

ВОСПРОИЗВОДСТВО ЭНЕРГОРЕСУРСОВ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА (1)

А.Д. Гладуш

Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Макля, 6, Москва, Россия, 117198

Предпринята попытка анализа возможности техногенного воспроизводства в литосфере углеводородного энергетического сырья путем утилизации углеродсодержащих бытовых и промышленных стоков (флюидов) на основе гипотезы органического происхождения ископаемого минерального топлива.

Ключевые слова: воспроизводство, энергоресурсы, экология, органическое вещество, углеводороды.

Современный мир втянут в эпоху глобализации, глобальных претензий на ископаемые минеральные ресурсы, в первую очередь энергетические. Страны — основные потребители энергетического сырья — не могут рассчитывать на собственные, давно исчерпанные ресурсы, не могут отказаться и от высокого, но все растущего уровня энергопотребления; создается мировой рынок энергетического сырья, который должен надежно функционировать. Вместе с тем они являются и основными производителями значительного количества промышленных и коммунальных отходов.

В настоящее время в число основных проблем входит проблема энергетических ресурсов как основы экономического развития, роста народонаселения и последствий антропогенных воздействий на окружающую среду.

С конца XIX в. минеральные энергетические ресурсы становятся товаром мирового сырьевого рынка, и с тех происходит его неуклонное укрепление и расширение. От энергетической обеспеченности зависит функционирование мировой системы. Непрерывно происходит и глобализация экологических проблем.

Экономические потери от загрязнения атмосферы, включающие и затраты на здравоохранение, составляют 3—5% ВВП Китая. Китай потребляет 8—9% мировой энергии, на его долю приходится 13,5% мировых выбросов углекислого газа и 15,1% двуокиси серы.

Современное использование угля сопряжено с двумя главными проблемами. Во-первых, низка эффективность его сжигания, и, во-вторых, доля непосредственного сжигания слишком велика. Путем обогащения можно понизить его зольность на 50—80% и удалить до 30—40% серы, а с помощью дальнейшей очистки дымов можно устранить до 90% серы. Доля обогащаемого угля в разных странах различна. Если в Германии, Великобритании и США она составляет соответственно 95%, 75% и 55%, то в Китае только 29% добываемого угля — и то главным образом идущего на экспорт. В этой связи все угледобывающие страны мира рассматривают варианты снижения доли угля в топливно-энергетическом балансе

страны. Динамичное развитие экономики Китая приводит не только к росту положительных экономических параметров, но и выводит страну на первое место в мире, например по общим выбросам двуокиси серы, которые достигают 20 млн т в год, ТЭС страны, работающие на угле, ежегодно выбрасывают в атмосферу 2,9 млн т окислов азота, по выбросам углекислого газа Китай после США занимает второе место в мире.

Из 1390 млн т условного топлива, производимого в Китае, 71% приходится на уголь (Китай потребляет 1,4 млрд т угля ежегодно, что составляет 27,7% мирового потребления). Общие мощности по производству электроэнергии в Китае составляют 350 млн кВт, удельный вес ГЭС в суммарной выработке электроэнергии составляет 15,4%. Установленные мощности АЭС Китая составляют 8,7 млн кВт, удельный вес ядерной энергетики в выработке электроэнергии — 1,2%.

В современной науке существуют две основные гипотезы образования углеводородов (УВ): осадочно-фильтрационная (органическая) и неорганическая (абиогенная), в том числе и мантийная. В пользу абиогенной гипотезы приводятся следующие аргументы:

— связь пространственной корреляции залежей УВ с зонами разломов, что трактуется в пользу абиогенного генезиса образования залежей УВ с поступлением их по зонам глубинных разломов из верхней мантии, так как разломы обладают аномально высокой проницаемостью для флюидов по сравнению с вмещающими породами [1];

— многопластовое залегание (при разнице в пластовом давлении УВ смежных блоков в 20 бар) интерпретируется аномально высоким пластовым давлением УВ (АВПД) на многих месторождениях мира, вызванное напором глубинных флюидов;

