О синтезе техногенной нефти в литосферных реакторах

А.Е. Воробьев (РУДН), Шамшиев О.Ш.

Аннотация

На основе всестороннего анализа приведены возможные методы получения техногенной нефти из промышленных и бытовых отходов

С ростом численности населения нашей планеты неуклонно возрастает и степень негативного воздействия на биосферу. Это обусловлено, с одной стороны, увеличением объемов добычи полезных ископаемых, заготовления растительной и животной продукции, использования водных ресурсов для производственных, жилищно-бытовых и сельскохозяйственных целей, вовлечения в сельскохозяйственный оборот мелиорированных земель, строительства городов и населенных пунктов, производственных помещений и т.д., а с другой - накоплением различного рода отходов производства и коммунального хозяйства, которые существенно загрязняют природную среду. Например, в мировом масштабе ежегодно накапливается более 20^{10} т таких компонентов, как мусор, отходы и отбросы.

Кроме этого, минувший XX век отличался высочайшими темпами роста энергопотребления, в то время как традиционные энергоресурсы не бесконечны, и по состоянию на 1 января 2000 г. потенциал мировых запасов нефти составлял лишь 43 года.

Поэтому уже сегодня необходимо проводить поиск и разработку принципиально новых стратегий освоения углеводородного сырья.

Для решения данной проблемы разработана научная концепция техногенного воспроизводства твердых рудных минеральных ресурсов (как на поверхности, так и в глубинах литосферы).

Дальнейшее ее развитие предполагает изучение возможности, механизма и процессов контролируемого воспроизводства не только рудного сырья, но и нефти, которые отличаются от искусственного рудообразования (происходящего, главным образом, за счет перераспределения в массиве горных пород химических элементов – металлов) необходимостью первичного синтеза полезного компонента, а лишь затем его миграции и концентрации.

В качестве основного источника для синтеза искусственной нефти предполагается использование отходов жизнедеятельности человеческой цивилизации, т.е. их полезная утилизация.

Авторами были исследованы и систематизированы основные факторы, определяющие синтез нефтеподобных соединений из ОВ (органических веществ) в специально сформированных для этого в литосфере реакторах (табл. 1).

Нефтегенерационный потенциал в значительной мере контролируется первоначальным составом ОВ, который в свою очередь определяется природой исходного живого вещества и особенностями его последующих превращений.

Например, было установлено, что для преобразования ОВ, обогащенного водородом, требует гораздо более высокая температура.

Термодеструкционное разложение ОВ сапропелевой и гумусовой природы также принципиально различается по своей сущности.

В частности, в сапропелевом ОВ (главным образом аморфной структуры) происходит быстрое термохимическое разложение всего объема в целом, и его фрагменты (асфальтены и смолы) захватываются в подвижную битумоидную фракцию, а в гумусовом и лейптинито-гумусовом ОВ (представляющем структурированные биополимеры) отщепляются лишь отдельные периферийные фрагменты алкановой природы с последующей дегидратацией и уплотнением остаточного ОВ, и в битумоид поступает незначительное количество смол и асфальтенов (главным образом за счет сапропелевой примеси и отдельных лейптинитовых микрокомпонентов типа резинита).

В последние годы появилось значительное число экспериментальных работ, подтверждающих высокий (в целом сопоставимый с сапропелевым ОВ) битумогенерационный потенциал гумусового ОВ. Для последнего подтверждена тесная зависимость выхода нефти от мацерального состава и прямая – от содержания лейптинитовых микрокомпонентов, в т.ч. резинита, при термолизе которого выделяются легкие жидкие УВ (углеводороды) (до C_{15}).

По уменьшению битумогенерационной способности гумусовые мацералы выстраиваются в следующий ряд: воски + пыльцевые компоненты → резинит → споринит + кутинит + суберинит → витринит → фюзинит.

Причем, вначале термобарное воздействие на ОВ ведет к увеличению доли битумоидов, а также алифатизации и уменьшению роли цикланов и аренов (особенно конденсированных) и монотонному приближению искусственных битумоидов по углеводородному составу к нефти. Последнее особенно четко выражается в постепенном выравнивании концентрации н-алканов с нечетным и четным числом атомов углерода в цепи, а также в новообразовании УВ бензиновых и керосиновых фракций.

