

# Gas reserves and reservoir trends in The Netherlands

## Запасы газа и тренды коллекторов в Нидерландах

**Andrew A. van de Weerd\***

**Эндрю А. Ван де Вирд\***

### Введение.

Нидерланды являются одним из крупнейших производителей газа в Европе, в 2002 году было добыто около 71.2 млрд. куб.м. (2.51 тера фут.куб.), половина из которого экспортируется, и обеспечивает Европу 20% от общего потребления. Значительный объем добычи газа в Нидерландах начался в 1965 и достиг пика к 1976 с объемом добычи 101 млрд. куб.м. (3 тера фут. куб.) (Рисунок 1), а к концу 2002, было извлечено 2622 млрд. куб.м. (92.6 тера фут. куб.). В настоящий момент правительство ограничило годовое производство газа 80 млрд. куб.м., хотя за последние четыре года уровень был значительно ниже этого предела.

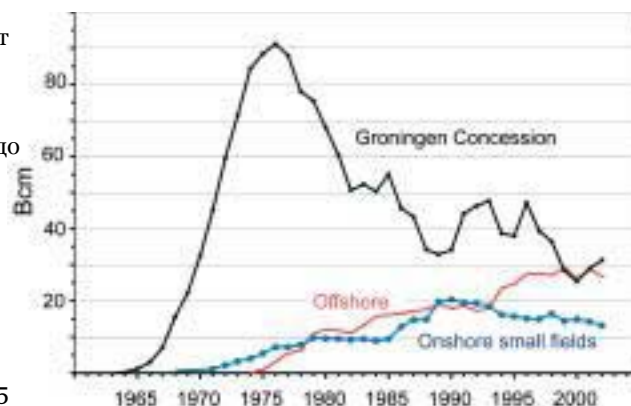
Первые исследования были начаты до второй мировой войны предшественником NAM (совместное предприятие 50/50 Shell-Эххон действующее в Нидерландах) и в 1943 было открыто Шонебекское нефтяное месторождение, за которым последовало открытие Коворденского газового месторождения в 1951. В 1959, гигантское Гронингенское газовое месторождение было открыто NAM, которое изменило представления о роли Нидерландов в разведочных работах. С этого времени NAM закрепило за собой доминантное положение как оператора, управляющего тремя четвертями ежегодного производства и запаса газа.

Общедоступные данные по газовым и нефтяным месторождениям в Нидерландах скудные, законодательство до 2003 г. позволяло нефтедобывающим компаниям удерживать всю информацию по наземным скважинам. Большинство из наземных концессий крупные, существуют в течение длительного времени (некоторые вечно), и не имеют никаких обязательств отказать от права, на многих открытых нефтяных месторождениях, абсолютно никакие данные не доступны широкой публике. Законодательство до 2003 года обязывало нефтедобывающие компании публиковать скважинные данные по морским скважинам спустя 10 лет. Морские концессии относительно крупные, многие из них имеют несколько действующих промыслов, лишь немногие данные являются общественным достоянием. В соответствии с новым законодательством, вступившим в силу с 1 января 2003, публикации подлежат детальные данные о добыче, все данные по наземным и морским скважинам и сейсмические данные, полученные 5 лет назад. Хотя цифры по запасам месторождений не являются общественным достоянием. Данные по запасам, предоставляемые нефтедобывающей компанией, остаются секретными на период 10 лет и при отсутствии каких-либо правовых требований, компании пользуются этим положением дел. Ежегодно, правительство публикует общие оценки запасов, но не по отдельным месторождениям.

Данные по текущему распределению запасов для месторождений, коллекторам различного возраста или трендам (trends) и держателям лицензии трудно проверить. В этой работе произведена попытка восполнения этого информационного пробела путем анализа запасов, для разработанных или неразработанных месторождений.

Запасы – это объемы нефти и газа, которые могут быть извлечены в промышленном масштабе при данных экономических условиях, действующих промышленных процедурах и действующих законах. Подготовленные запасы – это те, запасы, которые разрабатываются в настоящий момент, тогда как неразработанные месторождения – это те, которые еще не запущены в действие. Остающиеся запасы - это те, которые остаются в действующем промысле. Исходные (или промышленные) запасы месторождения – это суммарная добыча плюс остающиеся запасы<sup>1</sup>. Поскольку технические данные по месторождениям недоступны, различные категории запасов здесь используются формально, без строгих определений.

В этой статье мы отдельно рассматриваем гигантское Гронингенское газовое месторождение и другие месторождения, которые будут именоваться ‘малые месторождения’. Этот термин используется в сравнительном значении (Гронингенское месторождение - представляет собой как бы мерный шест) и применяется нами в связи с проведением политики малых месторождений в Нидерландах, которая дает нефтедобывающим компаниям приоритет при вводе в действие малых газовых месторождений вместо добычи на Гронингенском месторождении. Разведка и добыча



**Рисунок 1** Производство газа в Нидерландах. Показано ежегодное производство концессии Гронинген, морские (красным) и наземные (синим) мелкие месторождения.

\* А. ван де Веерд, консультант геолог-нефтяник, e-mail: a.vandeweerd@planet.nl

<sup>1</sup> Объемы газа даются в стандартных м<sup>3</sup>, есть при температуре 15° C ( 60° F) и давлении 1.01325 бар. Во многих индустриальных источниках значения даются в нормированных м<sup>3</sup>, то есть при том же давлении 1.01325 бар, но при 0° C (32° F). Нормированные объемы газа (0° C) представляют собой около 0.947 стандартного объема газа (15° C). Один миллиард м<sup>3</sup> (млрд. куб.м) приблизительно соответствует 35.3 миллиардам кубических футов (млрд. куб. футов). Объемы газа – это добытые объемы газа или запасы, независимо от теплотворности газа. Цифры и процентные значения в нижеприведенных таблицах округляются до ближайшего значения; совокупные значения процентов в таблицах могут не давать 100%.

из малых месторождений, не ограничивается спросом. Из-за того, что Гронингенское месторождение ведет себя как переменный производитель, небольшие месторождения могут добывать с большой нагрузкой. Политика, проводимая для малых месторождений, устанавливает ограничения на добычу с Гронингенского месторождения. Вдобавок, цена на газ держится относительно высокой из-за того, что она связана с ценами на нефтепродукты. Если бы не эти ограничения на добычу и не связь цены на газ с ценой на нефть, при низкой стоимости добычи и высоких производственных мощностях Гронингенского месторождения, цена на газ в Западной Европе была бы

ниже, а самые маленькие месторождения в Нидерландах и окружающих странах были бы нерентабельны в течение большей части срока службы Гронингенского месторождения.

## Общие оценки запасов

В течение 2002 было добыто около 71.2 млрд. куб.м. из наземных и морских месторождений Нидерландов. Этот газ относится к месторождениям из трех категорий:

1. гигантского Гронингенского газового месторождения с 29.2 млрд. куб.м. (41%)
2. малых наземных месторождений с 15.2 млрд. куб.м. (21%)
3. малых морских месторождений с 26.8 млрд. куб.м. (37%).

