

УДК 552.57

*М.В. Голицын<sup>1</sup>, В.И. Вялов<sup>2</sup>, А.Х. Богомолов<sup>1</sup>,  
Н.В. Пронина<sup>1</sup>, Е.Ю. Макарова<sup>1</sup>, Д.В. Митронов<sup>1</sup>, Е.В. Кузеванова<sup>1</sup>, Д.В. Макаров<sup>3</sup>*<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, e-mail: [nyproncl@geol.msu.ru](mailto:nyproncl@geol.msu.ru)<sup>2</sup>ФГУП «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург, e-mail: [vladimir\\_vyalov@vsegei.ru](mailto:vladimir_vyalov@vsegei.ru)<sup>3</sup>ФГУНПП «Росгеолфонд», г. Москва, e-mail: [dmakarov@rfgf.ru](mailto:dmakarov@rfgf.ru)

## Перспективы развития технологического использования углей в России

Угли являются комплексным сырьем. В России, где конкурировать с природным газом на энергетическом поле трудно, важность для развития угледобывающих регионов приобретает именно возможность технологического использования углей разного качества. Бурые угли – в химической промышленности, для газификации, производства жидкого топлива, каменные – в коксохимическом производстве, антрациты – при производстве карбидов, электродов, композиционных материалов. Все угли могут быть использованы для производства адсорбентов. Кроме того, они могут являться нетрадиционным источником метана, редких, редкоземельных и благородных металлов. В статье рассмотрена доля важнейших бассейнов и месторождений в запасах и добыче угля в России по трем крупным регионам, и обоснована специализация в технологическом использовании важнейших из них. В Европейской части России расположены три крупных угольных бассейна: восточная часть Донбасса, Печорский и Подмосковский. Они представляют весь спектр качества углей от бурых до антрацитов. И хотя на долю этих бассейнов приходится незначительная часть добычи, они могут давать важное технологическое сырье для разных отраслей. Сибирский регион включает самые значимые для страны бассейны: Кузнецкий, Канско-Ачинский и др. Здесь производится 80% всех углей страны, перспективы региона огромны и разноплановы и ограничены лишь логистическими факторами, так как вывоз угля полностью зависит от железнодорожных перевозок. Дальневосточный регион включает разные по величине и значимости бассейны. Южно-Якутский бассейн обладает значительными запасами каменных углей, пригодных для коксования. А угли многочисленных бурогольных месторождений региона обогащены Ge, Ga, Sc, W, U, TR, Au и другими элементами и могут быть использованы в качестве комплексного редкометалльного сырья.

**Ключевые слова:** угольные бассейны России, распределение ресурсов и запасов угля, нетрадиционное использование углей, угольный метан, редкие металлы в углях.

Несмотря на то, что в мире (и России) основным направлением использования ископаемых углей является энергетика, постепенно стало уделяться больше внимания нетопливному использованию углей. Рассмотрим этот вопрос подробнее.

В Российской Федерации имеются 22 угольных бассейна и 143 отдельных месторождения углей разных марок от Б до А (Рис. 1). Балансовые запасы углей<sup>1</sup> по состоянию на 01.01.2013 г. по кат. А+В+С<sub>1</sub> составляют 194,6 млрд т, по кат. С<sub>2</sub> – 79,3 млрд т. Забалансовые запасы оцениваются в 50,586 млрд т. Более половины всех запасов (52,5%) составляют бурые угли, остальное – каменные угли (44%) и антрациты (3,5%). Размещение разведанных запасов на территории Российской Федерации неравномерно: в европейской и уральской ее частях находятся лишь 10% от разведанных запасов, в Сибири – около 80%, на Дальнем Востоке – 10%. Две трети разведанных запасов углей сосредоточено в пределах Кузнецкого и Канско-Ачинского бассейнов. Более половины разведанных запасов составляют высококачественные угли с невысоким содержанием золы и серы. Разведанные запасы коксующихся углей – 39,63 млрд т (20,4% от всех запасов, или 46,3% от запасов каменных углей) – в большей части (27 млрд т) сосредоточены в Кузнецком бассейне, в значительно меньших количествах – в Южно-Якутском (4 млрд т), Печорском (3,1 млрд т) и некоторых других. Свыше 90% запасов коксующихся углей сосредоточено в районах Сибири и Дальнего Востока. Около половины