— связь месторождений УВ с глубинными тектоническими структурами. Градиент давления и температур обеспечивают подъем углеводородно-неорганических флюидов из мантии по разломам в литосфере и последующую фильтрацию в коллекторы, представленную осадочными породами [2. С. 9—27]. Минимальная ширина микротрещины, при которой еще возможна фильтрация флюидов, составляет 0,15 мкм;

— несоответствие запасов залежей УВ в ряде осадочных бассейнов с нефтегазогенерационным потенциалом. Например, в Персидском заливе сосредоточено 50% мировых запасов нефти, а площадь бассейна составляет менее 1% суши. Биогенные вещества позднеюрских карбонатных нефтематеринских отложений Саудовской Аравии по расчетам могут дать 7,5 млрд м³ нефти при фактических НСР 160 млрд м³. Запасы вязкой и тяжелой нефти в 480 млрд м³ сосредоточены в Оринокском бассейне (Венесуэла) в полосе длиной 700 км и шириной 50—80 км вдоль глубинного разлома, сопровождаемого тепловой аномалией [3];

— значительные запасы УВ находятся ниже главной зоны нефтегазообразования (2—4 км) [4]. По этим данным 7 и 25% мировых запасов соответственно нефти и газа находится на глубинах 4,4—8,1 км;

— присутствие нефти и газа в породах кристаллического фундамента, в том числе при отсутствии чехла осадочных пород, а также скопления УВ на больших

глубинах в кристаллическом фундаменте, куда проникновение органических УВ проблематично из-за роста давления с глубиной.

Гипотеза мантийного генезиса УВ не используется в поисковой практике по следующим причинам:

— приведенные выше аргументы в пользу обеих гипотез имеют двойственный характер;

— не выявлена убедительная связь нефти и газа с глубинными разломами, а наличие нефти в кристаллическом фундаменте объясняется наличием коры выветривания, в которую сверху из осадочных пород просочилась нефть.

Формирование углеводородных месторождений является сложным многофакторным процессом. К основным факторам, предопределяющим нефтегазонасыщенность района, относят тектоническое развитие региона, тип исходного органического вещества, условия диагенеза и катагенеза, механизм миграции.

Первичным фактором, обуславливающим особенности состава нефтей и газов, а также их количество, является тип исходного органического вещества и условия нефтегазообразования на стадиях седиментогенеза и диагенеза. Фактором, определяющим закономерности изменения свойств нефтей и газов (газонасыщенности (в том числе азото- и метанонасыщенности), плотности и вязкости), является палеотемпература.

Образование углеводородов происходит в определенных температурных условиях и временных границах. Взаимосвязь между временем и температурой определяется понятием энергии активации E_a .

Связь между температурой и скоростью реакции преобразования органического вещества в углеводороды выражается уравнением Аррениуса:

$$R = Ae^{-(E_a/RT)},$$

где R — константа скорости реакции, связанная с изменением исходного вещества во времени; A — частотный фактор; E_a — энергия активации; R — универсальная газовая постоянная; T — температура в градусах Кельвина.

Из данного уравнения следует, что в осадочных бассейнах, где геотермические градиенты низкие, а скорости осадконакопления высокие, условий генерации углеводородов не имеется, также неперспективны и условия, в которых геотермические градиенты высокие, а скорости аккумуляции осадков низкие. Для оценки перспектив генерирующей способности термическая история бассейна является более важной, чем современная температура пород, которую можно установить методом трекового анализа возрастов детритовых материалов из терригенных разрезов.

Способность соответствующего типа пород генерировать углеводороды может быть определена путем реконструкции термальной истории материнских отложений.

Важнейшим вопросом нефтяной геологии является определение очагов генерации углеводородов. По данным [15] на примере Нюрольской мегавпадины

приведены сведения по интенсивной генерации нефти в условиях максимальных температур очага в 95—103 °С, что соответствует современным температурам. Мощность осадочного разреза составляла вместе с корой выветривания 2700—3100 м. Расчетный тепловой поток в контуре очага: из основания — 44,3—48,3 мВт/м²; поверхностный — 48—52,2 мВт/м². Высказано предположение, что очаг генерации нефти зародился 24 млн лет назад.

