

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва<sup>2</sup>Институт микробиологии НАН Республики Азербайджан, г. Баку  
e-mail: lummgu@mail.ru, ismaylovn@mail.ru, dorochova@mail.ru

**Аннотация.** Рассматриваются основные проблемы нефтегазовой геоэкологии – географической науки, изучающей глобальное воздействие на биосферу углеводородов и сопутствующих им веществ. К ним относятся – поведение в биосфере природных углеводородов, воздействие нефтегазового техногенеза на окружающую среду, экологическое значение нефти, газа и нефтепродуктов, диагностика, мониторинг, нормирование и восстановление загрязненных компонентов окружающей среды. Разработка новых подходов к изучению этих проблем - актуальная задача нефтегазовой геоэкологии в XXI веке.

**Ключевые слова:** геоэкология, нефтегазовая геоэкология, окружающая среда, биосфера, углеводороды, нефть, углеводородный газ, нефтепродукты.

### Введение

Острым вызовом географической науке в XXI веке становятся научные основы защиты окружающей среды от быстрого ухудшения ее состояния и исчерпания резервов жизнеобеспечения. Этот вызов требует глубокого понимания процессов, происходящих в природе под влиянием технической деятельности человека. Тенденцией многих наук на рубеже XX и XXI веков стала попытка использования их инструментария для охраны окружающей среды. Появились экологическая химия, экологическая география, экологическая геология, экологическая геофизика, экологическая геохимия и другие экологизированные науки. В результате синтеза экологических аспектов естественных и точных наук возникла сравнительно молодая отрасль науки – *геоэкология*.

Достаточно полное и общепринятое определение понятия «геоэкологии» в научном сообществе еще не оформилось. В отличие от экологии, изучающей взаимосвязи и взаимоотношения живых организмов с окружающей их средой, геоэкология – это наука *о состоянии биосферы и ее изменении под воздействием природных и техногенных процессов*.

В этом контексте геоэкологию можно рассматривать как географическую науку, синтезирующую в себе, помимо чисто географических дисциплин, знания по геологии, геохимии, гидрогеологии, почвоведению, биологии, космологии и другим наукам. Именно геоэкология должна ответить на вызовы XXI века и предложить пути сохранения биосферы на существующем уровне развития цивилизации.

В число важнейших направлений геоэкологии входит *нефтегазовая геоэкология* – область знания, связанная с изучением воздействия на биосферу углеводородов и сопутствующих им веществ.

В задачи нефтегазовой геоэкологии входит изучение поведения и воздействия на окружающую среду и биосферу в целом всего разнообразия природных и техногенных углеродистых веществ, прежде всего, нефти, газа и нефтепродуктов. Воздействия эти носят глобальный характер. Использование углеводородов привело к достижениям современной цивилизации и преобразованию лика нашей планеты. Их влияние на экономику, социальную жизнь и условия жизни человеческого сообщества во всем мире очень велико. Основные природные резервы углеводородов – нефть и углеводородный газ. Их добывают, транспортируют и перерабатывают во всех природных зонах Земли: от Арктики до пустынь и саванн. Нефтегазовым производством затронуты шельфы большинства внутренних морей и открытых океанов. Использование нефти и продуктов ее переработки происходит всюду, где человек осуществляет хозяйственную деятельность, то есть практически повсеместно. Нет такого места на континентах и океанах, которые были бы свободны от влияния углеводородов. Это позволяет рассматривать нефтегазовую геоэкологию как самостоятельную науку об изучении биосферы Земли.

Таким образом, объект нефтегазовой геоэкологии – это вся биосфера в целом, включая континенты суши и Мировой океан. Необходимость решения острых проблем воздействия нефтегазового производства на биосферу заставляет искать новые методологические подходы в рамках этой науки. Огромное число научных публикаций в этой области носят, в основном, прикладной характер и опираются не столько на фундаментальные достижения науки, сколько на узаконенные экологические нормативы и результаты краткосрочных экспериментов. Это снижает эффективность применения существующих методов, XXI век требует разработки новых подходов к охране биосферы в целом и окружающей среды отдельных регионов от разрушительного воздействия мирового нефтегазового производства. В статье кратко рассмотрены основные

проблемы нефтегазовой геоэкологии и новые подходы к их решению, которые должны получить развитие в XXI веке. Затронутые вопросы подробно освещены авторами в книге "Основы нефтегазовой геоэкологии", выходящей в свет в 2014 году.