К конечной стадии термобарного воздействия в синтезируемых битуминозных компонентах преобладают насыщенные УВ, в которых среди н-алканов доминируют соединения с нечетным числом атомов углерода в цепи, изоалканов мало, а среди цикланов преобладают конденсированные структуры.

Одним из значительных *техногенных источников* углеродсодержащих соединений, поступающих в окружающую среду (к тому же предполагающих обязательную утилизацию и обезвреживание), являются городские и промышленные стоки. Так, стоки г. Москва состоят из 66 $м^3$/с сточных вод городской канализации, сбрасываемых в р. Москву, и 5 $м^3$/с сточных вод промышленных предприятий, поступающих в реку помимо общегородских сетей канализации.

Поверхностный сток с городских территорий, как правило, формируется за счет талых, дождевых и поливомоечных вод. По районам г. Москвы величина модуля поверхностного стока изменяется в пределах от 5,64 (Железнодорожный район) до 15 л/с·$км^2$ (Свердловский район). В целом наблюдается увеличение модуля стока от окраин города к центру. Средний для г. Москвы модуль поверхностного стока составляет 9 л/с $км^2$.

Поверхностный сток с территории города, содержащий большое количество органических и взвешенных веществ, а также нефтепродуктов, как правило, не очищается от загрязнений и попадает непосредственно в естественные водные объекты.

В целом по г. Москве в течение года с поверхностным стоком поступает 3840 т нефтепродуктов, 452080 т взвешенных веществ, 173280 т хлоридов и 18460 т органических веществ (по БПК - биологически активному кислороду).

В среднем, ежегодные сбросы миллионного города в канализационную сеть и помимо нее составляют до 350 млн. т загрязненных сточных вод (включая ливневые и талые воды с промышленных площадок, городских свалок и стоянок автотранспорта).

В этих стоках содержится около 36 тыс. т взвешенных веществ (в т.ч. фосфатов – 24 тыс. т, азота – 5 тыс. т, нефтепродуктов - до 5 тыс. т) В частности, только общее количество осадка сточных вод (ОСВ) городских очистных сооружений России составляет свыше 10 млн. т в год по сухому веществу.

Данная проблема актуальна и аналогична практически для всех крупных городов мегаполисов СНГ. Они являясь однотипными отличаются лишь в размерах и объемах концентрации. Из других регионов авторы исследовали город Бишкек и Ош Кыргызской Республики. Здесь соотношение взвешанных веществ выглядит в сторону уменьшения – фосфат - азота нефтепродуктов. Это видимо обусловлено интенсивной агрообработкой удобрениями фосфатно-азотного содержания с последующей миграцией последних поверхностными стоками.

Однако вследствие относительного однообразия хозяйственной деятельности человека, состав *бытовых сточных вод* довольно-таки однотипен и устойчив (табл. 2).

Органические вещества в городских стоках присутствуют в виде белков, углеводов, жиров и других продуктов физиологической переработки.

По сравнению с отходами жизнедеятельности травоядных, экскременты человеческого организма богаче (в пересчете на сухое вещество) азотом и фосфорной кислотой.

Это обусловлено тем, что, во-первых, пища человека значительно богаче белками, чем корм травоядных. Если, например, в пище животных (сене) содержится 1,5% азота, то в пище человека его бывает от 2-3% (злаковые) до 15% (мясо). Во-вторых, пища людей лучше переваривается, ее большая часть окисляется, превращается в воду и углекислый газ, следовательно, оставшаяся доля еще больше обогащается исходными элементами, чем в организме травоядных.

Поэтому в отходах жизнедеятельности людей содержится (соответственно в твердом и жидком состоянии): азота – 2 г и 14 г, золы - 4,5 г и 14 г, фосфорной кислоты - 1,35 г и 1,78 г, оксида калия - 0,64 г и 2,29 г.

Превращение органического вещества в специально сформированном в литосфере реакторе в нефтеподобное соединение является сложным технологическим процессом, требующим насыщения исходного вещества водородом до 8-12% (в зависимости от качества нефти).

Наиболее универсальным *методом получения нефтеподобных продуктов* из ОВ является гидрогенизация, т.е. воздействие молекулярным водородом под давлением при повышенной температуре с использованием определенных катализаторов.

