

## ГОРЮЧИЕ СЛАНЦЫ. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

**Арутюнов Т.В.**

*Отдел проектирования и мониторинга разработки месторождений  
Ставропольского края ООО «НК «Роснефть» - НТЦ», 8-918-47-44-984,  
[arutyunov-tatos@mail.ru](mailto:arutyunov-tatos@mail.ru)*

История изучения и освоения сланцевых месторождений сложна. Если в конце XIX века во многих странах велись значительные разработки сланцевых месторождений, то в 60-х годах прошлого века добыча сланцев, кроме России и Китая, почти везде была прекращена. Семидесятые годы XX столетия явились началом нового этапа изучения горючих сланцев практически на всех континентах: строятся опытные и опытно-промышленные установки по переработке сланцев, открыто много новых месторождений. Горючие сланцы представляют собой достаточно серьёзный источник углеводородов. В перспективе они смогут удовлетворять определённую часть потребностей человечества в энергии, моторном топливе и сырье для химической промышленности. Если учесть тот факт, что из сланцев можно получать продукты, которые не могут быть получены из угля, нефти и газа, то значение их ещё более возрастёт. В сланцевом деле много проблем, и не все из них, разумеется, будут решены в короткий срок. Однако многие десятилетия учёные всех стран скрупулезно изучают этот вид поистине удивительного полезного ископаемого. Ведь проблема горючих сланцев – одна из наиболее сложных и не возникающих в случае других полезных ископаемых. Вероятно, недалеко время, когда горючие сланцы станут надёжным источником энергии. Во всяком случае, сегодняшний интерес к этому полезному ископаемому вполне закономерен и оправдан.

Ключевые слова: состав и свойства горючих сланцев; основные показате-

ли качества сланцев; образование горючих сланцев; количество горючих сланцев; месторождения горючих сланцев; пути использования горючих сланцев; сланцевые бассейны мира.

## **1. Введение**

Горючий сланец относится к топливно-энергетическому и химическому сырью и является нетрадиционным источником углеводородного сырья. Это полезное ископаемое, залегающее на сравнительно небольших глубинах, относится к группе твёрдых каустобиолитов и состоит из органического вещества (10-50 % по массе) и минеральной части. Промышленную ценность представляет как органическая, так и минеральная часть сланцев, основными компонентами которой являются карбонаты и алюмосиликаты. Сланцы используются для энергетических и технологических целей: в качестве топлива в производстве тепловой и электроэнергии (при прямом сжигании), являются сырьём для получения жидкого топлива (при глубокой переработке), а также сырьём для химической, металлургической отраслей и строительства.

На то, что это ископаемое давно и верно служит людям, учёные до сих пор не могут прийти к единому мнению по этому вопросу. Существует много определений понятия «горючие сланцы». Обычно к ним относят осадочные тонкозернистые карбонатные, кремнистые или глинистые горные породы, содержащие 15-40 % органического вещества. При его содержании 5-15 % породы относятся к группе керогеносодержащих, 40 % и более – к сапропелевому углю, при менее 5 % ОВ речь идёт уже о рассеянном органическом веществе. Некоторые авторы относят к горючим сланцам осадочные породы с нижним пределом содержания керогена в 5-10 %, а верхним пределом содержания органического вещества считают 30, 40, 50 и даже 60-80 %. Из чего же состоят горючие сланцы? Несмотря на различие мнений, все учёные рассматривают горючие сланцы, как смеси тесно связанных между собой органических и неорганических составляющих. Ещё в 1912 году профессор Крум-Броун предложил называть органическое вещество шотландских горючих сланцев керогеном, что в переводе с

греческого означает «воск рождающий». Позднее керогеном стали называть органическое вещество сланцев во всех странах. Кероген способен давать при нагревании нефтеподобную жидкость, именуемую сланцевой нефтью или сланцевой смолой. Можно сразу сказать, что термин «горючие сланцы» не очень удачный. На английский язык он переводится как oil shales (что в переводе означает дословно «нефтяные и масляные сланцы»). В языках латинского происхождения сланцы обычно называют bitumineux (битуминозные сланцы), хотя известно, что породы, именуемые так, почти не содержат сырой нефти (битумоидов), а могут давать вязкую жидкость, похожую на нефть, лишь при нагревании до 500 °С и выше. Предполагалось даже создать специальную комиссию по разработке единой сланцевой терминологии. Однако исправить такое положение сейчас вряд ли возможно, поскольку все эти термины давно и прочно закрепились в литературе.

## 2. Состав и свойства горючих сланцев

Для того чтобы правильно оценить свойства горючих сланцев и определить наиболее рациональные области их использования, нужно, в первую очередь, изучить их вещественный состав. Предварительно это делают макроскопически, а потом уже более детально. Для этого изготавливают тонкие срезы (шлифы) или полируют кусочки сланцев (аншлифы). Такой анализ позволяет досконально изучить вещественный или петрографический состав сланцев. Многие компоненты горючих сланцев, видимые под микроскопом, не различимы простым глазом. Они так и называются «микрокомпоненты». Это **альгинит** (остатки планктонных водорослей); выделяют таломоальгинит (если водоросли сохранили свою структуру) и **коллоальгинит** (водоросли, превратившиеся в бесструктурное вещество). В некоторых сланцах большое значение приобретает **сорбомикстинит** (бесструктурное вещество, представляющее собой тонкую смесь **альгинита** или остатков высших растений с глинистым веществом). Встречаются в сланцах и микрокомпоненты, присущие углям: **витринит** (гелифицированные остатки древесины, однородные или с клеточной структурой),

**липтинит** (споры, пыльца, кутикула, смоляные тельца), **семивитринит** (вещество, переходное от витринита к **фюзиниту**), фюзинит (фюзенизированные остатки древесины с хорошо выраженной клеточной структурой). В сланцах ряда месторождений Волжского бассейна встречены тела неясной природы, условно названные псевдовитринитом, вероятнее всего, они образовались из фитобентоса и морской травы.

Рассмотрим, из чего состоит минеральная часть сланцев. В основном она сложена тонкодисперсным, обычно гидрослюдистым материалом; пелитоморфным, хемогенным или органогеннодетритусовым карбонатным веществом; хальцедоновыми раковинами диатомовых водорослей. Минеральная и органическая тонкодисперсная масса находится в тесной (адсорбционной) смеси. Растительные микрокомпоненты обычно перемешаны с зёрнами разнообразных минералов: кварца, полевых шпатов, глауконита, сульфидов и др. Опишем качества горючих сланцев, наиболее важные показатели, которых теплота сгорания, выход смолы, влажность и содержание серы, зольность, состав золы.

### **3. Основные показатели качества сланцев**

#### **3.1. Теплота сгорания**

В геологоразведочной практике применяется показатель удельной теплоты сгорания сухого сланца. Этот параметр является оценочным при подсчёте запасов сланцев в недрах. Теплота сгорания горючих сланцев различных месторождений, а также различных пластов одного месторождения может колебаться от 4-5 до 20-25 МДж/кг. Наиболее высокой теплотой сгорания (более 15 МДж/кг) обладают горючие сланцы Эстонского, Ленинградского, Болтышского месторождений, некоторые сланцы Австралии и Новой Зеландии. Однако в мире преобладают сланцы, имеющие среднюю теплоту всего 4-6 МДж/кг.

#### **3.2. Сланцевая смола**

Выход основного и наиболее ценного продукта переработки (сланцевой смолы) может изменяться от нескольких процентов у сланцев Оленекского бассейна и мелинитовых сланцев Карпат до 25-30 % у кукерситов Прибалтийского бассейна. Смолы полукоксования обладают различным фракционным составом. Бензиновая фракция, выкипающая при температуре до 200°C, для большей части сланцевых смол составляет 19-25% и лишь в смолах Прибалтийского и Волжского бассейнов не превышает 5%. Дизельная фракция (200-325 °C) составляет основную массу смолы – 30-40 %, а в некоторых смолах (Кендерлыкское месторождение) – 50-60 %. Остаток (выше 325 °C) составляет 25-30 %. По химическому составу смолы можно разделить на 3 типа:

- парафинистые, по физико-химическим свойствам близкие к парафинистым нефтям (сланцы Грин Ривер в США, Болтышского, Кендерлыкского месторождений, Ирати в Бразилии, Мэсот в Таиланде);
- высокосернистые (сланцы Волжского бассейна Средней Азии, Израиля, Иордании, Марокко);
- с повышенным содержанием фенолов (кукеристы Прибалтийского бассейна, сланцы Припятского бассейна).

Для сланцев одного и того же месторождения теплота сгорания прямо пропорциональна выходу смолы. Сланцы разных месторождений при одинаковом выходе смол могут иметь различную теплоту сгорания, что объясняется неодинаковым исходным веществом и разными условиями его преобразования.

### **3.3. Влажность**

Это один из важных показателей, характеризующих теплотехнические свойства сланцев. Естественная влажность сланцев различных месторождений колеблется от 2-5 до 25-30 %. Она снижает теплоту сгорания топлива. Сланцы с содержанием влаги до 20-22 % могут быть использованы в промышленности без предварительной подсушки, при большой влажности их необходимо подсушить, что увеличивает расход тепла на переработку и ведёт к её удорожанию. Большое содержание влаги (до 30 %) в сланцах Болтышского месторождения

служит препятствием для их использования. При освоении более совершенных методов переработки, использование таких сланцев станет реальным.