### **Природные углеводороды в биосфере**

Главный парадокс нефтегазовой геоэкологии состоит в том, что биосфера с самого начала своего существования, ещё до проявления человека, находилась в окружении нефтегазовых потоков, поступавших в нее из недр литосферы. Природа этих потоков до сих пор вызывает дискуссии среди ученых. Есть веские научные аргументы за то, что сама жизнь на Земле появилась в среде сложных соединений углерода, которые закономерно возникали на ранней Земле в виде нефти, углеводородного газа и других углеродистых веществ [1].

Углеводороды – одна из важнейших форм существования углерода, основная часть его подвижного резерва на Земле. Они составляют основу вещества нефти и природного газа, ставших главными энергетическими ресурсами современного человеческого общества и источником многих необходимых материалов и лекарств. Природные углеводороды генерируются во всех геологических оболочках Земли и в космическом пространстве. Потоки углеводородов на Земле на протяжении всей истории биосферы участвовали в геохимическом цикле углерода, поддерживавшем жизнь на Земле. Они активно участвуют в обмене веществом и энергией между внутренними геосферами и биосферой, между природной средой и обществом.

Углеводороды, образующиеся в биосфере и поступающие природным путем из других геосфер, составляют её углеводородный фон, на который накладываются последствия деятельности нефтегазового производства.

Природные углеводороды нефтяного типа попадают в биосферу в результате разнообразных видов разгрузок нефти и углеводородного газа из нижних частей литосферы. Это могут быть выходы нефти и газа из разрушающихся залежей, горячие и холодные фокусированные потоки флюидов по глубинным разломам литосферы, геохимические ореолы рассеяния углеводородов от нефтегазовых скоплений. Изучение поведения и трансформации природных углеводородов в окружающей среде – это важнейший источник информации для разработки методологии защиты окружающей среды от негативных последствий нефтегазового техногенеза.

Природные потоки углеводородов нельзя рассматривать как нечто чуждое и вредное биосфере. Изучение их реальной роли в жизни биосферы помогает понять и экологическое значение техногенных веществ аналогичного состава. Поэтому изучение природных потоков нефти, газа и других форм проявления углеводородов в биосфере – одна из актуальных задач нефтегазовой геоэкологии.

К постоянным или часто встречающимся геохимическим спутникам нефти и газа относятся природные минеральные химические вещества – соленые воды и рассолы с высокой концентрацией хлоридов, сероводород, ртуть, некоторые тяжелые металлы, редкие и рассеянные элементы, радионуклиды. Эти геохимические спутники обычно оказываются в местах добычи нефти более опасными для живой природы, чем углеводороды. Состав вещества, его источники и влияние на окружающую среду постоянных минеральных спутников нефти и газа также должны быть предметом изучения нефтегазовой геоэкологии.

### **Нефтегазовый техногенез**

Нефтегазовый техногенез стал одним из самых острых вызовов XXI века. Он охватывает огромные пространства всех населенных континентов Земли.

Это десятки тысяч месторождений нефти и газа, группирующихся в больших и малых нефтегазоносных бассейнах, миллионы пробуренных скважин, сотни тысяч километров магистральных нефте- и газопроводов и путей наземной и морской транспортировки сырья и продуктов его переработки, нефтеперерабатывающие комплексы, нефтехранилища, нефтеналивные терминалы. На всех этих объектах возникают техногенные потоки углеводородов, имеющие свою специфику в зависимости от типа производства, состава продуктов техногенеза и природных условий, в которых потоки формируются и воздействуют на окружающую среду.

Экспансия добычи нефти и газа охватила все континенты Земли и окружающие их шельфы, за исключением Антарктиды. Все настойчивее звучат призывы снять мораторий с разведки и добычи нефти и газа с Антарктиды. Добыча нефти и газа уже не ограничивается дискретными залежами в литосфере. В настоящее время эксплуатируются площадные источники нефти и газа, диспергированные в сланцевых толщах, распространенных на десятках и сотнях тысяч квадратных километрах. Экологические издержки здесь до конца не ясны, но уже очевидно, что они гораздо более высокие, чем при традиционной добыче.