разведанных запасов коксующихся углей (21 млн т) составляют угли особо ценных марок ГЖ, Ж, КЖ, К, ОС. Глубина разведки и оценки запасов – преимущественно 600–700 м (в отдельных бассейнах – Донецкий, Кузнецкий, Челябинский – до 1200 м). Количество разведанных запасов углей, пригодных для открытой отработки, составляет 117,66 млрд т; среди них преобладают бурые угли (93,33 млрд т). В территориальном аспекте запасы для открытой отработки на 99% сосредоточены в Сибири и на Дальнем Востоке. Запасы коксующихся углей, пригодных для открытой отработки, составляют 4,5 млрд т, или немногим более 4% (главным образом, Кузнецкий и Южно-Якутский бассейны). Балансовые запасы углей категории С<sub>2</sub> для открытой разработки – 55,09 млрд т – размещены в основном в Сибирском округе и составляют 92,0% от соответствующих запасов России. Забалансовые запасы для открытых работ оцениваются в 18,8 млрд т (Рис. 2).

Добыча угля ведется в 7 федеральных округах и 26 субъектах Российской Федерации. В 2014 г. в стране было добыто 165,1 млн т угля (BP Statistical Review, 2014), что составляет 4,3% от общемировой добычи и обеспечивает 6-е место по этому показателю после Китая, США, Австралии, Индонезии и Индии.

Более половины добываемого угля (56,6%) потребляется в России, остальное (43,4%) – экспортируется. Основная доля экспорта приходится на энергетические угли, (до 87% общего экспорта), а на коксующиеся – около 13%. Большая часть угля вывозится в европейские страны: Великобританию, Германию, Нидерланды, Турцию. В последние годы растет спрос на российский уголь со стороны стран Азиатско-Тихоокеанского региона, где глав-

<sup>1</sup>Приводимые сведения о ресурсах, запасах и объемах добычи угля взяты из Государственного баланса запасов полезных ископаемых РФ, сведения о геологическом строении, угленосности и качестве углей – из «Угольной базы России» (Угольная база России, 1997–2004).

ными покупателями являются Китай, Южная Корея, Япония и Тайвань.

Основные потребители угля на внутреннем и внешнем рынке – электростанции и коксохимические заводы. При этом роль угля как энергетического сырья в нашей стране не является ведущей, лишь 27% приходится на его долю.

Какими могут быть пути развития угольной отрасли в России – стране, обладающей самыми большими ресурсами этого ценного полезного ископаемого, но использующей их не полностью?

### Неэнергетическое использование

Уголь – очень ценное комплексное сырье. Его специфические свойства позволяют использовать уголь как химическое сырье для производства разнообразных материалов. Направление утилизации зависит от петрографического состава и степени углефикации. Поэтому бурые угли и антрациты находят применение в совершенно разных сферах. Однако есть такие области, в которых могут быть использованы практически любые угли.

Угли, также как и их предшественник – торф, обладают хорошими сорбирующими способностями. Это свойство легло в основу производства адсорбентов. Исходный состав углей и подвижный технологический режим производства позволяют получать адсорбенты с заданными параметрами. Являясь сырьем недорогим и добываемым в больших объемах, уголь становится важным источником адсорбентов.

Действуя как природный сорбент, угольный пласт может удерживать в себе значительные концентрации многих элементов, формируя комплексные месторождения (германий-угольные, ураново-угольные и др.). Поэтому при разведке угольных месторождений всегда проводятся исследования, направленные на выявление обогащения углей различными элементами.

Рассмотрим основные направления неэнергетического

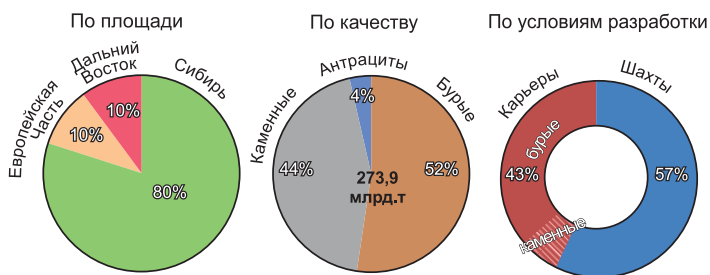


Рис. 2. Распределение запасов угля в России.