В таблице 1 показаны последние оценки правительства по ожидаемым запасам газа в Нидерландах (опубликованные Министерством экономики, 2003), лежащая в основе этой таблицы база данных и определения категорий запасов недоступны. Ожидаемые остаточные запасы включают в себя подготовленные и вероятные запасы, а также оценки объемов газа в нерентабельных залежах. Под ожидаемыми запасами в Таблице 1 понимается оценка перспективных залежей газа, из которых 65% расположено в море.

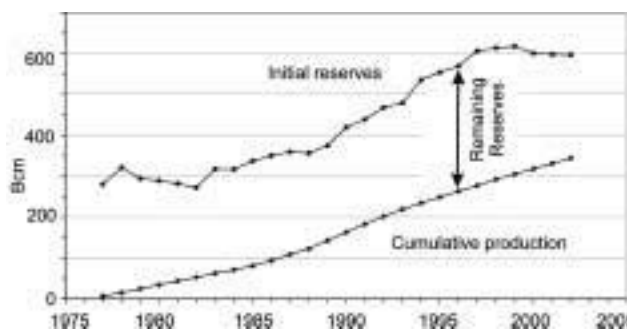
В журнале *Мировая Нефть* (август 2003) дана оценка запасов газа в Нидерландах - 1566 млрд. куб. м, по сравнению с 2116 млрд. куб. м в Норвегии и 630 млрд. куб. м в Великобритании.

Данные по запасам и добыче публикуются правительством приблизительно с 1980 года. На рисунках 2 и 3 представлены объявленные запасы "малых месторождений" и совокупная добыча газа за каждый год с 1977. Графики говорят о том, что увеличение начальных наземных запасов (= остающихся запасов + совокупная добыча) выровнилось.

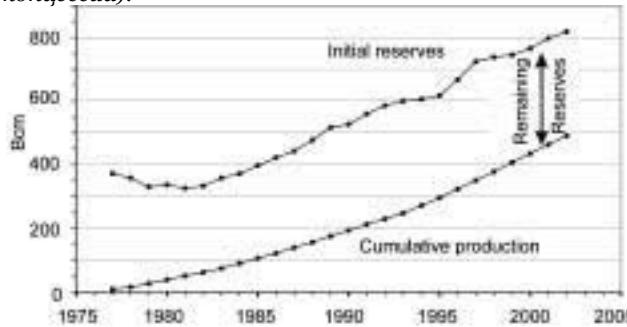
Для морских месторождений, начальные запасы продолжают расти со временем. Это является результатом роста запасов в месторождениях, уже введенных в действие, а также открытием новых месторождений. Пример роста запасов можно видеть на рисунке 4, на котором видно, что в 1979 и 1990 годах запасы Гронингенского месторождения были пересмотрены с тенденцией к увеличению до 152 и 294 млрд. куб. м соответственно.

Гронингенская концессия включает в себя Гронингенское месторождение вместе с 27 другими малыми месторождениями и залежами с объединенными запасами около 110 млрд. куб. м газа. Самое крупное из них Аннервеенское месторождение с начальным запасом порядка 70 млрд. куб. м, половина которого принадлежит Гронингенской концессии. В этой работе промышленные запасы Гронингенской концессии оцениваются как 2900 млрд. куб. м, а запасы Гронингенского месторождения оцениваются как 2777 млрд. куб. м<sup>2</sup>.

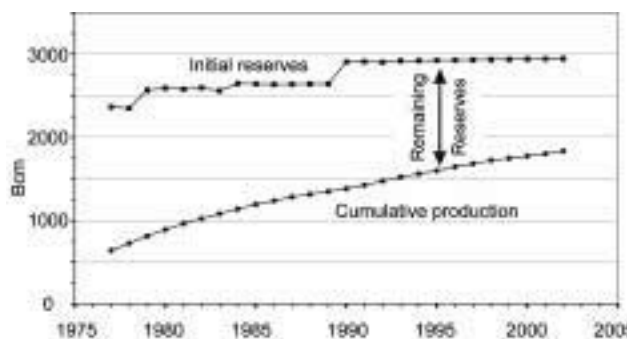
Небольшая часть Гронингенского месторождения расположена на территории Германии. Начальные запасы Гронингенского месторождения на территории Германии оценены в 63 млрд. куб. м и переданы Германии с 1966 по 1989. Однако, эти начальные запасы понижены до 41 млрд. куб. м в 1991 и нефтедобывающая



**Рисунок 2** Суммарная добыча и запасы наземных малых месторождений (за исключением Гронингенской концессии).



**Рисунок 3** Суммарная добыча и запасы морских малых месторождений.



**Рисунок 4** Суммарная добыча и запасы Гронингенского месторождения.

<sup>2</sup>Правительство опубликовало показатели добычи по Гронингенской концессии; данные по Гронингенскому месторождению недоступны. Таким образом рисунки 3 и 4, не полностью корректны. Рисунок 3 - это совокупная добыча на малых наземных месторождениях за исключением Гронингенской концессии, запасы малых месторождений включают и Гронингенскую концессию. Подобным образом, Рис.4 - это совокупная добыча Гронингенского месторождения с добычей Гронингенской концессии.

компания в Нидерландах получила финансовую компенсацию за превышение поставки на 22 млрд. куб. м газа. Не совсем ясно, как эти цифры были включены в опубликованные правительством оценки добычи и запасов, но вероятно, что эти 63 млрд. куб. м должны быть добавлены к промышленным запасам Гронингского месторождения. Результаты за 1977 год в графиках на Рисунках 2, 3 и 4 взяты из работы Ван Штаальдуйена и др. (Van Staaldueinen *et al.*, 1999), все другие данные взяты из ежегодных отчетов Министерства Экономики.

## Распределение газа в трендах коллекторов

Оценка запасов газа в действующих месторождениях, представленная ниже, получена из разнообразных источников, включая академическую литературу, отраслевые журналы, официальные публикации и пресс-релизы. Вдобавок, для оценки запасов использовались данные по добыче. Данные по добыче для месторождений или производственных концессий могут дать довольно точную оценку ресурсов лишь после нескольких лет добычи. Для наземных месторождений была принята средняя скорость истощения месторождений 10%, для морских месторождений скорость истощения месторождений может быть несколько выше, здесь предполагается среднее значение 12%.

