и низких широт.

Бореальная и Тетическая, уточненная А.А.Шевыревым [3], схемы не равноценны, что создает определенные трудности в их сопоставлении (таблица). Тетическая схема создана на основе аммоноидей, отличающихся значительно большим таксономическим разнообразием, но степень и уровень их изученности значительно ниже бореальных. Зональная биостратиграфическая схема Бореальной области более детальна, в ней выделены 22 биостратона по сравнению с 12 в Тетисе. Последовательность аммоноидных комплексов бореального бассейна установлена в разрезах, полностью исключающих конденсирование, широко распространенное в тетическом бассейне. В основу бореальной зональной биостратиграфической схемы положен эволюционный кри-

терий. Она построена на реальных филогенетических ветвях раннетриасовых цератитов с учетом исторического развития сообществ аммоноидей в едином бассейне и их пространственного распространения. Тетическая схема построена на последовательности аммоноидных комплексов без учета филогенетических связей и особенностей биогеографической дифференциации. Выделяемые в нижнем триасе Бореальной области два яруса и четыре подъяруса отвечают глобальным этапам в развитии аммоноидей. Другими словами, широко распространенная идея трехчленного деления нижнего триаса в Тетической области не совпадает с этапностью, которая отмечается в развитии той группы фауны, на основе которой построены обе биостратиграфические схемы. Этапность развития аммоноидей, установленная для бореального бассейна, находится в прямой зависимости от изменений эвстатического уровня Мирового океана и одинакова для обеих палеогеографических областей.

Из-за резких различий тетических и бореальных аммоноидных фаун сопоставление зональных биостратиграфических схем этих регионов сопряжено с большими трудностями. Непосредственная корреляция возможна только для периодов максимальных трансгрессий. Известны всего два таких уровня. Один из них приходится на начало инда, второй — на ранний оленек. Более или менее уверенно корреляция двух биостратиграфических схем проводится в пределах подъярусов. Детальное сопоставление даже для начала инда носит достаточно условный характер, несмотря на то, что в раннем инде отмечалась существенная таксономическая нивелировка аммоноидей, и в бассейнах разных палеоширот в это время доминировали общие роды. Уровень с *Otoceras* в тетических регионах имеет ограниченное распространение и известен только из южной зоны. Вероятно, не отвечает действительности корреляция многих авторов, полагающих, что все отоцеровые слои в целом бореальных и тетических регионов эквивалентны. Аналоги самой древней бореальной зоны *conscavum* неизвестны в Тетической области. Тетический *Otoceras woodwardi* с приостренной вентральной стороной на взрослых стадиях имеет сходство только с бореальным *O.boreale*. На ранних стадиях его развития отмечается определенная уплощенность вентральной стороны, характерная для взрослых *O.conscavum*, указывающая скорее всего на то,



Сопоставление Бореальной и Тетической схем

| Ярус                     | Подъярус | Бореальная область                |                                    | Тетическая область              | Подъярус | Ярус         |
|--------------------------|----------|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------|--------------|
| Оленек-ский              | Верхний  | <i>Olenekoceras spiniplicatus</i> |                                    | <i>Prohungarites mekelvie</i>   |          | Спэт-кий     |
|                          |          | <i>Parasibirites efimovae</i>     |                                    | <i>Columbites parisianus</i>    |          |              |
|                          |          | <i>Parasibirites mixtus</i>       |                                    |                                 |          |              |
|                          |          | <i>Praesibirites kolymensis</i>   |                                    |                                 |          |              |
|                          |          | <i>Nordophiceras contrarium</i>   | <i>Praesibirites egorovi</i>       | <i>Tirolites harti</i>          |          |              |
|                          |          |                                   | <i>Praesibirites tuberculatum</i>  |                                 |          |              |
|                          |          |                                   | <i>Boreoceras lenaense</i>         |                                 |          |              |
|                          |          | <i>Boreoceras apostolicum</i>     |                                    |                                 |          |              |
|                          |          | <i>Boreocerasplanorbis</i>        |                                    |                                 |          |              |
|                          |          | <i>Boreoceras eiekitensis</i>     |                                    |                                 |          |              |
|                          | Нижний   | <i>Wasatchites tardus</i>         |                                    | <i>Anasibirites pluriformis</i> | Джелам   | Нам-мальский |
|                          |          | <i>Lepiskites kolymensis</i>      |                                    | <i>Meekoceras gracilitatis</i>  |          |              |
|                          |          | <i>Hedenstroemia hedenstroemi</i> |                                    | <i>Flemingites flemingianus</i> |          |              |
| Индский                  | Верхний  | <i>Kingites Korostelevi</i>       |                                    | <i>Koninckites volutus</i>      | Гандар   |              |
|                          |          | <i>Vavilovites turgidus</i>       | <i>Vavilovites umbonatus</i>       | «Celtites» fallax               |          |              |
|                          |          |                                   | <i>Vavilovites subtriangularis</i> | <i>Prionolobus rotundatus</i>   |          |              |
|                          |          | <i>Vavilovites sverdrupi</i>      |                                    | <i>Gyronites frequens</i>       |          |              |
|                          | Нижний   | <i>Wordieoceras dicipiens</i>     |                                    | <i>Ophiceras tibeticum</i>      |          | Гангет-ский  |
|                          |          | <i>Novpophiceras morpheos</i>     |                                    |                                 |          |              |
|                          |          | <i>Novpophiceras pascoei</i>      |                                    |                                 |          |              |
|                          |          | <i>Otoceras boreale</i>           | <i>Otoceras woodwarbi</i>          |                                 |          |              |
| <i>Otoceras concavum</i> |          |                                   |                                    |                                 |          |              |

что *O. concavum* является предковой формой для *O. woodwardi*, поэтому зона *woodwardi* Тетиса является достаточно полным аналогом только зоны *boreale* Бореальной области. Таким образом, в основании нижнего триаса Тетической области фиксируется палеонтологический hiatus.

В более высоких горизонтах нижнего инда Тетической области обычно устанавливается одно подразделение — офицеровые слои или видовые зоны различных видов рода *Ophiceras*. Условно они сопоставляются не только с зоной *morpheos* Бореальной области, но и с зоной *decipiens*, т.е. со всей верхней частью нижнего инда.

В позднем инде высоких и низких широт существовали значительно различающиеся фауны. В это время, вероятно, в связи с отрицательными изменениями эвстатического уровня Мирового океана произошло резкое увеличение географической дифференциации аммоноидей. В Тетисе в сообществах позднеиндских аммоноидей преобладали микоцератины, а в бореальных — пропихитины. В настоящее время нет никаких данных для зональной корреляции верхнего инда Тетической и Бореальной областей. Только благодаря наличию общих родов *Vavilovites* и *Kingites* возможно уверенное сопоставление на уровне подъяруса Бореальной области и южной зоны Тетиса. Интересно, что роды *Vavilovites* и *Kingites*, так же как и *Otoceras*, обнаружены только в Перигондванской части Тетиса. В инде аммоноидеи южной зоны Тетиса более близки к бореальным, чем к сообществам из северной прибрежной части Тетиса. Вероятно, в индское время между этими бассейнами существовала постоянная связь, что должно найти свое отражение при палеотектонических реконструкциях триаса.

Ранний оленек был временем значительной нивелировки биогеографических отличий аммоноидей, и

сопоставление его даже на зональном уровне особых сомнений не вызывает. Зона *hedenstroemi* бореальных регионов может быть сопоставлена с хеденштремиевыми слоями южной зоны Тетиса. В северотетических регионах вполне вероятными аналогами это зоны являются *Flemingitan* подразделения Южного Китая и известняки с *Anaflemingites crassecostatus* о.Тимор. Менее уверенно устанавливаются аналоги бореальной зоны *hedenstroemi* в Приморье и на западе США. Коррелятивы зоны *kolymensis* также достаточно ясны, за исключением южной зоны Тетиса, где аналоги вышележащий зоны *tardus* подстилаются слоями, коррелируемыми только с зоной *hedenstroemi*. Корреляция зоны *tardus* Бореальной и Тетической областей сомнений не вызывает, эта зона легко узнается во всех регионах мира.

Нижняя граница оленека без затруднений устанавливается во всех регионах Бореальной области. Полное обновление комплексов аммоноидей на границе индского и оленекского ярусов обеспечивает ее четкость, а благодаря филогенетическим связям аммоноидей пограничных зон, она не кажется резкой. В низких широтах отмечается довольно большая преемственность между позднеиндскими и раннеоленекскими аммоноидеями, чем объясняется широкое распространение идеи трехчленного деления нижнего триаса в Тетической области. Не исключено, что большая преемственность в значительной степени объясняется недостаточной изученностью аммоноидей. Несмотря на то, что изменения аммоноидей на границе инда и оленека в акваториях низких широт по сравнению с бореальными регионами были менее отчетливыми, к этому уровню приурочено появление новых групп — хеденштремид, флемингитид, парананнитид и ряда родов других семейств, что позволяет достаточно уверенно коррелировать индско-оленекскую границу во всех регионах.



Прямое сопоставление зональных схем верхнего оленека Бореальной и Тетической областей невозможно ввиду полной дискретности комплексов аммоноидей. Уже с начала позднего оленека в акваториях низких и высоких палеоширот обособляются две практически разнотипные фауны аммоноидей. Общим для всех регионов является лишь один род *Pseudosageceras*, известный практически во всех крупнейших местонахождениях мира. Некоторые факты для корреляции можно извлечь из анализа экотонных сообществ, в которых происходит довольно незначительное смешение аммоноидей различных биохорий. Следует отметить, что имеющиеся в литературе данные о смешении фаун различных широт сильно преувеличены и вызваны в основном некорректными определениями. Единственным бореальным в Приморье является род *Olenekoceras*. На восточном побережье Тихого океана аналогичная Приморью позднеоленекская фауна известна в Юте, Неваде, Айдахо. Здесь также известны несколько бореальных родов — *Boreoceras*, *Bajarunia* и *Olenekoceras*. Согласно этим данным, тиролитовые слои Приморья и запада США могут быть скоррелированы с зонами *eiekitensis* и *planorbis* бореальных регионов, а колумбитовые слои с зонами *contrarium*, *kolymensis*, *mixtus*, *efimivae*. Допустимо, что терминальная зона оленекского яруса бореальных регионов является достаточно полным коррелятивом зоны *mckelveyi* Тетиса, но синхронность нижней границы этих зон на современных стратиграфическом и палеонтологическом материалах не может быть доказана. Таким образом, в настоящее время нет ни одного репера, который позволил бы точно увязать

хотя бы один из уровней зональных схем верхнего оленека Бореальной и Тетической областей.

Верхняя граница оленекского яруса наиболее четкая в восточной части Бореальной области, где она совпадает с полным обновлением аммоноидей, но в то же время прослеживается отчетливая филогенетическая связь позднеоленекских и раннеанизийских аммоноидей. В тетических регионах нередко возникают трудности в проведении границы между нижним и средним триасом, связанные с появлением комплексов со смешанной фауной. Смешение комплексов аммоноидей, вероятно, несколько преувеличено. По мнению А.С. Дагиса [1], если исключить из анализа ассоциации из конденсированных слоев и редкие определения раннетриасовых форм базальной зоны анизия Невады, не подтвержденные монографическим описанием, тетические аммоноидеи так же дискретны, как и бореальные. К этой границе в Тетической области приурочена практически полная смена аммоноидей на родовом уровне и появление важнейших среднетриасовых семейств — акрохордицератид, данубитид, японитид и лонгобардитид.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дагис А.С. Граница нижнего-среднего триаса в бореальных и тетических регионах и корреляция анизийских отложений // Геол. и геофиз. 1988. № 11. С. 3—9. 2.
2. Дагис А.С., Ермакова С.П. Схема детальной биостратиграфии бореального нижнего триаса // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1993. Т. 1. № 2. С. 26—36.
3. Шевырев А.А. Триасовые аммоноидеи. — М.: Наука, 1986.
4. Tozer E.T. Canadian Triassic ammonoid faunas // Geol. Surv. Canada, 1994. Bul. 467.

УДК 551.78(571.56)

© О.В.Гриненко, А.И.Сергеенко, И.Н.Белолюбский, 1997

## Стратиграфия палеогеновых и неогеновых отложений Северо-Востока России

О.В.ГРИНЕНКО, А.И.СЕРГЕЕНКО, И.Н.БЕЛОЛЮБСКИЙ

Одна из фундаментальных задач современной геологии — корреляция геологических событий, достоверность которой целиком зависит от детальной, хорошо обоснованной стратиграфической основы. Разработка стратиграфии палеогеновой, неогеновой и четвертичной систем и познание стратиграфических закономерностей с выявлением этапности и периодизации кайнозоя имеют первостепенное значение и для выявления причинно-следственных связей в эволюции палеоклиматов. Именно они позволяют подойти к формированию основ прогнозирования глобальных изменений окружающей среды. Все это делает исключительно актуальным построение детальных био-, климатостратиграфических и геохронологических шкал различного ранга — корреляционных, региональных и субглобальных.

За последние 20 лет произошли серьезные изменения в изучении кайнозойских отложений Северо-Востока России. Значительно возрасли не только их общегеологическая изученность, но также масштабы и разносторонность палеонтологических работ, в исследования вовлекались новые площади, ранее оставшиеся практически «немыми». Возникла необходимость в обновлении стратиграфических схем, принятых на II МРСС в г. Магадан еще в 1975 г. [9]. Это было сделано в ЯИГН СО РАН, где выполнены

работы по сведению воедино разрозненных местных схем и создана единая Региональная стратиграфическая схема палеогеновых и неогеновых отложений Северо-Востока России.

При составлении схемы использованы материалы средне- и крупномасштабных геолого-съемочных и поисково-разведочных работ, результаты опорного и параметрического бурения, тематических и специальных преимущественно палеонтологических исследований. Эти работы выполнены специалистами ПГО «Якутскгеология» и «Севвостгеология» и подведомственных им экспедиций, а также производственных и научных организаций Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска, Якутска, Магадана. В процессе подготовки Схемы северо-восточного региона были изданы монографии [4, 10] и монографические сборники [1, 6]; вопросы расчленения кайнозойских отложений обсуждались и в специализированных статьях [2, 3, 5, 7, 11 и др.]. Материалы фондовых и опубликованных работ полноценно учтены при составлении Схемы и Объяснительной записки.

**Структурно-фациальное районирование.** На Северо-Востоке России кайнозойские отложения достаточно широко распространены. Они развиты на его окраинно-континентальных окраинах и выполняют внутриконтинентальные впадины и прогибы. Последние



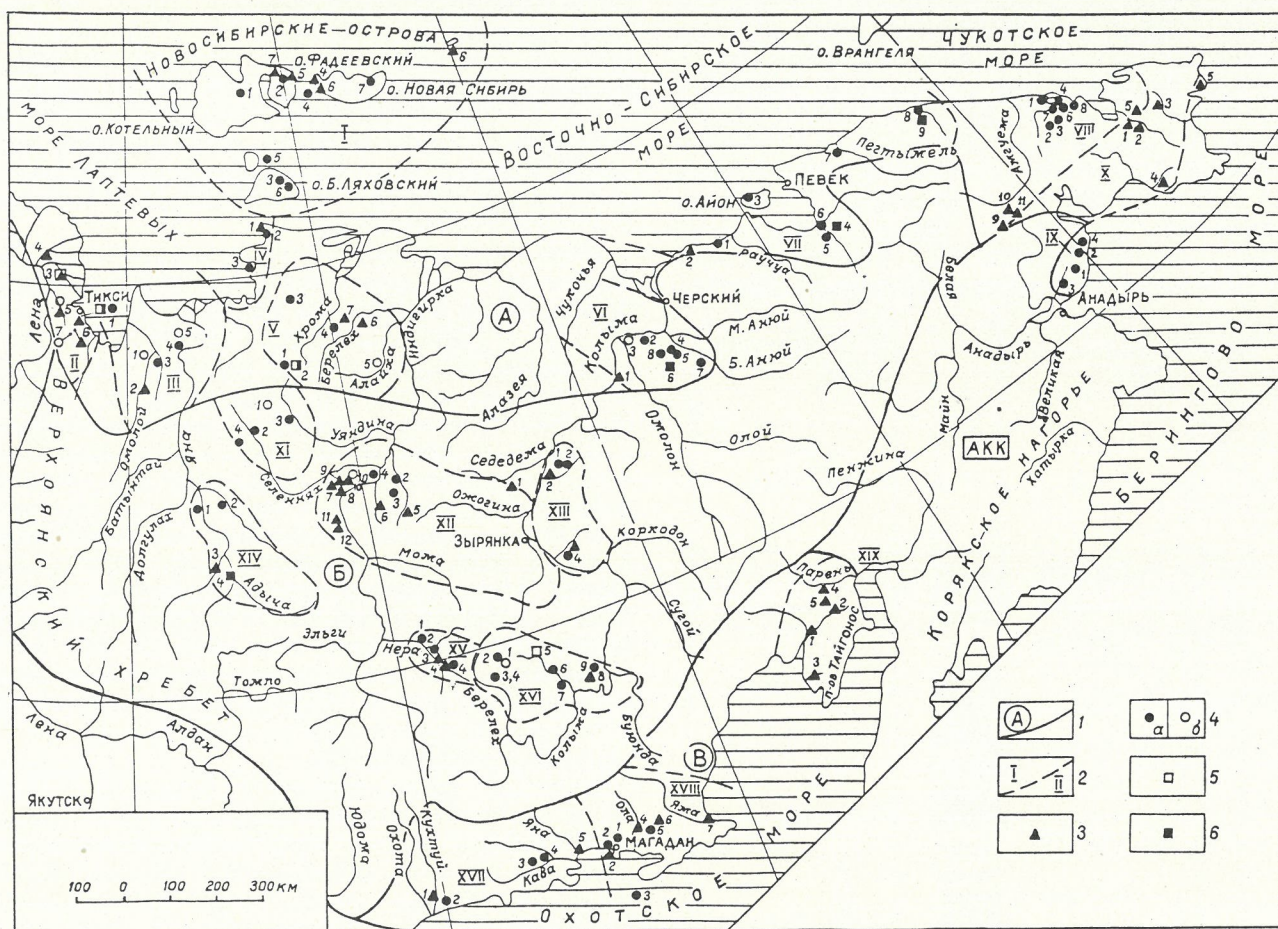


Рис. 1. Схема структурно-фациального районирования Северо-Востока России в палеогене и неогене:

границы: I — областей (А — область впадин и прогибов Арктических низменностей Восточной Якутии и Чукотки, Б — то же, Верхояно-Колымской горной системы, В — то же, Охотоморского побережья и шельфа); 2 — районов: (I — Новосибирские острова, II — Хара-Улахский, III — Куларский, IV — Святоносский, V — Тастакский, VI — Нижнеколымский, VII — Западно-Чукотский, VIII — Восточно-Чукотский, IX — Берингоморский, X — Чукотская вулканическая зона, XI — Селеннях-Уяндинский, XII — Момо-Зырянский, XIII — Приколымский, XIV — Адычанский, XV — Нерский, XVI — Верхнеколымский, XVII — Охото-Тауйский, XVIII — Магаданский, XIX — Тайгоносский); 3 — обнажения; 4 — скважины (а — вскрывшие, б — не вскрывшие подстилающие образования); 5 — шурфы, карьеры; 6 — шахты; АКК — Анадырско-Корякский и Камчатский регионы

сгруппированы таким образом, что их структурные позиции отвечают мезозойско-кайнозойскому тектоническому плану. В Схеме структурно-фациального районирования (рис. 1) выделены три крупных области, которые объединяют 19 районов. В них впадины характеризуются определенной фациальной принадлежностью выполняющих их отложений, фиксирующих тектоническую направленность их развития. Иногда во впадинах и прогибах выделены структуры более мелкого порядка. Некоторые из районов отвечают крупным палеобассейнам седиментации (Хара-Улахский, Уяндино-Селенняхский, Момо-Зырянский и др.), в других — впадины объединены по их структурному положению.

**Общая стратиграфическая и магнитостратиграфическая шкалы и региональные стратиграфические подразделения.** Общая стратиграфическая шкала (рис. 2) включает все отделы, подотделы и ярусы палеогеновой и неогеновой систем, хотя сопоставление ярусов с региональными континентальными отложениями в большинстве случаев условно. Для объективной оценки соответствия предлагаемых границ горизонтов с ярусами общей шкалы введен специальный знак — установленные и не установленные границы (сплошная и пунктирная линии).

Магнитостратиграфическая шкала (полярность) для кайнозоя Северо-Востока России приведена

впервые. Это сделано для корреляции с ней магнитозон, установленных при палеомагнитных исследованиях местных разрезов в Нижне- и Верхнеколымском районах.

Региональные стратиграфические подразделения (см. рис. 2) представлены горизонтами (регионарусами). В Схеме предложены и подгоризонты, обладающие спецификой литологического состава и палеонтологической охарактеризованности, а также надгоризонты, объединяющие крупные этапы геологического развития Северо-Востока России и формирования здесь кайнозойских палеофлор. Палеонтологическая составляющая горизонтов — типологические палеонтологические комплексы (ПК), а также приводимые в списках представители других групп органических остатков: моллюски, фораминиферы, ostracods, диатомовые и перидиниевые (динофлагеллаты) водоросли, макрофлора (отпечатки листьев), стробилы хвойных, плоды и семена.

Ниже приведена информация о выделенных горизонтах, охарактеризованных в их стратиграфической последовательности (снизу вверх).

**Саканьинский горизонт** (нижний палеоцен). Стратотипом является разрез одноименной свиты, выделенной по керну скв. 272-01 в инт. 832—1075 м. Скважина пробурена в бассейне р. Чукча, в Предилинтасском прогибе Момо-Зырянской впадины. К саканьинскому



горизонту отнесена и афонинская свита, описанная по керну скв. 15 (инт. 19,2—26,2 м) и 10 (43,9—44,5 м) в бассейне р. Слезовка в Приколымском районе. В стратотипе саканьинская свита представлена глинами с бурыми углями, а афонинскую составляют глины и пески с галькой. Мощность горизонта 0,5—95 м. Саканьинская свита подстилается верхнемеловой встреченской свитой, а верхний контакт не установлен. С глубоким размывом она перекрывается эльгинской свитой среднего — верхнего эоцена. На р. Слезовка на афонинской свите согласно залегает ирюмасская. На осно-

вании сравнения ПК саканьинской свиты с таковыми из других районов (линденская свита Вилкойской синеклизы, верхнерарыттинская подсвита Анадырской впадины и др.) определен датский возраст саканьинского горизонта. Реконструируются хвойные (сосново-таксодиевые) и листопадные с вечнозелеными растениями леса, в которых были широко распространены папоротники. Климат — теплый, влажный, возможно, близкий субтропическому.

**Тимкинский горизонт** (низы верхнего палеоцена). Стратотип — одноименная свита в Нижнеколымском районе, выделенная по керну скв. 1 в инт. 541—586 м (Нижнеколымский прогиб) и охарактеризованная пестроцветными глинами с прослоями растительных остатков и бурых углей. К горизонту отнесены также нижнесогинская подсвита Хараулахского района, ирюмасская свита и низы шаманиховской свиты Приколымья, представленные глинами с прослоями бурых углей, а также песчано-галечного и галечно-валунного материала. Нижнесогинская подсвита лежит на тиксинской свите карбона и согласно перекрывается верхнесогинской, ирюмасская — согласно подстилается афонинской свитой. Мощность тимкинского горизонта до 100 м. По выделенным ПК восстанавливаются хвойно-широколиственные леса с участием субтропических вечнозеленых. Климат остается влажным, теплым с элементами субтропического.

**Киенский горизонт** (поздний палеоцен, вторая половина). За стратотип принята верхнесогинская подсвита Хараулахского района, представленная пестроокрашенными глинами, включающими прослойки песка и гальки. Мощность подсвиты, которая согласно залегает на нижнесогинской, составляет 50 м. К горизонту отнесены янтарненская толща Куларского района — глины, бурые угли и хетачанская толща Анюйской впадины, где она выделена по керну скв. 91 в инт. 84—160,8 м и представлена галечниками, песками, алевролитами. Верхний контакт горизонта не установлен. Мощность до 100 м. Реконструируются хвойные сосново-таксодиевые и смешанные леса из листопадных и вечнозеленых. Климат прежний, но увеличение роли сосновых в растительных ассоциациях свидетельствует о его незначительном похолодании.

**Кенгдейский горизонт** (ранний эоцен, первая половина). Ранее в Хараулахском районе выделялись однотипные по литологическому составу и разновозрастные кенгдейская, быковская свиты и кунгинская толща. Нами они объединены в единую кенгдейскую свиту, являющуюся стратотипом горизонта. Свита представлена чередованием глин, алевролитов, алевролитов, пластов бурых углей, песков и песчанников. В состав горизонта вошла также свита копач в Приколымье, охарактеризованная галечниками с линзами песков. Кровля и подошва горизонта неопределенны, мощность до 600 м. В составе ПК появляются новые виды пыльцы покрытосеменных. Лесной тип растительности сохранился, но леса приобрели облик хвойно-широколиственных, где сочетались группировки из таксодиевых, сосновых, листопадных и вечнозеленых. Климат — теплоумеренный с возможными элементами субтропиков — до 1000 мм осадков, средняя температура января  $+7 \div +10^\circ\text{C}$ , июля  $+20 \div +25^\circ\text{C}$ .