Парадокс состоит ещё в том, что нефть и газ, извлеченные из недр техническими средствами, строго говоря, представляют собой природный продукт, поэтому разделение этих веществ на

природные и техногенные довольно условное. Вместе с тем, имеются существенные различия в последствиях для экосистем потоков вещества из природных и техногенных источников. Как бы ни были широко распространены в пространстве и во времени природные потоки углеводородов, нет свидетельств, что они где-то приводили к экологическим катастрофам.

Нефтегазовый техногенез оказывает негативное воздействие на почвы, растительность, поверхностные и подземные воды, водные экосистемы внутренних морей и открытого Мирового океана. Механизм и последствия этого воздействия зависят от количества и химического состава нефти и нефтепродуктов, их поведения в геохимическом ландшафте, состава сопутствующих веществ, а также от особенностей природных условий, в которых техногенные потоки формируются, и от устойчивости ландшафта и его компонентов к техногенезу. Кроме того, в окружающей среде надо различать транзитные (вода, атмосфера) и депонирующие (почвы, донные отложения) среды, в которые попадают нефть, нефтепродукты и газообразные углеводороды. Судьба техногенных веществ в этих средах будет существенно разной.

Основная опасность нефтегазового техногенеза состоит в его площадном распространении, как на земной поверхности, так и в недрах. Главное средство защиты биосферы – это сосредоточение разведки и добычи углеводородных ресурсов на ограниченных пространствах, а также существенное сокращение межконтинентальных перевозок нефти и нефтепродуктов. Достигнуть этого можно только одним путем – целевым прогнозом крупных и гигантских месторождений, в которых обычно сосредоточено больше 90% углеводородных запасов нефтегазоносного бассейна.

Существование таких месторождений в каждой группе экономических регионов мира не противоречит данным современной науки.

Географическая наука уже располагает такими методами поисков, использование которых безвредно для биосферы. Это морфоструктурный геодинамический прогноз районов крупных месторождений нефти и газа [2], исследование углеводородных геохимических полей с целью выявления сигналов от углеводородных скоплений в недрах [3] и другие методы изучения земной поверхности, не оказывающие негативного воздействия на окружающую среду. Комплексное их применение позволит обеспечить регионы мира энергетическими ресурсами и одновременно кардинально уменьшить техногенную нагрузку на биосферу.

### **Экологическое значение нефти и нефтепродуктов**

Еще один парадокс нефтегазовой геоэкологии – это неоднозначные результаты влияния нефти на человека и живые организмы в целом, а также разные последствия воздействия природных и техногенных потоков нефти на компоненты окружающей среды.

Нефть в целом не токсичный продукт, в определенных условиях и дозах она благоприятно влияет на живое вещество. Ещё в древние времена, когда человек начал применять нефть, обнаружился ее удивительный лечебный эффект. В глубоких частях Мирового океана, где нет фотосинтеза, около природных горячих и холодных источников процветает жизнь, в которой организмы используют углерод  $CO_2$  и углеводородов для наращивания массы живого вещества.

В то же время некоторые компоненты нефти оказывают токсические действия на живой организм: вызывают наркоз, судороги, отравления, кожные заболевания. Токсичными могут быть, например, ароматические углеводороды, сернистые соединения, некоторые металлы, находящиеся в достаточно высоких концентрациях в нефтяном растворе. Гораздо более токсичны нефтепродукты – разнообразные по составу и назначению вещества, полученные путем переработки нефти и газа. Токсичны многие природные *спутники* нефти и газа – ртуть, сероводород, радионуклиды. Нефть извлекается на поверхность обычно в виде пластовой жидкости – смеси с высокоминерализованными пластовыми водами, которые могут оказывать более сильное, чем нефть, воздействие на компоненты окружающей среды. Не меньшее, чем нефть, распространение как загрязнители природной среды имеют нефтепродукты.

Попадание больших масс нефти на почву и в воду приводит к резкой трансформации и гибели экосистем. Экологический ущерб от загрязнения почв углеводородами весьма велик. Нефть и сопровождающие ее химические вещества (главным образом, соли) производят изменения во всех компонентах экосистем: нарушаются структура, водный и солевой режим почв, соотношение и подвижность в них химических элементов, трансформируется почвенный биоценоз, деградирует наземная растительность, загрязняются поверхностные и грунтовые воды, приземная атмосфера. На нефтепромыслах эти явления сопровождаются механическими нарушениями, а иногда и просадками земной поверхности, подтоплением или осушением территории, истощением горизонтов пресных вод, эрозией, дефляцией, цементацией и другими негативными для природной среды процессами.