Содержание серы в сланцах колеблется от долей процента до 10 %. В горючих сланцах встречается сера нескольких разновидностей: сульфатная, сульфидная и органическая. Содержание сульфатной серы, представленной сульфатами железа или гипсом, незначительное. Сульфидная сера (пирит, марказит) преобладает во многих сланцах. Она содержится в количестве 1-2 % (иногда до 4 %). В сланцах Волжского, Вычегодского, Тимано-Печорского бассейнов, сланцах Марокко, Иордании и Израиля преобладает органическая сера (до 70 % общего количества серы).

Сера – вредная примесь. Из-за высокого её содержания невозможно использовать сланцы ряда бассейнов, в частности, Волжского. Следует отметить, что для прямого сжигания сланцев допускается не более 1% общей серы на 4,19 МДж/кг теплоты сгорания. Одна из основных задач применительно к высокосернистым сланцам – это очистка от серы смол и других продуктов, получаемых при газификации и полукоксовании таких сланцев. Опытами, проведёнными на установках с твёрдым теплоносителем и в газогенераторах, доказана принципиальная возможность получения сланцевой смолы. Однако большая часть серы переходит в смолу, что делает её непригодной как для энергетических целей, так и для получения жидких топлив.

Зольность горючих сланцев изменяется от 35-40 до 80-85%. Состав золы сланцев меняется в широких пределах. Свойства золы зависят не только от минерального состава сланцев, но и от способа их сжигания и переработки. Некоторые виды золы – ценное промышленное сырьё. Золы, содержащие не менее 15% свободной окиси кальция, обладают вяжущими свойствами и пригодны для изготовления лёгких и тяжёлых бетонов и изделий из них. Карбонатные золы находят применение в сельском хозяйстве для известкования кислых почв. Золы алюмосиликатного состава могут быть использованы в дорожном строительстве, в производстве строительных материалов и др.

Неоднократно предпринимались попытки создать классификацию горючих сланцев, в которой бы отражалось не только их качество, но и пути возможного использования. Предложенные классификации были химическими, петрографическими, промышленными. В качестве классификационных параметров выбирались следующие показатели: содержание углерода и водорода в керогене сланцев, выход смолы из сланцев, теплота сгорания и другие. Общепризнанной классификации, где нашли бы отражение генетические особенности сланцев, их качественная характеристика и технологические особенности, пока нет. Создание такой классификации – задача будущих комплексных исследований.

#### **4. Образование горючих сланцев**

Образование горючих сланцев длится на земном шаре более миллиарда лет, начиная с протерозоя и заканчивая накоплением илов в современных лагунах и озёрах. Некоторые исследователи даже предполагают, что первые горючие сланцы образовались более 3 миллиардов лет назад на Кольском полуострове, в Украине, в Сибири, в Северной Америке, Южной Африке и в других регионах мира. Сейчас эти породы, называемые шунгитовыми, кианитовыми, графитовыми сланцами, практически уже не являются горючими ископаемыми, поскольку они испытали весьма длительное воздействие повышенных температур и давлений. Органическое вещество в них превратилось в графитоподобный материал с очень большим содержанием углерода. Правда, по мнению других учёных, содержащийся в этих породах углерод имеет неорганическое происхождение и связан с влиянием магматических процессов.

Образование горючих сланцев начинается с момента накопления органических остатков. Если угли ведут свою родословную от различных древесных, травянистых растений или мхов, то родители сланцев гораздо скромнее. Это мельчайшие водоросли, перемещаемые волнами или течениями (фитопланктон), иногда водоросли подводных лугов (фитобентос) или низшие представители животного мира (фианктон). Что ж, зато сланцы могли бы гордиться своей древностью – они намного старше углей. Однако наиболее важное усло-

вие для образования горючих сланцев – это достаточное количество органического материала. На интенсивность роста планктона влияют многие факторы, в том числе большое количество питательных веществ, образующихся за счёт разложения вымерших организмов. Некоторые компоненты, необходимые для жизни мельчайших водорослей, приносятся либо ветром, либо течениями. Вероятно, нельзя объяснить простой случайностью и тот факт, что вулканический пепел часто встречается вместе с горючими сланцами. Особенно благоприятными условиями для жизни планктона обладает зона фотосинтеза, распространяющаяся до глубины не более 50 м. Тёплый климат и большое количество света способствуют быстрому размножению планктона.

В сланцах ранних геологических периодов, например, ордовикских Прибалтийского бассейна, отсутствуют остатки высших растений. В органическом веществе горючих сланцев более молодых бассейнов эта примесь может быть довольно значительной (до 30 %), что отражается в химическом составе сланцев и сопровождается снижением содержания водорода – наиболее калорийного элемента. Горючие сланцы, даже очень близкие по месту и времени образования, могут быть совсем разными по качеству. Можно выделить четыре основные группы сланцевых бассейнов и месторождений. Большинство сланцевых месторождений образовались в платформенную стадию, а также в орогенную (при этом подразумевается активизация древних платформ), которую в последние годы всё чаще выделяют в самостоятельный этап развития земной коры. К платформенным относят чёрные, реже светло-бурые морские сланцы, часто залегающие вместе с карбонатными, кремнистыми и фосфатными породами. Они занимают огромные площади (десятки, сотни, а иногда даже тысячи квадратных километров), но мощность сланцевых пластов обычно не велика и составляет несколько метров. Это сланцы Прибалтийского, Волжского, Тимано-Печорского, Вычегодского бассейнов, Оленекского бассейна в Восточной Сибири, Ирати в Бразилии, горючие сланцы Швеции (месторождения Нерке, Вестергётланд, Оланд), бассейн Тулебак в Австралии, сланцы восточных и центральных районов США. Это наиболее важный промышленный тип сланцев.



Месторождения орогенного типа озёрного происхождения обычно молодого возраста. Особое место в их формировании, по-видимому, занимали вулканические и гидротермальные процессы, связанные с глубинными разломами, поскольку привнос пеплового материала и минерализованных вод создаёт благоприятные условия для развития фитопланктона. Примерно такие условия существуют сейчас в Великих Озёрах Восточной Африки. Суммарная мощность сланцевых пластов таких месторождений может достигать сотен метров, однако качество сланцев в них в целом хуже, чем качество сланцев, образовавшихся на платформах. К орогенному типу бассейнов и месторождений можно отнести Грин Ривер в США, Рандл, Кондор, Стюарт в Австралии, Фушунь в Китае, Кендерлыкское в Казахстане. К третьему типу относят сланцы, связанные геосинклиналями. Они часто достигают большой мощности (сотни метров). Качество таких сланцев ещё ниже, чем качество орогенных. Типичные представители этой группы – менилитовые (менилит – название глинистого минерала, входящего в состав сланцев) сланцы Карпат, сланцы Сицилии, Черноморского побережья Кавказа. Значение их невелико. К четвёртой немногочисленной и малоизученной группе относятся озёрные сланцы впадин атектонического (т.е. без влияния тектоники) происхождения. Это сланцы вулканических и карстовых впадин, впадин, связанных с соляной тектоникой. Размеры таких месторождений невелики, и сланцы характеризуются низким качеством (Новодмитриевское, Флориановское, Болтышское месторождения, Пула, Герце).

Условия, в которых накапливались осадки, могли быть весьма разными. Это могли быть открытые морские просторы, закрытые бассейны – заливы, фьорды, заливные равнины, лагуны, лиманы, пресноводные озёра. Их размеры колебались в широких пределах – от небольших водоёмов до громадных внутриконтинентальных бассейнов, наподобие Каспийского. В настоящее время в связи с глубоководным бурением в Мировом океане возник вопрос: как образовались обогащённые органическим веществом породы в океанических бассейнах на глубинах 3км и более? Выдвинута гипотеза о периодическом существовании глобальных бескислородных застойных обстановок в Мировом океане,

связанных с климатическими изменениями на планете. Другая гипотеза объясняет образование таких отложений за счёт поступления газов из глубинных очагов Земли. Каков же механизм преобразования органических остатков в керогене горючих сланцев?

Долгое время считалось, что образование горючих сланцев происходило по схеме: **органические остатки** → **пелаген** (остатки, достигшие дна моря или озера) → **глинистый ил** (сапропель) → **сапроелит** (горючие сланцы или сапропелевые угли). Таким образом, горючие сланцы рассматривались лишь как наиболее зольные сапропелевые угли. Сейчас предполагается, что процесс превращения органического вещества в кероген сланцев мог идти несколькими путями и что образование сапропеля – лишь один из них, самый изученный и наиболее обычный. Геохимическая обстановка образования сланцев могла быть различной: от бескислородно-восстановительной (сланцы Волжского бассейна, Грин Ривер в США, горючие сланцы Швеции) до слабо окислительной (кукерситы Прибалтийского бассейна). Что же происходит с органическим веществом, оказавшимся на дне моря, озера или лагуны? Здесь идёт переработка первичной массы отмершего планктона личинками насекомых, червями, моллюсками и особенно микроорганизмами. Преобразование органического вещества в более глубоких слоях сапропеля осуществляется в основном за счёт бактерий, сначала аэробных (способных жить только в атмосфере кислорода), а затем анаэробных (способных существовать без атмосферы кислорода). В результате их деятельности органическое вещество обедняется кислородом. Точные границы действия бактерий установить трудно. Однако бактерии начинают погибать при температуре + 80 °С. На этой сравнительно ранней стадии преобразования органического вещества биохимический этап уступает место геохимическому – метаморфизму, а превращение органического вещества в нерастворимый кероген уже полностью заканчивается; начинается преобразование керогена под действием новых факторов – температуры и давления. Говоря об угле, мы часто добавляем: бурый, каменный или антрацит, что характеризует не только его качество, но и степень преобразования в нём органического веществ-

ва. Выделяются следующие стадии преобразования органического вещества (иначе называемые углефикацией): буроугольная, длиннопламенная, газовая, жирная, коксовая, отощённо-спекающаяся, тощая, антрацитовая.