**Тастахский горизонт** (ранний эоцен, вторая половина — средний эоцен, первая половина). Стратотип — одноименная свита в Тастахском районе. К горизонту отнесены эмгендженская толща Хараулаха, диринская свита Куларского района, анжуйская

| млн лет | ОБЩАЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛА |          |               |                | ПОЛЯРНОСТЬ | РЕГИОНАЛЬНЫЕ СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ |                      |                       |
|---------|-------------------------------|----------|---------------|----------------|------------|----------------------------------------------|----------------------|-----------------------|
|         | СИСТЕМА                       | ОТДЕЛ    | ПОД ОТДЕЛ     | ЯРУС           |            | НАДГОРИЗОНТ, ГОРИЗОНТ, ПОДГОРИЗОНТ           |                      |                       |
| 1.8     | НЕОГЕНО                       | ПЛИОЦЕН  | Н. В.         | ГЕЛАЗСКИЙ      |            | КУМАХСКИЙ                                    | КУТУАХСКИЙ           |                       |
| 5       |                               |          |               | ЗАНКЛЬСКИЙ     |            |                                              | БЕГУНОВСКИЙ          |                       |
| 10      |                               | ВЕРХНИЙ  | МЕССИНСКИЙ    | ХАПЧАНСКИЙ     |            |                                              |                      |                       |
|         |                               |          | ТОРТОНСКИЙ    |                |            |                                              |                      |                       |
| 15      |                               | СРЕДНИЙ  | СЕРРАВАЛЬСКИЙ | ИЛЬДИКИЛЯХСКИЙ |            |                                              | СИЛГЕНСКИЙ           |                       |
|         |                               |          | ЛАНГИЙСКИЙ    |                |            |                                              |                      | ВЕРХНЕ-ИЛЬДИКИЛЯХСКИЙ |
| 20      |                               | НИЖНИЙ   | БУРДИГАЛЬСКИЙ |                |            |                                              | НИЖНЕ-ИЛЬДИКИЛЯХСКИЙ |                       |
|         |                               |          | АКВИТАНСКИЙ   |                |            |                                              |                      |                       |
| 25      |                               | ОЛИГОЦЕН | ВЕРХНИЙ       | ХАТТСКИЙ       |            |                                              | КУЮЕГЮЛСКИЙ          | ОНКУЧАХСКИЙ           |
| 30      |                               |          | НИЖНИЙ        | РЮПЕЛЬСКИЙ     |            |                                              |                      | ОМОЛОЙСКИЙ            |
| 35      |                               | ЭОЦЕН    | ВЕРХН.        | ПРИАБОНСКИЙ    |            |                                              |                      | ВИЛСКИЙ               |
|         |                               |          | СРЕДНИЙ       | БАРТОНСКИЙ     |            |                                              | ТЕНКИЧЕНСКИЙ         |                       |
| 45      | ЛЮТЕТСКИЙ                     |          |               |                |            |                                              |                      |                       |
| 50      | ПАЛЕОЦЕН                      | НИЖНИЙ   | ИПРСКИЙ       | ВИЛСКИЙ        | ТАСТАХСКИЙ |                                              |                      |                       |
| 55      |                               | ВЕРХНИЙ  | ТАНЕТСКИЙ     |                | ИЛЛЭНСКИЙ  | КЕНГДЕЙСКИЙ                                  |                      |                       |
| 60      |                               |          | ЗЕЛАНДСКИЙ    |                |            | КИЕНГСКИЙ                                    |                      |                       |
| 65.0    | НИЖН.                         |          | ДАТСКИЙ       | ТИМКИНСКИЙ     |            | САКАНЬИНСКИЙ                                 |                      |                       |

Рис. 2. Общая стратиграфическая шкала и региональные палеогеновых и неогеновых отложений Северо-Востока России



свита района Новосибирских островов и др. Повсеместно свиты представлены тонкозернистыми осадками — алевроиты, глины, бурые угли, редко пески, песчаники. Горизонт в стратотипе не имеет геологически зафиксированных верхнего и нижнего контактов. Однако, временное положение изученного в стратотипе разреза на оз. Тастах вполне определено. И.А.Кулькова [8] установила однотипность тастахского ПК с таковым из морских отложений Западной Сибири, где ею выявлен богатый комплекс динофлагеллат с зональными видами. Это дало возможность передатировать тастахскую свиту и соответственно горизонт и поставить их на уровень ипра — начала лютета. Мощность горизонта более 100 м. Тастахское время характеризуется развитием широколиственных лесов из листопадных и вечнозеленых пород. Климат был близок к субтропическому, очень теплый и влажный, со сглаженными сезонными колебаниями. Средняя температура января составляла  $+10 \div +12$  °С, июля  $+20 \div +22$  °С. Тастахское потепление зафиксировано в разрезах Западной и Средней Сибири, Камчатки, Кавказа и т.д. как следствие общепланетарного явления — эоценового климатического оптимума.

*Тенкиченский* горизонт (средний эоцен, вторая половина — поздний эоцен, первая половина). Стратотип — одноименная свита в Куларском районе. В горизонт включены также нижняя часть тирехтяюринской свиты Приколывья, эльгандинская свита Момо-Зырянской впадины и др., представленные песками, алевроитами, реже глинами, лигнитами, бурими углями, изредка отмечаются прослои конгломератов. Верхний и нижний контакты неопределенны — в подошве и кровле отмечаются размывы. Мощность горизонта до 250 м. Реконструируются широколиственные листопадные с примесью вечнозеленых леса, сосуществующие с хвойными и смешанными лесами. Климат характеризуется как теплоумеренный, влажный со среднеянварскими температурами  $+3 \div +6$  °С и среднеиюльскими  $+22 \div +25$  °С.

*Паршинский* горизонт (поздний эоцен, вторая половина). Стратотип — одноименная свита, выделенная по керну скв. 1 в инт. 482—526 м в Нижнеколымском прогибе. Свита представлена глинами, песками, редко с прослоями галечного материала. К горизонту отнесены также разрезы из Приколывского, Момо-Зырянского, Куларского и других районов. Мощность горизонта составляет более 70 м. Верхний и нижний контакты неопределенны, но в Момо-Зырянском прогибе входящая в паршинский горизонт эльгандинская свита и перекрывающая ее даркылахская лежат согласно. Лесной тип растительности сохранялся: произрастали смешанные широко- и мелколиственно-сосновые, березово-сосновые и широколиственные с участием таксодиевых леса, свидетельствующие о еще достаточно теплом и влажном климате. Присутствие в составе лесов сосны, ели, древесной березы и ольхи указывает на относительное похолодание в преддверии развития тургайской флоры.

*Нижнеколымский* горизонт (ранний олигоцен, первая половина). За стратотип принята одноименная свита, выделенная по керну скв. 1 в инт. 372—484 м. Скважина пробурена в Нижнеколымском прогибе. Свиту составляют глины с редкими пропластами лигнитов и линз песков и гравия с единичной галькой, в основании — слой (10 м) валунно-галечных отложений. К нижнеколымскому горизонту отнесены сиктяхская свита Куларского района, отложения скв. 272-02 в инт.

1075—1327 м в Момо-Зырянском прогибе и др. Мощность горизонта 7—250 м. В раннеколымское время растительный покров приобрел тургайский облик. Произрастали смешанные сосново-березовые леса с примесью широколиственных листопадных. Меньшие площади занимали леса из широколиственных с небольшим участием вечнозеленых покрытосеменных и таксодиевых. Можно предполагать более широкое по сравнению с паршинским временем развитие зарослей кустарниковых берез и ольховника. Современными аналогами нижнеколымских лесов могут быть смешанные хвойные леса Северо-Восточного Китая и Японии, где среднегодовая температура колеблется от  $+3$  до  $+10$  °С.

*Омолойский* горизонт (ранний олигоцен, вторая половина). Стратотип — одноименная свита, выделенная по разрезу руч. Сергей в Куларском районе. Разрез не соответствует требованиям, предъявляемым к стратотипам, а сегодняшнее его состояние не позволяет провести здесь вскрышные работы. Поэтому рекомендован гипостратотип омолойской свиты (и регионального горизонта), выделенный в Омолойской впадине Куларского района по керну скв. 103 в инт. 272—313 м. К горизонту отнесены также слезовская толща Приколывья, отложения в инт. 448—585 м скв. 272-02 в Предилинтасском прогибе Момо-Зырянской впадины и др. Свиты повсеместно сложены тонкозернистым материалом — переслаивание песков, глин, супесей, лигнитов. Мощность горизонта 3—41 м (в Момо-Зырянской впадине до 300 м). Преобладали леса широколиственные листопадные и сосново-березовые с участием таксодиевых и редко вечнозеленых. Омолойское время — расцвет тургайской флоры в олигоцене. Современными аналогами омолойских лесов могут быть смешанные широколиственные леса Китая, Кореи, Японии, произрастающие в теплоумеренном и влажном климате при среднегодовых температурах  $+10 \div +13$  °С.

*Онкучахский* горизонт (верхний олигоцен). Стратотип — одноименная свита в Куларском районе. Горизонт включает билилэхскую свиту в Омолойской впадине, отложения в инт. 89—117 м скв. 64 в Кюегюлюрской структуре, усть-омолонскую свиту Нижнеколымского района, нижнеэликчанскую подсвиту в Селеннях-Уяндинском районе, болчукскую и томпторскую свиты в Момо-Зырянской впадине и т.д. Свиты в предгорных районах представлены в основном грубыми фациями — галечники с валунами и конгломераты, во впадинах их составляют пески, гравий, алевроиты. Мощность горизонта 20—190 м, а в Момо-Зырянской впадине достигает 450 м. На разновозрастных подстилающих отложениях залегает с размывом. Онкучахские леса были смешанными сосново-березовыми с небольшим участием листопадных широколиственных. Значительно присутствие формаций из кустарниковых березы и ольховника. Климат был умеренным, но значительно более прохладным и сухим по сравнению с предшествующим омолойским. Среднегодовая температура упала, и как можно судить по климатическим показателям местообитаний современных аналогов онкучахского леса — смешанные хвойные леса Северо-Восточного Китая, она составляла  $+3 \div +10$  °С. Позд неоглигоценное похолодание имело глобальный характер. Оно зафиксировано в высоких и тропических широтах обрамления Тихого океана, в средних широтах Атлантики, в Антарктиде, широко прояви-



лось в Арктических низменностях Якутии и Чукотки. Это — олигоценый климатический пессимум.

*Ильдикяхский* горизонт выделен по стратотипу одноименной свиты (скв. 6 в Куларском районе). Последующие исследования показали, что в стратотипе горизонт сокращен по мощности, и имеются более полные и палеонтологически комплексно и детально изученные разрезы, где представляется возможным корректно подразделить его на два подгоризонта — нижний и верхний.

Нижнеильдикяхский подгоризонт (нижний миоцен). Стратотип — нижнестадухинская подсвита стадухинской свиты в Нижнеколымском прогибе. Подсвита выделена по керну скв. 1 в инт. 175—227 м, где представлена чередованием глин и углей. Включает пласт мощностью до 36 м мелко- и среднезернистого песка с редкой галькой и рассеянного растительного детрита. В подгоризонт включены отложения скв. 6 в инт. 65—90 м, нижняя часть верхнеэликчанской подсвиты в Селеннях-Уяндинском районе, отложения в инт. 60—84 м скв. 1 и в инт. 36—120 м скв. 32 в Анюйской впадине и т.д. Мощность горизонта до 90 м. Палеомагнитные исследования проведены по четырем параметрическим скважинам в Нижнеколымском прогибе. Они показали, что для нижнестадухинской подсвиты характерно чередование зон прямой и обратной полярности, а формирование ее началось в 22 палеомагнитной эпохе [4]. Поэтому нижняя граница нижнеильдикяхского подгоризонта вполне достоверна. В раннеильдикяхское время были широко распространены сосново-березовые леса с участием листопадных широколиственных. Увеличилась роль таксодиевых, буковых, других теплолюбивых покрытосеменных. Климат — теплоумеренный, теплее и влажнее по сравнению с онкухаским.

Верхнеильдикяхский подгоризонт (вторая половина раннего миоцена — начало среднего миоцена). Стратотип — верхнестадухинская подсвита, выделенная по керну скв. 1 (инт. 118—175 м) в Нижнеколымском прогибе. Подсвита представлена переслаиванием алевроито-песчанистых глин и бурых углей с единичным маломощным (до 5 м) прослоем мелкозернистых песков, насыщенных растительным детритом. Подгоризонт включает верхнюю часть ильдикяхской свиты в скв. 6 (инт. 27—65 м) в Куларском районе, верхнеэликчанскую подсвиту (бывшую селенняхскую толщу) в Ольджойской впадине, верхи медвежьеозерской свиты Прикольмыя, отложения скв. 1 (инт. 45—60 м) в Анюйской впадине и т.д. Свиты имеют преимущественно мелкозернистый состав с включениями маломощных пластов бурого угля и лигнитов. Мощность подгоризонта 50—70 м. Реконструируются листопадные широколиственные и хвойно-лиственные леса. Характерная особенность их — резкое увеличение количества термофильных покрытосеменных, в частности бука. Подгоризонт уверенно прослежен по всему Северо-Востоку России и хорошо коррелируется с одновозрастными столь же выразительными ПК Западной и Восточной Камчатки, Сахалина, Японии, Аляски. В Японии определен абсолютный возраст отложений, фиксирующих вспышку в развитии тепловодной морской фауны — интервал 15—16 млн. лет. Характер растительности и наличие тепловодной фауны являются следствием значительного глобального потепления климата, отмеченного повсеместно как климатический оптимум миоцена. Позднеильдикяхскому времени соответствует теплоумеренный

(теплее и влажнее по сравнению с раннеильдикяхским) климат с вероятными среднегодовыми температурами + 5 °С. Палеомагнитные исследования в Нижнеколымском прогибе показали, что характер магнитной полярности отложений климатического оптимума свидетельствует о формировании их в районе границ двух крупных геомагнитных эпох — 16 и 15 (15, 23 млн. лет). Учитывая консерватизм в развитии палеофлор внутриконтинентальных районов, мы принимаем продолжительность формирования верхнеильделяхского подгоризонта и соответственно климатического оптимума 2 млн. лет (14,5—16,5 млн. лет). Достоверность нижней и верхней границ вполне определены.

*Силгенский* горизонт (средний миоцен) выделен вместо мамонтовогорского, т.к. стратотип последнего находится за пределами региона. Стратотипом горизонта является одноименная свита в разрезе скв. 103 (инт. 108—158 м) в Омолуйской впадине, где она представлена средне- и мелкозернистыми песками и супесями. К горизонту отнесена верхняя часть верхнеэликчанской подсвиты (ранее относимой ко второй половине селенняхской толщи) в Ольджойской впадине. Отметим, что в некоторых разрезах выделяемые свиты охватывают объединенные ильдикяхский и силгенский горизонты, в других — он не фиксируется. Мощность горизонта 50 м. Его верхняя граница неопределенна. Силгенское время характеризуется развитием широколиственно-сосново-мелколиственных лесов с ограниченным участием травянистых ассоциаций. Аналогами их могут быть смешанные лиственно-хвойные леса Восточной Азии, произрастающие на территориях со среднегодовой температурой +3 +8 °С.

*Хапчанский* горизонт (верхний миоцен) утвержден на МРСС-75 со стратотипом одноименной свиты в Омолуйской впадине. Она прослежена в скв. 103 (инт. 30—108 м), где представлена песками с линзами алевроитов; насыщена растительным детритом и фосилизированными обломками древесины. В горизонт входят также нижеуяндинская подсвита Уяндинской и Ольджойской впадин, галечная ураслахская свита Кулара, походская в Нижнеколымском прогибе и др. Мощность горизонта до 80 м. Хапчанские леса — смешанные сосново-мелколиственные с незначительной примесью листопадных широколиственных. Тургайская флора практически деградировала. Климат стал заметно прохладнее по сравнению с силгенским временем и соответствовал умеренному и холодно-умеренному со среднегодовой температурой менее +3 °С.

*Бегуновский* горизонт (нижний плиоцен) выделен по стратотипу бегуновской свиты Нижнеколымского района. Ее аналоги выявлены в скважинах в Нижнеколымском прогибе. Горизонт включает сардахскую свиту Хараулахского района, сергеевскую на Куларе, верхнеуяндинскую подсвиту в Ольджойской и Верхнеселенняхской впадинах и др. В большинстве разрезов горизонт представлен грубозернистыми фациями — песками с гравием и галькой, галечно-валунным материалом. Мощность — до 80 м. Произрастали лиственнично-березовые и елово-лиственничные с участием сосны леса; местами — открытые травянистые ассоциации и, возможно, ценозы, близкие к тундровым. Средняя январская температура -13 + -17 °С, средняя июльская +14 + +17 °С. По палеомагнитным исследованиям в Нижнеколымском прогибе [4], бегуновская свита отнесена к ортозоне Гильберт (3,4—5,1 млн. лет). Достоверность



верхней и нижней границ горизонта вполне определена.

**Кутуяхский** горизонт (верхний плиоцен). Стратотип — одноименная свита в Нижнеколымском районе. В горизонт входят также одноименная свита в скажинах в Нижнеколымском прогибе, отложения скв. 91 (инт. 27—45 м) и 32 (инт. 9,5—15 м) в Анюйской впадине и др. Разрезы сложены грубообломочным материалом (песчано-галечным), реже песками с пропластами алевролитов. Мощность горизонта до 40 м. Реконструируется следующая последовательность смены растительного покрова от ранне- к позднекутуяхскому времени: лесотундровые ландшафты, чередующиеся с лиственнично-березовыми с примесью ели лесами; более широкое распространение тундры; расширение площадей развития лиственнично-березовых лесов. Все это происходило на фоне уже существующих многолетнемерзлых пород. Климат был холодный, субарктический, континентальный с фазами незначительного потепления.

Выделенные горизонты объединены в следующие надгоризонты, отвечающие макроэтапам формирования палеофлор и развитию палеобассейнов на различные временные срезы:

**иллэнгский** (палеоцен) в объеме саканьинского, тимкинского и киевского горизонтов. Палеофлора близка позднемеловой и определяется при палинологических исследованиях, как правило, в искусственной классификации;

**билирский** (эоцен) в объеме кенгдейского, тастахского, тенкиченского и паршинского горизонтов. Развитие вечнозеленой преимущественно субтропической палеофлоры;

**кюегюлорский** (олигоцен — средний миоцен) в объеме нижнеколымского, омолойского, онкухаского, ильдикиляхского и силгенского горизонтов. Господство тургайской флоры с двумя пиками ее расцвета — в середине олигоцена и на границе раннего и среднего миоцена;

**кумахский** (верхний миоцен — плиоцен) в объеме хапчанского, бегуновского и кутуяхского горизонтов. Палеофлора приобрела бореальный облик с дальнейшей тенденцией к ее преобразованию в условиях направленно ухудшающихся климатических показателей.

Эти надгоризонты хорошо согласуются с событийными явлениями в развитии тектонических и палеогеографических обстановок Восточной Якутии и всего Северо-Востока России, проявившимися на границах палеоцена и эоцена, эоцена и олигоцена, среднего и позднего миоцена.

**Новые материалы и корреляция местных стратиграфических разрезов.** Новизна проведенных исследований, нашедших отражение в построении и обосновании региональных стратиграфических подразделений и корреляции местных разрезов, определяется следующим.

Проведено расчленение палеогеновых и неогеновых отложений практически всего региона Северо-Востока России. Это стало возможным, благодаря дополнительному и вновь проведенному преимущественно комплексному изучению кайнозойских отложений, тщательного анализа имеющихся материалов по результатам геолого-съемочных, ревизионных и тематических работ, как опубликованных, так и находящихся в Геологических Фондах. Исключение составляет лишь Аллаха-Юньский район, где подобные исследования не имели масштабного характера из-за отсутствия или ограниченного распространения отложений этого возраста.

Впервые выделены или уточнены ранее установленные стратотипические районы, где различные возрастные стратиграфические подразделения кайнозойских отложений являются наиболее представительными. Последнее подразумевает полноту разреза, временную и геологическую достоверность границ, насыщенность органическими остатками и высокую степень их изученности. Такими стратотипическими районами являются: Хараулахский, Куларский, Нижнеколымский, Восточно-Чукотский, Селеннях-Уяндинский, Момо-Зырянский (рис. 3). К ним примыкают районы, где получены представительные геологические и палеонтологические материалы, но отсутствуют перекрывающие или не установлены подстилающие отложения, затруднены прямые корреляции разрозненных разрезов, расположенных на площадях со сложной неотектонической обстановкой. Такими районами являются Тастахский, Приколымский, Адычанский, Западно-Чукотский, Охотоморский.

Уточнены стратиграфические позиции некоторых ранее установленных свит и толщ. Для некоторых из них получены новые сведения по их датированию (тастахская свита и др.). Для других установлена их одновозрастность, что позволило уточнить их синонимизму (кенгдейская свита вместо ранее выделяемых кенгдейской, быковской свит и кунгинской толщи, эликчанская и уяндинская свиты вобрали в себя ранее выделяемые ольджойскую, селенняхскую, саханьинскую и тасапскую толщи и др.). Они охарактеризованы однотипным литологическим составом, и объединение их связано с новым пониманием развития геодинамических обстановок на палеоген-неогеновые срезы в Хараулахском и Селенняхском районах, предопределивших формирование здесь единых седиментационных бассейнов. Это в полной мере относится и к Момо-Зырянскому району, где единый палеобассейн седиментации существовал значительно более продолжительное время — от раннего мела до среднего миоцена включительно. В некоторых случаях трактовка разрезов остается неоднозначной. Наибольшие разночтения вызвал вопрос об омолойской свите и горизонте в Куларском районе. Л.П.Жарикова считает, что стратотип омолойской свиты относится к раннему — началу среднего миоцена и является аналогом ильдикиляхского горизонта. Она предлагала вариант замены ильдикиляхского горизонта на омолойский и ликвидации ильдикиляхского горизонта, как синонима ранее выделенного омолойского. По мнению А.Ф.Фрадкиной, оба горизонта существуют независимо, а для омолойского предложен парастратотип в отложениях скв. 103.

Предлагаемая Региональная стратиграфическая схема палеогеновых и неогеновых отложений Северо-Востока России подводит очередной итог в изучении кайнозоя региона. Она выходит за рамки чисто стратиграфических проблем и содержит информацию, которая позволяет оценить время и продолжительность размылов и перерывов в осадконакоплении, установить их местный или региональный характер, выявить площади развития палеобассейнов, уточнить типы седиментационных процессов в них и пр. Схема имеет прямой выход и на реконструкцию палеогеографических обстановок на различные временные срезы и их эволюцию на протяжении последних 65 млн. лет.

Материалы прошли апробацию на палеогеновой и неогеновой комиссиях МСК и готовятся к изданию в значительно более полном объеме, чем предлагаются в настоящей статье.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волобуева В.И., Белая Б.В., Половова Т.П. и др. Морской и континентальный неоген Северо-Востока СССР. — Магадан: Изд. СВКНИИ ДВО СССР, 1990. Вып. 1, 2.
2. Волобуева В.И., Гладенков Ю.Б., Белая Б.В. Палеоген Северо-Востока СССР // Стратиграфия и палеонтология фанерозоя Северо-Востока СССР. Магадан, 1988. С. 118—156.
3. Гайдук В.В., Гриненко О.В., Сюндюков И.Ш. Возраст складчатости Момо-Зырянской впадины // Тихоокеанская геология. 1993. № 3. С. 99—108.
4. Гриненко О.В., Жарикова Л.П., Фрадкина А.Ф. и др. Палеоген и неоген Северо-Востока СССР. — Якутск, 1989.
5. Жарикова Л.П., Комзина Т.И. Типовые палинокомплексы и корреляция неогеновых отложений бассейна р.Адычи // Региональная геология и полезные ископаемые Якутии. Якутск, 1991. С. 84—90.
6. Континентальный палеоген и неоген Северо-Востока СССР. — Магадан: Изд. СВКНИИ ДВО СССР, 1988. Вып. 1, 2, 3.
7. Крутоус В.И., Никитин В.П., Арбузова О.Н. и др. Неоген верховьев рек Колыма и Нера // Колыма. 1992. № 12. С. 16—20.
8. Кулькова И.А. Стратиграфия палеогеновых отложений Западной Сибири по палинологическим данным // Геология и геофизика, 1987. № 6. С. 11—17.
9. Решения 2-го Межведомственного совещания по докембрию и фанерозою Северо-Востока СССР. — Магадан, 1978.
10. Фрадкина А.Ф. Палинотратиграфия палеогеновых и неогеновых отложений Северо-Востока России. — Новосибирск, 1995.
11. Фрадкина А.Ф. Палинокомплексы и стратиграфия палеогена и неогена Северо-Востока России // Геология и геофизика, 1996. № 7. С. 39—46.

УДК 551.243(571.56)

© А.В.Прокопьев, В.С.Оксман, 1997

## Тектонические покровы Восточной Якутии

А.В.ПРОКОПЬЕВ, В.С.ОКСМАН

Территория Восточной Якутии представляет собой орогенный пояс, характеризующийся широким развитием разновозрастных надвиговых структур [1, 6 и др.]. Декларируемые крупные горизонтальные надвиговые перемещения с амплитудой 5—10 км устанавливаются, как правило, по геофизическим данным [3 и др.] и являются в той или иной степени недостаточно подтвержденными реальными геологическими наблюдениями. В данной статье мы остановимся только на четырех объектах, в которых значительные надвиговые перемещения (более 5 км) установлены прямыми геологическими методами (рис. 1). Сбалансированные и реконструированные геологические разрезы построены по стандартным методикам [7].