Поверхностная плотность теплового потока Западно-Сибирской плиты составляет в среднем 54 мВт/м² [5], что гораздо значительно соседней древней Сибирской платформы. В северной части плиты, на территории Западно-Сибирского нефтегазового бассейна (НГБ), тепловой поток выше и достигает 60 мВт/м², на юге Западно-Сибирского НГБ отмечена низкая плотность теплового потока, не превышающая 30—40 мВт/м². Распределение теплового потока связано [5] или с выносом тепла по разломам, ограничивающим мезозойские грабен — рифты или приповерхностный разогрев (парниковый эффект) в силу низкой теплопроводности осадочных пород чехла либо влиянием изменений климата в эпоху оледенений в Сибири, изменением радиогенного тепла, формированием и деструкцией залежей УВ. По данным [6] высокий уровень теплового потока совмещается с площадями размещений месторождений нефти и газа. В зоне высокого теплового потока (> 60 мВт/м²), занимающей 0,2% площади Западно-Сибирского НГБ, расположено 17,4% общего числа месторождений (концентрация — 0,02 месторождения на 1 км²). Зона среднего теплового потока (50—60 мВт/м²) занимает 44,1% всей площади бассейна, на которой находится 60% месторождений (концентрация 0,0003). Зона низкого теплового потока (< 50 мВт/м²) занимает 23% территории бассейна (концентрация 0,0001).

Зависимость физических свойств нефтей Западно-Сибирской НГБ от уровня теплового потока приведена в табл. 1 (по данным [2]).

Таблица 1

Тепловой поток, мВт/м ²	Плотность, г/см ³			Вязкость, мм ² /с		
	число месторождений	среднее значение	доверительный интервал	число месторождений	среднее значение	доверительный интервал
> 60	47	0,82	0,02	26	7,74	2,31
50—60	183	0,84	0,006	116	15,62	4,08
< 50	62	0,86	0,02	30	18,56	5,78

В табл. 2 по данным [6] приведены статистические данные химического состава нефтей Западно-Сибирского НГБ в зависимости от уровня теплового потока.

Из этих данных следует, что чем выше уровень теплового потока, тем легче нефть и ее вязкость уменьшается; с повышением уровня теплового потока среднее содержание серы, смол, асфальтенов уменьшается. Содержание же парафинов в нефтях с повышением теплового потока возрастает. «Процессы нефтегазообразования определяются не только традиционными факторами катагенеза, но и энергетическими ресурсами теплового потока» [6].

Таблица 2
(%)

Тепловой поток, мВт/м ²	Содержание серы		Содержание смол		Содержание асфальтенов		Содержание парафинов	
	число месторождений	среднее значение	число месторождений	среднее значение	число месторождений	среднее значение	число месторождений	среднее значение
> 60	45	0,32	38	5,38	37	1,33	41	5,11
50–60	172	0,54	163	6,21	153	1,43	170	5,10
< 50	59	0,74	50	8,27	44	2,05	63	4,40

Осадочно-миграционная теория происхождения нефтегазовых месторождений является общепризнанной. Нефтегазогенерирующие толщи размещены под мощным осадочным чехлом и на кристаллическом фундаменте, а в ряде случаев в разуплотненных породах фундамента (кора выветривания), например в Центральном Техасе (США) [7], т.е. на высокоподнятых и нарушенных разломами блоках фундамента в пределах крупных платформенных структур, и представляет собой самостоятельный объект по генетическому признаку. По типу формирования залежи нефти и газа подразделяются на пластовые, сводовые, тектонически и стратиграфически экранированные.

Коллекторские свойства пород характеризуются емкостно-фильтрационными свойствами, зонами концентрации тектонических нарушений, наличием возможных ловушек. Фильтрационные свойства продуктивных отложений характеризуются значением проницаемости, а емкостные — значением емкости, которая представляет собой произведение коэффициента пористости на эффективную толщину. Исследование коллекторских свойств горных пород и насыщающих их флюидов производится с помощью метода ядерного магнитного резонанса.

Современные данные свидетельствуют о том, что земная кора обладает сложной слоистой структурой, состоящей из чередующихся жестких, сейсмически прозрачных и непрозрачных податливых слоев. Податливые слои (волноводы) отождествляются с трещиновато-пористыми, насыщенными флюидами зонами [9]. Объем этих флюидов соизмерим с объемом вод мирового океана [10]. Такое количество воды значительно влияет на все геологические процессы в земной коре.