При гидрогенизации происходят деструкция органических веществ и насыщение (гидрирование) их водородом с получением смеси жидких продуктов, фракционный и химический состав которых аналогичен природной нефти (за исключением повышенного содержания ароматических углеводородов и гетероатомных соединений).

Поэтому для того, чтобы из органического вещества образовались нефть и нефтеподобные соединения необходима дополнительная энергия.

В литосфере имеются все возможности для обеспечения процесса битумообразования – повышенные температура и давление, которые обычно связаны между собой и с недрами (табл. 3).

Однако в специально сформированном в литосфере реакторе синтеза нефтеподобных соединений даже при относительно низких температурах (300-450 К) возбуждение ОВ может осуществляться путем перехода молекул на близлежащие уровни энергии (вращательные, колебательные, уровни от внутренних вращений и межмолекулярных взаимодействий), в результате чего происходит частичное разрушение надмолекулярного строения ОВ, конформационные превращения, десорбция влаги и т.д.

Дальнейшее повышение температуры вызывает заселение вышележащих колебательных, а также электронных уровней ОВ, что приводит к многочисленным разрывам химических связей и интенсивному осуществлению термохимических реакций (структурные превращения, диспропорционирование водорода и пр.).

При этом молекулярный водород ОВ, активированный радикалами и катализаторами, вступает в следующие реакции:

- стабилизации радикалов-продуктов деструкции;
- гидрирования ароматических колец;
- удаления гетероатомов;
- восстановления доноров водорода.

При генерации радикалов, бомбардирующих ОВ, происходит дополнительный разрыв связей в молекулах ОВ, отщепление и отделение жидких и газообразных УВ, а молекулярная структура получает более упорядоченную структуру.

Следовательно, с накоплением ароматических структур резко увеличивается энергия межмолекулярных взаимодействий (соответственно и температура начала размягчения ОВ).

В ходе техногенного нефтеобразования общая направленность процесса

энергетического воздействия на ОВ заключается в разделении углерода и водорода, а именно в создании горючих веществ, максимально обогащенных водородом, с одной стороны, и веществ, максимально обогащенных углеродом, с другой.

Так, состав получаемых жидких продуктов гидрогенизации ОВ аналогичен тяжелым видам нефти. Однако имеются и их отличительные особенности — повышенное содержание кислородных соединений, в частности, фенолов, а также наличие в составе нефтеподобных продуктов нестабильных непредельных углеводородов и сернистых соединений.

На низких ступенях термобарного преобразования для рассеянного ОВ характерен бесструктурный тип. Для сапропелевого и гумусово-сапропелевого вещества в этих термодинамических параметрах типичны пониженная ароматичность, значительное содержание кислорода в различных химических формах, обедненность метильными группами и длинными парафиновыми цепями.

По мере углубления термобарного преобразования, за счет исходных жирных кислот, восков и других соединений, богатых водородом, образуются тяжелые жидкие углеводороды. При этом увеличивается степень ассоциированности вещества и снижается количество гетероэлементов (N, O, S), а также возрастает насыщенность циклических структур.

Для процесса целенаправленного преобразования геополимеров особенно важны средние уровни P-T воздействия. В этих параметрах происходит максимальная потеря нереактивного кислорода (связанного не с функциональными группами, а с внутренней структурой преобразуемого органического вещества).

Потеря нереактивного кислорода свидетельствует о том, что, кроме продолжающегося (при углублении термобарного воздействия) отщепления функциональных групп, обеспечивается разрыв внутренних кислородных связей между конденсированными группами в макромолекулах, а также поликонденсация отдельных структурных единиц преобразуемого ОВ. При этом формируются вторичные макромолекулы, потерявшие при предшествующем разукрупнении часть углеводородов, но вновь обогащенные кислородсодержащими функциональными группами благодаря разрыву внутренних связей.

Таким образом, процесс термобарного преобразования весьма сложного органического вещества выражается в потере функциональных групп, а также уменьшении количества боковых углеводородных цепей и конденсации ароматических ядер с разрушением мостиковых связей.

Кроме этого установлено, чем выше уровень теплового воздействия, тем легче синтезируемая нефть, и ее вязкость уменьшается при уменьшении среднего содержания серы, смол и асфальтенов.