Полученные данные по запасам кажутся достаточно непротиворечивыми, особенно если они исходят из нескольких источников. Однако, запасы месторождений некоторых наземных лицензионных участков (например Дрентской концессии) содержат неточности. Это объясняется тем,

	Cumulative production	Expected reserves	Developed reserves	Undeveloped reserves	Non-commercial	Future reserves
Groningen field	2131	1110	1110			
Onshore small fields		252	321	170	88	240-490
Offshore small fields	491	327				
Total	2622	1689	1431	170	88	

	Bcm	%
Tertiary deltaic sandstones (not yet on stream)	0	0.0%
Cretaceous paralic/shallow marine sandstones	0.9	1.2%
Upper Jurassic paralic/shallow marine sandstones	1.0	1.5%
Triassic fluvial and eolian sandstones (north)	4.7	6.7%
Triassic fluvial and eolian sandstones (south)	7.2	10.1%
Zechstein (Permian) marine carbonates	2.1	2.9%
Rotliegend (Permian) fluvial & eolian sandst.	54.1	76.0%
(Other fields in the Rotliegend)	* (24.9)	(35.0%)
(Groningen field, = Rotliegend)	* (29.2)	(41.0%)
Carboniferous fluvial sandstones	1.2	1.7%
Total	71.24	

	Remaining reserves	Cumulative production	Original reserves
Cretaceous	7	2%	47
Jurassic	8	2%	13
Triassic south	50	13%	48
Triassic north	36	9%	90
Zechstein	13	3%	59
Rotliegend	265	67%	652
Carboniferous	14	4%	38
total	394	100%	938

что эти участки большие, включают несколько месторождений, несколько нефтеносных пластов и имеют не полностью отраженную в публикациях характеристику добычи. Вдобавок в некоторых месторождениях разрабатываются две залежи.

Залежи газа в Нидерландах присутствуют в резервуарах, относящихся к семи различным геологическим периодам, которые в статье именуют «тренды коллекторов». В таблице 2 показаны тренды и соответствующее количество газа, добытого в 2002 году. Заметим, что в таблице 2 отдельно показана добыча из Гронингского месторождения и из других месторождений Ротлигенда. В таблице 3 показана оценка распределения подготовленных запасов в наземных и морских малых месторождениях, относящихся к различным трендам коллекторов.

Цифры подготовленных запасов для малых месторождений, которые процитированы в этой работе (394 млрд. куб.м из Таблицы 3) относительно завышены по сравнению с оценками правительства (Таблица 1: 321 млрд. куб.м). Включения данных из графика добычи может привести к слишком оптимистичным оценкам для месторождений с короткой историей добычи.

В таблице 3 показано, что малые месторождения Ротлигенда представляют собой 67% от общего числа, Триассовые месторождения - 22%, а Каменноугольные, Цехштейновые, Верхнетриассовые и Меловые месторождения каждое порядка 4% или менее.

Если учитывать показатели и для гигантского Гронингского месторождения, которое продуктивно главным образом в толще Ротлигенда, цифры добычи из других продуктивных горизонтов покажутся маленькими (Таблица 4).

**Таблица 1.** Ожидаемые оставшиеся запасы и совокупная добыча, опубликованная правительством. Значения даны в млрд. куб. м. на 1-1-2003.

**Таблица 2.** Год 2002: тренды коллекторов и оценка добычи газа

**Таблица 3.** Подготовленные запасы и совокупная добыча на наземных и морских малых месторождениях в млрд. куб. метров (Вст) на 1-1-2003. Таблица включает 41 млрд. куб. м буферного газа в трех подземных хранилищах.



## Каменноугольные залежи

Месторождения газа из Каменноугольных залежей встречаются в двух областях (Рисунок 5):

- Наземные в северо-восточной и восточной частях Нидерландов,
- и
- Морские в блоках D и E.

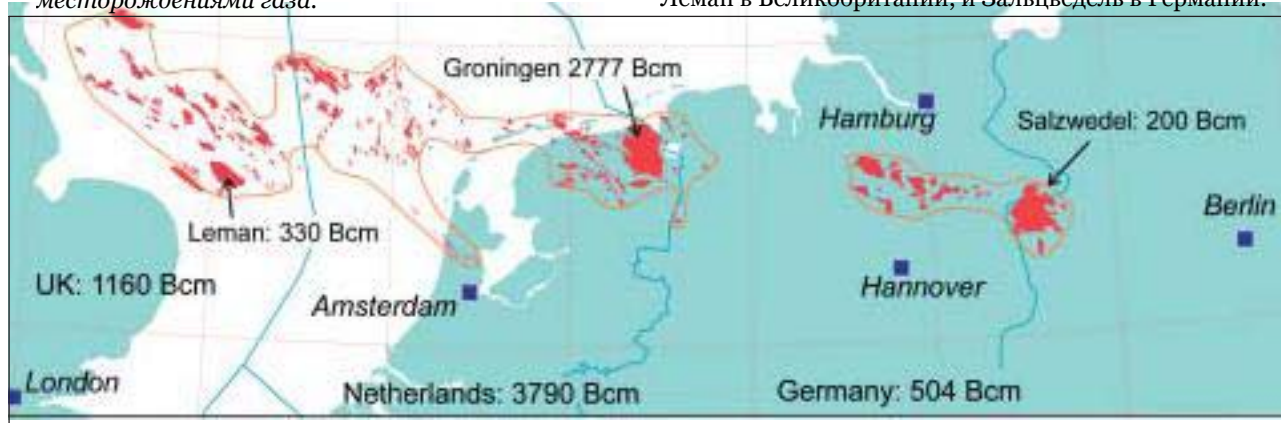


**Рисунок 5** Области с Каменноугольными месторождениями газа.

В сопредельных областях Великобритании и Германии также имеются Каменноугольные месторождения. Среди наземных месторождений известно шесть месторождений, не считая Гронингенского, добыча в которых ведется из Каменноугольных залежей. В других наземных месторождениях юго-восточной части Дрентской концессии добыча ведется как из пехштейнской залежи (основная залежь этого района, смотрите ниже) так и из Каменноугольной залежи. Эти возможные каменноугольные запасы включаются в Цехштейнский тренд коллекторов. Большинство из Верхне - Каменноугольного сегмента лежит выше газовой водного контакта в самой верхней части Гронингенского месторождения. Майнар и др. (Maunard *et al*, 1997) предположил, что 1 тера фут. куб. = 28 млрд. куб. м. исходных запасов Гронингенского газа можно отнести к этому сегменту. В нашей работе все запасы Гронингенского месторождения включаются в сегмент ротлигенда. Из морских месторождений только в одном (D12/D15) добыча ведется из Каменноугольной толщи. На нескольких месторождениях участка K01- K04 добыча осуществляется из смешанных залежей: ротлигенд и Каменноугольные залежи. Возможно, Каменноугольные запасы недооценены.