Процесс образования месторождения от времени формирования осадочных бассейнов до акустических и сейсмических явлений характеризуется нелинейным характером физико-химических и механических процессов, в результате которых формируется месторождение. Режим движения флюидов при этом играет большую роль.

В модели [8] действуют два конкурирующих флюидодинамических процесса — компакция и дилатансионное расширение, которые поддерживают волновод в состоянии динамического равновесия, распространяющегося на области континентальной коры размером до тысяч километров, а периоды колебаний волновода — тысячи и сотни тысяч лет. В связи с этим высказывается предположение о возможности техногенного воздействия на недра с целью сокращения времени переходных процессов в волноводах до сотен и десятков лет. Градиенты порово-

го давления в стадии компакции сопоставимы с показателями геостатического давления и на два-три порядка превышают градиенты порового давления, возникающего при тепловой конвекции, зона действия которой к тому же имеет ограниченные размеры.

Флюиды, двигаясь с определенной периодичностью через насыщенные органическим веществом осадочные слои, создают условия образования углеводородных месторождений. Флюиды при своем движении концентрируют органическое вещество в зонах, создавая скопления. Необходимыми и достаточными условиями, таким образом, являются наличие консолидированного органического вещества и автоколебания коровых волноводов. При достижении флюидами в фазе компакции непроницаемых покрышек могут создаваться аномально высокие пластовые давления [8]. В зоне наиболее активных процессов надстраивания континентальной коры, где могут происходить интенсивные сейсмические явления, образование месторождений ускоряется.

В настоящее время промышленные и бытовые отходы обеззараживают, нейтрализуют и складировуют на полигонах — местах захоронения, что связано с большими материальными затратами, потерей финансовых и земельных ресурсов, с нерешенностью экологических проблем. Лишь небольшая часть отходов подвергается переработке с целью извлечения отдельных химических веществ или утилизируется при производстве строительных материалов.

Наиболее применяемый метод нейтрализации отходов — их сжигание. С точки зрения экономической и ресурсосберегающей метод не оправдан, так как многие органические вещества, которые могли бы быть использованы, сжигаются с дополнительными затратами энергии. Кроме того, содержащиеся в отходах тяжелые металлы переходят в оксидную форму и остаются в золе. Концентрация их в зольных остатках на 2—3 порядка (а иногда и более) выше, чем в сжигаемых отходах. Поэтому хотя метод сжигания позволяет значительно сократить объем отходов, при этом образуются еще более опасные для окружающей среды продукты в виде золы и шлаков, требующие специальных мер по утилизации или захоронению, а также вредные для биосферы газы.

Механизм преобразования отходов может быть основан на использовании искусственного воспроизводства природных процессов минералообразования. С этой целью используются трансформированные природные минеральные системы — глины, глинистые грунты. Алумосиликаты этих пород в результате интенсивного гидролиза преобразуются в высокодисперсную систему, обладающую сорбционной емкостью, которая, согласно принципу Ле-Шателье, стремится вернуться в исходное состояние и благодаря этому претерпевает самоподдерживающий процесс регенерации, в ходе которого происходит синтез вещества; по существу, этот процесс аналогичен природным процессам формирования осадочных пород.

Все виды отходов, содержащие углеводородные соединения, могут быть переработаны в ликвидные энергоресурсы. Эти отходы имеют неоднородное строение и состав: жидкости, вязкопластичные или твердопластичные массы с боль-

шим содержанием воды и посторонних включений. В них могут также в больших количествах содержаться тяжелые металлы и другие токсиканты. Все это делает невозможным их непосредственное применение в качестве топлива на стандартном теплотехническом оборудовании, поэтому технология техногенного воспроизводства энергоносителей может быть реализована для их производства в виде топливно-органической смеси. При этом могут быть использованы бытовые и промышленные стоки, органические отходы. В большинстве органических отходов основными загрязнителями обычно являются соединения и комплексы на основе тяжелых металлов, различные виды ПАВ и полиароматических углеводородов.

К числу наиболее значимых экологических проблем относится проблема образования и накопления промышленных и бытовых отходов.