Культивирование растений на почвах, загрязненных полициклическими ароматическими углеводородами – веществами с резко выраженными канцерогенными и мутагенными свойствами, – опасно для человека и животных.

Загрязнение участков гидросферы представляет собой большую опасность для водных экосистем. Как показывают эксперименты, наиболее опасно долгое нахождение в воде тяжелых нефтепродуктов,

содержащих токсичные компоненты, вызывающих гибель экосистемы. Легкие нефтепродукты оказывают сильное, но кратковременное токсичное влияние на живые организмы. Автотрофы, выжившие после первого залпового удара и испытавшие наркотическое воздействие, относительно быстро восстанавливаются в ходе самоочищения среды. Очистка и восстановление качества поверхностных вод и подземных водоносных горизонтов становится очень сложной экологической проблемой.

В связи с этим остро стоят вопросы диагностики токсичных и нетоксичных веществ, попадающих в окружающую среду с природными и техногенными потоками углеводородов.

### **Проблемы диагностики загрязнения окружающей среды нефтью и нефтепродуктами**

Один из ключевых вопросов нефтегазовой геоэкологии - диагностика загрязнения и других нарушений окружающей среды. Без его оптимального решения нельзя объективно оценить состояние среды, соответствие ее экологическим нормам, да и осуществить саму выработку этих норм. Приборная база для диагностики среды постоянно совершенствуется. Вместе с тем до сих пор в нормативных документах нет корректного аналитического понятия предмета диагностики. За нефтепродукты, как правило, принимают вещества, экстрагируемые из почв, воды и горных пород малополярными органическими растворителями и очищенные затем от полярных компонентов. Это, в основном, легкие углеводороды, почти не вызывающие серьезных экологических проблем. Самые опасные вещества при этом не учитываются вовсе, или "нефтепродуктами" не считаются. Такое положение снижает значение экологического мониторинга, поскольку информация о состоянии окружающей среды, прежде всего, почв становится неполной и поэтому искаженной.

Основные вещества, с которыми имеет дело нефтегазовая геоэкология, - нефть и нефтепродукты - это множество видов веществ, различающихся составом, свойствами и экологическим значением.

Нефти и нефтепродукты различаются соотношением разных классов углеводородных и высокомолекулярных компонентов. В состав нефти входят более 60 химических элементов в микроконцентрациях (V, Ni, Co, Mn, Mo, Fe, Al и др.). Основная часть микроэлементов приурочена к высокомолекулярным компонентам нефти - смолам и асфальтенам.

Учитывая широкое разнообразие видов нефтепродуктов - от сжиженных газов, растворителей и бензинов до гудронов и битумов - некорректно говорить о загрязнении среды нефтепродуктами без уточнения их вида. Нефтепродукты состоят из тех же компонентов, что и нефть, но они имеют свои особенности, связанные с технологией производства. Деструктивные способы получения ряда видов нефтепродуктов увеличивают в них содержание непредельных углеводородов и канцерогенных соединений, нехарактерных для природной нефти. Это делает многие нефтепродукты экологически более вредными, чем сырая нефть.

С целью расширения геоэкологической информативности изучения углеводородов в объектах окружающей среды в научный оборот было введено понятие «углеводородное состояние почвы» [4]. Этим понятием характеризуется весь почвенный углеводородный комплекс: углеводородные газы, битуминозные вещества, индивидуальные углеводородные соединения - полициклические ароматические углеводороды и n-алканы с учетом их распределения в почвенном профиле и по ландшафтно-геохимической катене. Углеводородное состояние почвы формируется под влиянием ландшафтно-геохимических процессов, в результате которых в почвах образуются автохтонные и аллохтонные углеводороды природного и техногенного происхождения. Диагностика углеводородного состояния почв дает не только правильное представление об уровне загрязнения почвы и донных отложений углеродистыми веществами, но и о генезисе углеродистых веществ, позволяя отделить природную и техногенную составляющие углеводородных компонентов.