Техногенный процесс синтеза нефти в специально подготовленных литосферных реакторах (как и природные процессы нефтеобразования) количественно определяется по параметру T_{max}. В частности, значениям 435-465°C соответствует максимум нефтеобразования.

Еще одним основным фактором преобразования ОВ в специально сформированных в литосфере реакторах является воздействие повышенного *давления*. Обычно давление линейно изменяется с глубиной, приблизительно на гидравлический градиент, составляющий от 9,7 до 12,4 ат на каждые 100 м глубины горного массива.

В результате этого, в интервале глубин 1,3-3,5 км при $\mathbf{P}_{лит}$ ~ 1 кбар и T = 80-200°C процесс нефтегенерации протекает наиболее интенсивно. Причем по мере повышения геотемператур и давления происходит генерация все более легких продуктов термодеструкции ОВ.

Следует отметить, что важным фактором, обеспечивающим превращение органики в синтетическую нефть, является *воздействие микроорганизмов*. Так, бактериальная флора на первоначальном этапе преобразования ОВ во многом определяет режимы

соответствующих зон, существенно влияя на возникновение окислительных и восстановительных геохимических обстановок. В частности, в окислительной среде отмирающее белковое вещество под воздействием бактерий генерирует CO_2, N_2, NO_2, тогда как в восстановительной обстановке образуются CO, NH_3, H_2S, H_2 и CH_4, а также тяжелые предельные и непредельные газообразные углеводороды. Причем анаэробное бактериальное окисление ОВ имеет большую интенсивность для сапропелевого вещества по сравнению с гумусовым, обогащенным детритовым материалом.

При низкотемпературном воздействии на ОВ определяющими являются следующие химические процессы превращения биомолекул: гидролиз, гидратация, диспропорционирование водорода, полимеризация и поликонденсация.

В этот период в фоссилизируемом ОВ происходит формирование не только газообразных, но и высокомолекулярных УВ (главным образом за счет переработки ОВ бактериями). Так, процессы декарбоксилирования жирных кислот ведут к новообразованию н-алканов, а диспропорционирование водорода непредельных соединений – к новообразованию нафтеновых структур, которые преобладают среди изоциклоалифатических УВ.

Для развития последующих технологий техногенного воспроизводства нефти весьма важно и то, что воздействие микроорганизмов на стераны протекает селективно: в первую очередь окисляются стераны, имеющие 20R конфигурацию, т.е. биостераны.

Благодаря воздействию микроорганизмов зачастую происходит как разрушение, так и новообразование структур, отсутствующих в исходных нефтях. К числу таких углеводородов можно отнести: 25-норгопаны, Т-образные изопреноиды, изопреноиды типа «голова к голове» и прочие.

Так**,** алканы могут быть преобразованы монотерминально до формы спирта, причем первая ступень осуществляется благодаря ферменту оксигеназе, в результате чего кислород непосредственно включается в структуру молекулы до формы спирта либо до формы кетона.

Кроме того, алканы атакуются микроорганизмами детерминально. Например, Pseudomonas aeruginosa может воздействовать на 2-метилкапроновую кислоту с обоих концов углеродной цепи, образуя смесь 5-метилкапроновой и 2-метилкапроновой кислот. Алканы также могут быть десатурированы терминально или субтерминально с образованием алкенов.

Микробному воздействию подвергаются также длина цепи алифатических углеводородов и ее боковые цепи. Например, некоторые бактерии, которые воздействуют на алканы с длиной цепи C_8 - C_{20}, не способны к атаке на алканы с длиной цепи C_1 – C_6, тогда как другие не могут расти на алканах с длиной цепи более C_{10}. Известно, что грибы способны расти на алканах с длиной цепи до C_{34}. Кроме этого, метальные и пропильные группы в определенных положениях алканового углерода уменьшают или предотвращают утилизацию веществ микроорганизмами.

Алкены далее могут превращаться в эпоксиды, которые затем включаются в метаболизм с образованием диолов.

В процессах техногенного нефтеобразования чрезвычайно важна роль *вмещающих пород*, которые могут являться как (в определенной степени) компонентами природного химического реактора, так служить коллектором или антифильтрационным экраном (рис. 1).