По составу бытовые отходы состоят на 30—50% из горючих (органических) материалов и на 20—40% из негорючего балласта — металла, стекла, керамики. Влажность их изменяется в широких пределах: от 15 до 50%. Теплота сгорания твердых бытовых отходов может достигать в среднем 7 МДж/кг при влажности 25% и содержании горючих компонентов до 50% что ставит их по калорийности впереди горючих сланцев.

Средний состав бытовых отходов, % [12]:

Органика (крупность > 40мм)	25—30
То же, крупность < 40 мм	30—48
Пластмассы	3—5
Металлы	3—5
Стекло и керамика	6—8
Другие минеральные отходы	12—19

Объемы генерирования отходов непрерывно растут, в то время как темпы их переработки несопоставимо отстают. По данным санитарных служб, суточное количество сухих бытовых отходов на одного жителя города может достигать 2 кг, а годовое продуцирование городских стоков, например, в г. Москве составляют 5,6 млн т в год, с каждым годом эта цифра увеличивается примерно на 5—7%, в основном за счет органической составляющей.

Промышленные отходы генерируются различными отраслями промышленности, они весьма разнообразны по составу. Около 50% промышленных отходов содержат, помимо зольных, 5—40% органических компонентов. К таким отходам относятся различные шламы коксохимических предприятий; отходы хлорорганических производств; производств органических полупродуктов и красителей, полиэтилена, пластических масс, эпоксидных и фенолоформальдегидных смол, синтетических волокон; отходы производств основного органического синтеза; производств фосфора и фосфорных кислот; производств пестицидов; отходы нефтеперерабатывающей и нефтехимической отраслей промышленности; лесохимических производств; химико-фармацевтических предприятий; микробиологической промышленности, угольной, металлургической и машиностроительных

отраслей промышленности; радиотехнических, приборостроительных, энергетических и других предприятий; жилищно-коммунального хозяйства; речного и морского флотов и др.

Особого внимания заслуживают многотоннажные твердые углеродистые отходы (ТУО) угольной промышленности, основную массу которых составляют отходы углеобогащения, различные шламы, а также породные отвалы и терриконы. Они представляют собой специфический вид отходов, которые не столь токсичны (как многие другие виды промышленных твердых отходов) и имеют высокий энергохимический потенциал. Содержание органических компонентов в названных отходах варьирует от 15 до 50%.

По имеющимся данным количество накопленных промышленных отходов в Украине составляет примерно 25 млрд т, а занимаемая ими площадь более 170 тыс. га.

Вклад различных отраслей промышленности в накопление промышленных отходов [13]:

<i>Доля в общем балансе, %</i>	
Угледобыча	29,6
Черная металлургия	27,6
Коксовое производство	9,1
Обогащение углей	8,1
Производство электроэнергии	7,5
Коммунальные услуги	4,0
Строительные материалы	3,3
Машиностроение	3,2
Химическая и нефтехимическая отрасли	1,5
Транспорт	1,4
Производство огнеупорных материалов и флюсов	1,2
Цветная металлургия	1,2
Гражданское строительство	0,9
Различные отрасли легкой промышленности	0,8
Пищевая промышленность	0,4
Сельское хозяйство	0,1

Значительная доля в накоплении отходов приходится на угольную промышленность Украины, ежегодно она направляет в отвалы примерно 140 млн т отходов, из них почти половина — отходы обогащения.

Присутствие органических составляющих в отходах, появление продуктов их изменений наносят огромный ущерб окружающей природной среде.

Пассивные методы решения проблемы промышленных и бытовых отходов просты в применении и поэтому более распространены, но они не решают вопросов утилизации и сокращения объемов отходов, а также защиты окружающей природной среды.

Активные методы решения проблемы отходов сокращают их объемы и имеют ряд преимуществ по сравнению с пассивными методами. Активные методы

развиваются в двух направлениях: пламенного сжигания; переработки отходов с помощью методов пиролиза, термолиза, метанового брожения, катализа, газификации, гидрогенизации и т.д.

В качестве вариантов реализации решения проблемы комплексной переработки органических (углеродистых) отходов используется переработка твердых углеродистых отходов путем термолиза.