## Залежи Ротлигенда

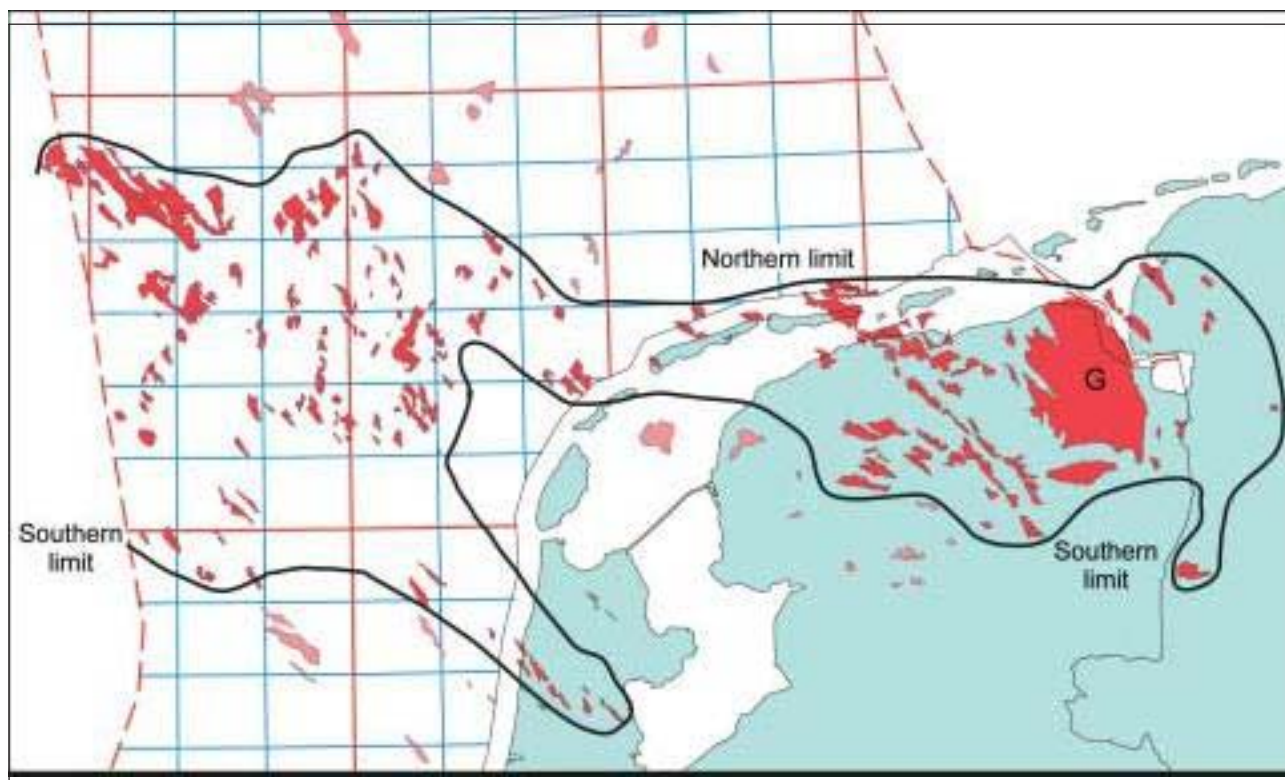
Газовые залежи ротлигенда представляют собой пояс, ориентированный приблизительно с востока на запад рядом с южной окраинкой южно- пермского бассейна с морской части Великобритании до Нидерландов и простираясь на сушу и к Германии. Рисунок 6 показывает положение пояса месторождений ротлигенда и первоначальные запасы для каждой страны с выделенными крупнейшими месторождениями, включая Леман в Великобритании, и Зальцведель в Германии.



**Рисунок 6** Месторождения газа Ротлигенда в Великобритании, Нидерландах и Германии, показаны первоначальные запасы для каждой страны и самое крупное месторождение для каждой страны.

	Remaining reserves		Cumulative production		Original reserves	
Cretaceous	7	0%	47	2%	54	1%
Jurassic	8	1%	13	1%	21	1%
Triassic south	50	3%	48	2%	98	2%
Triassic north	36	2%	80	3%	115	3%
Zechstein	13	1%	59	2%	72	2%
Rotliegend	265	18%	652	25%	917	22%
Groningen (Rotliegend)	1110	74%	1667	64%	2777	68%
Carboniferous	14	1%	38	1%	52	1%
total	1504	100%	2601	100%	4105	100%

**Таблица 4.** Подготовленные запасы всех месторождений на 1-1-2003, включающие Гронингенское месторождение и 41 млрд. куб. м. буферного газа в подземных газовых хранилищах.



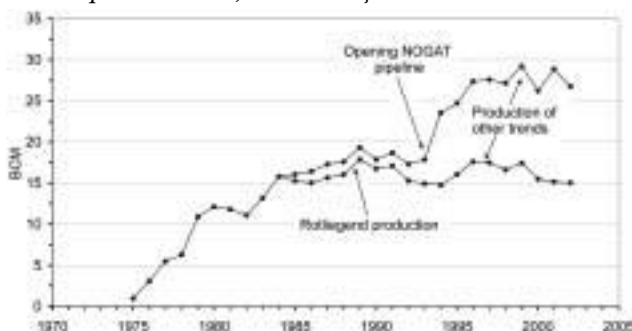
**Рисунок 7** Газовый тренд ротлигенда в Нидерландах с месторождениями, добывающими концессиями и нефтедобывающими компаниями.



**Рисунок 8** Схематический разрез Пемского бассейна, на схеме показан цехштейн. (из Ван дерБаан (van der Baap) 1990)

Запасы в Германии можно определить из цифр ежегодного отчета 2003 года Нидерландского земельного ведомства. В Нидерландах, 3694 млрд.куб.м. или около 90% начальных запасов газа добываются из этой пачки (смотрите Таблицу 4). В добавление надо сказать, что более 60 млрд.куб.м. неразработанных запасов находятся в толще ротлигенда, всего около 3755 млрд.куб.м.. В таблице 5 показаны более ранние оценки начальных запасов, опубликованные в литературе для толщи ротлигенда.

На рисунке 7 показаны месторождения толщи ротлигенда в Нидерландах. Северная граница распространения месторождений толщи ротлигенда определяется глинизацией песков коллекторов формации слохтерен толщи ротлигенда (рисунок 8). Южная граница преимущественно регулируется отсутствием цехштейнской соли, которая запечатывает коллекторы толщи ротлигенда. Фактически все коллекторы толщи ротлигенда охвачены производственными концессиями.



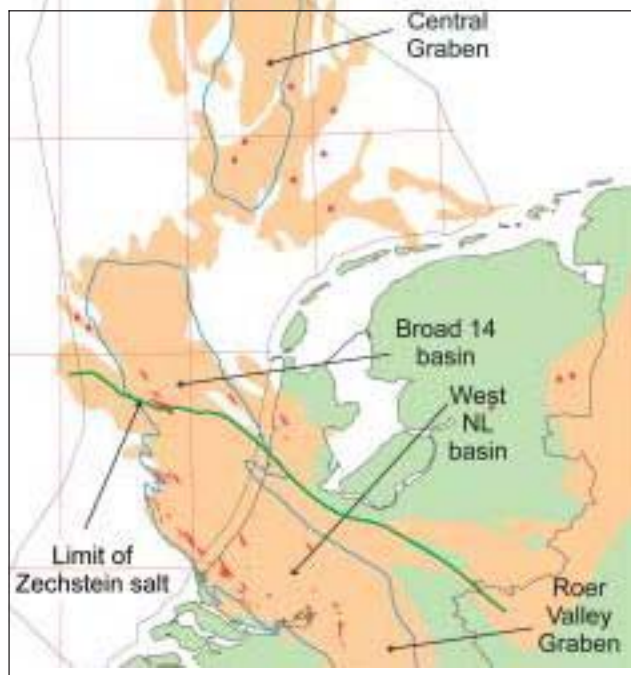
**Рисунок 9** Ежегодная добыча газа на морских месторождениях тренда ротлигенд.