В этой связи одной из наиболее удачных геохимических характеристик вмещающего горного массива как реактора нефтеобразования служит отношение концентраций изопреноидов C_{19} : C_{20} – пристана к фитану. В результате, по величине этого отношения выделяются 3 основных типа обстановок преобразования ОВ в нефть: резко восстановительная ($Ф \leq 0,6$), восстановительная ($Ф = 0,6 \div 5$) и слабоокислительная ($Ф = 5 \div 15$).

Таким образом, содержание подвижной части синтезируемых углеводородов

(битумоидов) зависит не только от типа исходного ОВ (гумусовый, сапропелевый и др.) и параметров Р-Т обработки, но и от состава минеральной составляющей горных пород реактора. В частности, чем меньше в них нерастворимого в соляной кислоте остатка (кварцево-кремниевого, полевошпатового и глинистого материала), тем выше содержание синтезируемых битумоидов.

Вместе с тем повышенная карбонатность способствует возрастанию доли синтезируемых битумоидов в ОВ. Более того, карбонатность повышает также и степень восстановленности синтезируемых битумов, т.е. содержание в них масляной углеводородной (УВ) части.

В целом для ускорения процессов термодеструкции ОВ и синтеза из них техногенной нефти в качестве катализаторов могут быть применены (табл. 4):

- d-переходные металлы и их ионные формы;
- оксиды, не имеющие в своем составе переходных элементов, но обладающие полупроводниковыми свойствами, управляемыми свободными электронами и дырками или одновременно теми и другими (концентрацию их изменяют путем внедрения в оксидную фазу легирующих примесей);
- вода;
- металлорганические комплексы, играющие в технологических процессах роль промежуточных соединений.

Кроме каталитических характеристик, в процессе техногенного воспроизводства нефти в глубинах литосферы важны *коллекторские свойства* вмещающего горного массива.

На величину проницаемости прежде всего влияют структура и текстура горной породы, морфология и структура пустотного пространства, вещественный (минеральный) состав и количество цемента, лиофильность или лиофобность (как горной породы в целом, так и цементирующего вещества).

В частности, вследствие уменьшения свободного сечения пор (при росте водонасыщения пород) исходная проницаемость горного массива заметно снижается. А с увеличением медианного размера обломочного материала (за счет увеличения сечения каналов) проницаемость наоборот возрастает. Кроме этого, проницаемость характеризуется анизотропией, наиболее резко выраженной у терригенного коллектора и менее - у карбонатного.

Емкостные свойства карбонатных пород определяются сложным сочетанием полостей различных типов (пор, каверн и трещин), отличающихся в основном геометрией и размерами.

Однако, помимо коллекторских свойств, горные породы (слагаемые из них горные массивы) обладают и *антифильтрационными свойствами*.

Количественное определение величины проницаемости основано на законе линейной фильтрации Дарси:

$$K_{пр} = \frac{Q \cdot \mu \cdot L}{\Delta P \cdot S}, \qquad (1)$$

где Q – расход флюида в единицу времени;
μ – вязкость флюида;
L – длина пористой среды;
ΔP - перепад давления;
S - площадь фильтрации.

Например, эффективной покрышкой техногенных углеводородных залежей могут являться соли и ангидриты. Причем проницаемость последних ($2 \cdot 10^{-8}$ мДарси) на 2 порядка ниже, чем у аргиллитов. Также установлено, что соли при повышении давления и температуры резко снижают исходную проницаемость, а при давлении 280-350 кгс/см^2 и температуре 28-32°С (характерных для глубин 1200-1500 м) фильтрация газа через них практически полностью прекращается.

Тщательный учет рассматриваемых факторов возможного превращения ОВ позволил

разработать базовую модель литосферного реактора синтеза нефти из углеродсодержащих стоков (рис. 2).

Формирование техногенных скоплений нефти определяется совокупностью происходящих процессов синтеза нефти в сформированных в литосфере реакторах, ее массового перемещения и аккумуляции в специальных ловушках.

В результате, по мере повышения температуры и давления одновременно реализуются такие процессы:

- подключаются новые резервы углеродсодержащих стоков (новые массы ОВ), способные к дальнейшему преобразованию;
- в перешедшей энергетический предел части ОВ нарастает доля молекулярных групп, реализовавших свой потенциал и отделившихся от биополимера.