го использования углей с учетом их степени углефикации. При этом выделим угли «бурые», «каменные» и «антрациты» в соответствии с тем, как это делается во всех официальных и справочных материалах в России и за рубежом.

### Бурые угли

Бурые угли являются переходным звеном между торфом и полноценными каменными углями с закономерно изменяющимися параметрами качества. Состав бурых углей, еще не испытавших воздействия значительных температур и давления, а представляющих лишь продукт биохимического разложения, очень неустойчив. Поэтому даже небольшое нагревание приводит к обильному образованию газообразных и жидких веществ. Такое поведение бурых углей делает их ценным объектом химического производства, что широко используется в ряде стран (например в Германии высокоразвитая химическая промышленность сформировалась на базе переработки бурых углей).

Отражением специфики свойств бурых углей являются не только терминологические различия в обозначении мацералов группы витринита-гуминита, но, прежде всего, использование индивидуальных параметров качества в промышленных классификациях, таких как влажность и выход смол полукочования (Wa%, Tdaf,%).



Рис. 1. Перспективные направления технологического использования углей основных бассейнов и месторождений России.

Сырье	Углерод, %	Водород, %	Сера, %
Нефть	84-87	11-15	1-3 и более
Бурый уголь	70-74	4,6-5,2	0,2-0,7
Каменный уголь	80-84	5,4-5,7	0,5-0,6
«Угольная» нефть из бурого угля	84-87	11-13	0,3-0,8
«Угольная» нефть из каменного угля	84-87	11-13	0,3-0,9

Табл. 1. Элементный состав угля и нефти.

Группа пригодности	Степень конверсии органической массы угля, %	Выход жидких продуктов, %
Наиболее пригодные (I)	Более 90	70-90
Пригодные (II)	90-80	60-85
Малопригодные (III)	80-60	60-75

Табл. 2. Пригодность углей для гидрогенизации.

Основными направлениями переработки бурых углей является производство гуминовых препаратов самого широкого спектра, углещелочных реагентов и других химических веществ.

Ряд важных технологических процессов позволяет использовать не только бурые угли, но и некоторые каменные, которые по своим свойствам еще незначительно отличаются от бурых, предшествующим им по степени преобразованности.

Получение синтетического жидкого топлива (СЖТ) из угля занимает ученых уже почти сто лет. В России первые опыты получения из угля СЖТ были начаты в 1950-х годах в Институте горючих ископаемых (ИГИ), но по разным причинам были прекращены.

Одним из способов является гидрогенизация – насыщение угля водородом при температуре 400-500° С и давлении 10-30 МПа с получением «угольной» нефти. В качестве источника водорода обычно используют остатки от перегонки нефти. Для интенсификации процесса в камеру вводят элементарный водород, а также катализаторы (молибден, кобальт, никель, алюминий). Наиболее перспективно использование для гидрогенизации гумусового бурого, длиннопламенного или газового угля богатого витринитом и липтинитом (в сумме, более 80%), малозольного (до 12%), малосернистого (до 1%), с содержанием углерода 65-85 %, водорода более 5%, показателем отражения витринита 0,35-0,75 %, степени превращения органической массы угля более 80%, и выходе жидких продуктов более 70%.

В России наиболее перспективно использовать для гидрогенизации бурые угли Канско-Ачинского бассейна (Бородинское, Назаровское, Березовское, Барандатское, Игатское месторождения), длиннопламенные – Кузнецкого (Ерунаковский, Ленинский р-ны), Минусинского (Черногорское месторождение), Улугхемского (Каахемское, Эрбекское, Чихачевское, Элегестское месторождения), Ленского (Кангаласское месторождение) и Иркутского (Ишидейское, Азейское, Мугунское месторождения) бассейнов. Ресурсы углей для ожижения оцениваются в 200 млрд т, в том числе в Канско-Ачинском бассейне – 119, Кузнецком – 28, Иркутском – 12, Ленском – 5.

«Угольная» нефть по элементному составу и свойствам идентична природной, но выгодно отличается от нее малым содержанием вредной серы (Табл. 1).