Как уже говорилось ранее, горючие сланцы древнее углей. Поэтому естественно предположить, что за геологическое время какая-то часть их залежей подверглась метаморфизму. Но вопросы метаморфизма горючих сланцев обычно подробно не рассматривались. Имеется ограниченное число публикаций на эту тему. В чём же причина? Известно, что при нагревании сланцев до температуры 500°C и выше образуется сланцевая смола, похожая на нефть. Не происходит ли такое явление и в природе и не являются ли те самые сланцы нефтепроизводящими (или нефтематеринскими) породами? При увеличении глубины погружения и, следовательно, с ростом температуры и давления структура органического вещества сланцев уже не находится в равновесии с физико-химическими условиями. При повышении температуры происходит постепенное упорядочение структуры атомов углерода. В отличие от органического вещества углей кероген горючих сланцев содержит большое число алифатических (т.е. открытых и не замкнутых в кольца) цепей. На ранних стадиях преобразования тенденции изменения керогена сланцев близки к изменению вещества углей: кислород удаляется в виде двуокиси углерода и воды. На стадии жирной и коксовой наиболее сильно меняется внутренняя структура углей. В горючих сланцах на этих стадиях происходит расщепление органического вещества, т.е. разрыв различных связей атомов углерода и выделение углеводородов. Углеводороды мигрируют в вышележащие слои и атмосферу, а горючие сланцы превращаются в обычные известняки, мергели, глинистые сланцы или аргиллиты с рассеянной или концентрированной органикой преимущественно «угольного» ряда (оболочки водорослей, остатки высших растений).

## **5. Количество горючих сланцев**

Горючие сланцы большинства регионов мира ещё плохо изучены. Нет полной и достоверной информации о многих бассейнах и месторождениях, от-

сутствуют единые критерии их оценки. Подсчёт запасов сланцев в разных странах производится до различной глубины, при разной минимальной мощности пластов и неодинаковом предельном содержании сланцевой смолы. В результате разные авторы дают различные трудно сопоставимые цифры ресурсов сланцев. Долгое время из-за недостатка и разнохарактерности информации ресурсы сланцев и сланцевой смолы на земном шаре вообще не подсчитывались.

Первую попытку подсчёта предприняли в 1965 году американские учёные Д.К. Дункан и В.Ч. Свенсон. По их данным, ресурсы сланцев с содержанием органического вещества более 10 % составили астрономическую величину – 1350 триллионов тонн. По данным ООН, в 1967 году общие мировые запасы горючих сланцев составили 450 триллионов тонн, в них содержится 26 триллионов тонн сланцевой смолы (напомним для сравнения, что достоверные запасы нефти равны 95 миллиардам тонн, а ресурсы – 400-600 миллиардам тонн). В 1973 году геологической службой США был выполнен подсчёт установленных, гипотетических и умозрительных ресурсов сланцевой смолы по континентам и миру в целом. Эта цифра составила 53,1 триллиона тонн. Нижний предел содержания смолы в сланцах – 4%. В дальнейшем в публикациях различных авторов приводятся гораздо меньшие цифры мировых ресурсов сланцевой смолы – 240-430 миллиардов тонн, относящихся лишь к геологическим запасам разведанных, известных и сравнительно легкодоступных для разработки месторождений с нижним пределом содержания нефти 4%.

Промышленные запасы сланцевой смолы, т.е. запасы, разработка которых известными в настоящее время способами оказывается экономически рентабельной, по данным Ж. Уолла (1981), составляют 39 миллиардов тонн. По материалам 27 Международного геологического конгресса (Москва, 1984) мировые ресурсы сланцевой смолы составляют 550 миллиардов тонн. Основные ресурсы сосредоточены в западном полушарии, из них 53 % в Северной Америке и 20 % в Южной Америке (таблица 1).

Таблица 1 – Распределение мировых ресурсов сланцевой смолы по континентам

Континент	Ресурсы	
	млрд. тонн	%
<b>Всего</b>	<b>550</b>	<b>100</b>
Европа	26	5
Азия	67	12
Африка	28	5
Австралия	25	5
Северная Америка	292	53
Южная Америка	112	20

Данные о том, как ресурсы горючих сланцев распределяются по возрасту заключающих их отложений, приведены в таблице 2. Здесь же для сравнения приведены сведения и по другим горючим ископаемым.

Таблица 2 – Стратиграфическое распределение ресурсов горючих ископаемых, %

Возраст	Уголь	Горючие сланцы	Нефть	Газ
Кайнозой	27	55	25	10
Мезозой	32	9	65	62
Палеозой	41	36	10	28

## 6. Месторождения горючих сланцев

Известно, что горючих сланцев в мире, да и в нашей стране, очень много. Возникает вопрос: а нужно ли искать и разведывать новые месторождения? Конечно, нужно. Дело в том, что энергетические ресурсы на территории России распределены неравномерно. На востоке страны их гораздо больше, чем на за-

паде. Но именно в западных районах сосредоточен основной промышленный потенциал страны, главные потребители топлива (80 %). Десятки миллионов тонн угля и нефти везут сейчас за тысячи километров. Горючие сланцы многих стран мира плохо изучены, а ведь потребность в энергии и топливе очень велика. Вот почему геологи продолжают изучать закономерности распространения горючих сланцев, ведут поиск новых месторождений.

Где и как искать горючие сланцы? В первую очередь, для этого надо знать признаки сланценосности. Существуют прямые признаки – это выходы сланцевых пластов на дневную поверхность. Но обнаружить выходы горючих сланцев на поверхность можно далеко не всегда. Тогда на помощь геологам-поисковикам приходят специальные карты, составленные геологами-съёмщиками. Это геологические, геофизические, литологические и другие карты, на которых особыми значками и цветом показано распространение горных пород различного возраста и состава, отображено геологическое строение той или иной площади. Пользуясь определёнными предпосылками, геолог выбирает наиболее вероятные площади для постановки геологоразведочных работ.

В первую очередь стратиграфические – ведь наиболее часто горючие сланцы можно встретить в породах определённого возраста, причём в разных районах возраст сланцев различен. Так, на западе России развиты ордовские горючие сланцы, на севере европейской части и в Поволжье – сланцы юрского возраста, в Средней Азии – палеогеновые, а в Восточной Сибири – кембрийские. Важны и литологические предпосылки. Горючие сланцы залегают среди осадочных пород – известняков, аргиллитов, алевролитов, образовавшихся в морских и озёрных условиях. Велика роль и тектонических предпосылок. Ведь сланцевые месторождения приурочены к определённым структурным элементам земной коры и наиболее часто встречаются на платформах, а также в тектонических впадинах активизированных платформ и орогенных поясов.

Весь геологоразведочный процесс делится на две крупные стадии: поиски и разведку. Цель поиска – обнаружить месторождение по прямым или косвенным геологическим предпосылкам, выявить площади со сланцами опреде-

лённого качества. Поисковые работы наряду с наземными геологическими маршрутами сопровождаются проходкой различных горных выработок – канав, шурфов, буровых скважин. Причём скважинами, которые обычно располагаются по профилям, сланцевые пласты прослеживаются на глубину. Расстояние между профилями обычно 1-4 км в зависимости от строения месторождений, а между скважинами в профиле – примерно в 2 раза меньше. Глубина скважин может быть различной – от 50 до 200 м и более. Таким образом, месторождения покрываются сетью буровых скважин, что позволяет изучить сланцевые пласты как по площади, так и в разрезе. Если получены положительные данные о строении месторождения, количестве и качестве горючих сланцев, приступают к разведке. Для этого сгущают сеть скважин до 500 м, а на сложных месторождениях – до 250 м и менее. Это позволяет досконально изучить месторождение.

При изучении сланцевых месторождений обычно применяется колонковое бурение. На конце бурового снаряда имеется колонковая труба с армированной твёрдыми сплавами коронкой. Эта колонка врезается в недра Земли, и в трубу поступает столбик породы, так называемый керн – основной материал для изучения строения месторождения, состава и свойства пород и заключённых в них полезных ископаемых. В каждой пробуренной скважине фиксируются встречаемые горные породы, определяют глубину их залегания, мощность и строение, берут пробы горючих сланцев и пород для изучения в специальных лабораториях. По большевесным пробам, взятым из скважин большого диаметра или из шурфов, определяют технологические свойства сланцев и наиболее рациональное направление их использования, что особенно важно.

Огромную помощь геологам оказывают геофизики, которые изучают физические свойства пород – плотность, упругость, электрическое сопротивление, радиоактивность и др. Ведь каждая горная порода характеризуется только ей присущими свойствами, изучение которых позволяет расшифровать детали геологического строения изучаемого района. Наиболее эффективны такие методы геофизики, как гравиразведка, магниторазведка, электроразведка, сейсморазведка. С их помощью геологи могут заглянуть в земные глубины и выбрать наи-

более благоприятные места для заложения буровых скважин. Наряду с наземными геофизическими методами на угольных месторождениях применяется скважинная геофизика, так называемый каротаж. На прочном кабеле в скважину спускаются специальные приборы, которые измеряют кажущееся удельное сопротивление, естественную гамма-активность пород, рассеянное гамма-излучение. Замерив эти показатели, получают чёткое представление о глубине залегания, мощности пластов, пород и сланцев, их свойствах; по ним можно даже косвенно судить о выходе сланцевой смолы. В последнее время стали применяться новые методы скважинных геофизических исследований – радиосвечивание, акустический и нейтронный каротаж.