NAM доминирует по площади, за которой идет Total и Gaz de France. Небольшие площади контролируются ENI, Wintershall, Unocal и Chevron. Этот тренд коллекторов почти целиком покрыт сейсмическими профилями 3D. Таким образом, с точки зрения разведки, эта область является зрелой. Несмотря на это, продолжают исследования в целях оценки перспектив толщи ротлигенда (Таблица 6). В период с 1988 по 2002 были пробурены поисковые скважины общим числом 419 на суше и на море: 191 из них (46%) проникли в толщу ротлигенда. Успех поисковых скважин высокий, в 62% из них найден газ. Это вполне ожидаемый успех, поскольку имеются данные сейсморазведки 3D. Последние открытия в толще ротлигенда относительно маленькие, объемы газа обычно не превышают 3-4 млрд.куб.м.





**Рисунок 10** Цехштейнский газовый тренд Z2 в Нидерландах. Показан карбонатный шельф, склон и бассейн. Продуктивные газовые месторождения в цехштейнском Z2 показаны красным. Палеогеография адаптирована из работы Гелюк (Geluk, 2000).



**Рисунок 11** Расположение Триасовых газовых месторождений. Показаны позднетриасовые рифтовые бассейны, протяженность Триасового песчаника Фолтрихаузен и граница Пермской соли (цехштейн).

В июне 2001 года NAM объявила об открытии залежи объемом 11 млрд.кв.м. в скважине K15-16. Размер этой залежи стал сюрпризом, учитывая то, что NAM уже участвовала в концессии более 30 лет.

На рисунке 9 показано ежегодное производство газа с морских залежей ротлигенда. С 1984 ежегодная добыча из толщи ротлигенда держалась приблизительно на одном уровне в диапазоне от 15 до 18 млрд.куб.м. /год. Последний из крупных разрабатываемых участков – это блок Total K04/K05 в северо-западной части тренда (Рисунок 7). Можно ожидать скорого уменьшения производства из толщи ротлигенда после достижения пика добычи.

На море отложения ротлигенда покрывают предположительно 9700 км<sup>2</sup>, тогда как на суше (и территориальных водах) – около 5900 км<sup>2</sup>, общая площадь 15600 км<sup>2</sup>. Всего было доказано что начальные запасы газа 3800 млрд.куб.м. Это в среднем 0.24 млрд.куб.м./км<sup>2</sup> (около 34 млн. фут. куб. /акр), увеличенные за счет Гронингенского месторождения. Отдельно для морского участка объем оценивается 0.09 млрд.куб.м./км<sup>2</sup> (порядка 13 млн. фут. куб. /акр), поскольку в эту цифру не входит Гронингенское месторождение.

### Цехштейнские коллектора

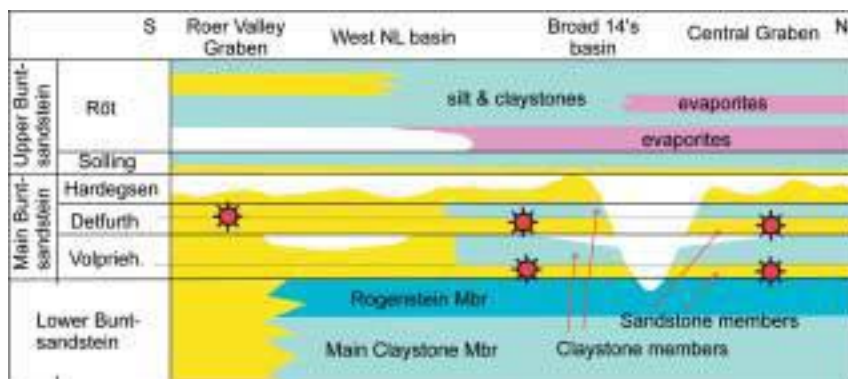
Карбонаты Поздне-Пермского цехштейна – это значимый коллектор газа в Германии, в Нидерландах он менее значимый. Цехштейнские карбонаты, распространены по южному краю Пермского бассейна в Великобритании, Нидерландах, Германии и Польше. Газ встречается в двух карбонатных пачках: Z2 карбонат (рядом с основанием цикла Z2) и Z3 карбонат (рядом с основанием цикла Z3, смотрите Рисунок 8). Обе карбонатные пачки характеризуют палеогеографию карбонатного шельфа, за исключением шельфа, склона и бассейна. Карбонаты Z2 – это важная продуктивная пачка в восточных Нидерландах (Рисунок 10) и в Германии с первоначальными запасами 420 млрд.куб.м. и 62 млрд.куб.м., соответственно. Ван дер Баан (Van der Baan, 1990) провел оценку газа в цехштейне Z2 восточных Нидерландов и получил объемы порядка 80 млрд.куб.м, из которых 60 млрд.куб.м. извлекаемые. Большая часть цехштейнского газа сернистая с переменным количеством H<sub>2</sub>S. Крупные месторождения в Z2 на суше в восточной части Нидерландов контролируются NAM.

year	UK Offshore	Netherlands Offshore	Germany Onshore	total	source
2003	1160	3755	504	5419	this paper
1994	1028	3600	?		Spencer et al, 1996, includes Zechstein
1980	?	2100	?	3600	Van Wijhe et al, 1980

**Таблица 5.** Оценки первоначальных ресурсов ротлигенда из литературных данных.

years	88-87	89-90	91-92	93-94	95-96	97-98	99-00	01-02	totals	
Rotligend gas	17	12	24	13	13	19	8	12	118	62%
Rotligend dry	7	13	15	9	6	11	3	9	73	38%
total Rotligend wells	24	25	39	22	19	30	11	21	191	
Total exploration wells	60	69	82	38	47	60	25	38	419	

**Таблица 6.** Число разведочных и оценочных скважин в Ротлигенде.



**Рисунок 12** Стратиграфия нижнего Триаса. Показан разрез богатый песками (желтым), аргиллит (зеленый), карбонат (голубой) и эвапорит (фиолетовый). (Адаптировано из работы Гелюк и др. [Geluk et al. 1996]).

Несколькими небольшими наземными месторождениями управляет Total. Карбонаты цехштейна Z3 образуют морской газовый коллектор, тогда как на берегу они продуктивны лишь в северо-западной части Нидерландов. Палеогеография карбонатной платформы Z3 отличается некоторыми деталями от палеогеографии карбоната Z2, показанной на Рисунке 10. Добыча осуществляется из двух наземных месторождений к северу от Амстердама (Алкмаар и Шермер, нефтедобывающая компания BP-Amoco) и нескольких морских месторождений сектора R06. Алкмаарское месторождение было преобразовано в подземное газохранилище в 1998. К тому же, есть несколько нерентабельных морских газовых залежей. Общие промышленные запасы порядка 10 млрд.куб.м. могут содержаться в карбонатах Z3.