По степени пригодности к ожижению угли разделяются на три группы (Табл. 2).

В ЮАР на нескольких заводах фирмы Сасол из 30 млн т угля получают до 8 млн т синтетической нефти и других продуктов в год. Во многих странах – США, ФРГ, Великобритании, Австралии – ведутся интенсивные разработки оптимальных технологий гидрогенизации угля.

Жидкое топливо из угля можно получить и другим способом: сначала уголь газифицируют, а полученный газ сжижают в присутствии катализаторов.

Газификация угля – обработка угля кислородом воздуха, водяным паром в генераторах или под землей с получением высококалорийного топливного газа (состоящего из водорода, окиси углерода и метана). Для газификации обычно используются угли марок Б, Д, и Г. Наиболее перспективны для газификации угли Кузнецкого, Канско-Ачинского, Иркутского бассейнов.

Определенные перспективы имеет подземная газификация – сжигание угля под землей с получением горючих газов. В СССР была построена подобная станция в Узбекистане на базе Ангренского угольного месторождения, позже в Кузнецком бассейне проводились опытные работы по подземной газификации тонких, нерентабельных для добычи угольных пластов в стенках карьеров. Эксперименты прошли успешно, небольшие объемы газа были использованы в местных котельных, но дальнейшего продолжения работы по подземной газификации не получили.

## Каменные угли

Наиболее важной областью использования углей, кроме энергетики, является коксохимическое производство.

Кокс представляет собой чистый углеродистый материал серого цвета очень легкий, пористый. Он используется в качестве восстановителя при выплавке чугуна из железной руды и в дальнейшем при производстве стали, являющейся, по сути, сплавом железа с углеродом. Коксование – процесс получения кокса из угля. Коксование происходит при медленном нагревании угля (до 950-1000 °С) без доступа кислорода в коксовых батареях. В процессе коксования образуются газообразные (СО, СО<sub>2</sub>, Н<sub>2</sub> и СН<sub>4</sub>) и жидкие (деготь) продукты, которые обычно используются в попутном химическом производстве.

Кокс может быть получен не из всех углей. Выделяют две группы факторов, влияющих на коксующиеся свойства углей. Первая группа касается состава угля и, в первую очередь, органических его составляющих. Вторая – степени углефикации.

В России принято деление органических мацералов углей на плавкие (ПК) и отошающие (ОК). К плавким относятся те компоненты, которые коксуются сами или способствуют созданию коксовой структуры, соответственно, отошающие компоненты не коксуются и не участвуют в формировании структуры кокса. Разделение мацералов на две группы обычно выражается формулами:

$$\Sigma ПК = Vt + L + 1/3 sVt;$$

$$\Sigma ОК = I + 2/3 sVt,$$

где Vt – мацералы группы витринита, sVt – семивитринит; L – липтинит, I – инертинит.

По степени углефикации из разряда коксующихся однозначно выводятся бурые угли и антрациты. Каменные угли

могут проявлять очень хорошие коксующиеся свойства (например марки Ж и К) и использоваться в коксовании самостоятельно или входить в состав смеси – шихты с другими углями. Возможность использования шихты для коксования значительно расширяет диапазон углей, которые попадают в разряд технологического сырья. Это направление использования углей отработано очень хорошо, потребность в коксующихся углях во всем мире высока, поэтому даже при подсчете запасов угля выделяется категория «коксующиеся» и «особо ценные» марки углей.

### Антрациты

Антрациты, являясь крайним членом в ряду преобразования гумусовых углей, характеризуются высоким содержанием углерода (до 95-98 %). Но от графита, также полностью состоящего из углерода, антрацит отличается молекулярной структурой. Если у графита атомы углерода, связанные между собой, образуют плоские сетки, то в антрацитах регулярная структура отсутствует.

Графиты благодаря своей уникальной структуре и составу нашли широкое применение в производстве самых разнообразных материалов. Химическая инертность, термическая стойкость, способность отслаивания, скольжения, а также проявление анизотропии разных свойств вдоль и перпендикулярно углеродным сеткам обеспечили незаменимость графита в сталеплавильном, литейном процессах, при производстве термостойких смазочных материалов. Новая, но очень востребованная сфера – производство углеродистых композиционных материалов самого разного назначения, от бытовых до авиационных и космических. Поскольку ресурсы природных графитов ограничены, заменой им могут служить антрациты.