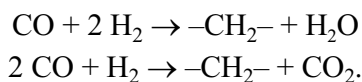
Термолиз — термическое разложение (деструкция) и синтез органического сырья без доступа кислорода с получением полезных парогазовых, жидких и твердых углеродистых продуктов. Он осуществляется в специальных наклонных термолизных печах. Продукты термолиза представляют собой топливо, которое направляется в энергоблок, где сжигаются с получением электроэнергии.

Интенсивность генерации на Люблинских полях фильтрации в г. Москве [14. С. 159—165], пересчитанная на годовой объем продуктов человеческой жизнедеятельности, составляет от 68 до 96 млн м³ CH₄ в год и от 7 до 28 млн м³ CO₂ в год. Процесс генерации происходит за счет высокого содержания органического материала в сточных водах после захоронения на глубине более 1 м, в анаэробных условиях под воздействием анаэробной микрофлоры органические компоненты разлагаются с образованием биогаза. По проведенным исследованиями установлено, что максимальная интенсивность генераций CH₄ и CO₂ на свалках бытового мусора [14] происходит на глубинах 4,5—9 м.

Каталитический синтез углеводородов из CO и H₂ — альтернативный метод получения нефтепродуктов из ненефтяного сырья (угля, торфа, горючих сланцев, биомассы). Одним из способов химической переработки угля и других твердых горючих ископаемых является превращение их в смесь оксида углерода и водорода (синтез-газ) и дальнейший синтез из нее различных органических веществ, в частности, алифатических углеводородов (синтез Фишера—Тропша). Жидкие углеводороды, полученные этим методом, в отличие от углеводородов нефти, не содержат примесей ароматических, серо- и азотсодержащих соединений. Результатом этого процесса должна являться разработка новых каталитических систем, позволяющих повысить его эффективность. Перспективными катализаторами синтеза Фишера—Тропша являются кобальтовые, в присутствии которых образуются в основном жидкие и твердые парафины нормального строения.

В настоящее время предложено значительное количество гипотез механизма синтеза Фишера—Тропша. Основное их отличие состоит, как правило, в особенностях протекания двух наиболее важных стадий процесса — образования активных частиц (интермедиатов) и роста реакционной цепи.

Процесс Фишера—Тропша описывается следующим химическим уравнением



Смесь монооксида углерода и водорода называется «синтез-газ». Получаемые углеводороды очищают для получения целевого продукта — синтетической нефти.

Углекислый газ и монооксид углерода образуются при частичном окислении угля и древесного топлива. Польза от этого процесса преимущественно в его роли в производстве жидких углеводородов или водорода из твердого сырья, такого как уголь или твердые углеродсодержащие отходы различных видов. Неокислительный пиролиз твердого сырья производит синтез-газ, который может быть напрямую использован в качестве топлива, без преобразования по процессу Фишера—Тропша. Если требуется жидкое, похожее на нефтяное топливо, смазка или парафин, может быть применен процесс Фишера—Тропша.

Современные теоретические модели Солнца представляют светило в качестве термоядерного реактора, в центре которого давление достигает порядка 1 млрд МПа, а температура — 14 млн °С. Основная химическая реакция, протекающая в недрах Солнца, — переработка водорода в гелий путем ядерного синтеза, в процессе которого часть энергии атомных ядер освобождается и рассеивается в космическом пространстве в виде электромагнитного излучения. Стабильность потока солнечного излучения характеризуется фундаментальной метеорологической постоянной, т.е. количеством энергии, поступающей на верхнюю границу атмосферы Земли, составляющей 1,36 кВт/м². Этой энергии достаточно и для поддержания жизни, и для непрерывной работы различных природных механизмов планеты.

В ходе цивилизационного процесса неизбежно возникают и непрерывно возрастают ключевые противоречия между темпами антропогенного потребления природных ресурсов, прежде всего минеральных, и темпами их естественного возобновления; между темпами антропогенного производства отходов и ростом потенциала биосферы по их ассимиляции.

Несмотря на то, что планетарные запасы минеральных ресурсов продолжают оставаться значительными даже для самых ликвидных видов, а глобальные возможности биосферы к самоочистке еще сохраняются, локальные и региональные проблемы в этих областях непрерывно расширяются и в перспективе способны привести к деградации земной цивилизации.