Загрязнение среды при работе нефтегазового комплекса не ограничивается только нефтью и нефтепродуктами. Токсическое воздействие на компоненты экосистем могут оказывать десятки попутных веществ, осуществить диагностику каждого вещества и понять характер его воздействия на живые организмы совершенно нереально. Необходимы методы определения состояния экосистем при данном уровне концентрации диагностируемых поллютантов. К таким методам относятся биоиндикация и биотестирование, которые стали широко использоваться в экологическом мониторинге. Главной проблемой в применении этих методов остается выбор объектов. Индивидуальные организмы обладают разной устойчивостью к загрязнителям, поэтому часто существует опасность получать информацию о состоянии особой тестируемой популяции, а не обо всей экосистеме. Перспективным представляется изучение уровня разнообразия организмов. Очень показательна альгоиндикация нефтяного загрязнения среды (вод, почв и грунтов), осуществляемая на уровне сообществ. Для оценки состояния среды исследуются общее видовое разнообразие, видовой состав, соотношение разных отделов и экологических групп, состав доминирующих и специфических видов, численность микроводорослей. Большие возможности дает изучение физиологических индикаторов, например, уровня фотосинтеза и соотношения живых и неживых клеток.

## Проблемы мониторинга и нормирования состояния окружающей среды

Мониторинг и прогноз состояния среды, находящейся в сфере воздействия нефтегазового комплекса, - необходимое условие для принятия своевременных мер по защите природной среды от деградации. Эффективную систему мониторинга можно организовать только на основе геоэкологического прогноза вероятности тех или иных негативных событий, которые могут произойти на участках биосферы при внезапных или хронических техногенных нагрузках. Сети геоэкологического мониторинга должны создаваться на базе разных видов карт геоэкологического районирования. На этой же базе должна выработаться и оценка воздействия производства на окружающую среду.

Методы геоэкологического районирования территорий и акваторий решают задачи прогноза основных видов изменения среды при механическом нарушении почвенно-растительного покрова, при разливах нефти и минерализованных сточных вод. Новым словом в нефтегазовой геоэкологии стало прогнозное районирование по геодинамической активности территорий с выделением активных локальных участков, на которых наиболее вероятны внезапные выбросы вещества при бурении скважин, порывы трубопроводов, аварии на железных дорогах.

Геоэкологический мониторинг имеет два аспекта, не всегда разделяющихся в практической работе. Первый аспект - оценочный мониторинг, основанный на периодической оценке качества природной среды, его изменения в процессе производственной деятельности. На это нацелены вся система и подсистемы государственного экологического мониторинга и большей частью методы производственного мониторинга. Главный критерий оценочного мониторинга - соответствие качества компонентов окружающей среды утвержденным государством нормам. Поэтому проблема санитарно-гигиенического нормирования выступает здесь на первый план. Разработка научного нормирования - один из самых сложных вопросов нефтегазовой геоэкологии, особенно по отношению к таким поллютантам, как нефть и нефтепродукты. Состав тех и других разнообразен, и необходима строгая классификация нормируемых веществ. С другой стороны, ландшафты, включающие определенные типы почв, растительности и природных вод, в различных климатических условиях обладают разной устойчивостью к воздействию техногенных веществ. Следовательно, гигиенические нормативы в разных ландшафтах должны быть разными. Перспективный путь научного решения этих проблем видится в разделении территорий на *технобиогеомы* - ландшафтно-геохимические системы, обладающие сходными ответными реакциями на техногенное воздействие (понятие, введенное М.А. Глазговской). Даже, если нормативы вводятся в границах тех или иных административных территорий, то составляться они должны с учетом границ технобиогеомов.

Второй аспект геоэкологического мониторинга - оперативный мониторинг, т.е. непрерывное слежение за изменением компонентов природной среды, находящихся в сфере влияния работающего производственного комплекса (нефтегазодобывающего промысла, магистрального трубопровода, нефтеперерабатывающего завода и других). Целью оперативного мониторинга являются предупреждение аварийных ситуаций и своевременное принятие мер по предотвращению ущерба окружающей среде и производству. Инструментами оперативного мониторинга могут служить анализ дистанционных данных со спутников, установка различных датчиков непрерывной работы, ежесуточные измерения показателей (подобно режимным гидрометеорологическим наблюдениям).

### Углеродородные геохимические поля в почвах

Углеводороды в почвах представлены соединениями различного генезиса. В качестве перспективного метода выявления процессов, приводящих к формированию тех или иных углеводородных геохимических аномалий, рассматривается мониторинг углеводородных геохимических полей в почвах [3]. Углеводородное геохимическое поле в почвах - это совокупность в пространстве однородных углеводородных состояний почв.