Наиболее крупные надвиговые перемещения в Восточной Якутии установлены в Кыллахской тектонической зоне Южно-Верхоянского сектора Верхоянского складчато-надвигового пояса и приурочены к Кыллахскому надвигу. В восточной части Кыллахской зоны в черных сланцах, расположенных структурно ниже вскрывающегося в ядре Горностахской антиклинали полного разреза рифейских отложений, установлены палеозойские органические остатки — криноидеи, цистоидеи и мшанки. Структурная интерпретация этих находок позволяет утверждать, что фаунистически охарактеризованная толща в ядре Горностахской антиклинали вскрывается в эрозионном окне и наращивает разрез нижнего палеозоя Сибирской платформы (рис. 2). Залегающие структурно выше отложения рифея, венда, кембрия и ордовика Кыллахской зоны представляют собой аллохтонную пластину, перемещенную по Кыллахскому надвигу в направлении с востока на запад на расстояние около 90 км. Региональный срыв приурочен к подошве рифейских отложений (см. рис. 2). Детально описанные ранее надвиговые структуры во фронтальной части Кыллахской тектонической зоны [4] следует рассматривать как структуры подошвы этого грандиозного надвигового покрова. В контексте приведенной на рис. 2 структурной интерпретации, Горностахская складка представляет собой рамповую антиклиналь, сформированную над крупным усеченным дуплексом.

Пологие покровно-надвиговые дислокации установлены в районе северного замыкания Горностах-

ской антиклинали (верховья р. Сугжа) (рис. 3, А). Здесь закартирован крупный аллохтонный покровный комплекс, сложенный породами венда и нижнего кембрия, простирающийся в северо-северо-восточном направлении в виде своеобразного «языка». Этот аллохтонный комплекс шириной до

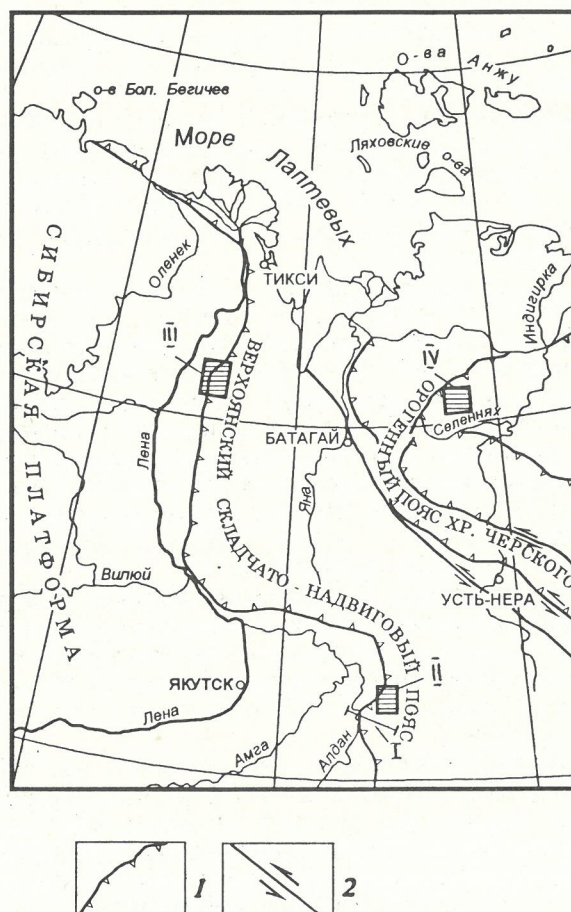


Рис. 1. Схема местоположения объектов:

1 — крупные надвиги; 2 — крупные сдвиги; I — геологический разрез через центральную часть Южного Верхоянья; II — Кыллахская тектоническая зона Южного Верхоянья; III — фронтальные надвиги Западного Верхоянья; IV — центральная часть Селленяхского кряжа







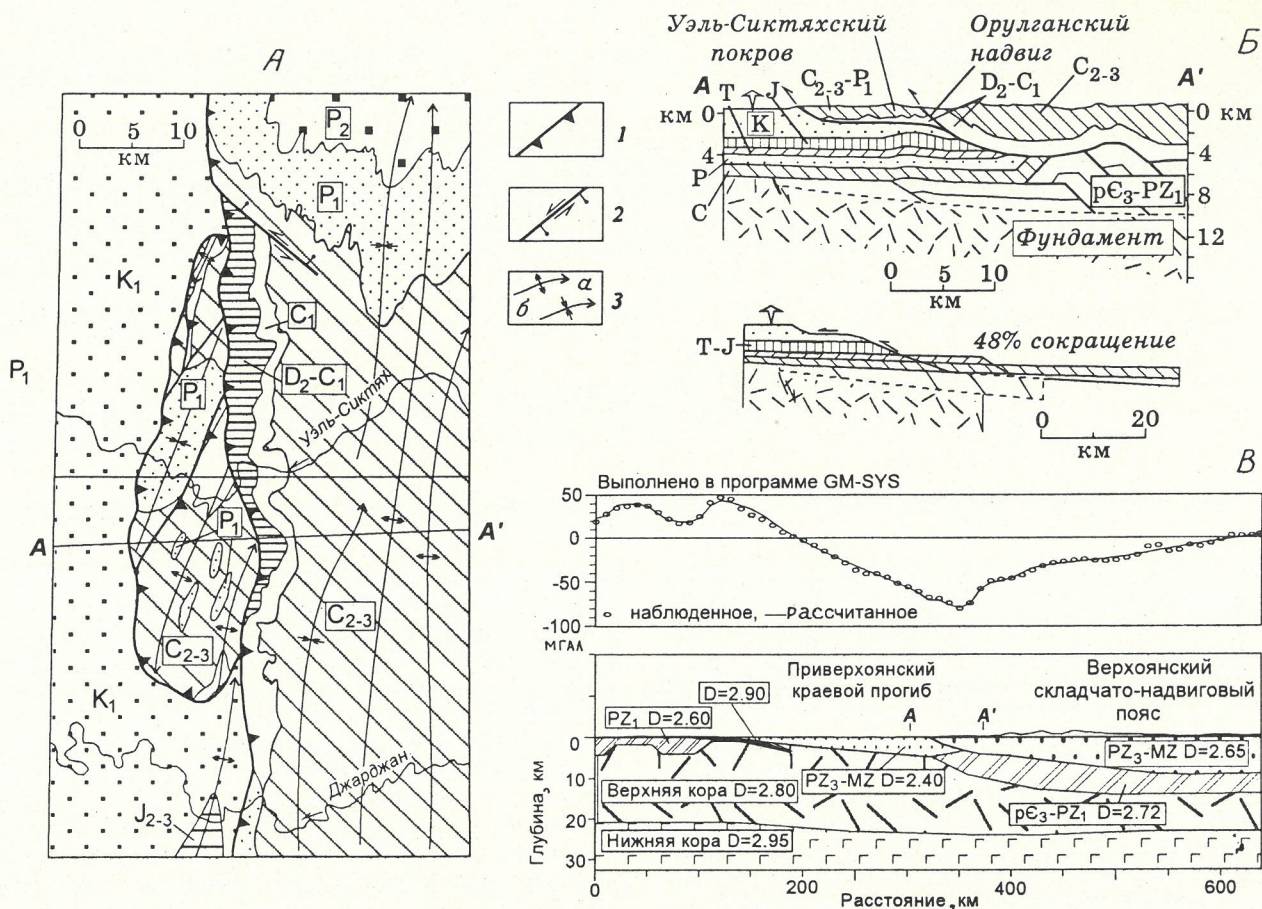


Рис. 4. Геологическая схема района фронтальных надвигов Западного Верхоянья (А), реконструированный и сбалансированный геологические разрезы по линии А-А' (Б), гравитационная модель (Б):

1 — надвиги; 2 — сбросо-сдвиги; 3 — оси складок первого порядка (а — антиклинали, б — синклинали)

госкладчатые отложения верхнего рифея, несогласно перекрытые породами венда и кембрия. Мощности малской, токурской и нижней — средней частей сытыгинской свит в аллохтоне значительно меньше, чем в аналогичных им по возрасту отложениях автохтона. Из разреза венда в автохтоне выпадает малская свита. Она отсутствует и в разрезе пород пластины 1, но участвует в строении пластин 2—6. Описанная структура является единственным местом на территории Восточной Якутии, где была точно определена амплитуда горизонтального надвигового перемещения, благодаря возможности совмещения разобщенных геологических маркеров в аллохтоне и автохтоне.

Во фронте Западно-Верхоянского сектора Верхоянского складчато-надвигового пояса в междуречье Уэль-Сиктях и Джарджан закартирован Уэль-Сиктяхский тектонический покров, примыкающий с запада к Орулганскому надвигу (рис. 4). Покров образован складчатыми толщами среднего — верхнего карбона и нижней перми, которые полого перекрывают деформированные в открытые складки нижнемеловые отложения [2, 6]. Региональный базальный срыв в подошве покрова приурочен к глинистым отложениям, ангидритам и гипсам, вероятно, средне-позднедевонского возраста, вскрывающимся и вдоль Орулганского надвига [5]. На правом водоразделе р. Джарджан нижнемеловые отложения в лежащем крыле Орулганского надвига непосредственно перекрыты образованиями покрова. Мощность закартированных в Уэль-Сиктяхском покрове страти-

графических подразделений карбона в 2—5 раз меньше синхронных им отложений к востоку от Орулганского надвига, что свидетельствует о значительном тектоническом смещении этих толщ. Проведенные структурные построения (см. рис. 4, Б) позволяют оценить минимальную амплитуду горизонтального перемещения в 25 км. По данным гравитационного моделирования предполагается, что нижележащие верхнедокембрийские (?) нижнепалеозойские отложения резко увеличены по мощности, что может быть связано с наличием погребенной дуплексной структуры (см. рис. 4, Б, В).

В центральной части Селеннянского кряжа (междуречье Сеймчан и Тарынг-Юрях) на северо-западе орогенного пояса Черского закартирована серия надвиговых пластин. Наиболее значительные амплитуды перемещений устанавливаются по Сеймчанскому надвигу северо-восточного простирания (рис. 5, А). Висячее крыло надвига сложено среднеордовикскими известняками калычанской свиты, перекрывающими во фронте верхнедевонские-нижнекаменноугольные образования. Плоскость сместителя полого (первые градусы) погружается на юго-юго-восток. Региональный горизонт скольжения приурочен к основанию калычанской свиты, смещаясь к юго-востоку на более глубокие горизонты среднего и нижнего ордовика, слагающие тектонические пластины на юго-востоке рассматриваемого района. В 3 км к востоку от фронта Сеймчанского надвига под породами калычанской свиты вскрываются полосчатые карбонатно-кремнистые образования, из которых



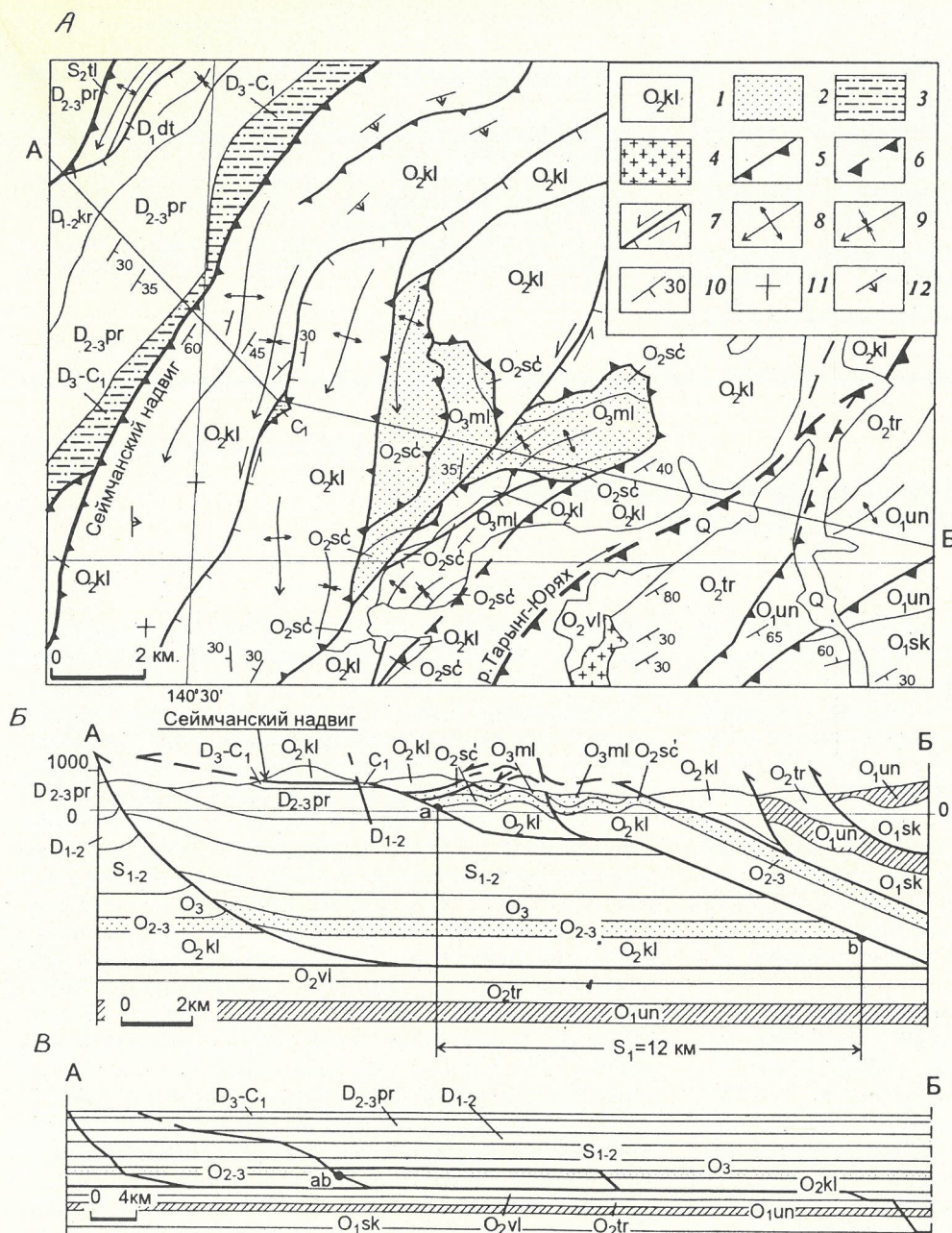


Рис. 5. Тектоническая схема (А), сбалансированный (Б) и реконструированный (В) геологические разрезы через центральную часть Селенгинского кряжа:

1 — свиты ( $D_{2-3pr}$  — пряникская,  $D_{1-2kr}$  — криворучьевская,  $D_{1dt}$  — датнинская,  $S_{2tl}$  — талындинская,  $O_{3ml}$  — молоховская,  $O_{2sc}$  — сычанская,  $O_{2kl}$  — калычанская,  $O_{2vl}$  — волчинская,  $O_{2tr}$  — тарын-юряхская;  $O_{1un}$  — унгинская,  $O_{1sk}$  — секдекунская); 2 — ордовикские отложения, обнажающиеся в тектоническом окне; 3 — верхнедевонские-нижнекаменноугольные отложения; 4 — раннемеловые граниты; 5 — вскрытые, 6 — предполагаемые; 7 — поздние взбросо-сдвиги; 8 — оси антиклиналей; 9 — оси синклиналей; элементы залегания пород: 10 — наклонные, 11 — горизонтальные, 12 — установленные при дешифрировании АФС; точки а и б — маркеры для построения сбалансированного разреза,  $S_1$  — амплитуда перемещения пластины дуплекса

были выделены радиолярии *Phaenicosphaera* (?) spp. позднепалеозойского возраста. Эти отложения, располагаясь в тектоническом эрозионном окне под плоскостью Сеймчанского надвига, наращивают разрез верхнего палеозоя, вскрытого перед фронтом надвига (см. рис. 5). В среднем течении левых притоков р. Тарын-Юрях в другом, более крупном, тектоническом окне обнажаются средне-верхнеордовикские породы сычанской и молоховской свит, тектонически перекрытые отложениями калычанской свиты. Породы аллохтона деформированы в опрокинутые на северо-запад складки, которые к востоку сменяются наклонными и прямыми. Отложения автохтона в тектоническом окне деформированы в сжатые до изоклинальных опрокинутые и наклонные на северо-запад складки, ассоциирующиеся с многочисленными послойными срыва́ми.

Образования калычанской свиты во фронте Сеймчанского надвига аллохтонно залегают на верхнепалеозойских отложениях, а по удалению от него также тектонически перекрывают ордовикские отложения. Такую резкую смену в возрасте пород, вскрытых в тектонических окнах на очень небольшом площадном отрезке невозможно объяснить резким выклиниванием средне-верхнепалеозойских

толщ. Вероятно, под плоскостью Сеймчанского надвига расположена еще одна тектоническая пластина, в которой отложения ордовика надвинуты на верхнепалеозойские породы (см. рис. 5, Б). Надвиг, ограничивающий снизу предполагаемую пластину, по-видимому, также проходит по подошве калычанской свиты, т.к. к этому уровню приурочен региональный срыв, на глубине сливающийся с Сеймчанским надвигом, расположенным к западу от тектонического окна, в котором обнажаются породы ордовика. Эта пластина является частью сложной дуплексной структуры, в которой Сеймчанский надвиг выступает в роли кровельного надвига, а надвиг в ее основании — в качестве подошвенного надвига дуплекса. Описанные надвиговые дислокации деформированы поздними взбросо-сдвигами. Горизонтальная амплитуда перемещений по подошвенному надви́гу дуплекса, установленная прямыми геологическими наблюдениями, составляет около 12 км, а рассчитанная вероятная амплитуда перемещений по кровельному Сеймчанскому надви́гу — как минимум 30–35 км.

Мы признательны Л.И.Попеко (ИТиГ ДВО РАН), Г.А.Стукалиной (ВСЕГЕИ) и В.С.Руденко (ДВГИ ДВО РАН) за определение фауны.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Архипов Ю.В., Волкодая И.Г., Камалетдинов В.А., Ян-жин-шин В.А.* Надвиги западной части Верхояно-Чукотской складчатой области // *Геотектоника*. 1981. № 2. С. 81—98.
2. *Наумов А.Н.* О характере сочленения Верхоянской складчатой системы и Приверхоянского краевого прогиба в районе западного склона хребта Орулган // *Тр. НИИГА*. 1962. Т. 130. Вып. 19. С. 91—98.
3. *Парфенов Л.М.* Террейны и история формирования мезозойских орогенных поясов Восточной Якутии // *Тихоокеанская геология*. 1995. Т. 14. № 6. С. 32—43.
4. *Парфенов Л.М., Прокопьев А.В.* Покровные структуры Кыллахской гряды (Южное Верхоянье) // *Геология и геофизика*. 1986. № 12. С. 3—15.
5. *Сборщиков И.М., Натанов Л.М.* Дислокации, связанные с гипсово-ангидритовой толщей в Западном Верхоянье // *Докл. АН СССР*. 1969. Т. 186. № 5. С. 1150—1153.
6. *Parfenov L.M., Prokopiev A.V., Gaiduk V.V.* Cretaceous frontal thrusts of the Verkhoyansk fold belt, Eastern Siberia // *Tectonics*. 1995. Vol. 14. № 2. P. 342—358.
7. *Woodward N.B., Boyer S.E., Suppe J.* An outline of balanced cross-sections. University of Tennessee, Knoxville Publication, 1985.

УДК 551.24:553.98

© К.И.Микуленко, К.В.Тимиршин, 1997

## Тектоника и проблемы нефтегазоаккумуляции пограничных зон Сибирской платформы и складчатых областей

К.И.МИКУЛЕНКО, К.В.ТИМИРШИН

Сибирская платформа примерно на 80 % обрамлена складчатыми областями: Горным Таймыром, Западным Верхоянием, Сеттэ-Дабаном, Становым хребтом, Патомским нагорьем, Восточными Саянами, Енисейским краем. Строение пограничных с ними зон довольно сложно и не всегда трактуемо однозначно. В последние годы имеет место пересмотр существующих точек зрения на их строение. Это связано, с одной стороны, с накоплением новых геологических и геофизических данных, а с другой — появлением и бурным развитием концепций новой глобальной тектоники, предполагающей существенные латеральные перемещения крупных литосферных плит.

Исходя из представлений о преобладающей роли вертикальных движений, традиционно считалось, что сочленение Сибирской платформы со складчатыми обрамлениями осуществляется через систему краевых прогибов, а участками — по краевым глубинным разломам [2, 7]. Краевые прогибы рассматривались как компенсационные структуры, возникающие в связи с воздыманиями в смежных орогенах. Переход в этих случаях предполагался относительно постепенным, характеризовавшимся последовательным усложнением дислоцированности и метаморфизма от платформенных областей к складчатым.

Позже было установлено, что в условиях Сибирской платформы пограничные депрессии в зоне сочленения со складчатыми областями могут иметь иную природу. Так, в северных и восточных районах платформы в качестве таковых обособляются Енисей-Хатангский региональный прогиб, Лено-Анабарский мегапрогиб, Предверхоянский краевой прогиб, Вилюйская синеклиза [3].

Исследования последних лет показывают, что практически непрерывную систему депрессий разных типов в краевой зоне платформы можно выделять и в более южном и западном ее обрамлении. Здесь обособляются Алдано-Майское перикратонное опускание, группа отрицательных структур, условно объединяемая в Пристановой предгорный прогиб, Предбайкальский краевой прогиб (Березовская впадина и Предпатомский региональный прогиб), Восточно-Саянский предгорный прогиб и Присяно-Енисейская группа депрессий, включающая одноименную синеклизу и группу наложенных мезозойских прогибов и впадин.

Природа отдельных элементов краевых депрессий,

время заложения и основного этапа их развития, а также их морфологические показатели существенно различаются. Предварительно намечается тенденция, проявляющаяся в том, что на севере и северо-востоке краевых зон расположены депрессии, имеющие мезозойское либо позднепалеозойское заложение (образованиями этого возраста сложены здесь и прилегающие складчатые сооружения), а в южных, юго-восточных и юго-западных районах платформы — более древнего возраста, соответствующего возрасту примыкающих к ним складчатых образований. Обращает на себя внимание длительность однонаправленного (постоянного либо периодически возобновляемого) прогибания депрессий древнего заложения — предположительно до юры включительно. Судя по мощностям отложений, наиболее значительные погружения в мезозое имели место в Пристановом, Восточно-Саянском прогибах и в пределах Присяно-Енисейской синеклизы (табл. 1).

По относительно небольшим, в ряде случаев единичным выходам юрских отложений, нисходящие движения в мезозое устанавливаются на территориях Предпатомского прогиба, Березовской впадины и Алдано-Майского перикратонного опускания. Здесь прогнозируются относительно небольшие погружения. Следовательно, есть основания предполагать, что система краевых депрессий окончательно «замкнулась» к концу мезозоя. Поскольку прилегающие к ним складчатые орогены окончательно сформировались также в постмезозойское время, систему ороген — краевые депрессии следует считать сопряженной.

Таким образом, в сопряженной системе платформы — складчатая область обособлены три региональных разнородных структурных элемента тектонического районирования: платформенные, складчатые и переходные (пограничные) области (зоны) — система краевых депрессий. Последняя является региональной структурой, соизмеримой по протяженности и тектонической значимости с разделяемыми платформой и складчатым обрамлением.

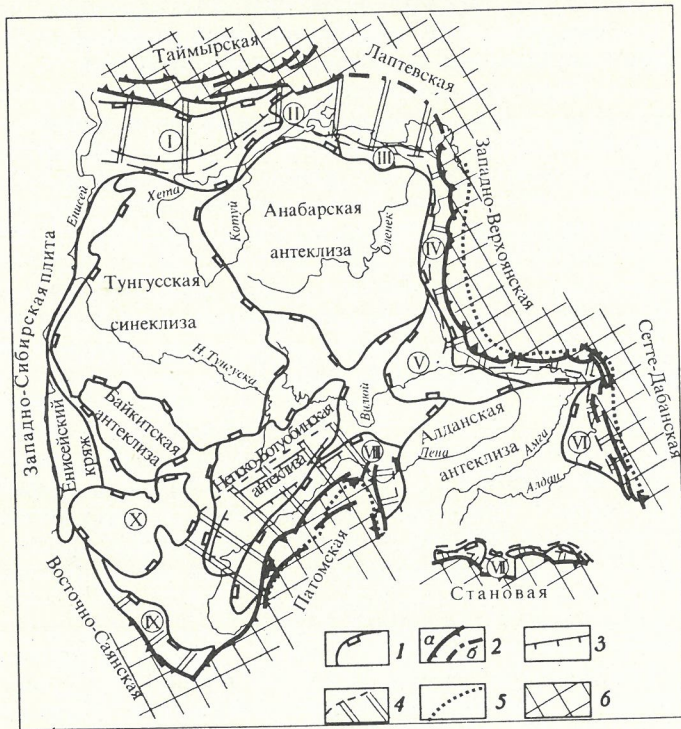
В последние десятилетия во многих регионах России активно развиваются представления о покровно-надвиговой структуре складчатых областей. Применительно к обрамлениям Сибирской платформы такие представления следует рассматривать не как новые, а как возрождающиеся, ибо высказывания, к сожалению незаслуженно отвергнутые, о покровно-надвиговом строении приплатформенных складчатых областей делались еще в начале текущего столетия.