В термодинамическом отношении земной шар является открытой системой, а Солнце — единственный источник энергии, поступающей на Землю. Солнечная энергия аккумулируется на Земле через природные биохимические и геохимические механизмы. К числу природных механизмов относится фотосинтез, минералообразование, генерация ископаемых энергетических ресурсов. Продуктивность биосферы и геосферы может быть повышена за счет техногенного увеличения скорости биологического и геологического круговорота вещества и энергии с целью получения ликвидной продукции и снижением нагрузки на окружающую среду.

Проблемы эффективной утилизации городских и промышленных стоков и существенного снижения загрязнения можно решить только при комплексном подходе, за счет целенаправленного преобразования углеродсодержащей составляющей стоков в ликвидный энергетический продукт.

В связи с этим актуальной является задача по разработке принципиальной (базовой) модели литосферного реактора синтеза ликвидного энергетического продукта из углеродсодержащих стоков).

Было установлено [16; 17], что превращение органического вещества в сформированных в литосфере, реакторах в нефтеподобное соединение является сложным технологическим процессом, требующим насыщения исходного органического вещества водородом до 8—12% (в зависимости от качества получаемого продукта).

Поэтому для того, чтобы из органического вещества образовались нефтеподобные соединения, необходимо подвести дополнительную энергию, причем тепловой поток должен быть прямо пропорционален градиенту температуры и площади блока горных пород (реактора):

$$Q = -\lambda \operatorname{grad} t \cdot F,$$

где λ — количество теплоты, переданное в единицу времени t через единицу изотермической поверхности F .

Изменения концентраций в реакционной смеси литосферного реактора выражается следующим уравнением:

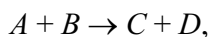
$$\frac{dC}{d\tau} = -W_{\text{пер}} \pm W_{\text{хр}},$$

где $W_{\text{пер}}$ — изменение концентрации реагента вследствие гидравлического переноса вещества; $W_{\text{хр}}$ — изменение концентрации реагента вследствие химической реакции.

Для литосферного реактора, работающего в непрерывном режиме,

$$W_{\text{пер}} = \frac{C_{dx} - C_{\text{пер}}}{\tau}.$$

Изменение концентрации реагента вследствие химической реакции для реакции, протекающей по схеме



определяется по закону действующих масс:

$$\frac{dC}{d\tau} = k \cdot C_A \cdot C_B,$$

где k — константа скорости химической реакции; C_A, C_B — текущие молярные концентрации реагентов A и B соответственно.

Изменение температуры в литосферном реакторе происходит вследствие разницы температур входящих и выходящих потоков, тепловых эффектов химических реакций и теплопередачей между реакционной смесью и вмещающим горным массивом и описывается следующим уравнением:

$$\frac{dC}{d\tau} = W \frac{t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}}}{m} \pm \frac{\sum \Delta H_i}{C} - \frac{K_T \cdot F_r (t - t_0)}{C},$$

где W — расход смеси; $t_{\text{вых}}$ — температура смеси на выходе из реактора; $t_{\text{вх}}$ — температура смеси на входе в реактор; ΔH_i — тепловой эффект i -той реакции; K_T — коэффициент теплопередачи; F_r — площадь поверхности реактора; t — температура смеси в реакторе; t_0 — температура вмещающего горного массива; C — теплоемкость смеси в реакторе.

Первый член этого уравнения описывает изменение температуры вследствие переноса тепла входящими и выходящими потоками, второй — изменение температуры вследствие тепловых эффектов реакций, третий — теплообмен с окружающей средой.