### Триасовые коллектора

Триасовые тренды коллекторов являются вторыми по величине после толщ ротлигенда; Добыча осуществляется из 38 месторождений с начальными запасами порядка 213 млрд.куб.м. (Таблица 3). Распределение Триасовых газовых месторождений и основной коллекторской пачки, песчаника Фолприхаузен показано на Рисунке 11. Триасовый нефтеносный пласт можно поделить на:

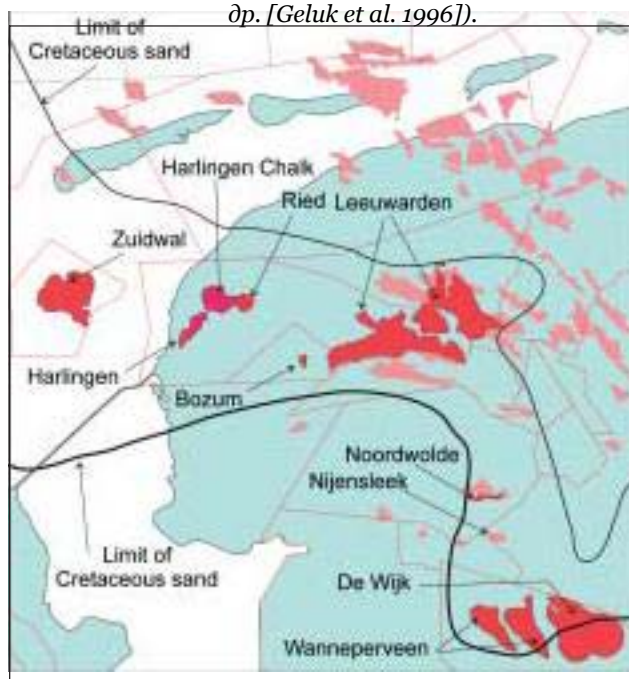
- Триасовый юг: месторождения в разломно-блоковых структурах рядом с южной границей Триасового бассейна
- Триасовый север: месторождения в структурах над цехштейнскими соляными подушками.

#### Триасовый юг.

Триасовые месторождения в разломно-блоковых структурах залегают к югу от границы цехштейнской соли (Рисунок 11). Триасовые газовые месторождения находятся в областях, затронутых поздне-юрским рифтингом и поздне-меловой инверсией рифтовых бассейнов (Рисунок 11). Однако, коммерческие месторождения располагаются не в самых глубоких частях рифтовых бассейнов. Нижне-Триасовый разрез развивается в грубо-обломочных фациях рядом с южной границей Триасового бассейна (Рисунок 12). Эти фации меняются по направлению к северу, только пачки формаций Фолприхаузен и Детфурт содержат песчаный материал, а первая из них является важным коллектором газа.

В настоящий момент 26 месторождений находятся в эксплуатации, их первоначальные запасы около 98 млрд.куб.м., из которых 48 млрд.куб.м. извлечены. В настоящее время на море активно работают несколько компаний, которые добывают из продуктивного пласта, в частности компания Clyde (теперь часть Wintershall). Использование прямых индикаторов газа совместно с детальным структурным анализом данных сейсморазведки 3D может уменьшить риск, связанный с бурением. При сочетании этого этих исследований с

© 2004 EAGE



**Рисунок 13** Меловые газовые месторождения в Нидерландах. Розовым показаны немеловые газовые месторождения.

быстродействующими и недорогими новаторскими разработками даже небольшие залежи становятся привлекательными. В октябре 2001 Clyde объявил об открытии крупного месторождения, которое растянуто по границе блоков Q01-Q04 на море и соседствует с северной границей бассейна Брод Фортинс. Это месторождение может содержать запасы порядка 10-17 млрд.куб.м.

#### Триасовый север

Триасовые месторождения над Пермской солью встречаются в северной части Нидерландов, на суше и на море. Наличие цехштейнской соли ведет к тектоническому отделению фундамента (Пермо-каменноугольного) от Триаса и более молодого разреза. Триасовые месторождения содержатся большей частью в песчаной пачке Фолприхаузен, обычно над подушками пермской соли.

Текущая добыча газа ведется из 12 месторождений с общими первоначальными запасами около 115 млрд куб.м., совокупная добыча составляет порядка 80 млрд.куб.м..



## Средне-и верхне-Юрские коллектора

Поздне-Юрскими и Ранне-Меловыми рифтовыми бассейнами в Нидерландах являются Центральный грабен, бассейн Брод Фортинз, Западно Нидерландский бассейн и Грабен долины Роер (показаны на Рисунке 11). Пески со коллекторскими свойствами Средне и Верхне-Юрского возраста встречаются только в центральном грабене. Здесь имеются два продуктивных месторождения: крупное месторождение F3-FB в песках Нижнего, Среднего и верхнего грабена и месторождение F15 B в песках Скрафф Грин. Из месторождения F3-FB было добыто около 13 млрд.куб.м., там могут оставаться еще остаточные запасы свыше 7 млрд.куб.м. Залежь месторождения F15-FB была разбурена в 1998, производительность добычи составляет 0.7 миллионов м<sup>3</sup> газа/день.

## Меловые коллектора

Несколько газовых месторождений были найдены в ниже-Меловых песках в северной части Нидерландов, они включены в отдельный газовый тренд (Рисунок 13). Всего имеются два месторождения с продуктивным мелом Верхнемелового возраста: одно наземное газовое месторождение (показанное на Рисунке 13 как Харлингенский Мел) и морское нефте-газовое месторождение блока F02 Ханце. Общие запасы Мелового газа ограничены первоначальными запасами порядка 54 млрд.куб.м. из которых по оценкам было добыто 47 млрд.куб.м. Промышленные запасы газа из двух меловых месторождений 3 млрд.куб.м.