В настоящее время антрациты используются как технологическое сырье при производстве электродов, а также для выработки адсорбентов с разными характеристиками и возможностями.

### Редкие и рассеянные элементы в углях

*Уголь как комплексное редкометалльное сырье.* Работами ряда отечественных и зарубежных исследователей неоднократно отмечались высокие концентрации тех или иных металлов в углях различных месторождений и бассейнов. В нашей стране бурые угли являются основным источником германия в настоящее время. Все российские промышленные запасы германия сосредоточены именно в углях, месторождения которых расположены на Дальнем Востоке и в Забайкальском крае (отметим, что в мире главным источником германия являются полиметаллические сульфидные руды). Ресурсы германия в углях России столь значительны, что способны обеспечить производство этого металла на уровне ведущих мировых стран, но эти ресурсы пока практически не используются. Гос. балансом запасов ПИ РФ в настоящее время учтены запасы германия, сосредоточенного в бурых углях Павловского месторождения (Приморский край), в количестве 0,7 тыс. т.

Однако помимо германия угли концентрируют и другие редкие и рассеянные элементы: Sc, W, Sb, U, In, Ga, Rb, Sr, Cs, Zr, редкоземельные элементы (РЗЭ), металлы платиновой группы (МПГ), Ag и др. В последние годы показано (Вялов и др., 2010, 2012, Неженский и др., 2013, 2014),

что угли могут рассматриваться как нетрадиционная минерально-сырьевая база (МСБ) ряда редких, рассеянных и благородных металлов для металлургической и других отраслей промышленности. Так, по 12 изученным ВСЕГЕИ буроугольным месторождениям Дальнего Востока (Павловское, Бикинское, Шкотовское, Раковское, Хурмулинское, Лианское, Ушумунское, Ерковецкое, Новиковское, Корфское, Ланковское, Эльгенское) количество прогнозных ресурсов редких металлов по категории  $P_2$  составило: Sc – 11,98 тыс. т, Ga – 10,94 тыс. т, Ge – 7,18 тыс. т,  $Rb_2O$  – 40 тыс. т, SrO – 137 тыс. т,  $Cs_2O$  – 3,6 тыс. т,  $ZrO_2$  – 36,3 тыс. т,  $TR_2O_3$  – 212,8 тыс. т. По категории  $P_3$  – Sc – 14,4 тыс. т, Ga – 16,4 тыс. т, Ge – 9,8 тыс. т,  $Rb_2O$  – 46,3 тыс. т, SrO – 125,7 тыс. т,  $Cs_2O$  – 9,16 тыс. т,  $ZrO_2$  – 135,6 тыс. т,  $TR_2O_3$  – 266,18 тыс. т. Количество металлов платиновой группы составило по категории  $P_2$  – 15,1 т, по категории  $P_3$  – 24,4 т.

Учет содержащихся в углях ценных металлов повышает стоимость месторождений и их инвестиционную привлекательность при наличии промышленных технологий их извлечения. В настоящее время помимо Ge возможно промышленное извлечение Sc, Au, РЗЭ. С совершенствованием технологий извлечения редких и редкоземельных металлов из углей возможно значительное повышение рентабельности угледобывающих предприятий, разрабатывающих редкометалльно-угольные месторождения. Необходимо завершение ревизионных исследований редких и рассеянных, благородных и цветных металлов в углях нераспределенного фонда недр Дальнего Востока, постановка работ по изучению промышленной металлоносности углей крупнейших угольных бассейнов России, а также производство технологических испытаний по извлечению металлов из углей и (или) золы углей.

*Металлы в углях как индикатор скрытого благороднометалльного оруденения.* Наличие в углях некоторых буроугольных месторождений (например, Корфское на Камчатке) попутных платиноидов отмечается при близком (50-100 км) расположении месторождений МПГ ручьев Ледяного, Сентябрь и Левтыриновыя. Попутные платиноиды встречены также в углях Эльгенского буроугольного месторождения в Магаданской области. Это дает определенные основания предполагать наличие здесь скрытого благороднометалльного оруденения.