## **7. Пути использования горючих сланцев**

Первое упоминание об использовании горючих сланцев относится к XVII веку, когда в 1694 году в Англии был выдан патент Мартину Илу и его коллегам, которые «нашли способ получения из породы большого количества смолы, дёгтя и масла». Интересно отметить, что переработка сланцев в жидкое топливо велась задолго до начала промышленной добычи обычной нефти. Первые промышленные предприятия были построены во Франции в 1839 году и в Шотландии в 1850 году. С этого времени переработка сланцев стала развиваться во многих странах: Австралии, Бразилии, США, Швейцарии, Швеции, Испании. Предприятия росли. Так, к XIX столетию на восточном побережье США их насчитывалось около 200. Правда, все они имели небольшую мощность, на них перерабатывалось от 50 до 200 тонн сланца в сутки.

Наибольший расцвет сланцевой промышленности приходится на годы Второй Мировой войны и послевоенные годы. В дальнейшем сланцевая нефть не могла конкурировать с природной. С 1952 года (Австралия) по 1966 год (Испания) почти во всех странах добыча сланцев была прекращена.

Известны два основных направления использования горючих сланцев: энергетическое и технологическое с превращением их в традиционные формы энергетических ресурсов – синтетические нефть и газ. Имеют место также



энерготехнологическое и энергоклинкерное использование сланцев. В мире нет единых стандартных требований к горючим сланцам. Каждая страна устанавливает их с учётом наличия запасов сланцев, потребности, целесообразности их добычи и использования.

В России основное направление использования горючих сланцев – энергетическое. Горючие сланцы – высокозольный вид топлива. При их пылевидном сжигании возникают проблемы золоулавливания, хранения золы, с которыми связаны вопросы охраны окружающей среды. Сланцевая зола обладает агрессивными свойствами и иногда вызывает повышенную коррозию котлов.

Горючие сланцы, применяемые сегодня в энергетике, имеют теплоту сгорания 10 МДж/кг и более. Однако анализ ресурсов горючих сланцев показывает, что большая часть (около 70 % ресурсов) обладает невысокой теплотой сгорания (4-6 МДж/кг). Пробное пылевидное сжигание низкокачественных сланцев России, Китая, Румынии и Германии показало, что технически возможно сжигание сланцев с теплотой сгорания от 4 МДж/кг и выше. В настоящее время ведутся поиски новых методов сжигания, позволяющих рационально использовать низкокачественные сланцы, например, сжигание в псевдоожиженном («кипящем») слое или магнитно-гидродинамическом генераторе.

Рассмотрим способы технологического использования горючих сланцев. Сланцевую нефть получают путём нагревания раздробленных сланцев до температуры 500°С и выше. При такой температуре органическое вещество разлагается (пиролизуется), образуя масляный пар, который после конденсации даёт вязкое жидкое сланцевое масло, газ и углистый остаток. Этот процесс называется перегонкой или ретортированием.

В России для технологической переработки используют богатые смолой прибалтийские сланцы-кукерситы с выходом смолы 21-24 % и сланцы Кашпирского месторождения с выходом смолы 11-13 %. История развития сланцевой промышленности и зарубежный опыт доказывают, что технически возможна и экономически целесообразна переработка сланцев и более низкого качества (4-8 %). Это особенно важно, поскольку большинство сланцев мира относится к бед-

ным (выход смолы 5-10 %). На четырёх сланцеперерабатывающих предприятиях нашей страны выпускается более 60 наименований химических продуктов: топливное масло, масло для пропитки древесины, химико-мелиоративный препарат нэрозин, дубители, клеи, моющие средства, ихтиол, электродный кокс и другие продукты. Основные направления использования горючих сланцев за рубежом – это получение топливно-энергетического сырья и некоторых специфических продуктов (парафин, кокс, медицинские препараты). Развитие сланцевой промышленности в будущем ориентировано на производство сланцевой смолы – синтетической нефти.

Наиболее эффективен метод переработки сланцев в газогенераторах. Разрабатываются также методы энерготехнологического использования сланцев на установках с теплоносителем (с получением сланцевого масла и последующим сжиганием его на электростанциях), методы полукоксования в псевдоожиженном («кипящем») слое, термического растворения, гидрогенизации и другие методы. В последние годы область технологического использования сланцев расширилась. Это связано с прямым использованием керогена, минуя его термическую переработку. Путём обогащения сланцев получают концентрат керогена с содержанием органического вещества 70 и 90 %. Он с успехом используется как органо-минеральный наполнитель в производстве пластмасс, резиновых и губчатых изделий. Основные проблемы использования связаны с разработкой эффективных методов утилизации как низкосортных, так и богатых смолой, но высокосернистых сланцев, ресурсы которых весьма значительны. Дело в том, что использование высокосернистых сланцев в энергетике нерационально в связи с экологическими ограничениями, а при термической переработке таких сланцев образуются сернистые смолы, требующие очистки. Энергоklinkерное направление использования горючих сланцев освоено в Доттернхаузене (Германия). В печах с «кипящим» слоем сжигаются сланцы с теплотой сгорания 3,9 МДж/кг, а из смеси 70 % сланцевого минерального остатка и 30 % клинкера готовится цемент. Таким образом, даже сланцы с низким содер-

жанием органического вещества (примерно 10 %) при безотходном производстве могут быть экономично использованы.

В какой-то степени природа обделила горючие сланцы, ведь по сравнению с другими полезными ископаемыми они содержат меньше органического вещества, а, следовательно, имеют и меньшую теплоту сгорания. По теплоте сгорания лучшие сланцы в 2 раза уступают каменным углям и в 4 раза уступают нефти. Вот почему на сланцевых месторождениях особую важность приобретает проблема комплексного использования как органической, так и минеральной части сланцев, а также сопутствующих полезных ископаемых. Сюда относятся карбонатные породы, пески, гравий, торф и т.д., негорючая минеральная часть сланца, межпластовая порода. В некоторых сланцах содержатся также редкие элементы и металлы (уран, ванадий, молибден и др.).

В России сланцевая зола применяется при производстве строительных блоков и панелей, автоклавных ячеистых и тяжёлых бетонов, силикатных кирпичей, высокомарочных портландцементов, в сельском хозяйстве – для известкования кислых почв. Даже при небольшом объёме её использования (3,2 миллиона тонн в год, что составляет около 15 % от накапливающейся за год золы) экономический эффект составляет ежегодно порядка 100 миллионов рублей. Известны комплексные угольно-сланцевые месторождения. Это Фушунь в Китае, где добыча сланцев ведётся совместно с углём, Алексинац в Сербии, Кендерлыкское, Болтышское и др.

В Швеции из сланцев получают серу. Сланцы месторождения Анина в Румынии содержат от 11 до 46 % сидерита – карбоната железа, который предполагается использовать в качестве сырья для металлургии. В США добычу горючих сланцев формации Грин Ривер предполагается осуществлять совместно с экзотическими минералами треной, давсонитом и нахколитом – ценным сырьём для производства алюминия и карбоната натрия. Возможно, уже скоро горючие сланцы станут источником ряда редких и рассеянных элементов.

Горючие сланцы некоторых месторождений (диктионемовые сланцы и кукерситы Прибалтики, сланцы Азербайджана, Алексинацкого месторождения

в Сербии, Тимахди в Марокко) могут непосредственно применяться в сельском хозяйстве в качестве удобрений. В качестве удобрений уже сейчас используются сланцы месторождения Герце в Венгрии, где в 1984 году был открыт карьер для их добычи. Этот факт прямого сельскохозяйственного использования сланцев, несомненно, будет стимулировать их перевозки на большие расстояния. Вполне рентабельно их можно использовать вблизи места добычи, особенно там, где нет месторождений других горючих ископаемых. При этом в случае комплексного использования сланцев ценность их значительно возрастает.

## **8. Сланцевые бассейны мира**

### **8.1. Прибалтика**

На территории Эстонии и Ленинградской области находится известный на весь мир уникальный сланцевый бассейн – Прибалтийский. В этом бассейне распространены два типа горючих сланцев: кукерситы, разрабатываемые с 1916 года, и диктионемовые сланцы, пока не имеющие промышленного значения. В западной части бассейна расположены Эстонское и Тапаское месторождения кукерситов, в восточной части – Ленинградское, Веймарнское и Чудово-Бабинское месторождения (рис. 1). Мощность пласта горючих сланцев-кукерситов 0,6-3,4 м, глубина залегания до 170 м. Строение пласта сложное: слои горючих сланцев переслаиваются с известняками (рис. 2).