Выделены следующие генетические группы геохимических углеводородных полей в почвах: 1) биогеохимические; 2) эманационные; 3) атмо-седиментационные; 4) инъекционные. Каждая из этих групп имеет свой специфический состав углеводородных компонентов в почвах и может быть как природного, так и техногенного происхождения. Каждый тип геохимического поля отвечает определенному углеводородному состоянию почв и характеризуется своим набором геохимических параметров.

Углеводороды биогеохимического поля образуются в почвах *in-situ* биогеохимическим путем за счет органического вещества почв. Природное биогеохимическое поле формирует углеводородный фон, на котором развиваются процессы загрязнения почв углеводородами из внешних источников. Эманационные геохимические поля образуются за счет миграции углеводородов из глубоких источников. Такими источниками могут миграционные потоки от нефтяных и газовых залежей или от подземных линз нефти и нефтепродуктов техногенного происхождения. Источники атмо-седиментационных геохимических полей это, в основном, выпадения на поверхность почв вещества из атмосферы вместе с аэрозолями. Инъекционные геохимические поля формируются в результате

разливов нефти и нефтепродуктов или хронических поступлений вещества из технологических объектов (скважин, резервуаров, трубопроводов и других). Все типы углеводородных геохимических полей в почвах обычно встречаются на территориях нефтяных промыслов.

Среди информативных признаков геохимического поля месторождения выделяются две группы геохимических показателей: 1) динамические – свободные газы и другие подвижные вещества в почвах, грунтах, атмосфере, водах; 2) статические – следы миграции вещества, зафиксированные в почвах и грунтах в виде сорбированных на поверхности минеральных частиц устойчивых соединений, или вторичных изменений и минерального вещества. К первым относятся летучие – углеводородные и неуглеводородные – газы, ртуть, а также тепловой поток. При временном прекращении или изменении газового или теплового потока с глубины динамическая аномалия может исчезнуть или переместиться в другое место. Статические показатели более устойчивы и более надежны.

Углеводородные геохимического поля в почвах выделяются методом крупномасштабного геоэкологического картографирования. Для отдельных территорий создаются геоинформационные системы, с помощью которых можно выявлять генезис углеводородных геохимических полей, следить за изменением их состояния и проводить моделирование возможных изменений.

### **Восстановление загрязненных земель**

Биосфера обладает большим потенциалом к самовосстановлению нарушенных наземных и морских ландшафтов. Изучение механизмов самовосстановления компонентов окружающей среды – почв, растительности, поверхностных и подземных вод, загрязненных и нарушенных нефтегазовым производством, и использовании этих механизмов для ликвидации негативных последствий таких нарушений – одна из важных задач нефтегазовой геоэкологии.

Прежде всего, это относится к почвам. Восстановление загрязненных и нарушенных почв имеет два взаимосвязанных аспекта. Первый – это изучение и поддержание природных механизмов защиты и адаптации. Второй – рекультивация загрязненных земель. Универсальных способов очистки от нефтяного загрязнения нет. Восстановление загрязненных нефтью почвенных экосистем – сложный, длительный процесс, требующий строгого научного обоснования. Между тем, научное обоснование мероприятий по рекультивации загрязненных земель, в особенности почвенного покрова, пока существенно отстает от массового характера их осуществления. Абсолютно отсутствует контроль последствий мероприятий по рекультивации. Кажущаяся эффективность рекультивации в первый год может сопровождаться резким снижением продуктивности в последующие годы. Это создает опасность дополнительного ущерба природной среде. Во всех мероприятиях, связанных с ликвидацией последствий загрязнения и восстановлением нарушенных земель, необходимо исходить из главного принципа: *не нанести экосистеме больший вред, чем тот, который уже нанесен при загрязнении*. Рекультивацию загрязненных земель надо рассматривать как продолжение процесса самоочищения с целью его ускорения, с использованием природных механизмов самоочищения и адаптации. Любые концепции восстановления загрязненных экосистем должны опираться на этот принцип. Его суть – максимальная мобилизация внутренних ресурсов экосистемы на восстановление своих первоначальных функций [5].