### Угольный метан

Метан угольных пластов является новым видом полезных ископаемых и относится к нетрадиционным источникам природного газа. Впервые в мире работы по изучению возможностей самостоятельной добычи метана из угольных пластов начались в США в 1980 г. на двух месторождениях в бассейнах Блек Ворриор (Black Warrior) и Сан Хуан (San Juan). За десять лет проблема была решена и в 1990 г. добыча метана из угольных пластов в США достигла 5 млрд  $m^3$ , а затем резко возросла до 24,3 млрд  $m^3$  в 1994 г. (Saulsberry, Schafer, 1996; Kuuskraa, 1998).

В России принципиально новая «углегазовая» отрасль по добыче метана из угольных пластов только создается. Практические работы по организации самостоятельной добычи метана из угольных пластов были начаты в Кузбассе в начале 90-х годов. В 1992 году было организовано ЗАО «Метан Кузбасса» и его дочернее предприятие геолого-промысловая компания «Кузнецк». С 2001 г. в этих

работах принимает участие ОАО «Газпром» (Золотых, Карасевич, 2002). В результате экспериментальных работ в 2010 году на Талдинском метаноугольном месторождении было добыто более 5 млн м<sup>3</sup> газа, а в 2014 на Талдинском месторождении и Нарыкско-Осташкинской площади – более 10 млн м<sup>3</sup> (Черепанов, 2012). Полученные результаты доказали возможность промышленной добычи метана из угольных пластов в Кузбассе, и в конце 2011 г. метан угольных пластов был признан новым видом полезных ископаемых в России (приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2011 года №570-ст).

Прогнозные ресурсы угольного метана в Российской Федерации оцениваются неоднозначно, по данным зарубежных исследователей они колеблются в пределах 17-113 трлн м<sup>3</sup>, а по данным ОАО «Газпром» они составляют 83,7 трлн м<sup>3</sup> (Войер, Ваи, 1998; Сторонский и др., 2008).

Решение проблем добычи метана из угольных пластов возможно только с применением инновационных технологий (Голицын и др., 2013). Только комплексный подход с учетом геологических, технологических, экономических, социальных и правовых аспектов позволит решить проблему организации метаноугольных промыслов и добычи метана из угольных пластов в угленосных бассейнах.

Добыча метана угольных пластов особенно важна для экономического развития угледобывающих регионов нашей страны. Решение этой проблемы позволяет существенно повысить уровень безопасности работ в угольных шахтах, снизить затраты и увеличить добычу угля на горных предприятиях, а также значительно улучшить экологию в угледобывающих регионах за счет уменьшения

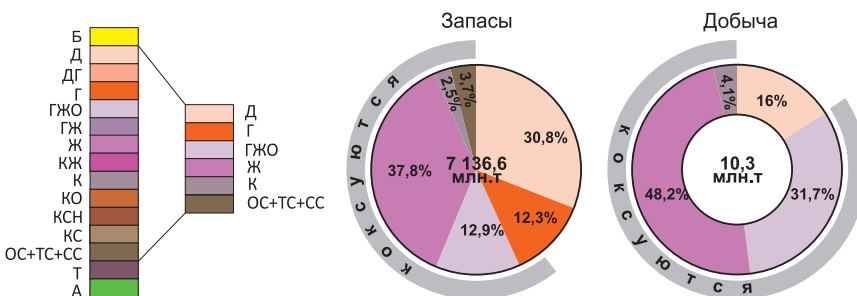


Рис. 5. Распределение запасов и добычи угля по маркам. Печорский бассейн.

вредных выбросов в атмосферу. Самым перспективным для добычи метана угольных пластов является Кузнецкий бассейн, к перспективным – относятся Восточный Донбасс, Печорский, Южно-Якутский бассейны, а также Апсатское месторождение и месторождения о. Сахалин.