## 1. Основные морфологические характеристики и возраст структур краевых депрессий Сибирской платформы

| Депрессия                              | Возраст<br>отложений<br>чехла | Время                          |                                   | Длина, км | Ширина, км | Площадь,<br>тыс. км <sup>2</sup> |
|----------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------|------------|----------------------------------|
|                                        |                               | заложения                      | основного развития                |           |            |                                  |
| Енисей-Хатангский региональный прогиб  | R—K                           | T(?)—J                         | J—K                               | 1350      | 300        | 385                              |
| Лено-Анабарский прогиб                 | R—K                           | J <sub>3</sub> —K <sub>1</sub> | K—KZ                              | 350       | 200        | 68                               |
| Предверхоянский краевой прогиб         | R—KZ                          | K—KZ                           | K—KZ                              | 1450      | 100        | 145                              |
| Вилуйская синеклиза                    | R—K                           | PZ <sub>3</sub>                | P, J <sub>3</sub> —K <sub>1</sub> | 625       | 300        | 330                              |
| Алдано-Майское перикратонное опускание | R—J                           | R(?)                           | R <sub>3</sub>                    | 550       | 230        | 78                               |
| Пристановой предгорный прогиб          | R—J                           | J <sub>1</sub>                 | J(?)—K                            | 630       | 110        | 31                               |
| Березовская впадина                    | R—PZ                          | R <sub>2</sub>                 | R <sub>3</sub>                    | 310       | 120        | 43                               |
| Предпатомский региональный прогиб      | R—PZ                          | R <sub>2</sub>                 | R <sub>3</sub>                    | 860       | 150        | 95                               |
| Присаянский региональный прогиб        | R—J                           | J <sub>1</sub>                 | J <sub>1</sub> —J <sub>3</sub>    | 480       | 150        | 46                               |
| Присаяно-Енисейская синеклиза          | R—J                           | V—Є                            | PZ—MZ                             | 500       | 400        | 181                              |

Первые сообщения о покровах и структурах надвигового типа относятся к складчатому обрамлению юга Сибирской платформы [8, 9]. Основываясь на полученных к началу 30-х годов материалах, М.М.Тетяев выдвинул концепцию шарьяжного строения Прибайкалья и Забайкалья [9]. Сходные заключения были сделаны несколько позднее Н.Н.Урванцевым и в отношении Горного Таймыра [10]. Однако эти представления подверглись резкой критике крупных исследователей, в частности В.А.Обручевым, и поэтому надолго были отвергнуты как необоснованные. Исследования и разработки в



**Рис. 1. Тектоническая схема Сибирской платформы:**

1 — границы надпорядковых структур; 2 — фронтальные участки покровно-надвиговых образований достоверные (а) и предполагаемые (б); 3 — основные взбросо-надвиги; 4 — зона «малых надвигов»; 5 — внутренняя (под покровом складчатых образований) граница краевых зон платформ; 6 — зона крупномасштабных покровно-надвиговых образований; цифры в кружках — основные структуры краевых депрессий: I — Енисей-Хатангский прогиб, II — Анабаро-Хатангская седловина, III — Лено-Анабарский прогиб, IV — Предверхоанский прогиб, V — Вилюйская синеклиза, VI — Алдано-Майская впадина, VII — система Южно-Якутских впадин, VIII — Предпомтый прогиб, IX — Предсаянский прогиб, X — Присяно-Енисейская система впадин

этом плане не поощрялись. Вместе с тем материалы геологических съемок свидетельствовали о наличии надвиговых структур и, хотя с оговорками о маломасштабности и локальности проявлений, они описывались в ряде районов обрамлений платформы [6].

Значительно активизировались исследования по изучению покровных и надвиговых структур в конце 70-х — начале 80-х годов. Стимулирующим фактором этого явилось использование концепций плитной тектоники (предполагающей наличие надвигов на границах сталкивающихся плит) и, что особенно важно, установление промышленной нефтегазоносности в некоторых пограничных зонах надвигов.

В результате выполненных исследований проявление надвиговых образований было выявлено в пределах всех горно-складчатых обрамлений платформы. Открытие надвиговых структур на островах Новосибирского архипелага и предположение о надвиговой структуре осадочного чехла шельфа моря Лаптевых [4] дали основание сделать заключение, что проявление надвиговых образований имеет место не только в пределах горно-складчатого, но и всего обрамления Сибирской платформы практически непрерывно от Горного Таймыра на северо-западе до Западных Саян на юго-западе, предположительно включая и Енисейский кряж (рис. 1).

Исключительно важным для решения проблемы тектонических соотношений платформенных и складчатых областей явилось открытие надвиговых структур и на территории краевых депрессий платформы, и за их пределами. Они выявлены в Енисей-Хатангском прогибе, предполагаются по материалам сейсморазведки на Анабаро-Хатангской седловине; по данным глубокого и колонкового бурения, сейсморазведки и геологической съемки установлены в Лено-Анабарском, Предверхоянском и Предпатомском прогибах, в Березовской впадине.

За пределами краевых депрессий расположены широко известные складки надвигового типа Непской зоны, связываемые со срывами по солевым толщам [7], а также в процессе полевых наблюдений небольшого масштаба установлены на северо-западе Сибирской платформы [4].

К середине 80-х годов накопился значительный объем данных, анализ которых позволил сделать заключение, что распространение структур надвигового типа (надвиги, взбросо-надвиги и связанные с ними пликативные деформации) не ограничивается складчатыми областями, а прослеживается за пределами их фронтальных частей в сторону платформы



поднятия, представляющие интерес в отношении нефтегазоносности. К такому типу относятся «поднятия» Чекановского и Прончищева, Соболох-Маянская структура, предположительно Балахнинский и Рассохинский мегавалы, складки Непского типа.

Дуплексные рамповые антиклинали развиты в при-складчатых районах краевых депрессий платформы, а также на прифронтальных участках крупных надвигов (в пределах зоны б, см. рис. 2). Структуры подобного типа широко распространены в нефтегазоносных бассейнах. В интересующих нас районах они особенно часто встречаются по мере продвижения в сторону складчатых областей. Примерами их могут являться Мурбайская, Северо-Мухуйская, Муосучанская и др.

Неструктурные ловушки (неправильной формы) образованы сочетанием флюидопоров литологической природы (глины, соли и т.п.) и флюидопоров, связанных с поверхностями надвигания. Сложные их комбинации образуют замкнутые (непроницаемые для флюидов) природные пространства — резервуары нетрадиционного типа. Число таких резервуаров увеличивается от платформенных участков в стороны складчатых обрамлений. Продуктивность ловушек этого типа возможна, во-первых, если породы, слагающие блок-пластину были первоначально (до их формирования) нефтегазоносными; после формирования изолированной блок-пластины содержащиеся в породах УВ перераспределились в соответствии с новым структурным положением. Во-вторых, если имелись возможности для вторичного поступления УВ из нижележащих или смежных комплексов. В-третьих, если блок-пластины сложены породами, в которых продолжают процессы

генерации жидких и газообразных УВ. Здесь перечислены только основные типы ловушек, продуктивность которых доказана либо не вызывает сомнения. В природе типов существенно больше, но поскольку выделение имело место в единичных случаях, а отношение их к нефтеносности остается неясным, на данном этапе изученности они здесь не рассматриваются.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Замараев С.М.* Краевые структуры южной части Сибирской платформы. — М.: Наука, 1967.
2. *Микуленко К.И.* Тектоника мезозойских депрессий Сибири // Структурные элементы земной коры и их эволюция. — Новосибирск, 1983. С. 119—130.
3. *Микуленко К.И., Паршин А.В., Хмелевский В.Б.* и др. Особенности тектоники и оценки перспектив нефтегазоносности зоны надвигов Сибирской платформы // Нефтегазоносность верхнедокембрийских и фанерозойских отложений восточной части Сибирской платформы. Якутск, 1986. С. 38—47.
4. *Микуленко К.И., Ситников В.С., Скрабин Р.М.* и др. Геология и нефтегазоносность арктических районов Западной Якутии. — Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1997.
5. *Мокшанцев К.Б., Горнштейн Д.К., Гусев Г.С.* и др. Тектоника Якутии. — Новосибирск: Наука, 1975.
6. *Наумов А.Н.* О характере сочленения Верхоянской складчатой системы и Приверхоянского передового прогиба в районе западного склона хребта Орулган // Геология и нефтегазоносность Арктики. Л., 1962. Т. 130. Вып. 19. С. 91—99.
7. *Рязанов Г.В.* Морфология и генезис складок Непской зоны. — Новосибирск: Наука, 1973.
8. *Тетяев М.М.* К геологии Западного Прибайкалья: Материалы по общей и прикладной геологии. Петроград, 1916. Вып. 2.
9. *Тетяев М.М.* О шарижах Восточной Сибири // Геологический вестник. 1928. Т. VI. № 4—6. С. 49—51.
10. *Урванцев Н.Н.* Таймырская геологическая экспедиция 1929 г.: Тр. Главн. геологоразв. упр. Л., 1931. Вып. 65.

УДК 553.98.061.3(571.56)

© Коллектив авторов, 1997

## Генетические семейства нафтидов востока Сибирской платформы

В.А.КАШИРЦЕВ, Р.П.ФИЛП, О.Н.ЧАЛАЯ, И.Н.ЗУЕВА, Г.С.ТРУЩЕЛЕВА

Проблема генетической типизации нафтидов, в т.ч. на востоке Сибирской платформы, уже неоднократно обсуждалась в литературе и в значительной мере всегда была связана с решением вопроса об их происхождении [1—5].

Успешное использование три-, тетра- и пентациклических «биомаркеров» для корреляции и генетической типизации как неизмененных нефтей, так и биodeградированных природных битумов, продемонстрированное некоторыми исследователями [5—8], обусловило и наш выбор основных параметров для типизации нафтидов (нефтей и природных битумов) востока Сибирской платформы. Дополнительно привлекались данные по порфиринам и изотопному составу углерода и распределению микроэлементов.

Хромато-масс-спектрометрическим исследованием были подвергнуты 32 нефти Западной Якутии и многочисленные природные битумы (от малых до асфальтитов), происходящие из разновозрастных отложений (от венда до поздней юры) Непско-Ботубинской антеклизы, Сюджерской седловины, южного склона Анабарской антеклизы, Вилуйской синеклизы и Предверхоянского и Лено-Анабарского прогибов.

Использовался хроматограф Hewlett-Packard 5890A, имеющий интерфейс с масс-спектрометром Finningan Mat 700 с детектором ионного захвата

(ITD). Детектор ионного захвата использовался в режиме мониторинга масс-фрагментограмм  $m/z$  123, 177, 191, 217, 218, 231, 269, 341, 355, 369. Идентификация соединений осуществлялась сравнением полученных масс-фрагментограмм с уже имеющимися спектрами в библиотеке системы, а также с опубликованными данными. Избирательно отдельные пробы анализировались методом tandemной масс-спектрологии MS/MS, позволяющим сканировать масс-спектры по «родительским» и «дочерним» ионам, что значительно упрощало идентификацию совместно элюирующихся компонентов. Реконструкция условий формирования потенциальных нефтематеринских отложений проводилась по составу и распределению биомаркеров (терпанов, стеранов и хейлантанов) в соответствии с монографическим руководством по биомаркерам [8].

Изотопный состав углерода позволил подразделить все исследованные нефти и битумы на два крупных (докембрийско-раннепалеозойское и позднепалеозойско-мезозойское) надсемейства, в составе которых по комплексам биомаркеров выделяются самостоятельные генетические семейства (таблица).

*Первое генетическое семейство* нафтидов имеет на Сибирской платформе широчайшее распространение. Это нефти основных продуктивных горизонтов в пределах «главного пояса нефтегазоносности»



# Генетические семейства нефтидов северо-востока Сибирской платформы

| Геохимические признаки                                                                 |                                | Семейство 1<br>(нефти Непско-Ботубинской антеклизы; битумы Силигир-Мархинского поля)                                      | Семейство 2<br>(битумы Восточно-Анабарского и Центрально-Оленекского полей)                                       | Семейство 3<br>(амгинская нефть, Бологур; битумы куонамского горизонта)                                                        | Семейство 4<br>(позднепалеозойские и мезозойские нефти Вилуйской синеклизы)                             | Семейство 5<br>(нефти Тигяно-Анабарского поднятия; битумы Оленекского месторождения)                                                         | Семейство 6<br>(битумы Верхнемунского и Моторчунского полей)                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12- и 13-метилалканы                                                                   | $C_{19}-C_{30}$                | +                                                                                                                         | --                                                                                                                | --                                                                                                                             | --                                                                                                      | --                                                                                                                                           | --                                                                                          |
| Изотопный состав углерода                                                              | $(-3 \div -3,5) \delta C^{13}$ | +                                                                                                                         | +                                                                                                                 | +                                                                                                                              | --                                                                                                      | --                                                                                                                                           | --                                                                                          |
|                                                                                        | $(-2,4 \div -3) \delta C^{13}$ | --                                                                                                                        | --                                                                                                                | --                                                                                                                             | +                                                                                                       | +                                                                                                                                            | +                                                                                           |
| Гопаны                                                                                 | $\Gamma_{35} > \Gamma_{34}$    | +                                                                                                                         | +                                                                                                                 | +                                                                                                                              | --                                                                                                      | --                                                                                                                                           | +-                                                                                          |
|                                                                                        | $\Gamma_{29} > \Gamma_{30}$    | --                                                                                                                        | --                                                                                                                | --                                                                                                                             | --                                                                                                      | +                                                                                                                                            | --                                                                                          |
| Гаммацеран                                                                             | $C_{30}$                       | +                                                                                                                         | +-                                                                                                                | +-                                                                                                                             | --                                                                                                      | +-                                                                                                                                           | +-                                                                                          |
| Стераны                                                                                | $C_{29} > C_{28} + C_{27}$     | +                                                                                                                         | +                                                                                                                 | --                                                                                                                             | --                                                                                                      | --                                                                                                                                           | --                                                                                          |
|                                                                                        | Диастераны                     | +-                                                                                                                        | +-                                                                                                                | +                                                                                                                              | +                                                                                                       | +                                                                                                                                            | +                                                                                           |
| Трицикланы                                                                             | $T_{19}-T_{31}$                | +                                                                                                                         | +-                                                                                                                | +                                                                                                                              | +-                                                                                                      | +-                                                                                                                                           | +                                                                                           |
| Порфирины и микроэлементы                                                              | $V > Ni$                       | +                                                                                                                         | --                                                                                                                | +                                                                                                                              | --                                                                                                      | +-                                                                                                                                           | +-                                                                                          |
|                                                                                        | $Ni > V$                       | --                                                                                                                        | --                                                                                                                | --                                                                                                                             | +-                                                                                                      | --                                                                                                                                           | --                                                                                          |
| Реконструкция условий формирования нефтематеринских отложений (предполагаемый возраст) |                                | Морские преимущественно карбонатные с повышенной соленостью вод и восстановительными условиями в диагенезе (рифей — венд) | Морские преимущественно карбонатные с нормальной соленостью вод и восстановительными условиями в диагенезе (венд) | Морские терригенно-карбонатные с нормальной соленостью вод и восстановительными условиями в диагенезе (нижний-средний кембрий) | Континентальные терригенные, пресноводные с нейтральными и окислительными условиями в диагенезе (пермь) | Прибрежно-морские и дельтовые, терригенные иногда с повышенной соленостью, с нейтральными и восстановительными условиями в диагенезе (пермь) | Морские терригенные с нормальной соленостью, восстановительными условиями в диагенезе (юра) |

Примечание: геохимические признаки: + — типичные; +- — присутствуют; -+ — следы; -- — отсутствуют.

Лено-Тунгусской НГП и многочисленные нефте- и битумопроявления в осадочном чехоле Сюдджерской седловины, в т.ч. природные битумы Силигир-Мархинского битумного поля, включая нефтидопроявления в кимберлитовых трубках южного склона Анабарской антеклизы. Характернейшими корреляционными признаками в них служат 12- и 13-монотетилалканы, присутствие гаммацерана, высокий гомогопановый индекс, ванадилпорфирины, полный гомологический ряд хейлантанов и почти полное отсутствие диастеранов.

Второе генетическое семейство включает венд-кембрийские битумы Восточно-Анабарского и Центрально-Оленекского полей. Они имеют много общих черт с нефтидами первого семейства и, в частности, в распределении стеранов и гопанов. Существенным же отличием от битумов первого семейства является отсутствие 12- и 13-метилалканов, порфиринов и редуцированный ряд трициклических алканов. Все эти признаки характерны и для битумоидов хатыспытской свиты венда, карбонатные породы которой, обогащенные органическим углеродом, по всей вероятности, и являлись «материнскими» для нефтидов выделяемого семейства.

Третье генетическое семейство нефтидов, обязанное своим происхождением куонамскому горючесланцевому комплексу, выделяется несколько условно, поскольку на северо-востоке Сибирской платформы пока не встречено крупных скоплений нефтей или природных битумов, отвечающих по своим геохимическим параметрам тем, что были установлены для битумоидов и небольших свободных битумопроявлений, обнаруженных в породах комплекса.

В отличие от двух первых семейств для рассеянных битумоидов и «свободных» битумов куонамского комплекса характерны относительно высокие концентрации диастеранов и ванадилпорфиринов.

По набору геохимических признаков к этому семейству можно отнести нефтяную залежь, вскрытую гидрогеологическими скважинами в среднекембрийских отложениях на северном склоне Алданской антеклизы в бассейне р.Амга (у пос. Бологур).

Четвертое генетическое семейство нефтидов выделено нами среди тех непромышленных нефтяных оторочек, которые сопутствуют ряду газоконденсатных месторождений в пермских, триасовых и юрских отложениях Вилуйской синеклизы. По распределению биомаркеров (отсутствие высокомолекулярных хейлантанов и порфиринов, относительно высокие содержания диастеранов  $C_{29}$ , низкий гомогопановый индекс и т.п.), все нефти относятся к единому семейству, обязанному своим происхождением континентальным отложениям. Последний фактор не позволяет высоко оценивать потенциальную нефтеносность этого семейства.

Пятое генетическое семейство включает природные битумы Оленекского битумного поля [3]. Тристерпаны в них представлены главным образом 25-норметилгопанами, с весьма характерным преобладанием 25-нордиантана над 25-норгопаном (отношение их колеблется от 3 до 3,5), так же как и адиантана над гопаном (2,5—3,2). Из числа всех проанализированных нефтидов на северо-востоке Сибирской платформы, высокие концентрации адиантанов, превышающие количества собственно гопанов, отмечаются лишь для пермских нефтей Тигя-



но-Анабарского поднятия. Для нафтидов этого семейства характерно наличие диастеранов и порфиринов.

В шестое генетическое семейство объединены природные битумы Мунского и Верхнемунского битумных полей, локализованные главным образом в базальных горизонтах нижней юры.

По распределению трицикланов (хейлантанов) верхнемунские битумы напоминают венд-нижнекембрийские нефти Сибирской платформы и существенно отличаются от верхнепалеозойских и мезозойских нефтей Вилуйской синеклизы. Вместе с тем, идентификация в этих битумах относительно высоких концентраций 28-норгопанов, диастеранов, отсутствие порфириновых комплексов, «тяжелый» изотопный состав углерода существенно отличает их от докембрийских нафтидов. Судя по набору и распределению биомаркеров, юрские битумы Мунского поднятия обязаны своим происхождением нефтям, образованным за счет преимущественно сапропелевого органического вещества (что и сближает их с древними нефтями) собственно юрских морских материнских отложений.

Обычно на востоке Сибирской платформы выделялось два генетических типа нафтидов — рифей-раннепалеозойские и позднепалеозойско-мезозой-

ские. Детальные исследования состава биомаркеров в составе нефтей и природных битумов позволяют значительно расширить этот перечень, а также определить области развития потенциальных нефтематеринских отложений и, естественно, наметить новые направления для поисковых работ на нефть и природные битумы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Забродина М.Н., Арефьев О.А., Макушина В.М. и др. Химические типы нефтей и превращение нефтей в природе // Нефтехимия. 1978. № 2. С. 280—289.
2. Изосимова А.Н., Зуева И.Н., Чалая О.Н. и др. Генетическая типизация нефтей Западной Якутии // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1981. № 7. С. 134—144.
3. Каширцев В.А. Природные битумы северо-востока Сибирской платформы. — Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1988.
4. Контарович А.Э., Стасова О.Ф. Типы нефтей в осадочной оболочке Земли // Геология и геофизика. 1978. № 8. С. 3—13.
5. Петров Ал.А. Углеводороды нефти. — М.: Наука, 1984.
6. Peters K.E., Moldowan J.M. The Biomarker Guide. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 1993.
7. Reed W.E. Molecular compositions of weathered petroleum and comparison with its possible source // Geochim. et Cosmochim. Acta. 1977. Vol. 41. P. 237—247.
8. Seifert W.K. and Moldowan J.M. Applications of steranes, terpanes and monoaromatics to the maturation, migration and source of crude oils. // Geochim. et Cosmochim. Acta. 1979. Vol. 43. P. 111—126.

УДК 551.345:553.98.2+532.5

© А.А.Граусман, 1997

## Влияние промерзания осадочных пород на закономерности распределения пластовых давлений и формирование залежей нефти и газа

А.А.ГРАУСМАН

Территория Республики Саха (Якутия) почти полностью покрыта многолетнемерзлыми породами (ММП), мощность которых в некоторых районах превышает 1000 м. Промерзание осадочных пород привело к нарушению в породах термодинамического равновесия и практически полностью изменило гидродинамику недр.

Охлаждение водонасыщенных пород осадочного чехла сопровождается, в одних случаях, переходом воды, насыщающей поровое пространство, в твердую фазу — лед, в других — простым понижением температуры воды. В геокриологии породы, в которых вода из-за высокой минерализации находится в жидкой фазе, несмотря на отрицательную температуру, называются морозными, а там, где в твердой — мерзлыми.

В Западной Якутии к криолитозоне с преобладанием в верхней части морозных пород может быть отнесена Непско-Ботуобинская антеклиз, с преобладанием мерзлых — Вилуйская синеклиза.

Распределение пластовых давлений в разрезах пород Вилуйской синеклизы подчиняется определенным закономерностям (рис. 1). Региональные флюидоупоры, как правило, характеризуются скачком давления. Под толщей многолетнемерзлых пород (первый региональный флюидоупор) пластовые давления в водоносных горизонтах имеют аномально низкие значения. Следующий региональный флюидоупор также характеризуется скачком, и давление становится близким к гидростатическому. В отложениях, где имеются замкнутые, линзовидные коллекторы, пластовые давления характеризуются аномально высокими значениями.

Практика разработки газовых залежей на Собо-Хаинском, Усть-Вилуйском и Мастахском месторождениях показала, что при их эксплуатации практически отсутствовал газовый режим, поступление вод в залежь отмечалось сразу с начала разработки. Средняя скорость продвижения законтурной воды в газовую залежь пласта J1-III-A на Усть-Вилуйском месторождении составила 1,5 м в сутки. На Мастахском месторождении (залежь J1-I) вертикальная скорость подъема подошвенной воды по некоторым свижинам достигала 7 м в год, а скорость продвижения законтурных вод была того же порядка, что и на Усть-Вилуйском месторождении. Коэффициент извлечения газа по отработанным залежам не превышал 50 %. Остаточная газонасыщенность в обводненной части залежи J1-I Мастахского месторождения, по геофизическим данным, около 40 %, что выше таковой, рассчитанной по методам Р.Л.Гарринга, А.И.Ширковского для условий водонапорного режима. На Усть-Вилуйской, Бадаранской и Мастахской площадях из угленосных нижнемеловых и верхнеюрских отложений, не имеющих в своем составе региональных флюидоупоров, с глубин 600—900 м были получены аварийные фонтаны газа. В процессе испытания скважин газопрооявления отмечались практически под любым флюидоупором, вплоть до подошвы ММП. Приведенные факты, свидетельствующие об усилении процессов вертикальной миграции флюидов, позволяют предполагать существование в недрах под ММП выжимающего давления — криогенного напора.

Считается, что образование пластовых льдов, пу-



чение водонасыщенных дисперсных пород и другие проявления криодиапиризма вызваны перемещением вод в промерзающих породах под действием криогенного напора. В настоящее время последний еще не достаточно изучен, особенно в отношении сил, которые приводят к деформациям пород. Эти силы связываются с кристаллизацией воды в порах, увеличивающей свой объем с давлением роста кристаллов льда, а также с давлением, возникающим в тонких вымерзающих пленках влаги. Кроме температурного поля, на миграцию влаги оказывают влияние и другие внешние физические поля (электрическое, магнитное, силы тяжести и др.). По мнению Ш.Ш.Гасанова [1], из всех существующих гипотез, объясняющих происхождение пластовых льдов, наибольшей предсказательной силой обладает инъекционная гипотеза, согласно которой инъекционный лед является продуктом замерзания воды, внедрившейся под напором вдоль водопроницаемых пород,

т. е. вмещающие породы раздвигаются под давлением воды, а не растущими кристаллами льда.

Однако инъекционная гипотеза ограничивается рассмотрением сил, возникающих в мерзлых и промерзающих породах, и не рассматривает силы, возникающие в осадочных породах, которые залегают ниже криолитозоны. По нашему мнению, выжимающий — криогенный напор возникает по всему разрезу осадочного чехла, а не только в мерзлой и промерзающей толщах. При переходе воды в лед на жидкую фазу, находящуюся в порах пород под ММП, перестает действовать гидростатическая нагрузка и начинается действовать геостатическая. Если до промерзания пластовое давление  $P_{пл} = \gamma H$ , где  $H$  — глубина,  $\gamma$  — усредненная плотность воды, то после промерзания пластовое давление воды будет определяться массой пород мерзлой зоны и эффективными (фиктивными) напряжениями, релаксировавшими во времени:  $P_{пл} = \gamma_m H - P_{эф}$ , где  $\gamma_m$  — усредненная плотность пород мерзлой зоны,  $P_{эф}$  — эффективное (фиктивное) давление, равное величине релаксированным напряжениям.