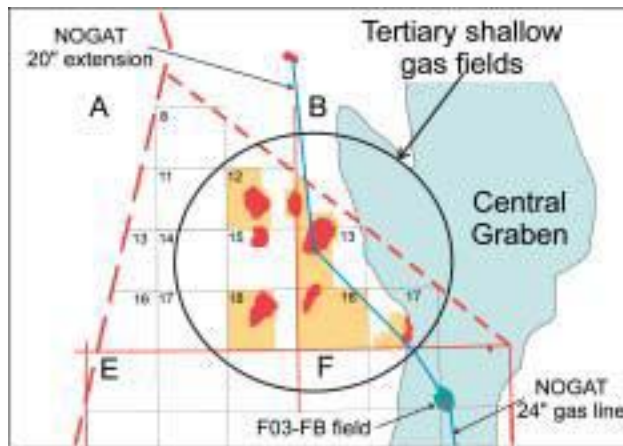
## Третичные коллектора

Биогенный газ содержится во многих Третичных дельтовых песках на небольших глубинах в северной морской части блоков А и В (Рисунок 14). В литературе упоминается об относительно большом количестве пластового газа, из которого свыше 40 млрд.куб.м. содержится в наложенных один на другой неконсолидированных песчаных пластах различной мощности на глубинах между 700 и 350 м. Эти структуры широкие и выражены в понижении рельефа. Большие объемы газа делают эти пески привлекательными, даже несмотря на технические сложности добычи. Низкие давления, вынос песка из пласта и поступление воды - вот проблемы, с которыми необходимо бороться. В результате, запасы трудно оценить, но можно дать осторожные оценки порядка 10-12 млрд.куб.м.

operator	Bcm	%	operator	Bcm
NAM	53.6	75.2%	Gaz de France	3.3
Total	7.3	10.2%	ENI	0.6
Wintershall	3.7	5.2%	Unocal	0.2
BP-Amoco	2.5	3.4%	Veba	0.1

**Таблица 7.** Производство газа в 2002 году в Нидерландах, поделенное между нефтедобывающими компаниями.

NAM	EBN	Total	GDF	Wintershall	BP
133.1	129.7	28.6	9.3	8.7	7.5
Mobil	Petrocanada	Dyas	Clam	others	Total
7.9	6.3	4.1	3.6	13.3	352.1



**Рисунок 14** Размещение Третичных газовых месторождений в северной части моря. Коричневым показаны области, заявленные на получение лицензии на добычу.

Открытие удлинения трубопровода NOGAT с месторождения блока F03-FB к немецкому месторождению A6 (добыча в котором начата в сентябре 2000), сделала месторождения достигаемыми. В результате были поданы несколько заявок на лицензии на добычу.

## Газодобывающие компании и запасы.

В таблице 7 показаны объемы добычи газа за 2002 год, включая добычу с Гронингенского месторождения, для каждой нефтедобывающей компании. Три четверти газа добывается NAM, за которой идет Total приблизительно с 10%.

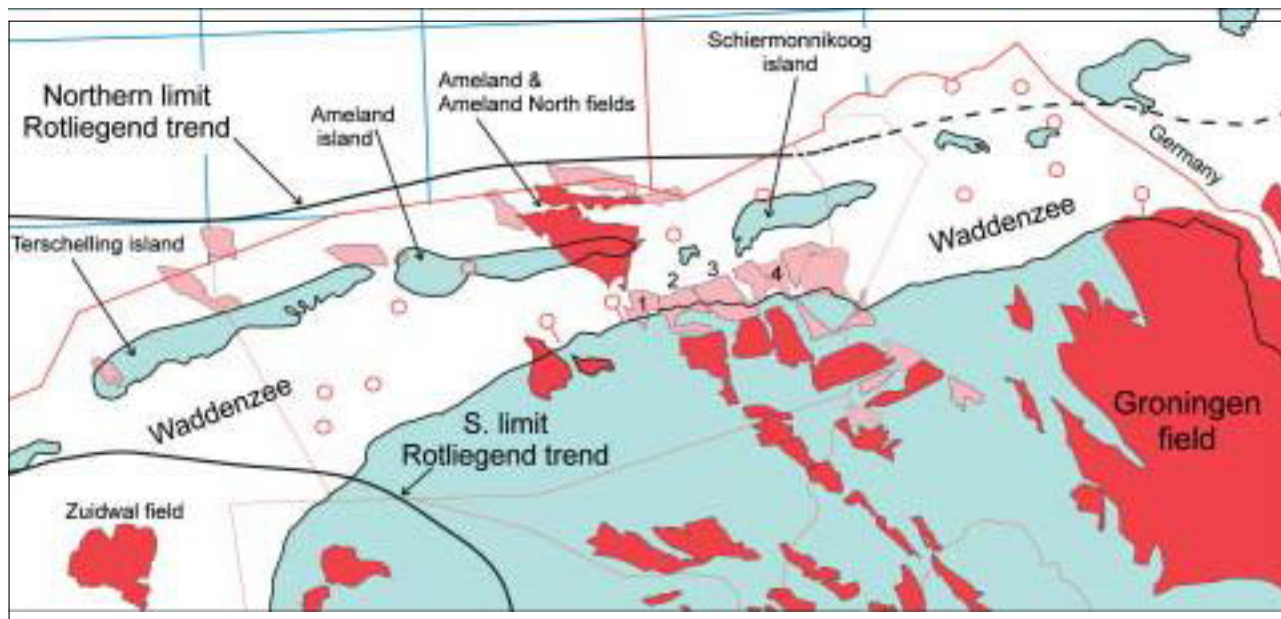
Объемы остающихся запасов в малых наземных месторождениях были оценены как 149 млрд.куб.м., тогда как 41 млрд.куб.м. присутствует в виде буферного газа в трех газовых подземных хранилищах на суше. Остающиеся запасы на море оценены как порядка 203 млрд.куб.м. В таблице 8 дана оценка запасов газа, распределенных между компаниями, которые имеют долю в ценных бумагах. Самыми большими запасами владеют NAM и не-оператор EBN (компания, которая управляет запасами, принадлежащими государству), каждый имеет около 125 млрд.куб.м. Из цифр видно, что NAM доминирует и как оператор и как держатель запасов. Total держит порядка 29 млрд.куб.м. запасов. В том, что касается добычи и запасов, все другие держатели доли являются более мелкими участниками рынка.

## Неразработанные запасы

Известно большое число открытых месторождений газа на суше, которые не разрабатываются. Большинство из них не рентабельны по различным причинам или расположены на или рядом с природными охраняемыми территориями.

**Таблица 8.** Запасы газа малых месторождений в Нидерландах, распределенные между держателями лицензии. Операторы лицензий помечены жирным. Не включен буферный газ из трех промыслов UGS.





**Рисунок 15** Карта области Ваддензее с газовыми месторождениями и границы пласта Ротлигенда. Розовые месторождения не эксплуатируются. 1-месторождение Тернард, 2-месторождение Нес, 3- месторождение Моддергат, 4- месторождения Лауверсоог. Красным цветом даны приблизительные положения перспективных участков.

Некоторые из открытых газовых месторождений в песчаниках Ротлигенда в северной части Нидерландов, возможно, являются погранично-рентабельными или нерентабельными, их разработка может быть начата в ближайшем будущем. Эти месторождения могут прибавить несколько млрд. куб.м. к базе запасов. В концессии Ноорд Фрисланд северных Нидерландов есть месторождения Тернард, Нес, Моддергат и Лауверзоог, которые залегают под экологически уязвимой областью Ваддензее. Эти ротлигендские отложения с потенциальными запасами до 30 млрд.куб.м. можно ввести в действие почти моментально, но пока разрешения на разработку было отклонено (также смотрите ниже).