### Характеристика по укрупненным регионам

Для рассмотрения потенциала использования углей России выделены три региона: Европейский, Сибирский и Дальневосточный (Рис. 1), охватывающие ряд бассейнов и месторождений угля различного качества и степени изученности. Каждый регион характеризуется разной степенью освоенности запасов, развитостью инфраструктуры, потребностью населения и промышленности в добыче и переработке углей. Выбранный подход для обобщения позволяет более укрупненно, чем непосредственно по административным округам, рассматривать соотношение запасов и добычи углей разного качества (по кат. А+В+С1 по данным Гос. баланса запасов ПИ РФ за 2011 год), а также наметить наиболее перспективные направления использования углей, включая нетрадиционные и комплексные методы их переработки.

### Европейский регион

Европейский регион включает в себя Европейскую часть России, а также Уральский и Приволжский федеральные округа. Все эти административные единицы объединены хорошо развитой инфраструктурой, высокой плотностью городского и сельского населения, большим количеством трудовых резервов, производственных мощностей,

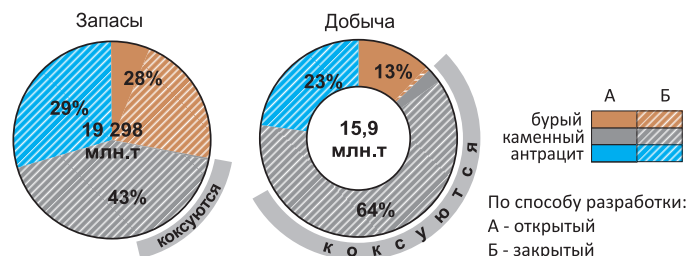


Рис. 3. Распределение запасов и добычи угля. Европейский регион.

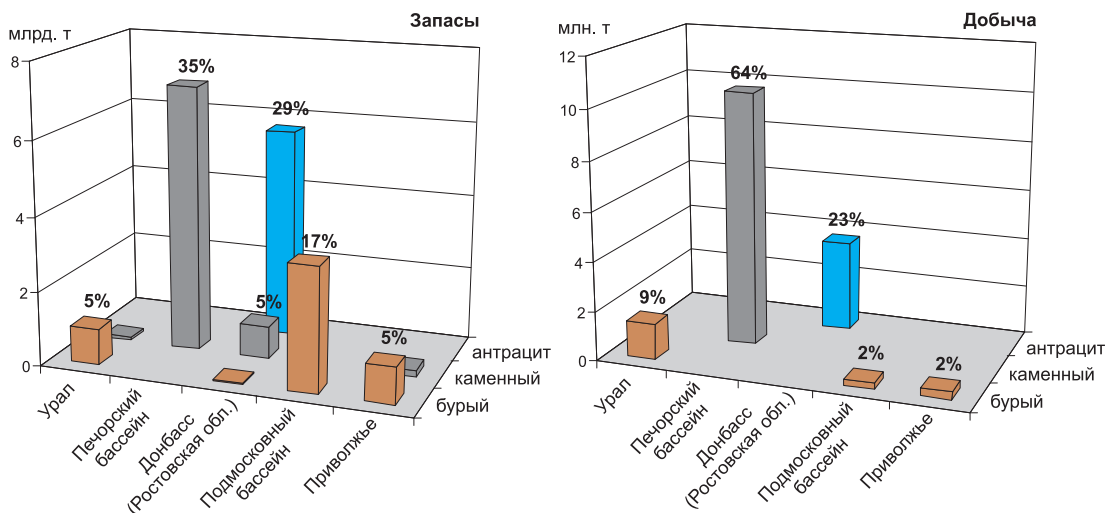


Рис. 4. Запасы и добыча углей разного качества по бассейнам. Европейский регион.

высокой потребностью населения в энергетических ресурсах и продуктах переработки углей. В Европейском регионе расположены крупные угольные бассейны: Печорский, Подмосковный бурно-угольный, Донецкий (восточный сектор бассейна), а также ряд более мелких бассейнов Восточного и Западного склонов Урала и Приволжского округа (Рис. 1).

В регионе сосредоточены большие запасы угля (19,3 млрд т) различного качества от бурых до антрацитов (Рис. 3), часть из которых разрабатывается (добыча всего около 16 млн т в год), подготовлена к освоению, но на большей части добывающие предприятия закрыты, разработка прекращена.