Толща мерзлых пород может рассматриваться как плита, которая увеличивает вертикальную компоненту напряжений в породах, залегающих ниже ММП, и выжимает воду в зону промерзания. В породах, из которых вода под действием криогенного напора может свободно отжиматься, пластовые давления аномально низкие, там где такая возможность отсутствует — аномально высокие. Промежуточные, гидростатические пластовые давления характеризуют зону, где отжатие воды затруднено. Таким образом, величины пластовых давлений в разрезах осадочного чехла при наличии толщ ММП определяются в основном приращением вертикальной компоненты напряжений при переходе воды в лед и условиями отжатия воды.

Промерзание приводит к резкому увеличению вертикальных градиентов давлений, а, следовательно, и к усилению вертикальной миграции. Можно предположить, что ММП «работают» как гигантский пресс, выжимающий флюиды из осадочного чехла. Данный процесс способствует перераспределению залежей углеводородов из ниже- в вышележащие горизонты, вплоть до верхнего регионального флюидоупора — толщ ММП. Поэтому интервал разреза осадочных пород от подошвы ММП до регионального флюидоупора должен стать объектом специального изучения. Площадное распространение ловушек, образованных толщ ММП или локальными флюидоупорами, может не совпадать со структурным планом ловушек в нижележащих отложениях. Нефтегазные пласты, образованные в результате действия криогенного напора, могут обладать некоторыми особенностями, затрудняющими их выделение стандартной методикой геофизических исследований.

Если в отложениях Вилуйской синек-

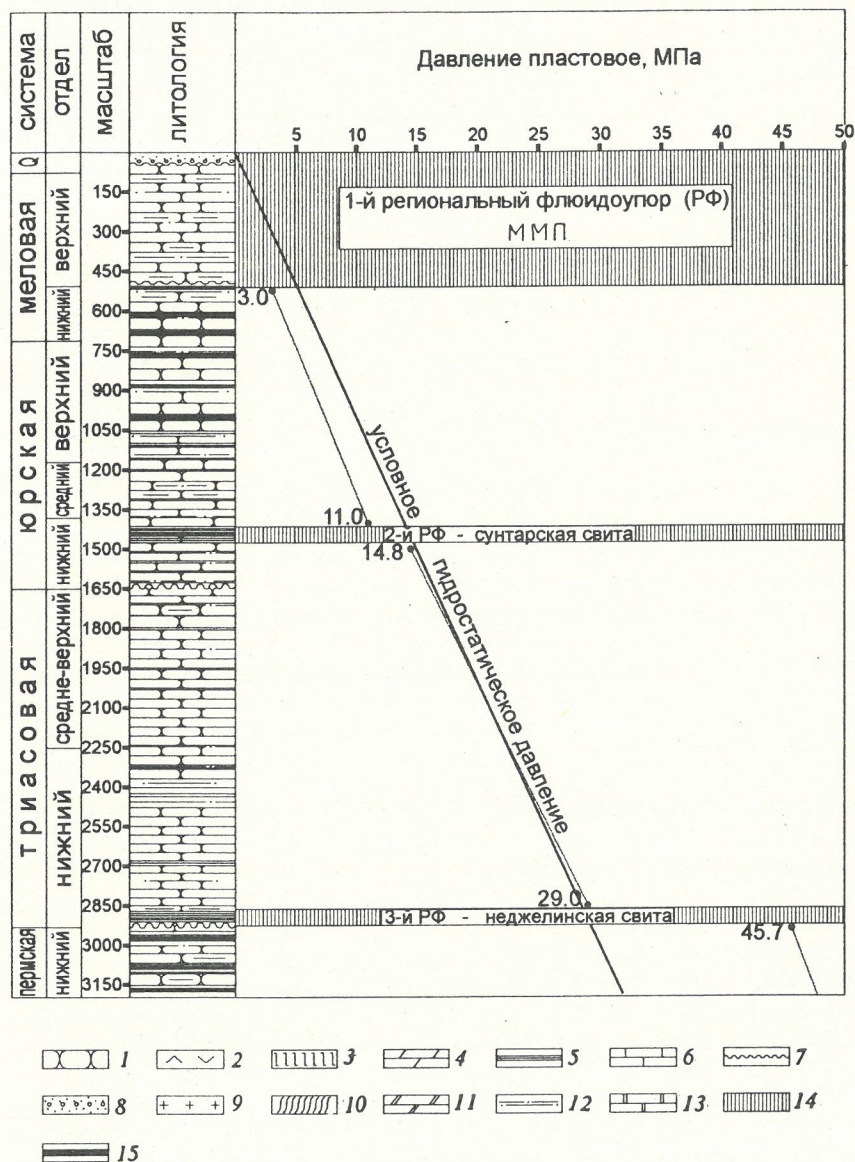


Рис. 1. Закономерности распределения пластового давления в разрезе Хапчагайского меговала Вилуйской синеклизы:

1 — песчаник; 2 — гипс, ангидрит; 3 — диабаз, долерит; 4 — мергель; 5 — глина, аргиллит; 6 — известняк; 7 — границы несогласий; 8 — галечник; 9 — каменная соль; 10 — кристаллический фундамент; 11 — доломитовый мергель; 12 — алевролит; 13 — доломит; 14 — региональные флюидоупоры; 15 — уголь



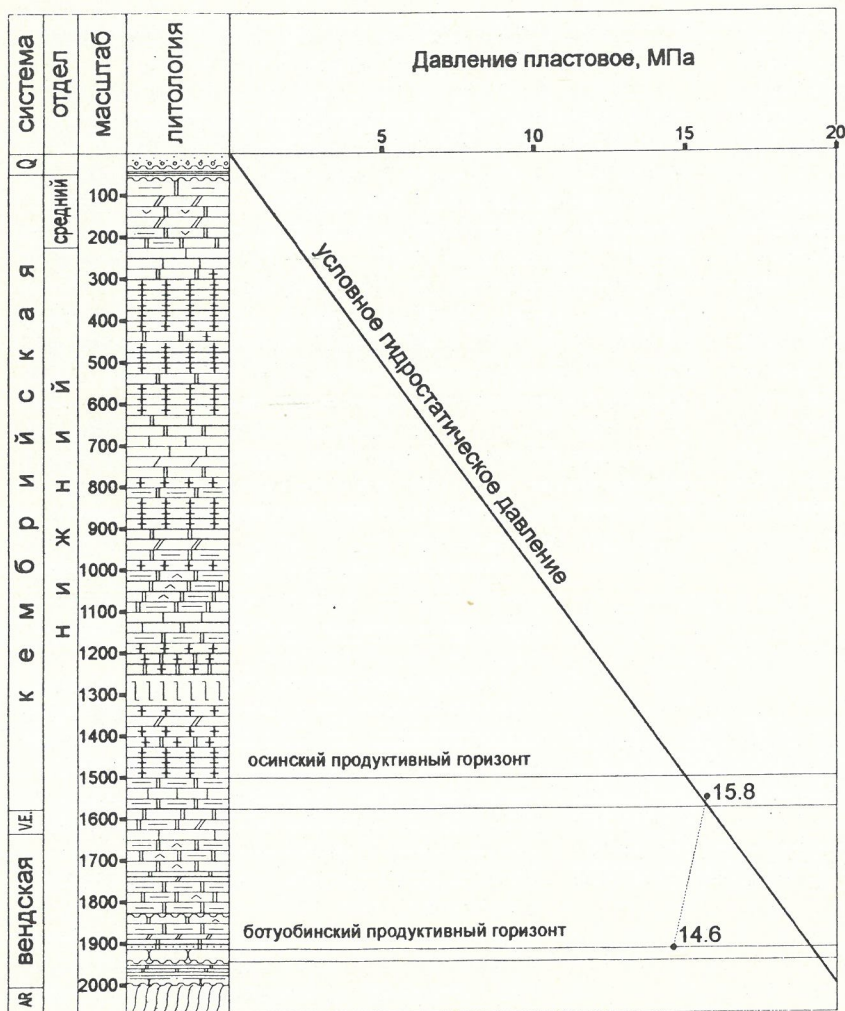


Рис. 2. Закономерности распределения пластового давления в разрезе Мирнинского выступа Непско-Ботубинской антеклизы:

условные обозн. см. на рис. 1

лизы аномально низкие пластовые давления приурочены к верхней — подмерзлотной части разреза осадочных пород, то в отложениях Непско-Ботубинской антеклизы наблюдается диаметрально противоположная картина — аномально низкие пластовые давления приурочены к нижней, вплоть до кристаллического фундамента, части разреза (рис. 2). Однако, несмотря на подобное различие, их природа одинакова и определяется понижением температуры пород [2, 3]. В замкнутых геогидродинамических системах при понижении температуры происходит уменьшение упругой энергии (пластового давления) вследствие сокращения объемов твердой и жидкой фаз, и пластовые давления становятся аномально низкими. Как известно, снижение пластового давления вызывает дегазацию нефти и может изменить условия ее залегания. Коэффициент растворимости газа в нефти изменяется в широких пределах от десятых долей единицы до  $1 \text{ м}^3$  и более газа в  $1 \text{ м}^3$  нефти при падении давления на  $10^5 \text{ Па}$ . Например, в залежах ботубинского продуктивного горизонта из  $1 \text{ м}^3$  нефти при имевшем место снижении давления в  $7 \text{ МПа}$  [2], может выделиться более  $100 \text{ м}^3$  газа. Газ, выделяющийся из нефти, будет образовывать газовую шапку, отжимать нефть и вытеснять ее за пределы ловушки. В зависимости от начальных термодинамических условий, запасов нефти, ее газонасыщенности и размеров ловушки на месте нефтяного

месторождения может образоваться нефтяное месторождение с газовой шапкой или газоконденсатное месторождение с нефтяной оторочкой. Положение газо- и водонефтяного контактов в залежах может не подчиняться общим закономерностям, поскольку оно определяется не гидродинамикой системы, а динамикой выжимания нефти газом, зависящей от скорости изменения температуры и давления, закономерностей распределения зон улучшенной проницаемости, расположения и проводимости разрывных нарушений, физических свойств нефти и т. д. Нефть, выжатая за пределы ловушки, мигрируя вверх по разрезу, может образовывать самые разнообразные типы залежей и аккумулироваться в коллекторах и ловушках любого генезиса и времени образования.

Таким образом, нарушение термодинамического равновесия в породах осадочного чехла приводит к перераспределению залежей нефти и газа из ниже- в вышележащие горизонты. Для изучения закономерностей пространственного положения вновь сформированных (криогенных) залежей и предотвращения газовых фонтанов, необходима разработка методических основ их поиска.

Необходимо внесение корректив и в проекты разработки. По нашему мнению, для повышения коэффициента извлечения углеводородов из недр при эксплуатации залежей в условиях существования криогенного напора необходимо, чтобы пластовое давление в залежи, хотя бы в начальный период разработки, было выше давления в законтурных водах. Для газовых залежей это условие может быть выполнено путем со-

здания искусственной депрессии в водоносной части пласта, для нефтяных — созданием в залежи искусственной «газовой шапки».

В районах, где в верхней части разреза преобладают мерзлые (сцементированные льдом) породы, пластовые давления по своей природе являются аномально высокими. В районах, где преобладают морозные (охлажденные) породы, пластовые давления в результате потери упругой энергии являются аномально низкими, что должно быть учтено при опробовании скважин.

Из всего сказанного можно сделать следующие выводы.

1. Закономерности распределения пластовых давлений в породах осадочного чехла при охлаждении определяются характером промерзания (переход воды в лед или в случае высокой минерализации воды простым понижением температуры пород).

2. Нарушение термодинамического равновесия осадочных пород при промерзании приводит к перераспределению залежей газа и нефти из ниже- в вышезалегающие горизонты. Для изучения закономерностей залегания вновь сформированных (криогенных) залежей необходима разработка методических основ их поиска.

3. Промерзание осадочных пород практически полностью изменило гидродинамику недр осадочного чехла Якутии, а происшедшие изменения на-



столько существенны, что их необходимо учитывать как в практике поисково-разведочных работ, так и при разработке месторождений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гасанов Ш.Ш. К проблеме происхождения пластовых залежей

подземного льда // Пластовые льды криолитозоны. Якутск, 1982. С. 119—121.

2. Граусман А.А., Граусман В.В., Дыбина Н.А. Геогидродинамические системы, вопросы их эволюции и моделирования на ЭВМ — Якутск, 1995.

3. Фукс Б.А., Фукс А.Б. Причины различных пластовых давлений в газоконденсатных залежах Непского свода // Геология нефти и газа. 1976. № 10. С. 45—48.

УДК 553.981:551.736

© А.Ф.Сафронов, А.В.Бубнов, Г.В.Ивенсен, 1997

## Проблема газоносности пермских отложений Хапчагайского мегавала

А.Ф.САФРОНОВ, А.В.БУБНОВ, Г.В.ИВЕНСЕН

Хапчагайский мегавал расположен в центральной приосевой части Вилуйской синеклизы. Географически это нижнее течение р. Вилуй. В субширотном направлении вал протянулся на 200 км и более при ширине 40—50 км. На севере Хапчагайский мегавал ограничен Линденской впадиной, на юге — Южно-Хапчагайским мегапрогибом, представляющими собой области значительного мезозойского (ранне-мелового) прогибания. К осевой зоне мегавала приурочены Средневилуйская, Толонская, Мастахская, Соболох-Неджелинская, Бадаранская структуры, контролирующие залежи газа в верхнепермских, нижнетриасовых и нижнеюрских отложениях. Это почти симметричные брахиантиклинальные площади 200—400 км<sup>2</sup>, размерами (20÷30)×(10÷20) км, с соотношением осей от 1:1,6 до 1:2,7 и амплитудой 300—500 м. В присводовой части Хапчагайского поднятия и на его склонах по данным сейсморазведки выделены структуры меньших размеров. Они имеют площадь 20—40 км<sup>2</sup> и отличаются от структур осевой зоны более вытянутой формой и меньшей амплитудой, не превышающей 70—100 м.

Полученные притоки газа, иногда переходящие в аварийное фонтанирование (скв. 1 Средневилуйской площади — дебит 1,5 млн. м<sup>3</sup>/сут, скв. 4 — дебит около 2,5 млн. м<sup>3</sup>/сут и скв. 6 Неджелинской площади), аномально высокие пластовые давления в пермских продуктивных горизонтах, отсутствие притоков воды из горизонта Р<sub>2</sub>-I позволяют говорить о высокой перспективности верхнепермских отложений Хапчагайского мегавала. Было высказано предположение о наличии единого газового поля по пермским отложениям, охватывающего, по мнению специалистов ПГО «Ленанефтегазгеология», Мастахское, Соболохское и Неджелинское месторождения. По представлениям других исследователей, это поле охватывает практически все структуры Хапчагайского поднятия, включая Бадаранскую, с расположением ГВК на отметке 3800—3900 м.

Проведенные в конце 60-х — начале 70-х годов работы на Средневилуйском, Толонском, Мастахском, Соболох-Неджелинском месторождениях не дали однозначного ответа о возможности существования указанного единого газового поля. Примерно 35 % испытанных объектов дали относительно высокодебитные притоки газа (200—400 тыс. м<sup>3</sup>/сут), остальные характеризовались непромышленными притоками газа или вообще оказывались «сухими».

В дальнейшем работы по изучению потенциала верхнепермских коллекторов Хапчагайского мегавала производственными организациями были прекращены, и вопрос о масштабах газоносности пермских отложений остался открытым. Вместе с тем, на наш

взгляд, пермские отложения Хапчагайского мегавала представляют собой объект, в котором возможно наращивание запасов газа.

Резкая изменчивость дебитов при испытании скважин может быть обусловлена как первичными, так и вторичными причинами. К первичным относятся низкие фильтрационно-емкостные характеристики пород и их резкая неоднородность по вертикали и горизонтали, ко вторичным — отрицательное воздействие на проницаемость призабойной зоны применявшихся промывочных жидкостей.

Верхнепермские отложения, вскрытые глубоким бурением, представлены толщей неравномерного переслаивания серых, светло-серых и зеленовато-серых средне- и мелкозернистых песчаников (отдельные прослои представлены крупнозернистыми разностями), серых и темно-серых алевролитов, темно-серых и черных аргиллитов. Толщина отдельных частей разреза, в которых преобладают песчаные или алевроито-глинистые породы, колеблется в широких пределах: от первых до 200 м. При этом максимальная мощность преимущественно песчаных толщ не превышает 40 м.

Песчаники характеризуются хорошей и средней степенью сортировки обломочного материала. Степень окатанности зерен различная: от окатанных и полуокатанных до угловато-остроугольных и совершенно неокатанных таблитчатой формы зерен кварца и плагиоклазов. По петрографическому составу обломочного материала песчаники относятся к мезомиктовым кварцевым, полевошпатово-кварцевым грауваккам и граувакковым аркозам.

Цемент по составу преимущественно глинистый, содержание его не превышает 20 %. Он представлен гидрослюдой, смешанослойными минералами типа гидрослюда-монтмориллонит, монтмориллонитом и каолинитом. По типу цементации преобладают базально-поровый и порово-пленочный цементы. Базальный тип цементации наблюдается в случае присутствия в породе карбонатного цемента.

В результате экспериментальных исследований было установлено, что при взаимодействии пород с моделями реальных буровых растворов происходит разбухание частиц глинистого цемента песчаников, состоящего из монтмориллонита и смешанослойных минералов [3].

По данным лабораторных исследований, горизонт Р<sub>2</sub>-I Соболох-Неджелинского месторождения сложен преимущественно коллекторами V и VI классов (по А.А.Ханину). В пределах Толон-Мастахского месторождения более 60 % изученных образцов из горизонта Р<sub>2</sub>-I отнесены к коллекторам IV класса и около 30 % — V и VI классов. Породы-коллекторы,



отнесенные к III классу, встречены в разрезе Неджелинской площади. Вместе с тем, объективно можно предположить более широкое развитие в разрезе пород-коллекторов с достаточно высокими фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС), если допустить, что наиболее пористые разности песчаников более подвержены разрушению в процессе бурения, и керн таких песчаников не выносится на дневную поверхность.

Наряду с коллекторами гранулярного типа в пермском разрезе Хапчагайского мегавала присутствуют породы со смешанной порово-трещинной емкостью [1]. Основанием для такого утверждения является получение промышленных притоков газа из пластов, не имеющих, по данным промысловой геофизики, признаков коллектора (Неджелинская площадь, скв. 20; Толонская площадь, скв. 7; Мастахская площадь, скв. 9 и др.).

Установить какие-либо четкие закономерности зависимости коллекторских свойств пород пермского разреза от их литологической характеристики довольно сложно, что объясняется в первую очередь весьма высокой степенью их катагенетической преобразованности. В частности, отмечается определенная тенденция улучшения фильтрационно-емкостных свойств пород с увеличением медианного размера зерен и их ухудшения с увеличением количества цемента. Так, для горизонтов  $P_2-I$  и  $P_2-II$  в сводовых частях Неджелинской и Мастахской структур отмечается некоторое улучшение качества коллекторов, обусловленное увеличением медианного размера зерен, что, по-видимому, следует связывать с развитием здесь отложений русловых фаций [2]. Влияние вещественного состава пород на коллекторские свойства в известной мере отмечается при анализе кернового материала горизонта  $P_2-II$ . Здесь переход от граувакковых аркозов к полевошпатово-кварцевым грауваккам сопровождается некоторым снижением фильтрационно-емкостных параметров, в частности сокращается доля образцов, относящихся к III классу коллекторов. Эта же закономерность прослеживается и для горизонта  $P_2-I$ , по данным ГИС. Средневзвешенный коэффициент открытой пористости  $K_{п}$  песчаников этого горизонта на Соболах-Неджелинском месторождении (преобладают аркозовые и мезомиктовые песчаники) составляет 15 %, а на Толон-Мастахском (преобладают грауваки) — 13 %. При этом средний коэффициент остаточной водонасыщенности возрастает соответственно с 39 до 42 %.

Анализ результатов испытания скважин, интерпретация данных ГИС и лабораторные определения коэффициентов газопроницаемости и открытой пористости позволяют приблизительно установить граничное значение последнего для промышленного коллектора в области 12 % при коэффициенте остаточной водонасыщенности 44–50 %.

Вместе с тем, резкие отличия дебитов газа наблюдались и при близких коэффициентах открытой пористости. Так, в скв. 11 на Мастахской площади при  $K_{п}$  12,7 % был получен приток 162 тыс.  $m^3/сут.$ , а в скв. 16 на этой же структуре при испытании объекта с  $K_{п}$  12,8 % дебит составил 6 тыс.  $m^3/сут.$  При испытании пласта  $P_2-I$  в скв. 13 на Соболахской площади ( $K_{п} > 16$  %) был получен приток газа, дебитом 1,6 тыс.  $m^3/сут.$ , в скв. 14 на Неджелинской площади ( $K_{п}$  16,8–19 %) притока отмечено не было, а в скв. 4 на той же структуре ( $K_{п}$  10,5–13 %) в открытом стволе был получен приток газа, дебитом

около 2,5 млн.  $m^3/сут.$  Таким образом, резкую изменчивость дебитов газа из песчаников с близкими ФЕС можно объяснить существенным влиянием технологии вскрытия.

Весьма показательны в этом плане результаты бурения скв. Р-1 на Средневилюйской площади (1963–1964 гг.). Проходка ее велась с промывкой неутяжеленным раствором, поскольку в те годы не имелось информации о наличии АВПД. После вскрытия верхнепермского разреза (в процессе бурения на глубине 2952 м скорость бурения резко возросла) начались сильные газопроявления, переходившие в выбросы. В дальнейшем скважина перешла на фонтанирование с дебитом около 1,5 млн.  $m^3/сут.$  Скважина была ликвидирована после закачки в нее нескольких тысяч кубометров воды и цементирования через буровые трубы.

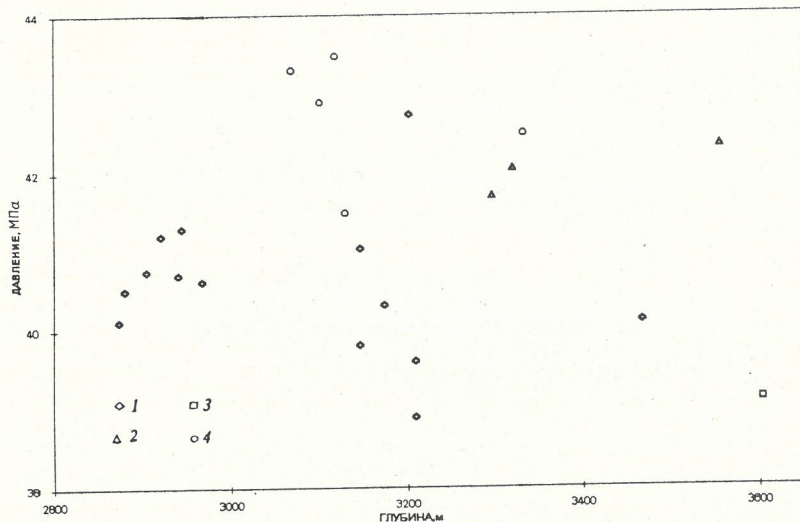
В последующем вскрытие пермских отложений проводилось на растворах с плотностью 1,35–1,42  $г/см^3$ . В качестве утяжелителей использовались гематит и барит. Так, в непосредственной близости от скв. Р-1 в 1974 г. на утяжеленном растворе была пробурена скв. 21. В интервале 2932–2960,5 м из горизонта  $P_2-Ia$  был получен приток газа до 150 тыс.  $m^3/сут.$  Следовательно, можно с уверенностью предположить, что использование при вскрытии пермских отложений с АВПД утяжеленных глинистых растворов (плотность которых не всегда строго контролировалась) приводило иногда к существенным репрессиям на призабойную зону пласта и формированию значительных по глубине зон проникновения фильтрата бурового раствора. Взаимодействие последнего с глинистым цементом пород-коллекторов приводило к разбуханию глинистых частиц и уменьшению сечения поровых каналов. Этот процесс способствовал снижению проницаемости пород, особенно в случае сложной структуры порового пространства.

Отрицательное воздействие технологических факторов на продуктивность пермских коллекторов позднее было оценено при разведке Среднетюнгского газоконденсатного месторождения, расположенного в северо-западной части Вилюйской синеклизы. В пробуренной на известково-битумном растворе скв. 238 высокодебитные притоки газа (214–870 тыс.  $m^3/сут.$ ) были получены из пластов, дебиты которых на близрасположенных скважинах (222, 232, 233, 243) не превышали 14,5 тыс.  $m^3/сут.$

Изучение распределения пластовых давлений, измеренных в верхнепермских продуктивных коллекторах, показывает, что аналогичными anomalно высокими пластовыми давлениями характеризуются также вышележащие залежи раннетриасового возраста (пласт  $T_1-IV6$ ), приуроченные к линзам песчаников в глинистой неджелинской свите. Экраном для АВПД является неджелинская свита нижнего триаса, выше которой пластовые давления приближаются к гидростатическим.

Газодинамическая характеристика пермо-триасового комплекса ( $P_2-T_1-IV6$ ) по площади весьма неоднородна (рисунки). Анализ результатов оценки пластовых давлений позволяет высказать предположение, что измерения этого важнейшего параметра выполнены со значительными погрешностями. Наиболее четко указанная погрешность выявляется при сравнении результатов, полученных с помощью глубинных манометров и в результате пересчета устьевых давлений. Так, при испытании пласта  $T_1-IV6$  в скв. 20 Неджелинской площади давление, измерен-





Газодинамическая характеристика пермо-триасового комплекса ( $P_2-T_1-IV_6$ )

ное глубинным манометром, составило 39,82 МПа, а расчетное 41,04 МПа. В горизонте  $P_2-I$  той же скважины измеренное пластовое давление равно 39,6 МПа, расчетное 38,9 МПа. При исследовании пласта  $T_1-IV_6$  скв. 3 Собоховской площади пластовое давление, измеренное глубинным манометром, составило 37,6 МПа, расчетное 40,43 МПа. При сравнении расчетных давлений по одной и той же скважине также наблюдаются расхождения, максимальные значения которых отмечаются в скв. 22 Нежелинской площади.