По качеству прибалтийские сланцы самые лучшие в мире (исключение составляют весьма небольшие залежи горючих сланцев торбанитов в Австралии и ЮАР). Теплота сгорания сланцев промышленной пачки достигает 16 МДж/кг, а выход смолы – 25 %. Ресурсы сланцев кукерситов составляют 21 миллиард тонн. Если нефть часто называют чёрным золотом, то прибалтийский сланец по праву можно назвать золотом коричневым. На них обратил внимание ещё Пётр I, в 1697 году пославший образцы кукерситов в Голландию. В настоящее время в Прибалтийском бассейне действуют 10 шахт и 4 разреза. Большая часть сланцев сжигается на электростанциях. Хотя в топливном балансе страны горючие

сланцы занимают менее 1 %, значение их для Прибалтики трудно переоценить, ведь здесь почти нет других энергетических источников. Смола прибалтийских сланцев – ценное сырьё для химической промышленности, она содержит в большом количестве кислородные соединения – фенолы, которые весьма трудно получить из природной нефти.

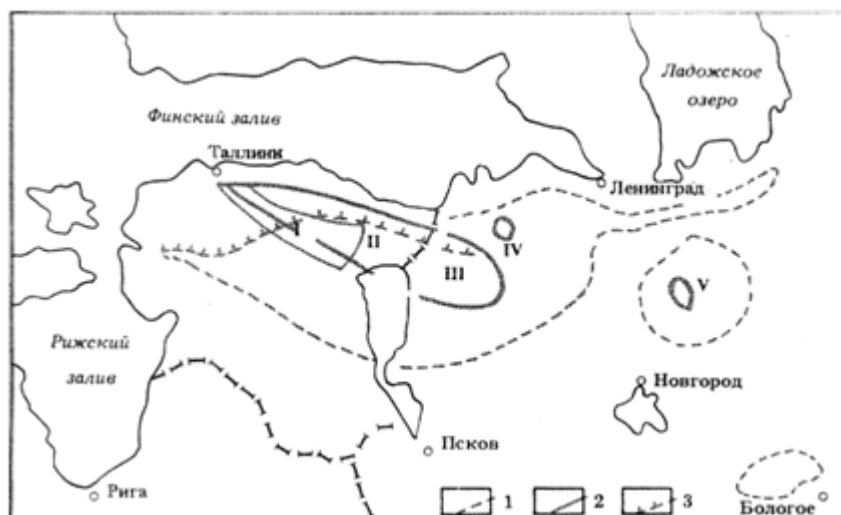




Рисунок 1 – Схема расположения сланценоносных площадей и месторождений Прибалтийского бассейна: 1 – граница сланценоносных площадей; 2 – граница месторождений кукерситов; 3 – граница распространения диктионемовых сланцев. Месторождения: I – Тапаское; II – Эстонское; III – Ленинградское; IV – Веймарнское; V – Чудово-Бабинское


Глубина залегания диктионемовых сланцев 20-300 м, мощность пласта от 1 до 7 м, теплота сгорания 3-6 МДж/кг. Сланцы интересны тем, что содержат многие редкие и рассеянные элементы: молибден, ванадий, серебро, свинец, медь и др. Ресурсы этих сланцев оцениваются в 62 миллиарда тонн. Пока диктионемовые сланцы ещё плохо изучены, их всестороннее изучение и определение путей использования – задача будущих комплексных исследований.

Эстонское месторождение			Структурный разрез	Ленинградское месторождение		
Теплота сгорания, МДж/кг	Мощность, м	Условное обозначение		Условное обозначение	Мощность, м	Теплота сгорания, МДж/кг
3,4–5		F <sub>B</sub>		Ложная кровля (л.к.)	0,3–0,4	3,4–4,6
8,4–9,6	0,3–0,5	F <sub>H</sub>		I	0,5–0,6	10,9–11,3
9,6–13,4	0,5–0,6	E		Спутник	0,1	1,7–2,5
2,9	0,1	E/D		Мергель	0,1	5–6,7
6,7–11,7	0,1–0,2	D		Двойная плита	0,2–0,3	0,6
0,6	0,2–0,3	D/C		II	0,2–0,3	11,7–12,2
10,1–13,4	0,3–0,5	C		Кулак	0,1–0,2	2,9
2,9	0,1	C/B		III	0,2–0,3	16,3–18,9
15,9–20,1	0,3–0,7	B		Сивуха	0,2	1,3
1,3	0,1	B/A		IV	0,1	8–9,2
6,7–8,4	0,1	A <sub>H</sub>				
2,9	0,03	A <sub>H</sub> /A <sub>H</sub>				
14,2–17,6	0,1–0,2	A <sub>H</sub>				
7,5–9,2	2,7–3,4	A–F <sub>H</sub>			1,9–2,5	5,9–7,5
8–10,1	2,5–2,8	A–F <sub>H</sub>				
8,4–9,6	2,3–2,4	B–F <sub>H</sub>			1,6–2,2	6,1–8


  



1



2



3

Рисунок 2 – Строение промышленного пласта горючих сланцев Прибалтийского бассейна: 1 – горючий сланец; 2 – известняк; 3 – мергель

## 8.2. Болтышская астроблема

Болтышское месторождение горючих сланцев приурочено к глубокой (500-600 м) впадине в кристаллических породах Украинского массива. По поводу её происхождения многие годы ведётся оживлённая дискуссия. Часть специалистов полагает, что Болтышская депрессия представляет собой кальдеру древнего потухшего вулкана. Другие считают её астроблемой, т.е. впадиной, образовавшейся при падении метеорита. Вопрос этот не праздный.

Подобные «звёздные раны» принесли людям не одно замечательное месторождение. Например, структура Садбери дала канадцам полиметаллические руды, а кратер Рис в Германии – строительный материал. Сланценосная толща Болтышского месторождения содержит до 10 рабочих пластов, наиболее рас-

пространён один мощностью 2,5-4,0 м. Сланцы обладают высокой теплотой сгорания (11 МДж/кг) и выходом смолы (1,2-1,5 %), но характеризуются повышенной влажностью (до 30 %) и требуют затрат дополнительной энергии на подсушку. Ресурсы горючих сланцев месторождения 4,5 миллиарда тонн. По сравнению с прямым сжиганием более экономично, по-видимому, их энерготехнологическое использование.

Вопрос о целесообразности освоения этого достаточно крупного месторождения пока не решён.

### **8.3. В долине Припяти**

В южной части Республики Беларусь находится Припятский бассейн, заключающий 11 миллиардов тонн горючих сланцев. Наиболее изучены здесь Любанское (0,9 миллиарда тонн) и Туровское (2,7 миллиарда тонн) месторождения. Средняя мощность рабочего пласта 1,1-1,2 м, глубина залегания от 70 до 500 м, теплота сгорания сланцев 6-7 МДж/кг, выход смолы 8,6-9,2 %, содержание серы 1-4 %. Низкое качество этих сланцев предопределяет необходимость изыскания эффективных методов комплексной переработки и использования как органической, так и минеральной их части. Это позволит несколько уменьшить топливный «голод» в республике.

### **8.4. Волжско-Печорские бассейны**

На востоке европейской части страны находятся три крупнейших сланцевых бассейна – Волжский, Вычегодский и Тимано-Печорский. Горючие сланцы образовались здесь в одно и то же время в сходных геологических условиях и даже близки по качеству. Поэтому все три бассейна объединены в единую Волжско-Печорскую провинцию. Наиболее изучен Волжский бассейн. Он охватывает около 40 месторождений, некоторые из них (Озинковское, Савельевское, Туксайское) разрабатывались в 30-40-е годы прошлого столетия. В настоящее время добыча (около 0,9 миллиона тонн в год) ведётся лишь на Кашпирском месторождении. В последнее десятилетие геологи выявили здесь новые

перспективные месторождения: Перелюб-Благодатовское и Чаганское, ресурсы которых оцениваются в несколько миллиардов тонн. Мощность пластов обычно 1-2 м. Теплота сгорания сланцев 6-15 МДж/кг, выход смол 7-18 %. По этим показателям сланцы несколько уступают прибалтийским, но в их успешном использовании никто не стал бы сомневаться, если бы не повышенное количество в них вредной серы (до 5-7 % против 1-2 % в Прибалтийском бассейне). Поэтому волжские сланцы нельзя сжигать на электростанциях – атмосфера загрязняется вредными сернистыми газами. Смола волжских сланцев также высокосернистая и поэтому сегодня не пригодна для получения жидких топлив. Она применяется только для изготовления сернистых медицинских препаратов (ихтиоловая мазь). Основная проблема – это поиск оптимальных способов переработки высокосернистых сланцев, что позволит использовать их в технологических и энергетических целях.

### **8.5. Кендерлыкское месторождение**

На территории Восточно-Казахстанской области находится Кендерлыкское месторождение – одно из крупнейших в Республике Казахстан. Ресурсы горючих сланцев оцениваются в 2,5 миллиарда тонн. Кроме того, здесь выявлены крупные запасы бурых и каменных углей. На месторождении установлено три сланценосных горизонта: нижние сланцы кендерлыкской свиты, средние сланцы карангурской свиты и верхние сланцы сайканской свиты. Общая мощность сланцевых горизонтов более 100 м, мощность пластов изменяется от 1 до 12 м, теплота сгорания 4-15 МДж/кг, выход смол 4-20 %. Имеющиеся в настоящее время сведения о сланценосности месторождения и качестве сланцев весьма противоречивы и не позволяют пока сделать окончательных выводов. Не ясно также, как будут коррелировать сланцевые пласты и насколько выдержанными по площади окажутся основные параметры сланценосности и качества сланцев. Поэтому крайне необходимо провести тщательное опробование и технологическое изучение сланцев и углей Кендерлыка. Если подтвердятся предположения о крупных масштабах месторождения, единственным негативным



моментом останется значительная (450 км) удалённость его от железной дороги. Разработка месторождения и энерготехнологическое направление использования кендерлыкских сланцев и углей позволят решить сложные проблемы снабжения Восточного Казахстана твёрдым и жидким топливом.