В морских месторождениях насчитывается 80 млрд.куб.м. неразработанных запасов. Большая часть из них будет введена в действие в близком будущем, около 35 млрд.куб.м. в ближайшие два года. Приблизительно 12 млрд.куб.м. запасов находятся на малой глубине в Третичных отложениях северной части моря в блоках А и В. По оценкам 22 млрд.куб.м. из этих запасов содержатся в Триасовых газовых месторождениях и порядка 31 млрд.куб.м. в отложениях ротлигенда, остальные 14 млрд.куб.м. в других трендах.

### Область Ваддензее

Экологически уязвимая область Ваддензее относится к прибрежной территории, которая попадает под действие нефтяного законодательства. Большая часть Ваддензее и Фризские острова расположены в продуктивном поясе ротлигенда (смотрите Рисунки 7 и 15) и большая часть этой области принадлежит добывающим концессиям, управляемым NAM. Бурение в этой области было остановлено в 1984 из-за экологических опасений, в результате чего эта область осталась недоисследованной. До 1984 года было пробурено несколько скважин, в большинстве из которых был найден газ. Добыча из меловых месторождений Зюидвал и Амеланд в толще ротлигенда (Рисунок 15) была начата в 1984 и 1986 годах, соответственно и не причиняла значительного вреда экологии. Ваддензее и Фризские острова могут содержать запасы порядка 150-200 млрд.куб.м. (5.2-7 тера фут.

куб.), если использовать средние цифры запасов газа на квадратный километр в морской части пород ротлигенда. Компания NAM (управляющий всеми концессиями на этом участке) согласилась с тем, что потенциальные эксплуатационные скважины для добычи из газовых месторождений будут находиться вне охраняемой области Ваддензее, кроме того, будут использоваться эксплуатационные скважины с увеличенным отклонением от оси. Из-за неточностей в определении сейсмических скоростей, точные значения глубин перспективных площадей остаются неизвестными, и это ограничивает расстояние между поверхностью и проектным забоем скважин тремя-четырьмя км при разведочном бурении. Учитывая это, NAM разработало два типа перспективных площадей:

1. Перспективные площади, требующие размещения площадок разведочного бурения. Эти площадки располагаются на экологически охраняемой области Ваддензее, но в случае успеха, могут разрабатываться с наземных пунктов с помощью бурения с увеличенным отклонением от оси скважины. Они могут располагаться более 4 км в стороне от наземных пунктов.
2. Перспективные площади, которые могут исследоваться с площадок, вне охраняемой территории Ваддензее и в случае успеха, могут разрабатываться также с наземных пунктов. Они могут располагаться ближе, чем в 4 км от наземных буровых площадок.

В отчетах по экологической экспертизе, подготовленных в 1995, перечислены шесть перспективных площадей с положениями буровых площадок на материке и объектах под охраняемой областью Ваддензее, а также шесть перспективных площадей с местами заложения скважин внутри охраняемой области Ваддензее. В добавление к этому NAM выбрала шесть перспективных областей на берегу у охраняемой области Ваддензее. Так, дальние три разведочные скважины были пробурены в 1996 и 1998 из наземных положений, они обнаружили залежи газа Лауверсоог под Ваддензее. Кроме того в 1995, были открыты месторождения Моддергат и Нес, которые частично располагаются под охраняемой территорией Ваддензее (Рисунок 15).

Общие запасы этих месторождений могут быть около 30 млрд.куб.м. Разрешение на эксплуатацию этих месторождений с наземных площадок расположения скважин было отклонено правительством из-за сильного противодействия групп охраны природы. Поэтому дальнейшее разведочное бурение не проводилось.

### Заключение

Промышленные запасы газа в Нидерландах - свыше 4200 млрд.куб.м. (148 тера фут. куб.), из которых извлечено 2622 млрд.куб.м. (92 тера фут. куб.). Большая часть этого газа относится к толще ротлигенда, около 67% первоначальных запасов газа из этой толщи относятся к малым месторождениям. Следующий по величине тренд - Триасовый, ему соответствует 21%. Добыча из наземных месторождений (включая Гронингенское) находится в упадке, в то время как ежегодная добыча из морских месторождений находится на неизменном уровне.

НАМ управляет тремя четвертями от ежегодной добычи газа. Кроме того компания имеет долю 60% от запасов Гронингенского месторождения (666 млрд.куб.м; Таблица 1) и 133 млрд.куб.м. остаточных запасов других месторождений. Total управляет около 10% ежегодной добычи в Нидерландах и владеет около 28 млрд.куб.м. запасов. Государство (с EBN) имеет долю участия в Гронингенском месторождении, равную 40% (444 млрд.куб.м., Таблица 1) и около 129 млрд.куб.м из остаточных запасов других месторождений.

### Признательность

Антуан Вондерс, Габриэль Грувс-Гидней и Г. Дифуис (помощник редактора *First Break*) рецензировали рукопись и внесли много исправлений.

### Список литературы

Geluk, M. V. [2000] Late Permian (Zechstein) carbonate facies maps, The Netherlands. *Geologie en Mijnbouw / Netherlands Journal of Geosciences*, **79**, 17-27.  
Geluk, M.C., Plomp, A. and van Doorn, Th.H.M. [1996]

Development of the Permo-Triassic succession in the basin fringe area. *Geology of oil and gas under The Netherlands*, H.E.Rondeel *et al* (eds.), Kluwer Academic Publishers, 57-78.

Maynard, J.R., Hofman W., Dunay, R.E., Bentham, P.N., Dean, K.P. and Watson, I.[1997] The Carboniferous of western Europe: the development of a petroleum system. *Petroleum Geology*, **3**, 97-115.

Ministerie van Economische Zaken, [2003] Oil and gas in The Netherlands Exploration and production 2001. This report and earlier reports published by the Department of Economic Affairs, 1-91.

Erdol und Erdgas in der Bundesrepublik Deutschland [2003]. *Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung*, 2003, 1-57.

Spencer, A.M., Leckie, G.G. and Chew K.J. [1996a] North Sea hydrocarbon plays and their resources. *First Break*, **19**, 345-357.

Spencer, A.M., Leckie, G.G. and Chew, K.J. [1996b] North Sea hydrocarbon plays and their resources. *AD 1995: NW Europe's Hydrocarbon Industry*. K. Glennie & A. Hurst (eds.), The Geological Society, 25-41.

Van der Baan, D. [1990] Zechstein reservoirs in The Netherlands, *Classic Petroleum Provinces*. Brooks, J. (ed.), Geological Society Special Publication, No 50, 379-398.

Van Staalduinen, C.J., Van Adrichem Boogaert, H.A., Bless, M.J.M., Doppert, J.W.Chr., Harsveldt, H.M., Van Montfrans, H.M., Oele, E., Wermuth, R.A. and Zagwijn, W.H. [1979] The geology of The Netherlands, *Mededelingen Rijks Geologische Dienst*, Vol 31-2.

Van Wijhe, D. H., Lutz, M. and Kaaschieter, J. P. H. [1980] The Rotliegend in The Netherlands and its gas accumulations. *Geologie en Mijnbouw*, Vol **59**, 3-24.

*World Oil*, 58th International Outlook, World trends, *World Oil*, August 2003, 23.