Можно предположить, что пластовые давления пермо-триасового комплекса Собохов-Нежелинского и значительной части Мастахской структуры Толон-Мастахского месторождений близки между собой, что не исключает возможности существования здесь единой газодинамической системы. Обращает на себя внимание факт полного отсутствия связи между пластовыми давлениями и абсолютными отметками испытанных объектов, что, по всей вероятности, указывает на то, что рассмотренные залежи не контролируются гидродинамическим фактором.

Опыт разработки пермских залежей Хапчагайского мегавала свидетельствует: залежь  $P_2-I$  Мастахского месторождения разрабатывается с 1973 г.; в скв. начальное пластовое давление (декабрь 1973 г.) составляло 42,9 МПа, а в октябре 1995 г. 26,3 МПа. Всего за этот период было отобрано из этой скважины 539,5 млн.  $m^3$  газа. В декабре 1983 г. была пущена в эксплуатацию скв. 105. Пластовое давление в ней в июле 1985 г. составляло 29,8 МПа, а в ноябре 1996 г. — 25,8 МПа. За этот период из скважины было отобрано 1 млрд 141 млн.  $m^3$  газа. Исходя из простого соотношения добытого газа (22 % начальных запасов залежи) и величины падения пластового давления (40 % начального), можно сделать вывод о работе скважин в газовом режиме и отсутствии по-

дошвенной воды в дренируемой зоне. В аналогичном режиме, на наш взгляд, работала и скв. 21 на Средневиллюйском месторождении (залежь  $P_2-Ia$ ). В феврале 1975 г. скважина была введена в пробную эксплуатацию. В сентябре 1978 г. было отмечено некоторое уменьшение дебитов. С перерывами скважина эксплуатировалась до 1986 г. На заключительном этапе эксплуатации этой скважины отмечался пульсирующий режим, не сопровождавшийся проявлениями пластовой воды.

Анализ всей имевшейся в нашем распоряжении информации позволяет сделать следующие выводы: пермские отложения Хапчагайского мегавала до абсолютной отметки 3800—3900 м представляют собой единую газонасыщенную зону, в пределах которой газом насыщены как низкопроницаемые песчаники, так и песчаники, характеризующиеся более высокими ФЕС. Последние слагают линзовидные тела, представленные средне-мелкозернистыми песчаниками с преобладанием кварца в обломочной части и содержащими не более 10 % глинистого цемента преимущественно каолинитового состава; известные к настоящему времени газовые залежи в пермских отложениях приурочены к этим линзовидным телам и характеризуются отсутствием подошвенных вод; несомненное влияние на результаты испытания скважин и их продуктивность оказывают технологические факторы: тип промысловой жидкости, величина репрессии на пласт, продолжительность воздействия промысловой жидкости на прискважинную зону коллектора, технология испытания скважин. Следовательно, проблема газонасыщенности пермских отложений Хапчагайского мегавала представляет собой технологическую проблему, которая может быть решена путем совершенствования технологии вскрытия и применения высокоэффективных способов вторичного воздействия на пласт, например, путем массивного гидроразрыва. В качестве примера разработки низкопроницаемых песчаников со средней проницаемостью  $1 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup> и ниже можно привести гигантское газовое скопление в нижнемеловых песчаниках Дип-Бэзин, расположенное в зоне предгорий впадины Альберта в Западной Канаде [4].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бубнов А.В., Колотущенко Л.Д. Выделение пластов-коллекторов в пермо-триасовых отложениях Хапчагайского мегавала методами промысловой геофизики // Поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений в Якутской АССР. Якутск, 1976. С. 124—132.
2. Гурова Т.И., Рояк Р.С., Чернова Л.С. Характеристика резервуаров нефти и газа в отложениях перми и триаса Виллюйской синеклизы // Геология и нефтегазоносность Сибирской платформ: Тр. СНИИГТИМС. 1981. Вып. 292. С. 113—119.
3. Сафронов А.Ф., Дьяконов Д.Г., Коновалов В.М. Влияние твердой фазы буровых растворов на проницаемость пласта в призабойной зоне // Бурение. 1981. Вып. 1. С. 36—38.
4. Masters J.A. Deep Basin gas trap, Western Canada. AAPG Bull., 1979. Vol. 63. № 2. P. 152—181.

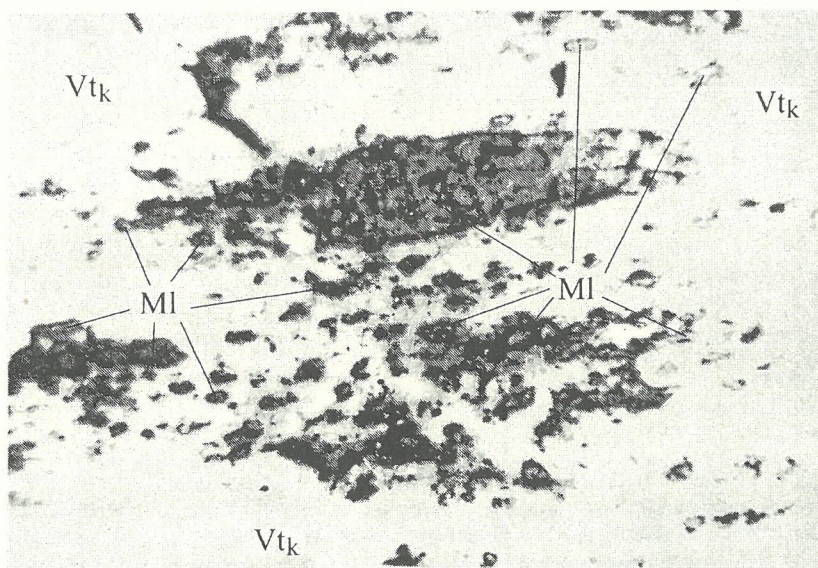


# Карбокластит — новая разновидность углей

Д.В. МИТРОНОВ

В практике углепетрографических работ среди минеральных включений в углях принято выделять пять групп: глинистые минералы, сульфиды железа, карбонаты, оксиды кремния и прочие минералы. Для обозначения микролитотипов углей, тесно связанных с определенной группой минералов, номенклатурной комиссией Международного комитета по петрологии углей введены термины — карбопирит, карбанкерит и карбаргиллит, которые содержат повышенное количество соответственно сульфидов железа (5–20 %), карбонатных (20–60 %) и глинистых (20–60 %) минералов.

При детальном изучении вещественного состава углей Эльгинского месторождения (Южная Якутия) встречен новый микролитотип с содержанием обломочных зерен оксидов кремния, полевых шпатов и других минералов в количестве 15–40 % и более. Отмечена тесная связь различных обломочных зерен, а также небольшого количества слюд и глинистых минералов с различными микролитотипами углей. В отраженном свете обломочные зерна серые и темно-серые (темнее, чем витринит), с высоким микрорельефом (рисунок). Их размер соответствует пелитовой, алевроитовой и псаммитовой фракциям, в единичных случаях отмечены очень крупные включения (0,1×1 см), представленные фенокристаллами плагиоклазов. Сортировка материала отсутствует. Встречаются как изометричные, так и удлинённые обломки, окатанность преимущественно плохая, форма угловатая, оскольчатая, остроугольная и экзотическая, характерная для мелких лапиллей застывшего вулканического стекла — «слез Пеле». Присутствуют также «окатанные» зерна с шиповидными и игольчатыми выступами. Крупные зерна, как правило, разбиты трещинами. Ориентировка обломков беспорядочная: они расположены параллельно, перпендикулярно и под различными углами к напластованию. В проходящем свете в удлинённых обломках и фенокристаллах полевых шпатов достаточно часто отмечаются полисинтетические двойники, ориентированные поперек удлинения. Вместе с минеральными обломочными зёрнами в таких углях постоянно отмечаются привнесенные фрагменты растительных тканей различных размера и степени фюзенизации. Характер минеральных зерен и растительных фрагментов свидетельствует о том, что эти обломки привносились в торфяники аэральным путем во время небольших, но многократных извержений вулканов, синхронных торфонакоплению. Тем самым, подтверждается точка зрения о значительном влиянии процессов вулканизма на накопление угленосных осадков и формирование угольных месторождений [1, 2]. Для обозначения подобного микролитотипа, содержаще-



Включения обломочных зерен разной размерности (MI) в витрините (Vtk) (Эльгинское месторождение, пласт У4, скв. 1050, гл. 274,4 м; отраженный свет, × 95)

го повышенное количество (15–40 %) обломочных зерен оксидов кремния, полевых шпатов и других минералов, предлагается термин — карбокластит.

На Эльгинском месторождении карбокластиты слагают тонкие пласты или отдельные пачки мощных пластов. Макроскопически такие угли могут быть комплексно-полосчатыми, полуматовыми и матовыми. На силу блеска в большей степени оказывает влияние количество минеральных примесей, а в меньшей — содержание фюзенизированных компонентов. Исследования рядовых углей показали, что все пласты Эльгинского месторождения являются высокозольными (20–35 %). Вследствие тесного срастания органической массы и минеральных включений угли становятся более прочными и труднообогащаемыми. Это подтверждается результатами фракционного анализа: выход концентрата класса 1–13 мм 78,5–89,6 %; зольность углей фракции плотностью менее 1800 кг/м<sup>3</sup> 16–27,5 % [3]. Кроме Эльгинского месторождения, карбокластиты встречаются в образцах углей из пластов Худурканской площади (Токинский район) и Гонамского района Южно-Якутского каменноугольного бассейна.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Желинский В.М., Корнет В.Н., Каримова С.С. и др. Новый генетический тип угольных месторождений Южной Якутии // Геология и геохимия нефтегазоносных районов Якутии. Якутск, 1987. С. 110–122.
2. Желинский В.М., Корнет В.Н. Мезозойский вулканизм и его роль в формировании угольных месторождений Южной Якутии // Ресурсы, качество, комплексное использование углей. Экология: Тез. докл. Ч. I. — Ростов-на-Дону, 1991. С. 152–154.
3. Фаткуллин И.Я., Каримова С.С., Павлик М.И. и др. Предварительная оценка и прогноз качества углей Эльгинского месторождения // Новые угленосные районы Южно-Якутского бассейна. Якутск, 1985. С. 79–87.



# Главные периоды кульминационного метаморфизма на Алданском щите

А.П.СМЕЛОВ, В.И.БЕРЕЗКИН

Проблемы формирования раннедокембрийской континентальной земной коры — одни из приоритетных в зарубежной и отечественной геологии. Наиболее дискуссионными из них, без решения которых невозможны создание геодинамических моделей становления сиалической коры и металлогенический анализ докембрийских провинций, долгое время остаются вопросы пространственно-временных соотношений между высоко- и низкометаморфизованными областями — главными геотектоническими элементами строения докембрийской коры. Среди других эндогенных процессов в решении проблем важная роль отводится метаморфизму, дающему объективную информацию о физико-химических условиях глубинного петрогенезиса и геотермического состоянии коры на разных стадиях ее развития.

На Алданском щите до 90-х годов была проведена фациальная и сериальная типизация метаморфизма геологических комплексов, возраст которых прямо коррелировался со степенью метаморфизма. В последние 15 лет эти исследования сопровождались интенсивным минералого-геохимическим геотермометрированием. За 35 лет существования лаборатории геологии докембрия ЯИГН СО РАН, долгое время возглавлявшейся В.И.Кицулом, именно этим вопросам придавалось первостепенное значение. Полученные в последние годы, хотя и немногочисленные, новые данные по изотопному возрасту пород и минералов Алданского щита [5—7, 15, 16 и др.] и обобщенные в ряде работ [3, 9, 14] позволяют с новых позиций подойти к периодизации кульминационных метаморфических событий в Олекминской гранит-зеленокаменной (ОГЗО) и Алданской гранулит-гнейсовой областях (АГГО), слагающих большую часть щита.

Тектоническое районирование Алданского щита основано на различиях в вещественных характеристиках слагающих его комплексов, последовательно-

сти и условиях проявления в них эндогенных процессов и характере главных структур. В соответствии с этими принципами наиболее существенные различия имеют два крупных тектонических домена — Алданский (собственно Алданский щит) и Становой, граничащих по Становой зоне разломов [4]. Алданский домен — главный объект настоящего исследования. Он сложен кристаллическими комплексами, представленными нестратифицируемыми породами гранитоидного состава с резко подчиненным количеством основных кристаллических сланцев (инфракрустальный комплекс) и метаморфизованными осадочными и вулканогенными породами (супракрустальный комплекс). Нестратифицированные образования занимают не менее 50 % площади и часто являются вмещающими для супракрустальных, которые слагают сравнительно небольшие по площади изолированные и сложнорасчлененные выходы [10]. По формационному составу и степени метаморфизма пород инфра- и супракрустального комплексов щит расчленяется на три главных тектонических элемента: АГГО в его центральной части и расположенные соответственно к западу и востоку от нее Олекминскую и Батомгскую гранит-зеленокаменные области (рис. 1). В АГГО выделяются блоки, отличающиеся типами метаморфических формаций и их сочетаниями [9], а также условиями гранулитового метаморфизма [10]. Современное расположение блоков контролируется разломами, объединяемыми в Становую, Амгинскую и Тындинскую системы.

Близкие по формационному составу и условиям метаморфизма блоки обычно объединяются в структурно-формационные зоны (СФЗ): Центрально-Алданскую (Нимнырский, Мелемкенский блоки), Южно-Алданскую (Курультинский, Зверевский блоки), Западно-Алданскую (Чугинский блок), Иджеко-Сутамскую (Сеймский, Сутамский блоки) и

Восточно-Алданскую (Холбохский, Суннагинский, Тындинский, Тындинский, Тангракский блоки) [4, 10]. Заложение и развитие СФЗ происходило на протяжении всего раннего докембрия [2, 9]. Большинство разломов между разномасштабными тектоническими элементами щита представляют собой вторичные или существенно искаженные ранние границы, что затрудняет применение традиционных геологических методов для установления возрастных соотношений между комплексами и процессов, протекавших в них.

В основу выделения главных периодов метаморфизма легли изотопные датировки, выполненные

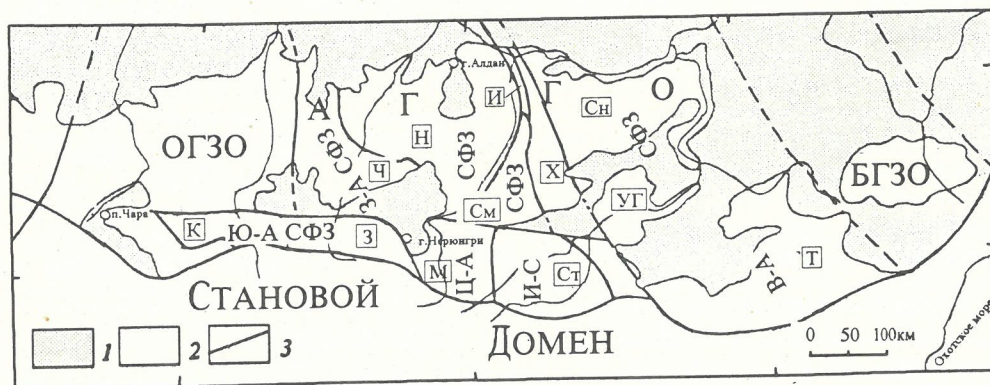


Рис. 1. Схема тектонического строения Алданского щита:

1 — осадочные породы платформенного чехла, четвертичных и мезозойских впадин; 2 — докембрийские образования; 3 — главные разломы; ОГЗО — Олекминская гранит-зеленокаменная область; БГЗО — Батомгская гранит-зеленокаменная область; АГГО — Алданская гранулит-гнейсовая область; структурно-формационные зоны: Ц-А — Центрально-Алданская, Ю-А — Южно-Алданская, З-А — Западно-Алданская, И-С — Иджеко-Сутамская, В-А — Восточно-Алданская; блоки высокометаморфизованных пород (буквы в рамке): К — Курультинский, Ч — Чугинский, Н — Нимнырский, М — Мелемкенский, См — Сеймский, И — Иджекский аллохтон, УГ — Сутамский, З — Зверевский, Сн — Суннагинский, Х — Холбохский, Т — Тындинский, УГ — Учуро-Гонамский



## Роль золотых процессов в формировании металлоносных конгломератов и сопутствующих им отложений в бассейнах типа Витватерсранд

В.Е. ФИЛИППОВ

В результате исследований, проведенных на Лено-Вилкойском междуречье, был выявлен и экспериментально доказан новый генетический тип самородного золота — золотой [3]. Отличительная особенность золотин этого типа — чешуйки с утолщениями на краях и пустотелые сфероиды с перегородкой внутри. Размер золотин составляет десятки доли миллиметра. Образуются они в результате микроковки их краев песчинками, влекомыми воздушными потоками. Результаты полевых работ и анализ опубликованных данных показали присутствие золотого золота в отложениях различного возраста — от протерозойских до четвертичных [2]. Самым неожиданным оказалось то, что золото крупнейшего в мире месторождения — Витватерсранд также имеет золотое происхождение [4].

Месторождение Витватерсранд (ЮАР) позднеархейского-раннепротерозойского возраста (3,1–2,7 млрд. лет) включает группу рудных районов, расположенных вдоль окраины древнего прогиба протяженностью 360 км при ширине 120 км. Рудные районы достигают размеров 60х30 км. Прогиб является частью разрушенного желобообразного трога длиной не менее 1200 км и выполнен вулканогенными и осадочными толщами с суммарной мощностью 7–11 км. В сложении толщ принимают участие осадочные породы, кварциты, сланцы и песчаники. Среди хемогенно-осадочных кварцитов наиболее распространены полосчатые железистые кварциты. Характерны аренитовые полевошпат-кварцевые песчаники. Среди сланцев обычны горизонты, обогащенные алюмосиликатами или оксидами железа. Вулканические породы — лавы основного состава трещинного типа.

Продуктивные горизонты имеют пластообразное строение и представлены обычно прослоями конгломератов мощностью до 2 м. Размер гальки не превышает 4,5 см по длине. Среди них известны находки ветрогранников [4]. Залегание галечников плащеобразное с плавными очертаниями палеоповерхности. Понижения имеют ширину 20–200 м с превышениями порядка 0,1–0,6 м. Такое строение продуктивных горизонтов трудно объяснить механизмом концентрации золота в условиях водной транспортировки. С этих же позиций невозможно понять формирование концентраций золота на несвязном песчаном материале без признаков его перемива. Все указанные особенности легко воссоздаются экспериментально при перевевании песков поверх влажных рыхлых грунтов [4].

Иногда золотоносные прослои лишены галечного материала и маркируются тухолитами, представляющими собой желваки или небольшие ковровообразные линзы глубоко метаморфизованного, обогащенного урановыми и другими рудными минералами углестого материала органического происхождения. Для цемента конгломератов обычен пирит в количестве 2–3 %, местами до 20 %. Для него характерны зерна окатанного облика. Известно, что в условиях водной транспортировки пирит быстро крошится и окисляется, но он легко окатывается при обработке его, как

показано нами экспериментально, в воздушно-песчаном потоке [4].

Изучение золотин с рудников Вилком и Трансвааль, проведенное совместно с профессором Кейптаунского университета (ЮАР) У. Минтером, показало, что они имеют типично золотой облик [4, 5]. В большинстве это тороиды или пустотелые сфероиды с перегородкой внутри. Некоторые из них сдавлены толщами вышележащих отложений настолько, что «растеклись» по межзерновому пространству вмещающей породы и морфологически стали похожи на рудное золото гидротермального происхождения.

По поводу происхождения прогиба и металлоносных конгломератов существует множество гипотез, но ни одна из них не объясняет все особенности рассматриваемого объекта в их совокупности. В этом отношении наиболее работоспособна, по нашему мнению, гипотеза о существенной роли золотых процессов при формировании как металлоносных конгломератов, так и прогиба с выполняющими его отложениями.

Формирование золотых россыпей подразумевает необходимость как минимум двух условий — наличие рудных источников питания и пустынь с устойчивыми ветрами. Наличие золотоносных кварцево-жильных полей в архейском фундаменте в относительной близости от краев бассейна общеизвестно. Также совершенно очевидно, что в докембрийский период вся суша планеты представляла собой пустыни.

Климат в докембрии обладал ярко выраженной широтной зональностью, что обусловлено малым наклоном экватора к эклиптике (2–3° против 34° в настоящее время). Более быстрое вращение Земли в протерозое должно было вызывать более сильное отклоняющее действие сил Кариолиса на воздушные потоки. Следовательно, климатические пояса были значительно уже современных и имели односторонние устойчивые ветра, обусловленные глобальными конвективными воздушными потоками.

В семиаридных областях во влажные промежутки золотая деятельность полностью приостанавливалась, т.к. рыхлый материал, пронизанный влагой, ветрам не поддается. В это время действовали преимущественно процессы латеритизации, при которых вода с растворенным в ней кислородом выводила из горных пород подвижные элементы (K, Na, Ca, Mg, Fe<sup>2+</sup>, Si), а менее подвижные (Al<sup>3+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Ti, Mn и др.) накапливались в корах выветривания. Железо в двухвалентной форме выходило на дневную поверхность и сохранялось там, окисляясь со временем до трехвалентного состояния. Все пространство семиаридных пустынь приобретало цвет ржавчины, что дало повод назвать эти гипотетические отложения «красной мантией». Кремний, высвобождавшийся из породообразующих минералов, попадал в моря в виде тонких гелей, которые легко коагулировали в соленых водах, выпадая в осадки и формируя отложения будущих хемогенно-осадочных кварцитов. Калий и натрий, выведенные из горных пород в виде соды, в морской воде вступали в реакцию катионного обмена с хлоридами кальция и магния, образуя хлориды щелочных и карбонаты основных ме-



таллов. Под «красной мантией» формировались сапролиты.

В сухие периоды преобладающее значение приобретали эоловые процессы. В первую очередь они уничтожали «красную мантию». Ржавая пыль поднималась с земной поверхности и устремлялась в соответствии с движением воздушных потоков в направлении гумидного климатического пояса. Там частицы, вступив в область влажной атмосферы, служили центрами конденсации влаги и вместе с каплями дождя попадали на водную морскую поверхность и осаждались на дно в виде слоев, обогащенных железом. Во влажные периоды воздух над морями был чист от пыли, и поэтому в это время осаждался преимущественно хомогенный кремний. Благоприятное чередование сухих и влажных периодов в семиаридных поясах приводило к накоплению хомогенно-осадочных отложений, преобразованных в последующем в полосчатые железистые кварциты. Во влажные промежутки формировались «фоновые кварциты» (95—97 % кварца), а в сухие — железистые мезослои кварцитов с примесью кварца от 3 до 8 %. После полного уничтожения «красной мантии» ветер переносил в бассейны продукты выветривания, обогащенные глинистыми частицами. В последующем их отложения преобразовались в андалузит-кианитовые сланцы. Еще более длительная работа ветров приводила к формированию «обычных» сланцев и алевролитов, т.к. начинал переотлагаться химически малоизмененный пелитовый материал.

Песчаный и более грубообломочный материал химически разложенных пород представлен преимущественно кварцем. Песчаные потоки при продвижении к гумидным поясам под воздействием сил Кариолиса все более отклонялись в широтном направлении. Движение их на стыке климатических поясов прекращалось из-за влажности атмосферы и преобладания там штилей. Возможность ветров перемещать обломки вверх по уклону приводило к формированию узких возвышенных песчаных поясов. Пески, накопленные выше определенной мощности, но не более 0,8 км, прогибали земную кору. В длительные влажные периоды скорость погружения опережала накопление отложений, и тогда формировался узкий, вытянутый в широтном направлении внутриконтинентальный мелководный морской бассейн, который служил дополнительным препятствием к продвижению песков в глубь влажной области. Обломки сбрасывались ветрами в море и заполняли собой прибрежную водную полосу, при этом на уровне зеркала воды появлялась поверхность влажного песка, не подвластная ветрам.

Экспериментальным путем установлено, что при достаточно длительном перемещении воздушно-песчаного потока поверх влажных песков формируется тонкий слой, обогащенный тяжелыми минералами, при этом могут формироваться практически мономинеральные струи мельчайших частиц золота [4]. Содержания минералов средней плотности (ильменит, циркон, гранаты) повышались с 4,5 % в первичном песке до 60 % в обогащенном слое. При резком повышении дебита песков или снижении напора ветра уровень зеркала воды с продуктивным горизонтом погребался. Многократное чередование накопления песчаных поясов с отложением мелководно-морских осадков сформировало узкий линейный прогиб с ассиметричным днищем, осложненным мелкими субпараллельными складками. По мере увеличения глубины бассейна в земной коре время от

времени открывались разломы растяжения и по ним изливались лавы основного состава.

Во влажные периоды в понижениях, заполненных водой, цвели водоросли, которые в сухие периоды коврами ложились на днища. В их «ворсе» застревали и накапливались минералы высокой плотности. Этот вид обогащения имел особенно большое значение для мельчайших зерен уранинита. Со временем часть «ковриков» растительности срывалась и сворачивалась в рулоны, а остатки растительности, метаморфизованные до антраксолитов и обогащенные радиоактивными минералами, получили название тухолиты. В песчаных толщах тухолиты служат маркерами промышленных горизонтов.

