Доклады Академии наук СССР
1974. Том 218, № 2

УДК 553.981 *ГЕОЛОГИЯ*

Академик А. А. ТРОФИМУК,
член-корреспондент АН СССР Н. В. ЧЕРСКИЙ,
В. П. ЦАРЕВ, А. А. СОЛОВЬЕВ

ВЛИЯНИЕ ОЛЕДЕНЕНИЙ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПАСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ В ЗЕМНОЙ КОРЕ

Региональные оледенения Земли и связанные с ними зоны гидратообразования (ЗГО) существенно влияют на процессы миграции и аккумуляции углеводородов ([1–6]).

ЗГО как на материках, так и в придонных слоях Мирового океана являются участками, где происходит аккумуляция углеводородов вследствие резкого снижения растворимости газа в пластовых водах при образовании гидратов ([3]) и притока метана и его гомологов из сопредельных и нижележащих горизонтов. Особенно интенсивно процессы концентрирования природного газа протекают при перемещениях ЗГО вверх, во время потеплений климата ([4–6]).

Формирование четвертичных и более древних ледниковых покровов, мощность которых превышала 3000 м ([7–11]), приводило к увеличению геостатических давлений в подстилающих породах более чем на 270 кг/см^2. Это способствовало отжатию флюидов из тонкодисперсных пород и перемещению пластовых вод, газов и нефти в проницаемых комплексах в направлении движения ледников.

Таким образом, резкая активизация миграции углеводородов и интенсификация процессов аккумуляции газов в ЗГО, связанные с четвертичными оледенениями, явились причиной последней фазы нефтегазонакопления, приведшей к формированию современных нефтегазоносных областей. Движение ледников способствовало раскрытию части ловушек, а также разрушению скоплений углеводородов в результате образования высоких градиентов пластовых давлений под ледяными толщами, до 1—3 ат/м по вертикали и 2—100 атм/м по простиранию. При движении ледника происходило отжимание флюидов перед его фронтом, что приводило к значительному пополнению существовавших залежей нефти и газа и формированию новых в периферийных зонах ледниковых покровов, а также участках смыкания или сближения крупных ледяных полей встречного направления. В тех случаях, когда давление выжатых ледником флюидов превышало горное, происходили гидроразрывы осадочной толщи, что способствовало временной струйной миграции воды, нефти и газа, прекращавшейся при снятии нагрузки ([12]). В верхних комплексах районов развития максимальных мощностей ЗГО, включая и осадочный чехол под ледниками, формировались области газонакопления.

Чтобы оценить значимость этих процессов, напомним, что верхнепалеозойское (P—C) оледенение занимало площадь не менее 70 млн км^2 ([10]), а четвертичные ледниковые покровы в Северном и Южном полушариях охватывали почти 50 млн км^2 ([8, 13]).

Как известно, нефть менее подвижна, чем газ. Поэтому характер воздействия палеозойских оледенений можно оценить анализируя приуроченность запасов нефти к палеоширотам. Роль более молодых четвертичных ЗГО и ледниковых покровов можно проследить по распределению плотности и суммарных запасов газа и нефти в интервалах современных широт.

Сопоставление результатов палеомагнитных исследований и положения участков угленакопления на Земле показало, что в палеозое приуроченность климатических зон к широтам была близка к современной ([14], [15]).

В Европе южная граница максимального из четвертичных оледенений достигала 49° с. ш., остальных 52—54° с. ш.; для Западной Сибири эти величины составляли соответственно 59—60° с. ш. и 61—63° с.ш., Восточной Сибири 61° с.ш., Северной Америки 38° с.ш. на западе и 46° с.ш. на востоке ([16], [17]). Южная граница мерзлоты на этих континентах не опускалась ниже 35—48° с.ш. Следовательно, названными широтами ограничивается влияние оледенений на формирование зон накопления углеводородов.

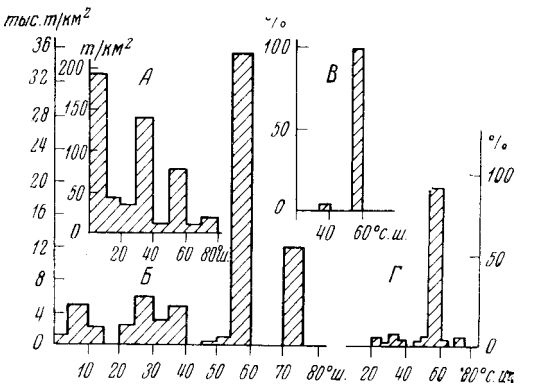

Рис. 1. Плотности запасов нефти в земной коре (*А* — в интервалах палеоширот палеозоя, *Б* — современных широт, без СССР) и относительное содержание ее в интервалах современных широт (*В* — на территории Европы, *Г* — Северной Америки)

На рис. 1*А* показано распределение запасов нефти в интервалах палеоширот палеозоя по данным А. Н. Хромова и Г. И. Гончарова. Причины повышенной плотности запасов нефти в областях 50—60° и 70—80° до сих пор объяснения не находили ([18]). Эти максимумы и, по-видимому, часть интервала 30—40° приурочены к периферийным зонам ледниковых покровов гондванского времени и обязаны своим происхождением воздействию ледяных толщ. Повышенные плотности и величины запасов нефти в интервалах современных высоких широт как в целом по планете (рис. 1*Б*), так и в пределах отдельных континентов (рис. 1*В*, *Г*) связаны с областями развития четвертичных ледниковых покровов.