Количество нефтеобразующего вещества в искусственном реакторе, расположенном в литосфере, за единицу времени прямо пропорционально скорости подачи углеродсодержащих стоков (a) и обратно пропорционально скорости процесса (v) их переработки. Выделив в процессе формирования техногенных нефтяных месторождений интервалы времени Δt с ускоренным развитием ($a > 0$) для каждого из них (с учетом мощности реактора равной Δtv), количество углеродсодержащего вещества, необходимого для нефтеобразования продукта, определяется уравнением:

$$\frac{x_i \Delta t_i a_i}{v_i} = x\ \Delta t_i a_i\,. \qquad (2)$$

Скорость процессов нефтеобразования при подаче в литосферный реактор углеродсодержащих стоков определяется по формуле:

$$\frac{dv}{dt} = f(V, C_{орг.}, K_1, K_{стр}, T, P_{гс}, P_{фп})\,, \qquad (3)$$

где V – объем углеродсодержащих стоков;

$C_{орг.}$ – содержание углерода в стоках;

K_1 - тип ОВ;

T - температура;

$K_{стр}$ – структура горных пород (степень открытости пустотных пространств);

$P_{гс}$ - давление геостатическое;

$P_{фл}$ - давление флюидов.

Таким образом, для эффективного нефтеобразования необходимо наличие техногенных стоков с содержанием $C_{орг}$ не менее 1,0-0,5%.

Температура на глубине h-T_h равна:

$$T_h = T_o + \Gamma \cdot h, \qquad (4)$$

где T_o - температура годовых амплитуд, ºС;

Г - геотермический градиент, ºС/м.

Давление вышезалегающих пород рассчитывается по формуле:

$$P_{ГС} = \rho \cdot g \cdot h\,, \qquad (5)$$

где ρ, h – соответственно средняя плотность и мощность вышезалегающих пород;

g – ускорение свободного падения.

Необходимо учитывать, что с ростом суммарной миграции углеводородов из зоны реактора давление монотонно падает.

Кроме этого, интенсивность нефтеобразования зависит от степени дисперсности органического вещества, проницаемости пласта, количества щелочных ионов (оказывающих промотирующее влияние при катализе на алюмосиликатах) и степени гидрогенизации органического вещества глубинным водородом.

В итоге удельные количества генерированных в специально созданный в литосфере реакторах нефти и углеводородного газа можно вычислить по следующей формуле:

$$V_{ген} = C_{орг}\ h_p^{\cdot}\ K_1,\ K_2^{\cdot}\ K_3,\ T,\ K_P^{\cdot}\ P_{гс},\ P_{фл}, \qquad (6)$$

где $C_{орг}$ – концентрация ОВ;

h_p - мощность зоны реактора;

K_2 - коэффициент, характеризующий (в долях единицы) морфологию ОВ;

K_3 – коэффициент теплопроводности пород реактора;

K_P - барический коэффициент.

Время вытеснения синтезируемой нефти из специально подготовленного в литосфере реактора будет равно:

$$t = \frac{S \cdot K_n \cdot q}{P \cdot T}, \qquad (7)$$

где K_n - пористость горного массива;

S - площадь вытеснения;

q – вязкость нефти;

t - время полного прохождения порового объема углеводородов из реактора.

Таким образом, довольно сложные процессы техногенного нефтеобразования зависят от множества факторов: количества, состава и формы распределения ОВ, структуры содержащих его горных пород, температуры и давления, строения горных массивов, степени их гидравлической изолированности и т.д.

Литература:

1. Воробьев А.Е., Балыхин Г.А., Гладуш А.Д. Техногенное воспроизводство углеводородного сырья в литосфере: факторы, механизмы и перспективы. – М.: Изд-во «Учеба» МИСиС. - 2003. - 417 с.
2. Воробьев А.Е., Балыхин Г.А., Гладуш А.Д. Техногенное воспроизводство нефти и горючего газа в литосфере: концепция, принципы и механизмы. – М.: Изд-во «Учеба» МИСиС. - 2005. - 334 с.
3. Воробьев А.Е., Балыхин Г.А., Гладуш А.Д. Основы техногенного воспроизводства нефти, горючего газа и угля в литосфере. – М.: РУДН. - 2006. - 334 с.