По мере продвижения обломочного материала в глубь бассейна сила ветров угасает, что ведет к уменьшению размеров галек [5]. В процессе транспортировки галька приобретает яйцеобразную форму с матовой (микроямчатой) поверхностью, обусловленной бомбардировкой их песчинками. По достижении предела миграции часть галек преобразовывается в ветрогранники. Мощност галечного материала может варьировать от «пунктирного» слоя до первых метров. Плащеобразное залегание конгломератов наряду с переплетающимися желобообразными понижениями придает им вид дельтовых фаций. Но дельтовые отложения относятся к аккумулятивным фациям, и поэтому формирование в них россыпей золота невозможно.

Галечный материал рудников Ранда на 95 % состоит из жильного кварца, оставшиеся 5 % приходятся на халцедон, яшмиды и другие химически устойчивые разновидности. Известно, что большинство горных пород при длительном химическом выветривании полностью разрушается до песчано-пелитового материала. Поэтому основными поставщиками кварца были гидротермальные жилы, которые сосредоточены в определенных районах площадью десятки квадратных километров. Воздушно-песчаные потоки вовлекали в движение обломки кварца и, переместив их на десятки километров, формировали на окраинах бассейна галечные поля. Причем, формировались они лишь в тех местах, где проходили ветра с траекторией пути через рудные поля. На остальные части окраины бассейна галька не поступала, т.к. туда приходили ветра, идущие через пространные, лишенные систем гидротермальных жил. Там галечному материалу генерировать было не из чего, и поэтому на указанные части бассейна приносились и откладывались обломки, не крупнее песка.

В случае понижения уровня воды, галечники бронировали сухой песок от дефляции, что приводило к некоторому возвышению их над окружающим пространством. Во влажные периоды дождевые воды стекали в низины и придавали им вид, схожий с дельтами.

Сохранность сульфидов и уранинита обусловлена высвобождением их в сухие периоды, а во влажные (в условиях глубокого химического выветривания) они были забронированы в кварцевых жилах, размещенных в толще сапролита. В случае формирования россыпей за счет источников вкрапленного типа или тонкого прожилкования галечному материалу генерироваться не из чего, а рудные минералы уничтожаются химическим выветриванием. Тогда продуктивные горизонты, сформированные на влажных песках, при полном отсутствии гальки визуальным ничем не отличимы от вмещающих отложений. «Замашированность» их усугубляется отсутствием в них



рудных минералов-спутников вследствие полного окисления.

Уникальность Ранда по запасам обосновывается следующим. Суммарная мощность продуктивных горизонтов рудника Вилком составляет 200 м. Формировались они на протяжении 250 млн. лет. Если принять усредненный годовой срез территории с рудными источниками за 1 мм, то мощность эрозии составит 250 км, что достаточно много. Мы не знаем точно этой величины и можем сказать лишь одно — золото каждого километра среза рудного поля (района) «втискивалось» в мощность продуктивных горизонтов 0,2 км. Если предположить, к примеру, что срез произошел на 10 км, то это составит 50-кратное обогащение. Отметим, что в роли коренного источника следует рассматривать не отдельные рудные тела, а весь объем золотоносных территорий, количество металла в которых увеличивалось во много десятков раз. Немаловажно и то, что в формировании золотых россыпей, в отличие от речных, участвует золото мелких фракций, которое в коренных источниках всегда преобладает над крупным. Совокупность этих факторов привела к формированию уникальных золотых россыпей за счет далеко не уникальных рудоносных районов.

Пояса, аналогичные южноафриканскому, известны в Канаде, Австралии и Южной Америке. Все они рудоносны как на золото, так и на уран. В региональном плане они характеризуются наличием железистых кварцитов и другими признаками. Предпола-

гается, что в протерозое подобные пояса словно обручи опоясывали Землю в субширотном направлении, маркируя собой стыки гумидных и семиаридных палеоклиматических зон.

На территории Якутии в качестве реликтов подобного пояса могут рассматриваться грабены, расположенные на западном склоне Алданского щита и объединяемые в Удоканскую систему. Судя по особенностям строения и типоморфизма золота, рудопоявление Угуйского грабена, традиционно относимое к гидротермально-метасоматическому, в действительности является эоловым россыпным месторождением протерозойского возраста. В продуктивных горизонтах конгломераты отсутствуют, что свидетельствует о формировании их за счет тонкопрожилкового или вкрапленного типа руд.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Монин А.С., Шишков Ю.А. История климата. — Л.: Гидрометеиздат, 1979.
2. Никифорова З.С. Механизм образования и особенности размещения эолового золота на Лено-Вилуйском междуречье: Автореф. дисс. ... канд. геол.-минер. наук. Улан-Удэ, 1991.
3. Филиппов В.Е., Никифорова З.С. Преобразование частиц самородного золота в процессе эолового воздействия // Докл. АН СССР. 1988. Т. 299. № 5. С. 1229—1232.
4. Filippov V.E., Nikiforova Z.S., Minter W.E.L. Experimental simulation of Witwatersrand placer gold concentration under eolian conditions // Тез. докл. Россыпи и месторождения кор выветривания. X Международное совещание. Москва, 1994. С. 218—219.
5. Minter W.E.L., Goedhart M., J. Knight, Frimmel H.E. Morphology of Witwatersrand gold grains from the Basal reef: Evidence for their detrital origin // Econ. Geol. 1993. 88. No 2. P. 237—248.

УДК 551.21

© П.Э.Избеков, 1997

## Роль декомпрессионного затвердевания при вулканических взрывах

П.Э.ИЗБЕКОВ

Вулканические взрывы представляют большую опасность для населения в районах с повышенной вулканической активностью. Поэтому изучение природы этого явления для его прогноза является очень актуальным. В настоящий момент считается, что один из основных источников вулканических взрывов — энергия сжатых вулканических газов в магмах. Существующие модели хорошо описывают динамику эксплозивных извержений [1], причину смены катастрофической фазы извержения экструзивной на заключительной стадии извержения [2] и др. Вместе с тем, недостаточно полно описаны механизмы подготовки вулканического взрыва и причины возникновения высокого давления летучих в магме. В данной статье предлагается вариант решения этой проблемы с учетом роли декомпрессионного затвердевания магм.

Декомпрессионное затвердевание — это кристаллизация или остеклование (полимеризация) магматического расплава в результате снижения внешнего давления и выделения  $H_2O$  из расплава. При подъеме водосодержащей магмы, температура которой ниже таковой ликвидуса, в результате снижения давления достигается уровень насыщения расплава водой, которая начинает отделяться от расплава, образуя флюидную фазу. Поскольку вода, входя в структуру алюмосиликатного расплава, деполимеризует его [5, 10], то ее отделение влечет за собой противоположный процесс — полимеризацию, спо-

собствующую быстрой кристаллизации или остеклованию расплава и повышению вязкости магмы.

Данное явление, вероятно, является основной причиной таких особенностей малоглубинных гранитоидных массивов, как присутствие в них мощных зон гранит-порфиров в апикальных частях, нередко отмечаемый подъем гранитных интрузий до одного гипсометрического уровня и др. [4].

Петрологические исследования [12] и экспериментальное моделирование [9] показали, что декомпрессия является фактором, сильно влияющим на протекание вулканического процесса. Теоретические расчеты свидетельствуют, что высокая вязкость магмы (более  $10^9$  пуаз) способна замедлять расширение вулканических газов и обуславливать сохранение ими высокого избыточного давления [4, 9]. Следовательно, декомпрессионное затвердевание поднимающейся магмы может служить одной из основных причин возникновения высокого давления летучих в магме. Для проверки этой гипотезы была построена модель.

Модель. Эксплозивный режим извержений характерен для наиболее вязких средних и кислых магм, поэтому модель была построена для системы гранит —  $H_2O$ . Основная проблема, возникающая при построении любых моделей эволюции магм, заключается в необходимости учета изменений их фазового состава. Как правило, для этого используют два подхода. Первый основан на минимизации энергий



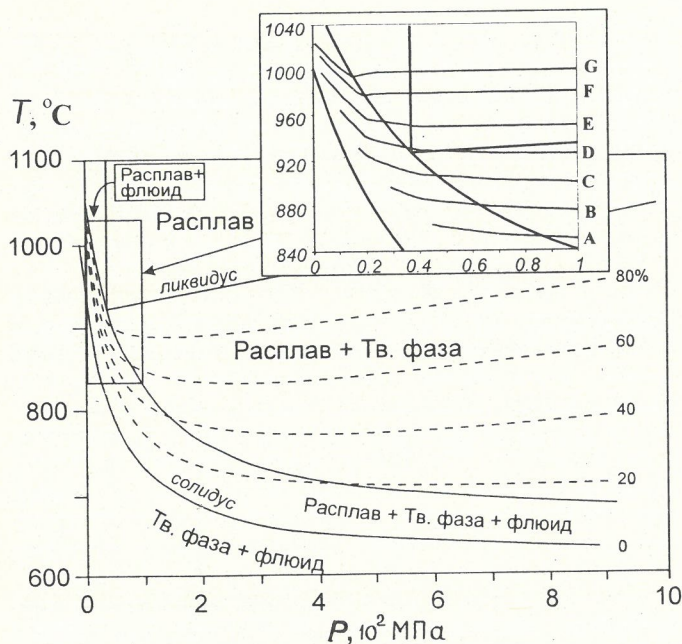


Рис. 1 Фазовая диаграмма системы гранит-2 %  $H_2O$  (на врезке — варианты расчетов А—Г, отличающиеся разной исходной температурой магмы):

пунктирные линии — изоконцентраты расплава

Гиббса и требует знания зависимостей термодинамических параметров от температуры и давления для всех фаз магмы, что пока сильно ограничивает его надежность и области применения [6]. В основе второго подхода, который и был реализован в данной модели, положено использование экспериментальных данных для магмы определенного состава [3]. Суть его заключается в следующем.

Установлено, что солидус для гранитной системы слабо зависит от содержания воды, тогда как ликвидус чрезвычайно чувствителен к степени насыщения расплава водой, даже малая ее доля существенно

снижает его температуру [13]. Температурная зависимость содержания твердых фаз в гранитной магме при постоянном давлении почти линейна на всем интервале от солидуса до ликвидуса [7]. Таким образом, зная положение линий солидуса и ликвидуса на фазовой диаграмме, можно оценить соотношение твердых фаз и расплава при заданных давлении и температуре.

Вода может находиться в магме как в связанном состоянии, так и в виде самостоятельной флюидной фазы, в зависимости от степени насыщения ею расплава. Учитывая данные о ее растворимости [5] и соотношении твердых фаз и расплава, нетрудно выделить на фазовой диаграмме для магмы с определенным содержанием  $H_2O$  поле, в котором часть воды растворена в расплаве, а избыток находится в виде самостоятельной фазы. Граница этого поля выше ликвидуса соответствует вертикальной линии насыщения расплава водой. В промежутке между солидусом и ликвидусом ее геометрическое положение определяется долей расплава в магме и растворимостью в ней воды:  $T_{fl} = (T_{liq} - T_{sol}) \cdot H_2O / CH_2O + T_{sol}$ , где  $T_{liq}$  — температура ликвидуса;  $T_{sol}$  — температура солидуса;  $H_2O$  — общее количество воды в системе;  $CH_2O$  — растворимость воды в гранитном расплаве при данном давлении  $P$  (рис. 1). В данной модели соотношения жидкой, твердой и флюидной фаз для заданных температуры и давления определялись на основе фазовой диаграммы такого типа.

С использованием данных о фазовом составе и экспериментально изученной зависимости вязкости гранитного расплава от температуры, давления и содержания воды [8] определялась вязкость магмы. Параметры перемещения магмы по цилиндрическому магмоводу (скорость, объемный расход) рассчитывались по уравнениям Пуазейля [11], исходя из предположения о том, что реологические свойства магмы близки к свойствам ньютоновской жидкости. Тепловой баланс проводился с учетом процессов остывания, фазовых переходов (кристаллизации и

отделения воды от расплава) и адиабатического расширения магмы с использованием полуэмпирических уравнений [3]. Исходные данные для расчета приведены ниже.

В соответствии с алгоритмом расчета определялись изменения температуры, фазового состава и вязкости магмы на заданном сечении магматической колонны и его вертикальная координата через определенный интервал времени. Предполагалось, что всплывание магматической колонны прекратится, когда в результате декомпрессионного затвердевания ее апикальной части потеря напора на трение превысит давление нижележащего объема магмы. Избыточное давление летучих в магме рассчитывалось на основе модели роста пузырька [9] с использованием полученных дан-

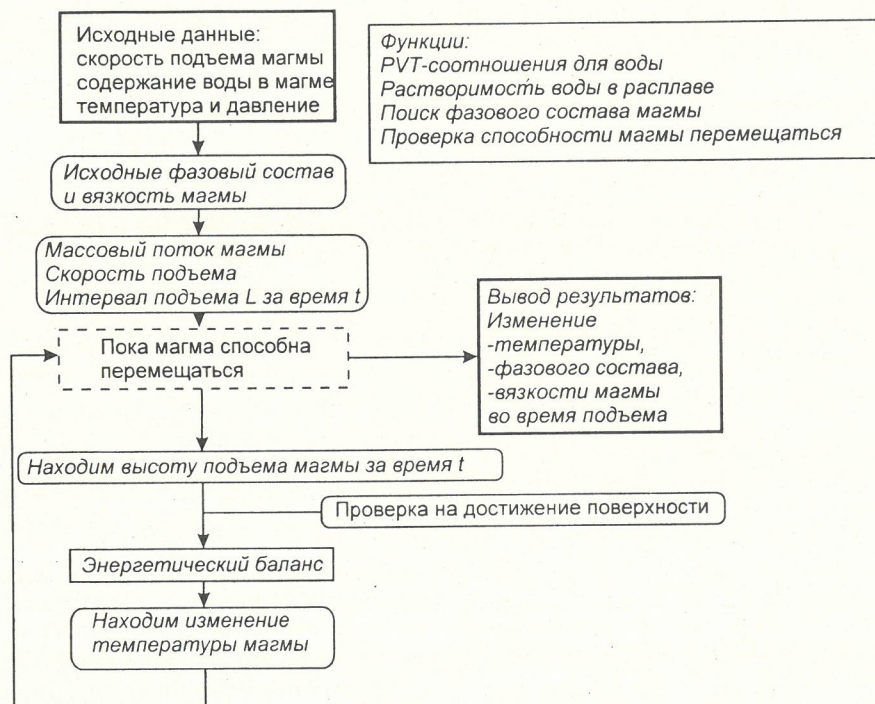


Рис. 2. Алгоритм расчета фазового состава, вязкости и температуры магмы при вертикальном перемещении по магмоводу



ных об изменении внешнего давления (декомпрессии), вязкости и температуры магмы.

|                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Содержание воды                            | 2 %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Разница плотностей вмещающих пород и магмы | 460 кг/м <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Удельная теплоемкость вмещающих пород      | 1046,7 Дж/(кг·К)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Удельная теплоемкость магмы                | 1297,91 Дж/(кг·К)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Радиус магмовода                           | 500 м                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Вязкость расплава, пуаз                    | $\lg(\eta_{\text{лиq}}) = -3,5 + (29200 \exp(-0,33N_{\text{H}_2\text{O}}) - 0,036N_{\text{H}_2\text{O}} + 38000)/(4,576T) - 0,0012(P_{\text{общ}} - P_{\text{H}_2\text{O}})$ ,<br>где $N_{\text{H}_2\text{O}}$ — содержание воды; $P_{\text{общ}}$ — общее давление, МПа; $P_{\text{H}_2\text{O}}$ — давление $\text{H}_2\text{O}$ в магме |
| Вязкость магмы, пуаз                       | $\lg(\eta_{\text{м}}) = 1/0,001894(1/451079 \exp(-1/2((N_{\text{лиq}} - 8)/18)^2) + 0,0178) - 9 + \lg(\eta_{\text{лиq}})$ ,<br>где $N_{\text{лиq}}$ — содержание расплава в магме                                                                                                                                                          |

На фазовой диаграмме системы гранит — вода с 2 % воды (см. рис. 1) представлены результаты расчета изменения температуры магм для режимов А, В, С, D, E, F и G, отличающихся разной исходной температурой, вязкостью и, как следствие, скоростью подъема (см. рис. 3, А). Расчеты показали, что вертикальное перемещение магмы сопровождается декомпрессией и отделением воды от расплава в условиях поля Расплавы+Твердая фаза+Флюид. При этом происходит интенсивное затвердевание магмы, характеризующееся увеличением содержания твер-

дых фаз (см. рис. 3, Б) и ее вязкости (см. рис. 3, В), а температура магмы незначительно (на 20—500 °С) повышается за счет выделения скрытой теплоты кристаллизации. В результате декомпрессионного затвердевания в апиальной части магматической колонны формируется флюидосодержащая зона, характеризующаяся увеличением содержания твердых фаз на 20—55 % и вязкости — на 2—6 порядков.

Когда содержание твердых фаз достигает 70—75 %, а вязкость магмы —  $10^{16}$ — $10^{17}$  пуаз, потери давления на трение в пределах флюидизированной зоны превышают давление нижележащего объема магмы, в результате чего движение ее постепенно прекращается. Достижение уровня земной поверхности наиболее вероятно для высокотемпературных магм (вариант G). Низкотемпературные магмы с высоким содержанием воды отличаются большей протяженностью зоны декомпрессионного затвердевания и при отсутствии дополнительных тектонических сил затвердевают на глубине более 1 км.

Высокая вязкость кислой магмы препятствует расширению заключенных в ней летучих. Для оценки роли декомпрессионного затвердевания в накоплении избыточного давления флюида в магме была использована модель роста пузырька. Расчеты показали, что при декомпрессии поднимающейся магмы релаксация напряжений на границе флюидного пузырька с расплавом возможна лишь в условиях относительно низкой ( $10^9$ — $10^{11}$  пуаз) вязкости и низкой скорости подъема магмы. При вязкости магмы больше  $10^{12}$ — $10^{14}$  пуаз в зависимости от скорости ее подъема увеличение радиуса пузырька практически прекращается, флюид в нем консервируется, и его давление не меняется. Соответственно, разница между давлением флюида и внешним, литостатическим давлением (избыточное давление) с определенного момента растет пропорционально подъему магмы. В результате декомпрессионного затвердевания в апиальной части флюидизированной зоны

магматической колонны возможно возникновение избыточного давления флюида до 22,5 МПа (см. рис. 3, Г). Однако, столь высокие величины характерны для низкотемпературных магм, отличающихся высокой вязкостью и затвердевающих на глубине (варианты А). Для магм, достигающих поверхности (вариант G) более вероятно давления 5—10 МПа.

Проведенные расчеты показывают, что для высокотемпературных магм характерны более высокие скорости подъема и роста избыточного давления летучих. При этом протяженность флюидизированных зон и избыточные давления флюида в них меньше, чем у низкотемпературных магм. Поэтому для высокотемпературных магм характерна более высокая частота и меньшая мощность извержений. Напротив, низкая температура магмы и высокое со-

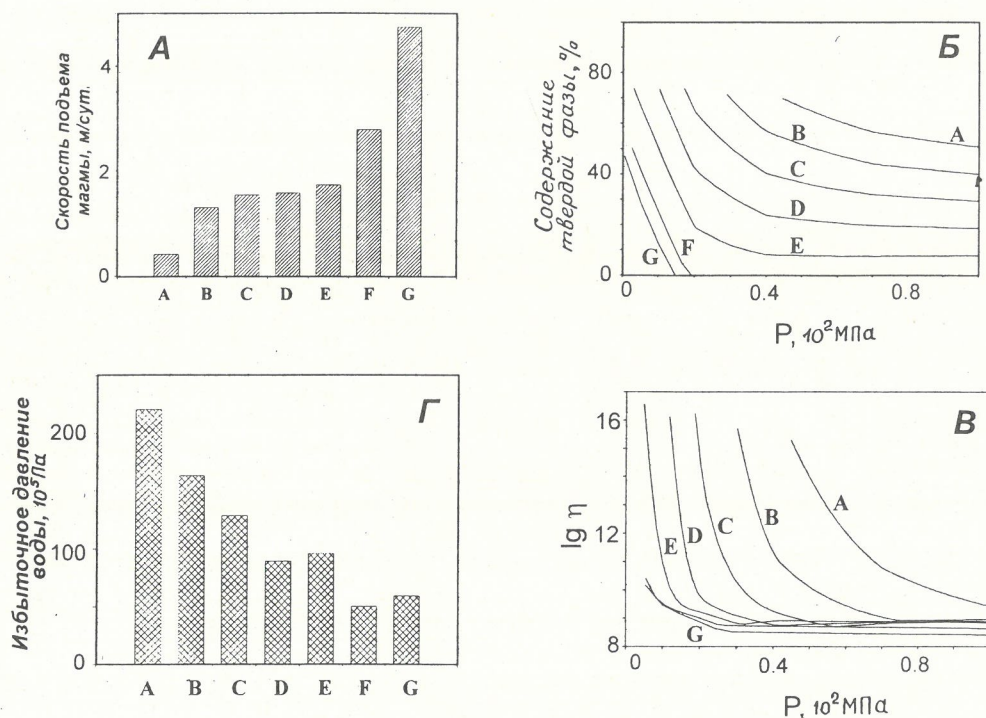


Рис. 3. Скорость подъема магм (А), изменение содержания твердых фаз (Б), вязкости (В) и избыточное давление флюида в магме, оставшееся на момент прекращения ее движения (Г) для режимов подъема, отвечающих линиям изменения температуры на фазовой диаграмме (см. рис. 1)



держание воды повышают глубину становления магмы, протяженность зоны декомпрессионного затвердевания и избыточное давление летучих, способствуя тем самым формированию большого объема взрывоспособной магмы.

Сопоставление результатов расчетов с примерами современных вулканических извержений показало, что полученные избыточные давления флюида в декомпрессионно затвердевающей магме близки к оценкам, основанным на наблюдениях скоростей выброса пирокластики и т.д., для некоторых вулканов (например, Карымского [2], Сент-Хеленс). Однако, картина реальных извержений сложнее представленной модели, поскольку развитие современного вулканизма приурочено к тектонически активным областям, а это означает, что перемещение магм определяется не только разницей плотностей магмы и вмещающих пород, но и тектоническим давлением. Как следствие, в вулканическом процессе способны участвовать магмы одного состава, но существенно отличающиеся температурой, вязкостью, давлением летучих и, соответственно, характером извержения.

Проведенные расчеты свидетельствуют о том, что в результате декомпрессии при перемещении водосодержащей кислой магмы в близповерхностной области происходит ее затвердевание, сопровождаемое выделением растворенной в расплаве воды в отдельную газовую фазу и одновременным повышением вязкости на 2–6 порядков. Высокая вязкость ( $10^{13}$ – $10^{15}$  пуаз) при скорости подъема магмы 0,4–3 м/сут. препятствует расширению газовых пузырьков и способствует сохранению в них избыточного давления до 10 МПа и выше. Энергия сжатого газа реализуется путем эксплозий, детонатором которых может

служить внезапная декомпрессия при возникновении тектонических нарушений в вулканической застройке, ее обрушении и др.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алидибиров М.А. Модель высвобождения энергии при вулканических взрывах вулканического типа // Вулк. и сейсм. 1987. № 4. С. 50–58.
2. Слезин Ю.Б. Механизм экструзивных извержений // Вулк. и сейсм. 1995. № 4–5. С. 76–84.
3. Шкодзинский В.С. Фазовая эволюция магм и петрогенезис. — Наука, 1985.
4. Шкодзинский В.С., Недосекин Ю.Д., Сурнин А.А. Петрология позднемезозойских магматических пород Восточной Якутии. — Наука, 1992.
5. Burnham C.W. Water and magmas: A mixing model // Geochim et Cosmochim Acta. 1975. Vol. 39. P. 1077–1084.
6. Ghiorso M.S. Modeling magmatic systems: thermodynamic relations // Thermodynamic modeling of geological materials: Minerals, Fluids and melts. 1987. P. 443–465.
7. Jaupart C., Tait S. Dynamics of eruptive phenomena // Modern methods of igneous petrology: understanding magmatic processes. — 1990. P. 213–238.
8. Persikov E.S. The viscosity of magmatic liquids: experiment, generalized patterns. A model for calculation and prediction. Applications // Physical chemistry of magmas. 1991. P. 1–41.
9. Sparks R.S.J., Barclay J., Jaupart C. et al. Physical Aspects of magmatic degassing I. Experimental and theoretical constraints on vesiculation // Volatiles in magmas. 1994. P. 413–446.
10. Stolper E.M. Water in silicate glasses: An infrared spectroscopic study // Contrib Mineral Petrol. 1982. Vol. 81. P. 1–17.
11. Turcotte D.L., Schubert G. Geodynamics applications of continuum physics to geological problems. — NY: Wiley, 1982.
12. Westrich H.R., Eichelberger J.C. Gas transport and bubble collapse in rhyolitic magma: an experimental approach // Bull. Volcanol. 1994. Vol. 56. P. 447–458.
13. Wyllie P.J., Huang W.L., Stern C.R., Maaloe S. Granitic magmas: possible and impossible sources, water contents, and crystallization sequences // Can J. Earth Sci. 1976. Vol. 13. P. 1007–1019.

УДК 552.11

© В.С.Шкодзинский, 1997

## Природа эндогенных геологических процессов в свете новейших данных о глобальном магматическом фракционировании при аккреции Земли

В.С.ШКОДЗИНСКИЙ

В начале текущего столетия геофизическими исследованиями было установлено, что земная мантия обладает свойствами твердого тела и не переходит с глубиной в силикатный расплав, унаследованный, по идеям Канта и Лапласа, от первичного огненно-жидкого состояния Земли. Поэтому господствующими стали представления о формировании ее в результате холодной гомогенной аккреции. При таком происхождении древнейшая история Земли принципиально не отличается от современной, главным механизмом формирования магм и различных геосфер должно быть отделение и подъем выплавов из единой первозданной породы, в разной степени подплавленной в результате выделения энергии распада неустойчивых изотопов.