## **8.6. Горючие сланцы Сибири**

Может показаться, что почти все сланцевые бассейны и месторождения нашей страны сосредоточены в её европейской части. Однако это не совсем так. Сланцевые бассейны Сибири находятся как бы в тени таких угольных гигантов, как Кузнецкий и Канско-Ачинский. Специальных работ на горючие сланцы здесь почти не велось, а имеющиеся о них сведения весьма скудны и противоречивы. Мощность пластов 0,1-9,0 м, теплота сгорания 4-11 МДж/кг, выход смолы 3-8 %. Тем не менее, ресурсы Оленского, Синско-Майского, Таймырского и других сланцевых бассейнов оцениваются в сотни миллиардов тонн. Говорить об их практическом значении из-за удалённости от промышленных центров и тяжёлых климатических условий пока ещё рано. Однако, возможно, и они в ближайшем будущем будут верно служить людям.

## **8.7. Сланцы Европы**

Трудно назвать в Европе такую страну, где не найдены залежи горючих сланцев. Наибольшими их ресурсами располагает Италия (остров Сицилия), далее следует Швеция, Франция, Румыния, Германия, Великобритания. Месторождения сланцев известны давно. С конца XIX века они периодически разрабатывались. Выход смолы на сланец здесь в основном 4-10 %, все месторождения небольшие по запасам – всего лишь миллионы – десятки миллионов тонн. Мы уже говорили, что сланцы в основном имеют низкую теплоту сгорания и невысокий выход смолы. Но здесь как раз уместно вспомнить о том, что ценность сланцевых месторождений неизмеримо возрастает при их комплексном использовании. Дело в том, что все разрабатываемые ранее месторождения – комплексные угольно-сланцевые. Это Лотианы в Англии, Пуэртольяно в Испании,

Мессель в Германии, Отен и Оманс во Франции, а месторождение Нерке в Швеции богато редкими и рассеянными элементами. В будущем предполагается вместе с углём разрабатывать сланцы Алексинацкого месторождения в Сербии, использовать в чёрной металлургии отходы обогащения сланцев (сидериты) месторождения Анина в Румынии. На базе месторождения Вестергётланд в Швеции планируется получать смолу, уран, ванадий, никель, магниевые соли и другую продукцию. Комплексное использование сланцев даже невысокого качества может оказаться экономически целесообразным и выгодным.

### **8.8. Месторождения Африки**

Горючие сланцы известны во многих африканских странах – Марокко, Алжире, Египте, Ливии, Тунисе, Заире, Сомали, ЮАР. Они приурочены к отложениям различного возраста и изучены очень слабо. Самыми крупными являются бассейны Кисангани (Заир) и Тарфая (Марокко), а также месторождение Тимахди (Марокко). Выход смол из сланцев Кисангани 6-10 %, ресурсы сланцевой смолы оцениваются здесь в десятки миллиардов тонн. Эти сланцы можно использовать для технических целей. Выход смолы из сланцев месторождения Тимахди 5-14 %, а из сланцев Тарфая – 5-9 %. Мощность сланцевых пластов 1-5 м, количество пластов 5-9. Ресурсы сланцевой смолы Тимахди составляют около 2 миллиардов тонн, а Тарфая – 12 миллиардов тонн. Сланцы Тимахди и Тарфая содержат много серы (до 6 %), смолы их также высокосернистые, что делает их весьма схожими со сланцами Волжско-Печорской провинции. Предполагается, что производство синтетической нефти из сланцев этих месторождений в Марокко может составить в будущем 7 миллионов тонн в год.

### **8.9. Сланцевый гигант Америки**

В мартовском выпуске «Scientific American» за 1874 год было помещено сообщение о том, что при сооружении железной дороги в районе Грин Ривер рабочие сложили из кусков извлечённой породы стенку для защиты костра от ветра, и камни вскоре загорелись. Так был открыт сланцевый бассейн Грин Ривер.

«Спящим гигантом» называют специалисты бассейн Грин Ривер в США и не случайно. Именно здесь самые большие в мире ресурсы сланцевой нефти.

Горючие сланцы, образовавшиеся на территории древних озёр, распространены на площади 43 тысяч квадратных километров и заполняют впадины Грин Ривер и Уошейки в штате Вайоминг, Юинта в штате Юта, Пайсенс-Крик в штате Колорадо, а также ряд других впадин, более мелких (рис. 3). Мощность сланценосной толщи в самой богатой впадине Пайсенс-Крик более 600 м. Наибольшее значение имеет самая верхняя зона, называемая Мехогени, содержащая наиболее выдержанный пласт мощностью около 40 м. Сланцы этой зоны обнажаются в краевых частях впадины, где построены экспериментальные предприятия. Выход смолы из сланцев 5-10 %.

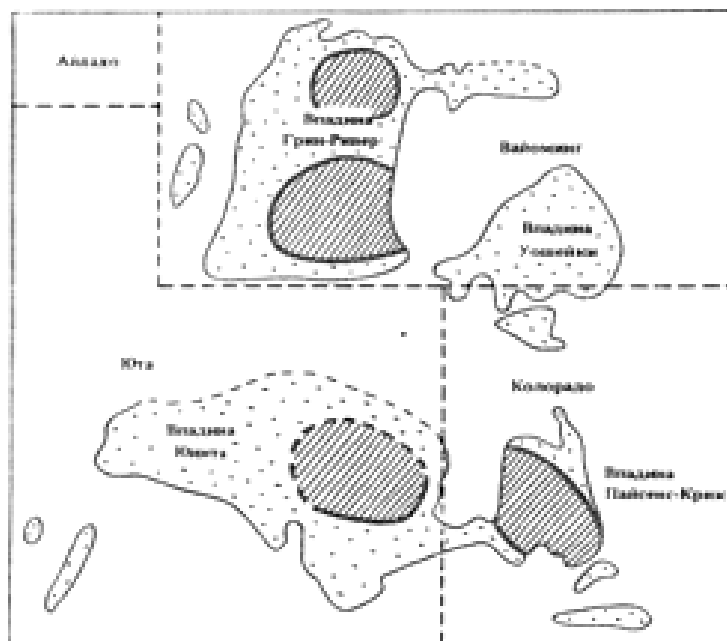


Рисунок 3 – Схема размещения горючих сланцев на месторождении Грин Ривер (США). Площадь развития горючих сланцев: 1 – низкокачественных; 2 – с содержанием смолы более 9 % и мощностью пластов более 3 м

Ресурсы сланцевой смолы в этой впадине оцениваются в 150 миллиардов тонн, а ресурсы всех впадин составляют, по разным оценкам, от 220 до 350 миллиардов тонн. Кроме горючих сланцев, здесь найдены редкие минералы: нахколит, пригодный для обессеривания дымовых газов, и давсонит, сырьё для

получения алюминия. Пока гигант спит, на экспериментальных установках перерабатывается всего 1,5-2,0 миллиона тонн сланцев в год, однако он уже готов заявить о себе. Один из вариантов освоения Грин Ривер предусматривает производство в 2020 году 50 миллионов тонн сланцевой нефти.

### **8.10. Бразилия**

Именно так на карте Бразилии выглядят обнажения пород формации Ирати, второй в мире (после Грин Ривер) по величине содержащихся в ней ресурсов сланцевой нефти (112 миллиардов тонн). Обнажения пород этой формации протягиваются на 1700 километров от штата Сан-Пауло до границы с Уругваем. Горючие сланцы Ирати образуют три бассейна – Сан-Габриель, Дон-Педриту и Сан-Матеус-ду-Сул. Выделяются два пласта горючих сланцев: верхний мощностью 6-8 м и нижний мощностью 3-5 м с выходом смолы 3-9 %. С 1972 года в Бразилии действует экспериментальная установка мощностью 35 тысяч тонн сланцевой нефти в год, и в будущем предполагается строительство промышленного предприятия по производству 2,5 миллиона тонн смолы.

### **8.11. Австралия**

В 70-х годах прошлого столетия на Восточном побережье континента развернулись усиленные поиски сланцевых месторождений. Этому способствовали растущие цены на нефть и потребность страны в топливно-энергетических ресурсах. Поиски увенчались грандиозным успехом: было найдено не одно-два и даже не три, а целый десяток крупнейших сланцевых месторождений. Это Кондор, Стюарт, Нагурин и др. Сланцы имеют озёрное происхождение, мощность сланценосной толщи до 400 м, выход смолы из сланцев 4-9 %. Добывать сланцы можно дешёвым открытым способом. Только разведанные запасы сланцевой смолы составляют более 3 миллиардов тонн. В настоящее время разрабатываются проекты эксплуатации месторождений.