В литосфере зачастую имеются требуемые возможности для обеспечения процесса как природного, так и техногенного (искусственного) битумообразования — это повышенные температура и давление, которые обычно связаны между собой и с недрами.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Летников Ф.А., Савельева В.Б., Бальшев С.О.* Петрология, геохимия и флюидный режим тектонитов. — Новосибирск: Наука, 1986.
- [2] *Зубков В.С.* К вопросу о влиянии углеводородно-неорганического флюида на глубинную геодинамику и процессы в литосфере // *Геохимические процессы и полезные ископаемые*. — Иркутск, 2000.
- [3] *Шахновский И.М.* Происхождение нефтяных углеводородов. — М.: ГЕОС, 2001.
- [4] *Краюшкин В.А.* Месторождения нефти и газа глубинного генезиса // *Журнал Всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева*. — 1986. — Т. XXXI. — № 5. — С. 101—106.
- [5] *Подгорных Л.В., Хуторской М.Д.* Карта планетарного теплового потока масштаба 1 : 30 000 000 (объяснительная записка). — М.; СПб.: Изд-во ВНИИ океангеологии, 1997.
- [6] *Яценко И.Г., Полищук Ю.М., Рихванов Л.П.* Анализ взаимосвязи физико-химических свойств нефтей с уровнем теплового потока (на примере Западной Сибири) // *Геология нефти и газа*. — 2003. — № 3. — С. 17—24.
- [7] *Фролов А.П.* Перспективы нефтегазоносности Белгородской области // *Геология нефти и газа*. — 2003. — № 2. — С. 47—52.
- [8] *Дмитриевский А.Н., Баланок И.Е., Донгарян Л.Ш., Каракин А.В., Повещенко Ю.А.* Современные представления о формировании скоплений углеводородов в зонах разуплотнения верхней части коры // *Геология нефти и газа*. — 2003. — № 1. — С. 2—8.
- [9] *Николаевский В.Н.* Геомеханика и флюидодинамика. — М.: Недра, 1996.
- [10] *Фрик М.Г., Гецен М.Г., Титова Г.И.* Геохимия органического вещества пород, нефтей и газов южных районов Пермской области и сопредельных территорий Башкортостана // *Геология, методы поисков, разведки и оценки месторождений топливно-энергетического сырья: Обзор / ООО «Геоинформцентр»*.
- [11] *Карцев А.А.* Основы геохимии нефти и газа. — М.: Недра, 1978.
- [12] *Юфит С.С.* Ядовитый смог над планетой. — М., 2000.
- [13] *Клюев Н.А.* Эколого-аналитический контроль стойких химических загрязнителей в окружающей среде. — М., 2000.
- [14] Оценка газогенерирующей способности бытовых отходов и осадков сточных вод Московского региона // *Городские грунты и техногенез. Экология и геоэкология городских агломераций*. — М.: ВИМС, 2006.
- [15] *Исаев В.И., Фомин А.Н.* Очаги генерации нефтей Баженовского и Тогурского типов в южной части Нюрольской мегавпадины // *Геология и геофизика*. — 2006. — Т. 47. — № 6. — С. 734—745.
- [16] *Воробьев А.Е., Гладуш А.Д., Чекушина Т.В.* Преобразование органосодержащих отходов в искусственную нефть в литосферных реакторах как фактор преодоления экологического и минерального кризиса // *Записки горного института «Проблемы рационального природопользования»*. Т. 170. Ч. I. — СПб., 2007. — С. 95—105.

- [17] *Гладуш А.Д.* К вопросу о преобразовании органических компонентов техногенных стоков в литосферных реакторах // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. — 2008. — № 2. — С. 13—17.

ПРИМЕЧАНИЕ

- (1) Выполнено в цикле научных работ, посвященных 50-летию Российского университета дружбы народов. Работа выполнена по государственному контракту с Федеральным агентством по образованию в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009—2013 гг. в части реализации проекта «Проведение поисковых научно-исследовательских работ по направлению «Новые и возобновляемые источники энергии» в рамках мероприятия 1.2.2. Программы (тема «Новые и возобновляемые источники энергии на основе переработки органосодержащих стоков в литосферных реакторах в нефтеподобные продукты»).

REPRODUCTION OF POWER RESOURCES AS ECOLOGICAL PROBLEM

A.D. Gladush

People's Friendship University of Russia
Mikluho-Maklai str., 6, Moscow, Russia, 117198

The attempt was taken to analyze technogenic reproduction possibility of hydrocarbonic energy crude in lithosphere by recycling domestic and industrial drain (fluids). This attempt was based on hypothesis of organic nature of fossil fuel.

Key words: reproduction, power resources, ecology, organic substance, hydrocarbons.

Гладуш А.Д., кандидат технических наук, доцент, проректор Российского университета дружбы народов, автор свыше 100 публикаций, в том числе 4 монографий.
e-mail: gladush@rudn.ru