Однако длительное изучение магматических и метаморфических пород с этих позиций породило огромное количество неразрешимых проблем, а новейшие планетологические и изотопные данные оказались в прямом противоречии с этими представлениями. Так, полеты на Луну позволили выявить наличие на ней анортозитовой континентальной коры, что свидетельствует о сильном импактном разогреве при формировании планет земной группы и о существовании и фракционировании на них

глобальных магматических океанов. Изотопные исследования показали глобальную дифференциацию вещества Земли на ранней стадии развития и магматический характер этой дифференциации [3, 4]. Установление существования и фракционирования при аккреции Земли глобального магматического океана дает совершенно новое решение большинства дискусионных петрологических проблем.

По разработанной модели [4] резкая химическая неравновесность мантийных пород с металлическим железом говорит о более раннем образовании ядра Земли, чем мантии. Причиной этого является примерно в  $2 \cdot 10^4$  раза большая скорость слипания в протопланетном облаке намагниченных в магнитном поле Солнца частиц металлического железа, троилита и отчасти магнетита по сравнению с силикатным материалом [1]. Большая скорость их аккреции обусловила сильный импактный разогрев и намного более высокую первичную температуру ядра (более 4000 °С) по сравнению с силикатной мантией. Последующий подогрев мантии расплавленным внешним ядром и охлаждение последнего привели к возникновению в них конвективных потоков и в связи с этим к возникновению сильного магнитного поля и интенсивных процессов плитной тек-



тоники на Земле. Отсутствие последних на других планетах обусловлено намного меньшими массами их ядер [4].

Температура аккреции пропорциональна квадрату радиуса падавших частиц, поэтому она была минимальной в начале образования мантии, когда падали в основном мелкие частицы. Это определило относительно небольшие глубину и давление на дне силикатного магматического океана, где происходили кристаллизация и фракционирование расплава под влиянием нагрузки формировавшихся при аккреции верхних частей. Такое низкобарическое фракционирование должно было происходить при высоком окислительном потенциале, поскольку в этот период из протопланетного облака должен был в повышенных количествах выпадать магнетит, который вследствие низкой температуры конденсации (около 270 °C) не успел полностью войти в состав ядра, хотя ввиду магнитности обладал повышенной скоростью слипания. Это подтверждается высокой окисленностью нижнемантийных пород. В соответствии с экспериментальными данными низкое давление и высокий окислительный потенциал были благоприятными для формирования кислого остаточного расплава. Поэтому начальный этап аккреции мантии был наиболее благоприятным периодом в истории Земли для образования огромной массы кислого вещества континентальной земной коры.

Нижняя мантия должна была формироваться в основном оливин-пироксеновыми кумулатами медленно фракционировавшихся мафических расплавов и продуктами быстрого полного компрессионного затвердевания этих и менее мафических расплавов в возникавших на дне океана импактных углублениях. Это согласуется с максимальным распространением среди мантийных ксенолитов двух главных типов пород — ультраосновных и эклогитов. Вследствие малобаричности процессов фракционирования на этом этапе основные породы нижней мантии должны иметь толеитовый тренд дифференциации. Они являются исходными субстратами толеитовых магм.

С увеличением среднего размера частиц в протопланетном облаке возрастали импактное тепловыделение и температура магматического океана, глубина и придонное давление в нем, а также доля остаточного расплава, расходовавшаяся на приращение его объема. Как показали расчеты [4], это привело к эволюции состава такого расплава от кислого через средний и основной до пикритового. Из-за очень низких скоростей диффузии химических компонентов более кислые остаточные и новообразованные мафические импактные расплавы почти не смешивались, а располагались в магматическом океане в соответствии со своей плотностью. Таким образом, важнейшая особенность аккреции нижней мантии — образование расслоенного магматического океана.

После прекращения аккреции остывавшие верхние части магматического океана опускались лишь до границы идентичного им по плотности слоя. Кристаллизация верхней части кислого слоя привела к возникновению наиболее древних пород континентальной коры — серых гнейсов. Пониженные содержания в них калия и рубидия и повышенные содержания кальция, магния, никеля и кобальта связаны с длительными процессами их диффузионного взаимодействия с импактными мафическими расплавами. Нетипичность парапород для серогнейсовых комплексов обусловлена химической равновесностью с этими комплексами высокотемпературной газопаро-

вой оболочки и поэтому отсутствием еще процессов осадкообразования в период их формирования.

Массовое образование зеленокаменных поясов 3,5—3,8 млрд. лет назад отражает появление первых конвективных потоков в мантии под влиянием разогрева ее горячим ядром. Повышение плотности серогнейсовых протократонов в результате их остывания и образования мафических зеленокаменных поясов привело к выдавливанию из-под них не полностью затвердевших первично более высокотемпературных кислых мигм и к формированию 2,5—3,5 млрд. лет назад гранулитовых подвижных зон, что согласуется с иногда устанавливаемыми признаками внедрения гранулитовых магм в серогнейсовые и зеленокаменные комплексы с метаморфизмом их в условиях гранулитовой фации [2]. Интенсивная циркуляция полуостывшей газопаровой оболочки между относительно холодными серогнейсовыми протократонами и горячими гранулитовыми зонами сопровождалась переносом в последние мелкообломочного материала химически выветрелых серых гнейсов с образованием золовых осадков. С началом конденсации пара в формировавшихся на затвердевшей коре гранулитов первых горячих водоемах накапливались кремнистые, а затем и карбонатные осадки. Погружение этих осадков в гранулитовые мигмы нисходящими струями конвективных потоков привело к преобразованию их в широко распространенные в гранулитовых комплексах глиноземистые и высокоглиноземистые гнейсы, кварциты и мрамора. В парагнейсах мигматизирующий гранитный материал обычно имеет анатектическое происхождение, поэтому он резко отличается по соотношению с субстратом от остаточно-магматического гранитного материала ортогнейсов [3, 4].

С углублением фронта кристаллизации расслоенного магматического океана происходил подъем его остаточных расплавов с образованием сначала калинаторовых гранитов и гранитогнейсов, затем калиевых гранитов и сиенитов, далее различных щелочно-основных и щелочно-ультраосновных пород, а также автономных анортозитов, являвшихся полужатвердевшими плагиоклазовыми кумулатами океана. Это объясняет эволюцию магматизма древних метаморфических комплексов. Кумулаты глубинных слоев магматического океана и продукты затвердевания их остаточных расплавов (от гранитных до щелочно-основных и щелочно-ультраосновных) формировали вещество древней верхней мантии. Последующее длительное диффузионное взаимодействие этих продуктов и кумулатов при высоких  $T$  и  $P$  обусловило процессы мантийного метасоматоза и нарушения изотопных и геохимических соотношений в верхнемантийных породах. Продукты затвердевания остаточных расплавов благодаря их легкоплавкости впоследствии могли преобразоваться в магмы. Постепенная конденсация паровой оболочки привела к значительному затоплению континентов и к началу образования на них осадочного чехла.

При формировании мантии и протокры в результате глобального магматического фракционирования в них должны присутствовать породы, идентичные по составу всем магмам, что согласуется с имеющимися данными по составу этих геосфер. Поэтому, говоря об образовании магм, нет необходимости предполагать обособление выплавов в отличных от них по составу породах. Такое обособление требует малореального разрушения кристаллического каркаса слабо подплавленных пород и не позволяет объяснить генезис кислых, средних и ряда других магм. Магмообразованию путем отделения выплавов противоречат автохтонность анатектического материала в мигматитах даже



при содержании его 30—40 % и  $P$ — $T$ -диаграммы фазовой эволюции магм, свидетельствующие о преимущественно твердофазном (субсолидусном) состоянии последних при высоком давлении [3, 4]. Из этих диаграмм и наблюдений в зонах ультраметаморфизма следует, что магмы формируются в результате плавления идентичных им по составу субстратов под влиянием фрикционного тепловыделения в глубинных стрессовых зонах и декомпрессии при подъеме. Это подтверждается многочисленными данными. Особенно убедительно об этом свидетельствует субсолидусная температура глубинных минеральных равновесий в магматитах. Так, для кимберлитов эта температура при 4—6 ГПа составляет 850—1200 °С, что согласуется с температурой образования их глубинных вкрапленников (890—1320 °С) и включений в алмазе (850—1200 °С). При магнообразовании же в результате отделения выплавов эти минералы имели бы субликвидусную температуру формирования — 1500—1700 °С при 4—6 ГПа [4]. Декомпрессионно-фрикционная модель объясняет связь магматизма с тектоникой, специфичность магма-

тизма в разных геодинамических обстановках, распространение магматитов разного состава и рудоносности и др. [3, 4].

Таким образом, учет процессов магматического фракционирования при аккреции Земли приводит к принципиально новому решению дискуссионных петрологических проблем. Это согласуется с представлениями Ю.М.Пушаровского, В.Е.Хаина и других о том, что появление данных о магматическом фракционировании при аккреции Земли является одной из причин начала новой научной революции в геологии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Войткевич Г.В.* Основы теории происхождения Земли. — М.: Недра, 1979.
2. *Синицын А.В.* Региональная тектоника и металлогения раннего докембрия — Л.: Недра, 1990.
3. *Шкодзинский В.С.* Фазовая эволюция магм и петрогенезис. — М.: Наука, 1985.
4. *Шкодзинский В.С.* Происхождение кимберлитов и алмаза. — Якутск, 1995.

## ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

Прошло 13 лет с появления первого тома «Горной энциклопедии», последний — пятый том увидел свет в 1991 г.\*

Для полной и объективной оценки и осмысления такого объемного фундаментального труда необходимо время, и сейчас с полной определенностью можно сказать, что издание Энциклопедии является важным событием для научно-технической общественности страны, значение которого трудно переоценить.

В сокровищнице научно-технических знаний, накопленных народами всего мира, значительное место по праву занимают теория и практика горного дела, возникшего в глубокой древности. Горное дело относится к одной из важнейших сфер общественного производства, имеющей огромное значение в мировой экономике: продукция горного дела — практически незаменимое минеральное сырье для промышленности, сельского хозяйства, строительства, транспорта.

В России потребность в систематизации и распространении познаний в области освоения земных недр появилась еще при Петре I, который принимал меры к расширению горного промысла, повышению уровня горнозаводской техники. Начало развития российских горных и геологических наук было положено великим ученым Михаилом Васильевичем Ломоносовым, написавшим оригинальный труд «Первые основания металлургии, или рудных тел». В этой работе и в добавлении к ней «О слоях земных» впервые в мире обобщен весь имеющийся тогда опыт и научно проработаны важнейшие вопросы горного дела: геология и поиски полезных ископаемых, вскрытие месторождений, проходка и крепление горных выработок, проветривание, подъем, водоотлив и т.д.

За два столетия специалистами разных стран сделан огромный вклад в дальнейшее развитие горного дела, поэтому появилась настоятельная потребность в новой систематизации и обобщении большого комплекса знаний и представлений в области освое-

ния недр Земли, включая их изучение, добычу и переработку минерального сырья. Указанные проблемы получили яркое и достаточно полное освещение в 5-томной «Горной энциклопедии».

С выходом Энциклопедии, представляющей собой универсальную справочную монографию, впервые в мировой практике поставлена и решена крупная научно-практическая задача глобального и комплексного обобщения горно-геологических знаний, отражающих современный опыт изучения геологических объектов, поисков, разведки, разработки и первичной переработки всех видов твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых.

Полнота приводимых в Энциклопедии сведений обеспечивается включением в нее около 8000 терминов (названий статей) по всем основным тематическим разделам соответствующего профиля:

- геологические аспекты образования и размещения полезных ископаемых в недрах Земли;
- горные породы и минералы;
- бассейны, рудные районы и месторождения полезных ископаемых мира;
- минеральные ресурсы и горная промышленность континентов, стран и регионов;
- история горного дела;
- отрасли горной промышленности;
- технология и техника поисков, разведки и разработки твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых;
- строительство объектов горной промышленности и подземных сооружений;
- обогащение минерального сырья;
- проблемы охраны труда и природной среды при недропользовании;
- отечественные и зарубежные горные предприятия и фирмы;
- горные и геологические науки, научные и учебные заведения;
- персоналии.

При подготовке «Горной энциклопедии» учтен опыт создания универсальных энциклопедических изданий, а также разработаны и реализованы новые методологи-

\* Горная энциклопедия / Гл. ред. Е.А.Козловский. — М.: «Сов. энциклопедия». Т. 1—5. 1984—1991. — 2891 с.



ческие принципы. Это позволило большому авторскому коллективу подготовить уникальный справочник, в котором с максимальной глубиной и достоверностью представлена в сжатой форме новая эталонная система горно-геологических знаний.

Уникален по масштабам и квалификации и авторский коллектив Энциклопедии, насчитывающий около 800 человек. К написанию, рецензированию и обсуждению статей были привлечены ведущие сотрудники академических и отраслевых институтов, работники министерств и ведомств, профессорско-преподавательский состав вузов. Многие статьи о зарубежном опыте подготовлены или отрецензированы специалистами соответствующих стран. В редакционную коллегию «Горной энциклопедии» вошли крупные ученые, известные государственные деятели и организаторы отечественной науки и отраслей народного хозяйства; среди них академик РАЕН Е.А.Козловский (руководитель работы), академики РАН Д.М.Бронников и К.Н.Трубецкой, академики РАЕН Л.М.Гейман и М.И.Щадов и многие другие. Это обеспечило высочайший научно-методический и содержательный уровень результатов многолетнего труда.

«Горную энциклопедию» отличает широта обобщения современных знаний о мировой минерально-сырьевой базе и ее использовании. При этом сведения представлены на разных масштабных уровнях: обобщающая статья «Земля»; шесть обзорных статей о континентах мира; свыше 80 комплексных по содержанию статей о странах мира с развитой горной промышленностью; около 400 статей о конкретных крупных региональных геологических объектах (бассейны, рудные районы, месторождения полезных ископаемых).

Особый интерес вызывает представленная в Энциклопедии оригинальная всеобъемлющая статья о России с картами и иллюстрациями, впервые отражающая со всей полнотой историю освоения минеральных ресурсов нашей страны, их современное состояние и перспективы развития. Всесторонний анализ природных и экономических особенностей территории Российской Федерации позволил авторам выделить 11 основных районов, по каждому из которых указано преимущественное преобладание того или иного вида полезного ископаемого, дана детальная характеристика развития горной промышленности. Горнопромышленные карты, составленные по всем экономическим районам России, красочно и наглядно дают представление об уровне освоения недр.

Впервые выполнено широкое историческое обобщение знаний в области освоения земных недр с горно-технологическими реконструкциями и всеобщей периодизацией с древнейших времен до настоящего времени; опубликовано около 500 биографических статей о выдающихся ученых в области геологии и горного дела, государственных деятелях, новаторах производства (многие из таких статей опубликованы впервые).

Большое место отведено минеральным ресурсам и минеральному сырью всех видов как базе функционирования и развития всех отраслей экономики различных стран. Наглядные материалы (карты, диаграммы, таблицы) по запасам полезных ископаемых и их размещению, распределению ресурсов по континентам и группам стран, объемам и структуре добычи минерального сырья в разных странах, структуре его потребления не только весьма интересны, но и свидетельствуют о широте охвата рассматриваемых вопросов, их глубокой проработке.

Обогащают Энциклопедию сведения о Мировом океане, включающие размещение минеральных ресурсов и донных осадков. Это особенно важно для перспектив XXI в., когда может быть начата промышленная масштабная добыча различных полезных ископаемых со дна океана.

Разделы Энциклопедии, посвященные минералам, горным породам и рудам, методам и способам их изучения и т.п., интересны не только сами по себе, но и для специалистов технического профиля: буровиков, горняков, обогащателей. Эти сведения дают возможность научно обоснованного подхода к созданию технологий и оборудования для поисков, разведки, добычи и первичной переработки полезных ископаемых.

Историческая ретроспекция по развитию минералогии и ее дифференциации на протяжении нескольких столетий дают представление о минералогии как одной из основополагающих наук геологии.

В Энциклопедии применен принципиально новый подход к написанию статей по разработке месторождений полезных ископаемых. Авторы отошли от укоренившегося в этой отрасли знаний консерватизма, именуемого «горным делом», и изложили основные положения и понятия с позиций горной науки. Примером может служить введение понятия «Технологическая схема горнодобывающего предприятия», рассматриваемая как совокупность основных и вспомогательных процессов в сочетании с необходимыми для их выполнения сооружениями, средствами механизации и автоматизации. Благодаря нововведению стало возможным иметь взаимосвязанные решения всех вопросов — от вскрытия и подготовки шахтных полей до получения конечной продукции. На этой основе в зависимости от условий разработки месторождений рекомендованы технологические схемы горнодобывающих предприятий, которые могут быть использованы в качестве базы для моделирования и типового проектирования предприятий.

Нововведение дает также возможность комплексного изучения дисциплин, связанных с разработкой месторождений полезных ископаемых. В этом плане Энциклопедия не только справочное издание, но и учебное пособие.

То же относится и к другим статьям, в которых освещены вопросы технологии работ по освоению недр.

В нашей стране выпускалось множество различных справочников по взрывным и буровзрывным работам. Все они обладали существенным недостатком — имели в большинстве случаев узкую направленность (для карьеров, угольных предприятий, строительных организаций, мелиорации, нормативный справочник и т.д.).

В Энциклопедии же в доступной форме изложены исчерпывающие сведения о всех аспектах взрывного дела. Приведены не только современные представления о явлении детонации и взрыва, взрывчатых материалах, способах взрывания, технологиях и технике взрывных работ, их безопасности, но дано описание буферного и камуфлетного взрывания, направленного взрыва и доставки горной массы взрывом, взрывогидравлической отбойки, взрывного бурения, обработки металлов взрывом и многое другое.

Столь же содержательны многочисленные статьи по всем основным процессам производства горных, буровых и других видов работ по выявлению, добыче и переработке полезных ископаемых.

Особую заинтересованность ученых и специалис-



тов вызвали обширные и весьма содержательные разделы о геологических и горных науках. В отличие от других справочных изданий в статьях «Горной энциклопедии» помимо общепринятых кратких понятий этих наук в одинаковой последовательности подробно изложены: объект, цель и основные задачи горно-геологических наук, их структура; связь со смежными науками; история развития (в т.ч. отдельных дисциплин); этапы развития, современное состояние, основные задачи и направления развития в нашей стране; отечественные научные учреждения, организации и общества, печать. Кроме того, по-новому изложенные систематизированные сведения еще и ликвидируют определенную путаницу в рассматриваемых вопросах.

Большое внимание уделено терминологии. Это и понятно, поскольку сложность решаемых задач усугублялась не только огромным объемом словника, но и понятийным разночтением многих терминов в отдельных отраслях и даже в различных справочниках, монографиях, учебниках. Даже сам термин «горное дело» в разных источниках трактуется по-разному: в терминологическом словаре «Горное дело» (1981 г.) — это «раздел техники», охватывающий процессы извлечения из недр полезных ископаемых и предварительной их работы; в «Политехническом словаре» (1989 г.) — «отрасли науки и техники», охватывающие процессы добычи и первичной переработки полезных ископаемых и т.д.

Составители Энциклопедии, на наш взгляд, приняли единственно правильное решение: постарались сохранить исторически сложившуюся терминологию, учесть развитие новых научных направлений, а также необходимость замены устаревших терминов, систематизировать и унифицировать термины по смысловому признаку для смежных областей горного дела. Снабжение терминов аналогами на английском, немецком, французском и испанском языках позволило впервые в России создать многоязычный словарь в крупной и важной научно-практической области и заложить основу единой международной горно-геологической терминологии, необходимость создания которой очевидна из-за постоянно расширяющихся контактов специалистов многих стран. С учетом сказанного не вызывает сомнений целесообразность издания четырехязычного перечня терминов. Желательным было бы издание (перевод) Энциклопедии на три других основных языка или хотя бы в англоязычном варианте.

В Энциклопедии соблюден один из важнейших принципов, совершенно необходимый для подобных изданий, — методологическое единство содержания отдельных статей в рамках одного большого тематического раздела. Для унификации структуры аналогичных по тематике статей авторским коллективом разработано около 100 типовых схем. Это позволило излагать материалы каждой статьи в определенной последовательности и в сопоставимой форме, чего не скажешь о некоторых других справочных изданиях, где характер статей во многом определяется индивидуальным качеством авторов.

«Горную энциклопедию» отличает и ряд других важных достоинств, к которым в первую очередь следует отнести:

оригинальное решение вопросов создания микро-

миниатюрных тематических карт (1:120 000 000), несущих значительный объем информации, и их генерализации; разработка и введение в научный оборот новых видов карт: горнопромышленных, горно-экономических и горно-исторических;

создание принципиально нового иллюстративного ряда в области горных технологий с объемным изображением систем разработки различных полезных ископаемых открытым и подземным способами, что имеет большое значение для учебного процесса;

разработка и использование типовых модулей для групп рисунков; типизация цветовой гаммы обозначений на иллюстрациях;

полнота раскрытия отдельных тем в статьях; снабжение многих статей современной библиографией, позволяющей читателям более детально знакомиться с интересующими вопросами;

научная популярность и доступность стиля изложения материала;

разносторонняя полезность сведений (для повышения научного кругозора и профессиональных знаний, для знакомства со смежными дисциплинами и т.д.);

высокий уровень энциклопедической культуры и качества полиграфии, ставящих данное издание в один ряд с лучшими специализированными энциклопедиями мира.

«Горная энциклопедия», отражающая наиболее прогрессивные современные направления и взгляды в области освоения недр и интегрирующая горно-геологическую информацию в крупных отдельных отраслях в единую систему знаний, не имеет аналогов в мировой практике.

Необходимо особо подчеркнуть фундаментальный характер подавляющего большинства приводимых в Энциклопедии сведений, а также оригинальность статей; это не компиляция, но серьезный научный труд по всем аспектам геологии и горного дела, богатый по содержанию и глубокий по сути. Вместе с тем нельзя обойти вниманием и прикладную значимость Энциклопедии, особенно в новых условиях хозяйствования, когда в сферу горно-геологической деятельности включилось огромное количество самостоятельных предприятий разного масштаба и с различной формой собственности (от РАО до артелей), далеко не всегда располагающих специалистами надлежащей квалификации.

«Горная энциклопедия» может служить незаменимой справочной книгой не только для специалистов России, но и стран СНГ и Балтии, где нет подобного всеобъемлющего издания.

В заключение следует подчеркнуть особую значимость Энциклопедии как современной терминологической и понятийной базы, необходимой и для разработки государственных нормативных актов в области горного законодательства («Горного Кодекса», стандартов и т.п.), надобность в которых давно назрела.

*А. И. Кривоцов  
И. Ф. Мигачев  
Б. П. Макаров  
В. М. Минаков  
Ю. Т. Смирнов*



|                                                                                                                                                                              |    |                                                                                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Grausman V.V.</i><br>Correlation of Riphean deposits in Western Yakutia from deep drilling data. ....                                                                     | 3  | <i>Grausman A.A.</i><br>On the effect of sedimentary rock freezing on the regularities of stratal pressure distribution and formation of oil and gas pools                 | 30 |
| <i>Val'kov A.K., Kolosov P.N., Davydov Yu.V.</i><br>Key section of boundary Vendian-Cambrian deposits of the Olenek uplift in the northeastern part of the Siberian platform | 5  | <i>Safronov A.F., Bubnov A.V., Ivensen G.V.</i><br>Problem of oil and gas potential of Permian deposits of the Khapchagai megarampart .....                                | 33 |
| <i>Tarabukin V.P., Prokopyev A.V., Oksman V.S., Karyakin Yu.V.</i><br>First data on Famienian deposits in the northwestern part of the Chersky mountain system. ....         | 9  | <i>Mitronov D.V.</i><br>Carboclastite: a new coal variety .....                                                                                                            | 36 |
| <i>Yermakova S.P.</i><br>Correlation between biostratigraphic divisions of Lower Triassic in the Boreal and Tethic areas .....                                               | 12 | <i>Smelov A.P., Berezkin V.I.</i><br>Major periods of culmination metamorphism in the Aldanian shield .....                                                                | 37 |
| <i>Grinenko O.V., Sergienko A.I., Belolyubsky I.N.</i><br>Stratigraphy of Paleogenic and Neogenic deposits in North-eastern Russia .....                                     | 14 | <i>Filippov V.Ye.</i><br>The role of eolic processes in the formation of metal-bearing conglomerates and their accompanying deposits in basins of Witwatersrand type ..... | 40 |
| <i>Prokopyev A.V., Oksman V.S.</i><br>Tectonic covering of Eastern Yakutia. ....                                                                                             | 20 | <i>Izbekov P.E.</i><br>The effect of decompression solidification in volcanic explosions                                                                                   | 42 |
| <i>Mikulenko K.I., Timirshin K.V.</i><br>Tectonics and problems of oil and gas potential in boundary zones of the Siberian platform and folded areas .....                   | 24 | <i>Shkodzinsky V.S.</i><br>The nature of endogenic geological processes in the light of new data on global magmatic fractionation during the Earth's accretion .....       | 45 |
| <i>Kashirtsev V.A., Filp R.P. (USA), Chalaya O.N., Zueva I.N., Trushcheleva G.S.</i><br>Genetic families of naphtoids of the eastern part of the Siberian platform .....     | 28 |                                                                                                                                                                            |    |