## 9. Влияние добычи сланцев на природу

Серьёзную озабоченность во всём мире вызывает загрязнение окружающей среды отходами промышленности. Не составляет исключение добыча и переработка сланцев. Развитие сланцевой отрасли, как, впрочем, и всякой другой отрасли промышленности, приводит к существенному нарушению естественного равновесия в природе и отрицательно сказывается на водном и воздушном бассейнах, недрах, ландшафте, флоре и фауне. Сейчас практически невозможно вынуть из недр весь сланец; потери его весьма значительны (20-40 %, а иногда и более). Это приводит к вовлечению в разработку всё новых и новых запасов, которые, увы, не безграничны. Применение новой, более совершенной техники и технологии позволит снизить потери высококачественных сланцев в 1,5-2,0 раза. Основное мероприятие по охране природы при открытых горных работах – рекультивация (восстановление) нарушенных земель и возвращение их к жизни. Основным видом рекультивации является посадка деревьев: сосны, лиственницы, берёзы, тополя на карьерных отвалах. Важно, что при лесной рекультивации происходит не только восстановление земель, но и улучшение ландшафта. В России рекультивация проводится с 1959 года, более 80 % нарушенных земель уже восстановлено, в 1975 году эта работа была удостоена Государственной премии.

Другой вид нарушения земель – терриконы – горы пустых пород, извлекаемых из шахт вместе со сланцами. Много отходов образуется и при их обогащении. В Прибалтийском бассейне суммарный объём скопившейся в отвалах породы составляет более 50 миллионов кубометров. Скопление в отвалах таких больших масс пород, в которых много органического вещества, создаёт предпосылки для их самовозгорания. Горение отвалов может длиться годами. Поэтому сейчас терриконы делают плоскими, а потом озеленяют. Большая часть золы (отходов электростанций) также идёт в отвалы, образуя так называемую техногенную пустыню. И в то же время и пустые породы, и золы электростанций с успехом могут использоваться в строительстве. Поэтому расширение их

использования имеет как природоохранное, так и большое народно-хозяйственное значение. Кроме того, летучая зола электростанций содержит многие полезные компоненты и может применяться в сельском хозяйстве в качестве удобрения. Для очистки шахтных и карьерных вод сооружаются специальные пруды-отстойники. Для предупреждения загрязнения воздушного бассейна применяются специальные фильтры-уловители. Особое значение приобретает разработка новых безотходных технологий переработки высокосернистых сланцев, которые сейчас сжигать нельзя, хотя ресурсы их весьма значительны. Таким образом, природоохранные мероприятия неотделимы от рационального комплексного использования всех природных ресурсов.

Серьёзные требования к охране окружающей среды предъявляются во всех странах. Так, например, в США при отводе участков под строительство сланцеперерабатывающих заводов компания должна доказать предварительными проектами, что не будут нарушены требования и стандарты по защите окружающей среды.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голицын М.В., Прокофьева Л.М. Горючие сланцы – альтернатива нефти: учебное пособие. – М.: Издательство «Знание», 1990. – 48 с.
2. Котлуков В.А. Огненный камень – горючие сланцы: учебное пособие. – СПб.: Издательство «Знание», 1987. – 32 с.
3. Гинзбург А.И. Атлас петрографических типов горючих сланцев. – М.: Издательство «Недра», 1991. – 116 с.
4. Горючие сланцы [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://knowledge.allbest.ru/physics/2c0a65635b3ac68b4d43b89521316c36\\_0.html](http://knowledge.allbest.ru/physics/2c0a65635b3ac68b4d43b89521316c36_0.html)
5. Булатов А.И., Волощенко Е.Ю., Кусов Г.В., Савенок О.В. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин: учебное пособие для студентов вузов. – Краснодар: ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.
6. Третьяк А.А., Савенок О.В., Швец В.В. Буровые колонки, армированные алмазно-твердосплавными пластинами. – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2015. – 186 с.
7. Третьяк А.А., Литкевич Ю.Ф., Савенок О.В., Туровский И.Г. Способ упрочнения буровых коронок, армированных алмазно-твердосплавными пластинами. Патент № 2566523. Заявка № 2014145691. Приоритет изобретения 13 ноября 2014 г. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 29 сентября 2015 г. Срок действия патента истекает 13 ноября 2034 г.
8. Климов В.В., Савенок О.В., Лешкович Н.М. Основы геофизических исследований при строительстве и эксплуатации скважин на нефтегазовых месторождениях: учебное пособие. – Краснодар: ООО «Издательский Дом – Юг», 2016. – 274 с.

9. Попов В.В., Третьяк А.Я., Савенок О.В., Кусов Г.В., Швец В.В. Геофизические исследования и работы в скважинах: учебное пособие. – Новочеркасск: Издательство «Лик», 2017. – 326 с.
10. Арутюнов Т.В. Современные технологии разработки месторождений сланцевой нефти // Инновационное развитие современной науки: сборник статей Международной научно-практической конференции (31 января 2014 года): в 9 частях. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2014. – Ч. 7. – С. 164-166.
11. Арутюнов Т.В. World Experience of Shale Oil Field (Мировой опыт разработки месторождений сланцевой нефти) // Научный журнал «Reports Scientific Society». – Тамбов: Межрегиональная общественная организация «Фонд развития науки и культуры», 2014. – № 3 (2014). – С. 10-14.
12. Арутюнов Т.В., Поздняк А.Н., Савенок О.В. Перспективы разработки сланцевой нефти на примере пласта ЮС<sub>0</sub> Салымского месторождения // Материалы VII Всероссийской конференции «Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых» (28-31 октября 2014 года). – Пермь: Издательство Пермского национально-исследовательского политехнического университета, 2014. – С. 203-206.
13. Арутюнов Т.В., Антониади Д.Г., Савенок О.В. Анализ методов и технологий промышленной разработки месторождений углеводородов сланцевых отложений // Научный журнал НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). – Краснодар: ООО «Издательский Дом – Юг», 2014. – № 3. – С. 43-47.
14. Арутюнов Т.В., Савенок О.В. Состояние, тенденции и перспективы выработки запасов углеводородов из сланцевых отложений // Научный журнал НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). – Краснодар: ООО «Издательский Дом – Юг», 2014. – № 4. – С. 39-51.
15. Арутюнов Т.В., Арутюнов А.А., Савенок О.В. Перспективы разработки месторождений сланцевых отложений // Фундаментальные проблемы науки: сборник статей Международной научно-практической конференции (23 января 2015 года). – Уфа: РИО МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2015. – С. 126-135.
16. Арутюнов Т.В., Арутюнов А.А., Савенок О.В., Моллаев З.Х. Методология оценки ресурсов сланцевых отложений // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – М.: Издательство «Горная книга», 2015. – № 3. – С. 266-271.
17. Арутюнов Т.В., Савенок О.В. Исследование сланцевых пород и природы сланцевой нефтеносности баженовской свиты и формации Баккен // Научный журнал НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). – Краснодар: ООО «Издательский Дом – Юг», 2015. – № 1. – С. 28-46.
18. Арутюнов Т.В., Савенок О.В. Особенности строения месторождений сланцевых отложений // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XIX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвящённого 70-летию юбилею Победы советского народа над фашистской Германией (6-10 апреля 2015 года). – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2015. – Том II. – С. 385-387.
19. Арутюнов Т.В., Савенок О.В. Анализ характеристик геологического строения и коллекторских свойств сланцевых отложений // Научно-технический журнал «Нефть. Газ. Новации». – ООО «Редакция журнала «Нефть. Газ. Новации», 2015. – № 4/2015. – С. 72-76.
20. Arutyunov T.V., Savenok O.V. Prospettive di shale gas Russa (Перспективы применения сланцевого газа в России) // Italian Science Review. 2015; 5(26). PP. 138-145.
21. Арутюнов Т.В. Сланцевый газ как перспективный вид ископаемого топлива // Научный журнал НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). – Краснодар: ООО «Издательский Дом – Юг», 2015. – № 2. – С. 27-35.
22. Арутюнов Т.В., Савенок О.В. Экологические проблемы при разработке месторождений сланцевых углеводородов // Научно-технический журнал «Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе». – М.: ВНИИОЭНГ, 2015. – № 9. – С. 39-42.

23. Арутюнов Т.В., Савенок О.В. Технология добычи сланцевого газа и влияние на экологию // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвящённого 120-летию со дня основания Томского политехнического университета (4-8 апреля 2016 года). – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2016. – Том II. – С. 68-70.
24. Арутюнов Т.В., Савенок О.В. Характеристика пород-коллекторов сланцевого газа // Технические и технологические системы: Материалы восьмой международной научной конференции «ТТС-16» (24-26 ноября 2016 года) / ФГБОУ ВО «КубГТУ», КВВАУЛ им. А.К. Серова; под общей редакцией Б.Х. Гайтова. – Краснодар: ООО «Издательский Дом – Юг», 2016. – С. 253-261.
25. Арутюнов Т.В. Что такое сланцевый газ // Научный журнал НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). – Краснодар: ООО «Издательский Дом – Юг», 2016. – № 4. – С. 19-37.