Корзинки:

Основным источником для синтеза искусственной нефти может стать использование отходов жизнедеятельности человеческой цивилизации, т.е. их полезная утилизация

Одним из значительных *техногенных источников* углеродсодержащих соединений, поступающих в окружающую среду, являются городские и промышленные стоки

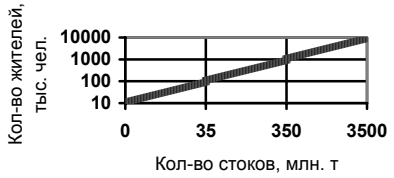
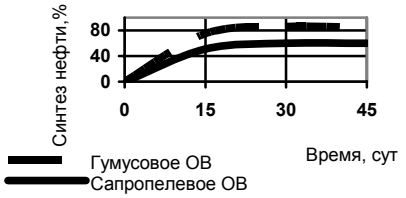
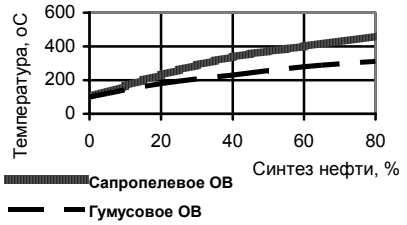
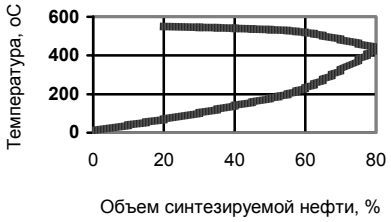
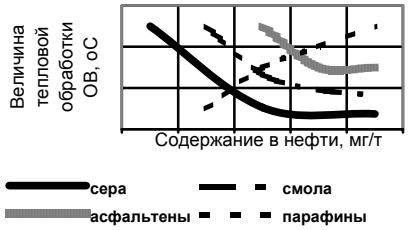
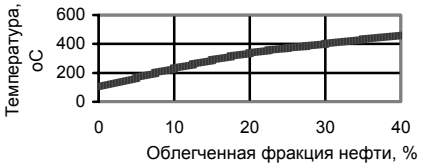
Наиболее универсальным *методом получения нефтеподобных продуктов* из органических веществ является гидрогенизация

В процессах техногенного нефтеобразования чрезвычайно важна роль *вмещающих пород* как компонентов природного химического реактора и коллекторов или антифильтрационных экранов

Формирование техногенных скоплений нефти определяется совокупностью происходящих процессов синтеза нефти в сформированных в литосфере реакторах, ее массового перемещения и аккумуляции в специальных ловушках

Таблица 1

Основные факторы, определяющие процессы синтеза нефтеподобных соединений в специально созданных в литосфере реакторах

Генетическая область факторов	Основные факторы	Аналитические и экспериментальные зависимости
Техногенная составляющая	Динамика изменения величины городских стоков	
	Соотношение загрязнений в городских стоках	
Вид органического вещества	Нефтеобразующий потенциал различных ОВ	
	Различия в выходе нефтеподобных соединений в зависимости от температуры воздействия	
Литосферная составляющая	Динамика выхода синтезируемой нефти	
Литосферная составляющая	Изменение содержания различных компонентов нефти	
	Выход легких фракций нефти в зависимости от температуры	

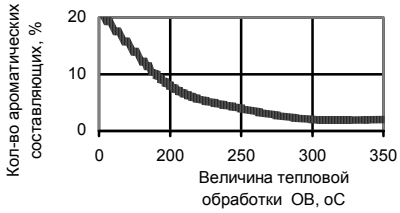
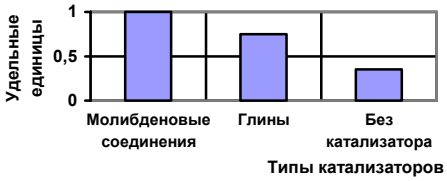
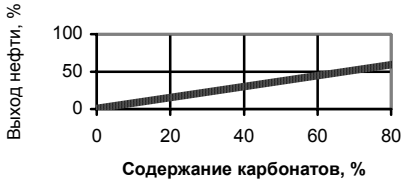
Генетическая область факторов	Основные факторы	Аналитические и экспериментальные зависимости
	Динамика изменения ароматических составляющих нефти	
	Влияние катализаторов на скорость нефтеобразования	
	Влияние на выход нефти карбонатсодержащих пород	