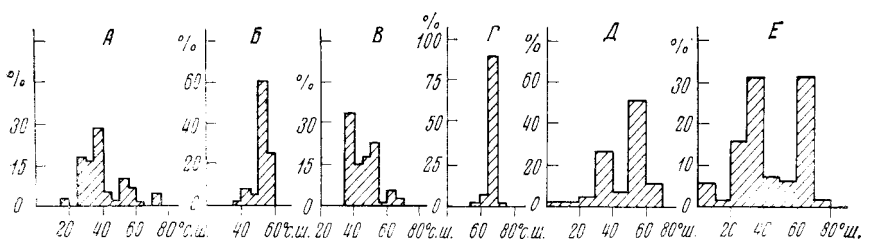

Рис. 2. Распределение запасов газа в интервалах современных широт (*А* — в Северной Америке, *Б* — Западной Европе, *В* — Восточной Европе, *Г* — Западной Сибири) и в интервалах палеоширот (*Д* — в широтах палеозоя, *Е* — мезозоя)

Распределение запасов газа в пределах современных широт на уровне изучения 1972 г. (рис. 2) таково, что максимальные их количества в палеозойских отложениях приурочены к 50—60° (рис. 2*Д*) и значительно меньшие — к 30—40°; на более низких широтах их величины ничтожны. В мезозойских отложениях отмечаются два равных максимума в области 60—70° и 30—40°. Отличие положений максимумов запасов (рис. 2*Д*, *Е*) в палеозойских (50—60°) и мезозойских (60—70°) отложениях объясняется тем, что в более глубоко залегающих отложениях Pz решающим фактором в концентрации газа оказался гидродинамический (оттеснение флюидов к периферии ледниковых покровов), а влияние ЗГО сказывалось меньше.

В мезозойских же породах пик в области 60—70° появился из-за того, что накопление газа, кроме периферийных зон ледников, происходило и в области максимальных мощностей ЗГО, приуроченной к 60—70° с.ш. Сначала в этих районах происходило интенсивное охлаждение осадочного чехла, а потом он перекрывался тысячеметровыми толщами льда, которые также способствовали увеличению давления и мощности ЗГО. Как и в палеозойских отложениях, в породах мезозоя в низких широтах, где не было оледенений и ЗГО, запасы газа невелики (см. рис. 2).

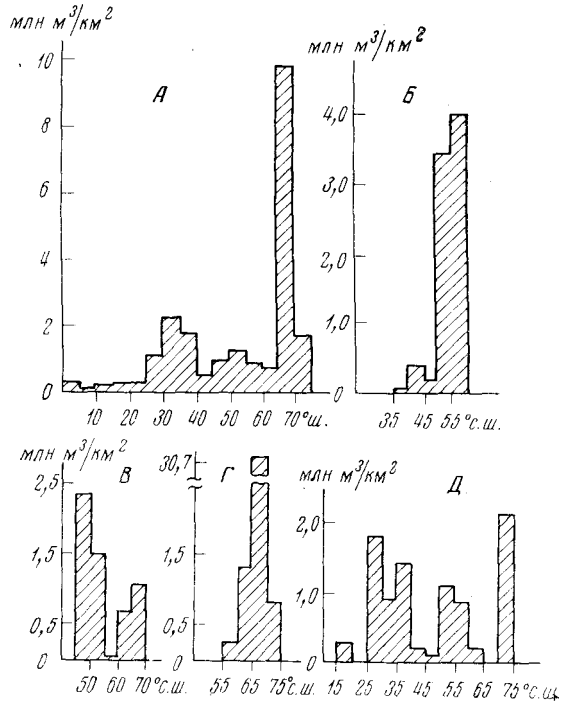

Рис. 3. Плотности запасов газа в интервалах современных широт. *А* – в мире, *Б* – Западной Европе, *В* – Восточной Европе, *Г* – Западной Сибири, *Д* – Северной Америке

В Северной Америке (рис. 2*А*) отмечается три интервала широт, в которых сосредоточена значительная доля запасов газа. Зона 35—40° с.ш., где открыто около 30% ресурсов и наблюдается высокая плотность (рис. 3*Д*), являлась южным периферийным участком ледников, двигавшихся на юг с Лаврентьевского щита и Скалистых гор. Район 50—60° с.ш. отличается высокими значениями плотностей и приурочен к северной оконечности этих ледников. Накопление газа в широтах 70—75° с.ш. связано с формированием и движением ледников с хр. Брукса на Аляске, а также концентрированием углеводородов в мощных ЗГО.

В Западной Европе (рис. 2*Б* и рис. 3*Б*) практически все запасы газа приурочены к краевым частям четвертичных ледниковых покровов, и зонам стыковки ледниковых систем, т. е. к 50—60° с.ш.