#### REFERENCES

1. Golicyn M.V., Prokof'eva L.M. Goryuchie slancy – al'ternativa nefiti: uchebnoe posobie. – М.: Izdatel'stvo «Znanie», 1990. – 48 s.
2. Kotlukov V.A. Ognennyj kamen' – goryuchie slancy: uchebnoe posobie. – SPb.: Izdatel'stvo «Znanie», 1987. – 32 s.
3. Ginzburg A.I. Atlas petrograficheskikh tipov goryuchih slancev. – М.: Izdatel'stvo «Ne-dra», 1991. – 116 s.
4. Goryuchie slancy [EHlektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: [http://knowledge.allbest.ru/physics/2c0a65635b3ac68b4d43b89521316c36\\_0.html](http://knowledge.allbest.ru/physics/2c0a65635b3ac68b4d43b89521316c36_0.html)
5. Bulatov A.I., Voloshchenko E.YU., Kusov G.V., Savenok O.V. EHkologiya pri stroitel'stve neftyanyh i gazovyh skvazhin: uchebnoe posobie dlya studentov vuzov. – Krasnodar: ООО «Prosveshchenie-YUG», 2011. – 603 s.
6. Tret'yak A.A., Savenok O.V., SHvec V.V. Burovye kolonki, armirovannye almazno-tverdosplavnymi plastinami. – Novochoerkassk: YURGPU (NPI), 2015. – 186 s.
7. Tret'yak A.A., Litkevich YU.F., Savenok O.V., Turovskij I.G. Sposob uprochneniya burovyh koronok, armirovannyh almazno-tverdosplavnymi plastinami. Patent № 2566523. Za-yavka № 2014145691. Prioritet izobreteniya 13 noyabrya 2014 g. Zaregistrovano v Gosu-darstvennom reestre izobretenij Rossijskoj Federacii 29 sentyabrya 2015 g. Srok dej-stviya patenta istekaet 13 noyabrya 2034 g.
8. Klimov V.V., Savenok O.V., Leshkovich N.M. Osnovy geofizicheskikh issledovaniy pri stroitel'stve i ehkspluatatsii skvazhin na neftegazovyh mestorozhdeniyah: uchebnoe posobie. – Krasnodar: ООО «Izdatel'skij Dom – YUG», 2016. – 274 s.
9. Popov V.V., Tret'yak A.YA., Savenok O.V., Kusov G.V., SHvec V.V. Geofizicheskie issledovaniya i raboty v skvazhinah: uchebnoe posobie. – Novochoerkassk: Izdatel'stvo «Lik», 2017. – 326 s.
10. Arutyunov T.V. Sovremennye tekhnologii razrabotki mestorozhdenij slancevoj nefiti // Innovacionnoe razvitiye sovremennoj nauki: sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (31 yanvarya 2014 goda): v 9 chastyah. – Ufa: RIC BashGU, 2014. – CH. 7. – S. 164-166.
11. Arutyunov T.V. World Experience of Shale Oil Field (Mirovoj opyt razrabotki mestorozhdenij slancevoj nefiti) // Nauchnyj zhurnal «Reports Scientific Society». – Tambov: Mezhhregional'naya obshchestvennaya organizaciya «Fond razvitiya nauki i kul'tury», 2014. – № 3 (2014). – S. 10-14.
12. Arutyunov T.V., Pozdnyak A.N., Savenok O.V. Perspektivy razrabotki slancevoj nefiti na primere plasta YUS0 Salym'skogo mestorozhdeniya // Materialy VII Vserossiyskoj konferencii «Problemy razrabotki mestorozhdenij uglevodородnyh i rudnyh poleznyh iskopaemyh» (28-31



- oktyabrya 2014 goda). – Perm': Izdatel'stvo Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta, 2014. – S. 203-206.
13. Arutyunov T.V., Antoniadi D.G., Savenok O.V. Analiz metodov i tekhnologij promyshlennoj razrabotki mestorozhdenij uglevodorodov slancevyh otlozhenij // Nauchnyj zhurnal NAUKA. TEKHNIKA. TEKHNLOGII (politekhnicheskij vestnik). – Krasnodar: OOO «Izdatel'skij Dom – YUg», 2014. – № 3. – S. 43-47.
  14. Arutyunov T.V., Savenok O.V. Sostoyanie, tendencii i perspektivy vyrabotki zapasov uglevodorodov iz slancevyh otlozhenij // Nauchnyj zhurnal NAUKA. TEKHNIKA. TEKHNLOGII (politekhnicheskij vestnik). – Krasnodar: OOO «Izdatel'skij Dom – YUg», 2014. – № 4. – S. 39-51.
  15. Arutyunov T.V., Arutyunov A.A., Savenok O.V. Perspektivy razrabotki mestorozhdenij slancevyh otlozhenij // Fundamental'nye problemy nauki: sbornik statej Mezhduna-rodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (23 yanvarya 2015 goda). – Ufa: RIO MCII OMEGA SAJNS, 2015. – S. 126-135.
  16. Arutyunov T.V., Arutyunov A.A., Savenok O.V., Mollaev Z.H. Metodologiya ocenki resur-sov slancevyh otlozhenij // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' (nauchno-tekhnicheskij zhurnal). – M.: Izdatel'stvo «Gornaya kniga», 2015. – № 3. – S. 266-271.
  17. Arutyunov T.V., Savenok O.V. Issledovanie slancevyh porod i prirody slancevoj nef-tenosnosti bazhenovskoj svity i formacii Bakken // Nauchnyj zhurnal NAUKA. TEKHNIKA. TEKHNLOGII (politekhnicheskij vestnik). – Krasnodar: OOO «Izdatel'skij Dom – YUg», 2015. – № 1. – S. 28-46.
  18. Arutyunov T.V., Savenok O.V. Osobennosti stroeniya mestorozhdenij slancevyh otlozhenij // Problemy geologii i osvoeniya nedr: Trudy XIX Mezhdunarodnogo simpoziuma imeni akademika M.A. Usova studentov i molodyh uchyonyh, posvyashchyonno 70-letnemu yubileyu Pobedy sovetskogo naroda nad fashistskoj Germaniej (6-10 aprelya 2015 goda). – Tomsk: Izdatel'stvo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2015. – Tom II. – S. 385-387.
  19. Arutyunov T.V., Savenok O.V. Analiz harakteristik geologicheskogo stroeniya i kollektorskih svojstv slancevyh otlozhenij // Nauchno-tekhnicheskij zhurnal «Neft'. Gaz. No-vacii». – OOO «Redakciya zhurnala «Neft'. Gaz. Novacii», 2015. – № 4/2015. – S. 72-76.
  20. Arutyunov T.V., Savenok O.V. Prospettive di shale gas Russa (Perspektivy primeneniya slancevogo gaza v Rossii) // Italian Science Review. 2015; 5(26). PP. 138-145.
  21. Arutyunov T.V. Slancevyj gaz kak perspektivnyj vid iskopaemogo topliva // Nauchnyj zhurnal NAUKA. TEKHNIKA. TEKHNLOGII (politekhnicheskij vestnik). – Krasnodar: OOO «Izdatel'skij Dom – YUg», 2015. – № 2. – S. 27-35.
  22. Arutyunov T.V., Savenok O.V. EHkologicheskie problemy pri razrabotke mestorozhdenij slancevyh uglevodorodov // Nauchno-tekhnicheskij zhurnal «Zashchita okruzhayushchej sredy v neftegazovom komplekse». – M.: VNIIOEHNG, 2015. – № 9. – S. 39-42.
  23. Arutyunov T.V., Savenok O.V. Tekhnologiya dobychi slancevogo gaza i vliyanie na ehkologiyu // Problemy geologii i osvoeniya nedr: Trudy XX Mezhdunarodnogo simpoziuma imeni akademika M.A. Usova studentov i molodyh uchyonyh, posvyashchyonno 120-letiyu so dnya osnovaniya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta (4-8 aprelya 2016 goda). – Tomsk: Izdatel'stvo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2016. – Tom II. – S. 68-70.
  24. Arutyunov T.V., Savenok O.V. Harakteristika porod-kollektorov slancevogo gaza // Tekhnicheskie i tekhnologicheskie sistemy: Materialy vos'moj mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «TTS-16» (24-26 noyabrya 2016 goda) / FGBOU VO «KubGTU», KVVAVL im. A.K. Serova; pod obshej redakciej B.H. Gajtova. – Krasnodar: OOO «Izdatel'skij Dom – YUg», 2016. – S. 253-261.
  25. Arutyunov T.V. CHto takoe slancevyj gaz // Nauchnyj zhurnal NAUKA. TEKHNIKA. TEKHNLOGII (politekhnicheskij vestnik). – Krasnodar: OOO «Izdatel'skij Dom – YUg», 2016. – № 4. – S. 19-37.

## COMBUSTIBLE SLANCHES. COMPARATIVE ANALYSIS

Arutyunov T.V.

*The design and monitoring department of the field development of the Stavropol territory LLC «Oil Company «Rosneft» - Scientific and Technical Center»,  
+7(918)-47-44-984, [arutyunov-tatos@mail.ru](mailto:arutyunov-tatos@mail.ru)*

The history of exploration and development of shale deposits is complex. If at the end of the nineteenth century significant development of shale deposits was carried out in many countries, in the sixties of the last century shale mining, except for Russia and China, was almost completely discontinued. The seventies of the 20th century marked the beginning of a new stage in the study of oil shale practically on all continents: experimental and pilot plants for the processing of oil shale are being built, and many new deposits have been discovered. Oil shale's are a fairly serious source of hydrocarbons. In the future, they will be able to meet a certain part of humanity's needs for energy, motor fuel and raw materials for the chemical industry. If we take into account the fact that it is possible to produce products from shale's that cannot be obtained from coal, oil and gas, their significance will increase even more. There are many problems in the shale business, and not all of them, of course, will be resolved in a short time. However, for many decades scientists of all countries have scrupulously studied this kind of truly amazing mineral. The problem of oil shale is one of the most complex and does not arise in the case of other minerals. Probably, the time when oil shale will become a reliable source of energy is not far off. In any case, today's interest in this mineral is quite natural and justified.

**Keywords:** composition and properties of oil shale; basic indicators of the quality of shale's; the formation of oil shale's; amount of oil shale; oil shale deposits; ways of using oil shale; shale basins of the world.