Таблица 2

Количество загрязнений на одного жителя города

Показатели	г/сут
$БПК_{полн}$ неосветленной жидкости	73
Взвешенные вещества	65
$БПК_{полн}$ осветленной жидкости	40
Хлориды	9
Аммонистые соли	8
Фосфаты (в расчете на P_2O_5)	3,3
в т.ч. от моющих веществ	1,6
Поверхностно-активные вещества	2,5

Таблица 3

Связь температуры недр с глубиной

Глубина, м	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000
Температура, °С	45	75	105	135	165	195	225	255

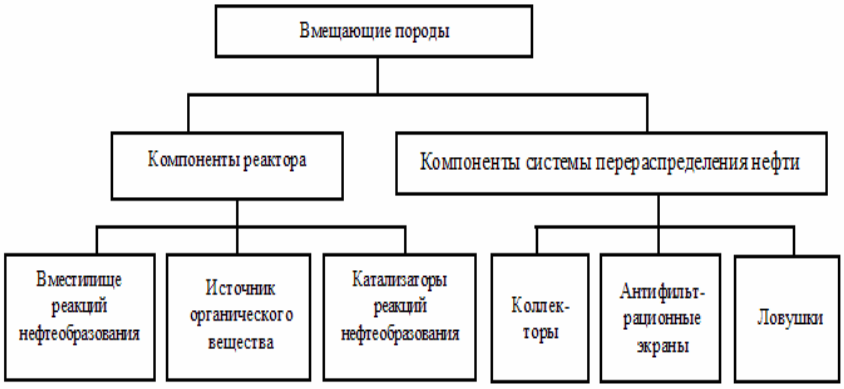


Рис. 1. Роль вмещающих пород в процессе нефтеобразования

Таблица 4

Классы гетерогенных катализаторов

Класс катализатора	Примеры катализаторов	Тип катализируемой реакции	Примеры реакций
d-переходные металлы	Fe, Ni, Pd, Pt	Гидрирование, дегидрирование, окисление	Каталитическое преобразование системы
Полупроводниковые оксиды	V_2O_5, NiO, CuO	Окисление и восстановление	Контактный процесс
Изоляторы (диэлектрики)	Al_2O_3, SiO_2	Гидрирование, дегидрирование	Получение этилена путем дегидрирования этанола
Кислотные катализаторы	Природные глины (алюмосиликаты), H_2SO_4	Изомеризация, полимеризация, крекинг	Крекинг углеводородов с длинной углеродной цепью

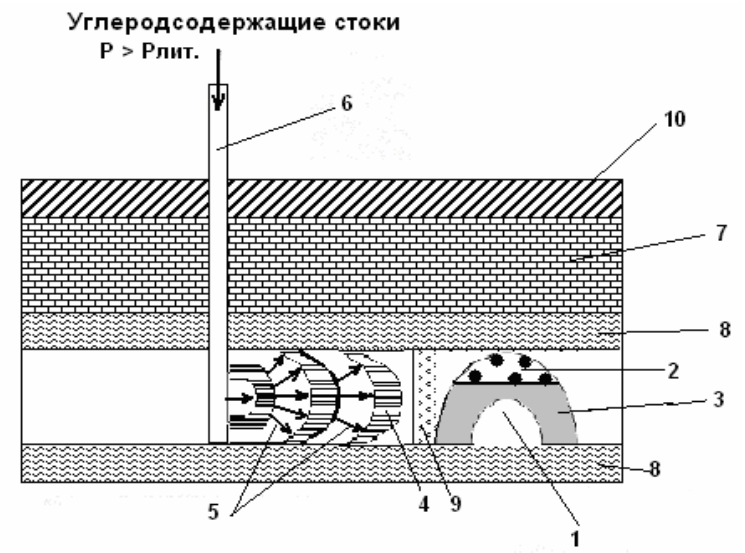


Рис. 2. Базовая модель литосферного реактора синтеза нефти:
1 - ловушка УВ; 2 – газовая шапка; 3 – синтезированная нефть; 4 - фронт распространения синтезируемой нефти; 5 – движение флюидов; 6 - перфорированный трубопровод; 7 – вмещающие реактор горные породы; 8 - глины; 9 – наведенная трещиноватость; 10 – породы.