В Восточной Европе (рис. 2*В* и рис. 3*В*) один максимум запасов связан со Скандинавским ледниковым покровом (45—55° с.ш.), другой, значительно меньший,— с Новоземельским и Пайхойскими ледниками (60—70°).

В Западной Сибири (рис. 2*Г* и рис. 3*Г*) все запасы газа находятся в интервале широт 65—70° с.ш., т. е. в районах, перекрывавшихся ледниками, двигавшимися с Урала, Новой Земли и Таймыра. Эти же области являлись участками стыковки ледниковых систем и районами значительного охлаждения пород и формирования мощных ЗГО.

Таким образом, максимальные плотности запасов газа, а также и нефти в интервалах современных и палеоширот приурочены к их высоким значениям как в целом по планете (рис. 1*А*, *Б*, рис. 3*А*, 55—80°), так и на отдельных континентах: в Западной Европе (рис. 3*Б*, 50—60° с.ш.), Восточной Европе (рис. 3*В*, 50—70° с.ш.), Западной Сибири (рис. 3*Г*, 60—75° с.ш.) и Северной Америке (рис. 3*Д*, 50—75° с.ш.).

Учитывая приведенные факты и соображения, можно главные принципы оценки перспектив нефтегазоносности регионов, подвергавшихся оледенениям, сформулировать следующим образом.

Наиболее высокими перспективами газоносности обладают те районы, где в мощных водоносных комплексах, перекрытых региональными по-

крышками, формировались ЗГО, которые в последующем, в результате потепления, мигрировали за пределы экранирующих толщ или находятся близко к их подошве. Концентрация газа под покрышкой будет тем выше, чем больше была амплитуда миграции ЗГО по проницаемой толще т. е. чем с большего участка собирались углеводороды и транспортировались к подошве экрана. Неблагоприятным фактором для аккумуляции углеводородов является частое чередование проницаемых и непроницаемых литологических разностей.

В комплексах, подстилающих ЗГО, высокоперспективны области нефтегазонакопления, формирующиеся под воздействием ледниковых покровов на участках, прилегающих к их периферийным зонам. Их ширина составляет 50—300 км. Высокоперспективны участки стыковки ледниковых систем. Наибольшей плотности запасов углеводородов следует ожидать в районах, которые являлись зонами нефтегазонакопления при нескольких фазах оледенения. Зоны нефтегазонакопления могут быть приурочены к периферии ледниковых покровов более древних, чем четвертичные.

Институт физико-технических проблем Севера
Якутского филиала
Сибирского отделения Академии наук СССР
Якутск

Поступило
26 III 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] *В. П. Царев*, Особенности формирования и методы поисков газогидратных залежей, Кандидатская диссертация, Якутск, 1970. [2] Исследования и рекомендации по совершенствованию разработки полезных ископаемых северных и восточных районов СССР, ч. 1, Перспективы поисков газогидратных залежей, Якутск, 1973. [3] *Ю. Ф. Макогон, В. П. Царев, Н. В. Черский*, ДАН, т. 205, № 3 (1972). [4] *В. П. Царев*, В кн. Новые данные по нефтегазоносности Сибирской платформы, Тр. Сиб. н.-и. инст. геол., геофиз. и мин. сырья, в. 167, Новосибирск, 1973. [5] *Б. А. Красовицкий, В. П. Царев, Э. И. Можарова*, В кн. Информ. бюлл. НТИ ЯФ СО АН СССР, Якутск, 1973. [6] *А. А. Трофимук, В. П. Царев, Н. В. Черский*, ДАН, т. 212, № 4 (1973). [7] *Б. Гутенберг*, Физика земных недр, ИЛ., 1963. [8] *Р. Флинт*, Ледники и палеография плейстоцена, ИЛ, 1963. [9] *Н. С. Воронов*, Методика составления карт палеокриоизогипс и палеоизотерм Арктики и Антарктиды для эпохи максимального четвертичного оледенения. Докл. на ежегодных чтениях памяти Л. С. Берга, VIII—XIV, «Наука», 1968. [10] *Н. Г. Назаров*, Оледенения и геологическое развитие Земли, М., 1971. [11] *Е. В. Максимов*, Проблемы оледенения Земли и ритмы в природе, «Наука», 1972. [12] *Н. В. Черский, А. Ф. Сафронов*, В кн. Проблемы развития производительных сил Якутской АССР, М., 1972. [13] *К. К. Марков, Г. И. Лазуков, В. А. Николаев*, Четвертичный период, М., 1965. [14] *Д. Тарлинг, Р. Тарлинг*, Движущиеся материки, М., 1973. [15] *Н. М. Страхов*, Изв. АН СССР, сер. геол., № 3 (1960). [16] *А. А. Величко*, Природный процесс в плейстоцене, «Наука», 1973. [17] Карта четвертичных отложений СССР, М., 1966. [18] *E. Irwing*, Paleomagnetism and its Application to Geological and Geophysical Problems, N. Y.— Sydney, 1964.