Микробиологическая рекультивация с внесением штаммов микроорганизмов – один из наиболее распространенных и эффективных способов рекультивации, основанный на процессах биodeградации нефти и нефтепродуктов. Но далеко не все ясно и в применении штаммов микроорганизмов для ускорения разложения компонентов нефти. Многоступенчатость биохимических процессов разложения углеводов разными группами микроорганизмов, осложняющаяся разнообразием химического состава нефти, обуславливает сложность устойчивого процесса их разложения. Возникают проблемы взаимодействия вносимых в почву популяций с естественной микрофлорой. Разные группы микроорганизмов в составе микробных сообществ отличаются способностью использовать отдельные компоненты нефти и нефтепродуктов. Пока не известно ни одного природного представителя микромира, который мог бы усваивать все классы углеводов, составляющих основу нефти. Поэтому для рекультивации почв и грунтов, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, главное внимание обращается на создание эффективно работающих сообществ микроорганизмов.

Подходить к выбору технологии рекультивации земель необходимо с позиций *устойчивости почв к нефтяному загрязнению*. Исходя из *оценки природных механизмов самоочищения*, обосновываются принципы экологического нормирования загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами, дается оценка современным технологиям очистки и рекультивации земель, загрязненных нефтью и нефтепродуктами.

Познание общих законов восстановления земель, приложение этих законов к конкретным природным условиям и состояниям экосистем – задача, имеющая большое значение для сохранения биосферы в целом.

Нефтегазовая геоэкология – это новая самостоятельная отрасль науки, находящаяся в стадии своего становления. В ней еще предстоит выработать свою методологию и оптимальный

инструментарий. Она будет развиваться, наполняться новыми фактами, новыми направлениями экологических исследований, решать проблемы, которые ставит перед обществом человеческая цивилизация.

### **Литература**

1. Флоровская В. Н. Предбиологическая эволюция углеродистых веществ на ранней Земле. Геологический аспект / В. Н. Флоровская, Ю. И. Пиковский, М. Е. Раменская. – М. : Книжный дом "ЛИБРОКОМ". – 2012. – 224 с.
2. Ранцман Е. Я. Морфоструктурные узлы – места экстремальных природных явлений / Е. Я. Ранцман, М. П. Гласко. М.:Медиа-Пресс, 2004.- 224 с.
3. Природные и техногенные углеводородные геохимические поля в почвах: концепция, типология, индикационное значение / Ю. И. Пиковский, А. Н. Геннадиев, А. А. Краснопева, Т. А. Пузанова // Геохимия ландшафтов и география почв. 100 лет со дня рождения М.А. Глазовской [под ред. Н. С. Касимова, М. И. Герасимовой]. – М. : АПР, 2012. – С. 236-258.
4. Углеводородное состояние почв на территории нефтедобычи с карстовым рельефом / Ю. И. Пиковский, А. Н. Геннадиев, А. А. Оборин, и др. // Почвоведение. – 2008. – №11. – С. 1314-1323.
5. Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем / Ред. М. А. Глазовская. – М. : Наука, 1988. – 254 с.

**Анотація** Ю. І. Пиковський, Н. М. Ісмаїлов, М. Ф. Дорохова **Нафтогазова геоecологія – наука XXI століття.** Розглядаються основні проблеми нафтогазової геоecології – географічної науки, що вивчає глобальний вплив на біосферу вуглеводнів і супутніх їм речовин. До них відносяться – поведінка в біосфері природних вуглеводнів, вплив нафтогазового техногенеза на довкілля, екологічне значення нафти, газу і нафтопродуктів, діагностика, моніторинг, нормування і відновлення забруднених компонентів довкілля. Розробка нових підходів до вивчення цих проблем – актуальне завдання нафтогазової геоecології в XXI столітті.

**Ключевые слова:** геоecологія, нафтогазова геоecологія, навколишнє середовище, біосфера, вуглеводні, нафта, вуглеводневий газ, нафтопродукти

**Abstract.** Yu. I. Pikovskiy, N. M. Ismailov, M. F. Dorokhova **Oil-and-gas geocology – a science of the 21-st century.** The main problems of oil and gas geocology as a geographical science studying the global impact of hydrocarbons and associated substances on the biosphere are discussed. These problems include behaviour of natural hydrocarbons in the biosphere, the impact of oil and gas production on the environment, the environmental importance of crude oil, natural gas, and petroleum products, diagnostics, monitoring, standardization, and restoration of contaminated environment components. The development of new approaches to the study of the problems outlined above is seen as a topical problem of this science in the 21st century.

**Keywords:** geocology, oil-and-gas geocology, environment, biosphere, hydrocarbons, oil, hydrocarbon gas, petroleum products.

*Поступила в редакцію 30.01.2014 г.*