В целом в регионе присутствует вся гамма углей. Значительными запасами антрацитов обладает восточная часть Донбасса, каменные угли сосредоточены в основном в Донецком и Печорском бассейнах, основной резерв бурых углей – в Подмосковном. Как видно из графиков (Рис. 4) добыча ведется лишь в Печорском и Донецком каменноугольных бассейнах, бурые угли разрабатываются на отдельных площадях Уральского округа.

**Печорский бассейн** является крупнейшим в Европейской части России, площадью 90 тыс. км<sup>2</sup>. Значительная часть бассейна находится севернее Полярного круга. Приурочен к Предуральскому краевому прогибу, угленосность связана с отложениями воркутинской и печорской серий пермской угленосной формации (6000 м), заключающими до 30 угольных пластов мощностью 0,7-30 м (обычно 1-3 м). Угли гумусовые, средне- и высокзолные, мало- и высокосернистые. Степень метаморфизма возрастает с запада на восток с изменением марок углей от бурых (Верхнероговское месторождение) до длиннопламенных (Интинское и Сейдинское), газовых и жирных (Воргашорское, Воркутское и Усинское), коксовых (Юньягинское и Хальмерьюское), отошенных спекающихся и тощих (Верхнесырьягинское). Коксующиеся угли составляют примерно половину всех запасов (Рис. 5).

Бассейн характеризуется слабой освоенностью. Государственным балансом запасов учтено 11 месторождений из 30 разведанных. Балансовые запасы 7 136,6 млн т, в том числе коксующиеся 3 280 млн т. Добыча угля составляет более 10 млн т в год и ведется 6 шахтами и 1 разрезом на Воркутском, Воргашорском, Юньягинском и Интинском месторождениях. Условия эксплуатации сложные, что связано с высокой газоносностью углей и большими глубинами разработки (около 1000 м). Дальнейшее развитие добычи коксующихся углей может быть обеспечено на Воргашорском, Воркутском и Усинском месторождениях, энергетических – на Сейдинском месторождении.

Угли бассейна являются крупной базой для развития энергетической и коксохимической промышленности Европейского региона. Основными потребителями коксующихся углей являются компании «Северсталь», «Носта», «Мечел»; металлургические комбинаты: Новолипецкий, Нижнетагильский, Магнитогорский; Московский коксогазовый завод и др. Часть углей идет на экспорт. Энергетические угли отправляются на электростанции, промышленные и районные котельные Вологодской, Архангельской, Мурманской областей, Карелии и Республики Коми.

Более активное развитие добывающей отрасли сдерживается неблагоприятными условиями разработки, связанными прежде всего с высокой газоносностью углей бассейна. Это позволяет рассматривать бассейн в целом и отдельные месторождения как газозольные, подлежащие переоценке с учетом возможности извлечения метана угольных пластов как самостоятельного полезного ископаемого.

Восточная часть **Донецкого бассейна** расположена в

Ростовской области, где выделены 9 основных геолого-промышленных районов. Эта часть бассейна структурно тяготеет к северной зоне мелкой складчатости, осложненной многочисленными нарушениями. Отложения каменноугольного возраста содержат 10 основных рабочих пластов, мощностью 0,6-2 м, преимущественно простого строения. Угли среднезолные (A<sup>d</sup> 10-20%), содержание серы (S<sub>1</sub><sup>d</sup>) от 1 до 6%. Теплота сгорания (Q<sub>1</sub><sup>r</sup>) 25-28 МДж/кг. Угли всех марок от бурых до антрацитов, но основные запасы представлены антрацитами (более 86%). Запасы составляют 6575,7 млн т.

В Российской части бассейна действуют 13 шахт, добыча составляет около 3,6 млн т. Условия эксплуатации сложные (интенсивная тектоника, большая глубина разработки, высокая газоносность).

Практически все угли подвергаются обогащению. Все угли, пригодные для коксования, находят свое применение в металлургии. К сожалению, часть антрацитов сжигается в качестве энергетического топлива. Большая часть углей экспортируется в страны Ближнего и Дальнего зарубежья. Часть антрацитов также используется для производства адсорбентов, конструкционных материалов и экспортируется как технологическое сырье.

**Подмосковный бурозольный бассейн** находится в центре Европейской части России, расположен на полных западном и южном крыльях Московской синеклизы. Площадь составляет 120 тыс. км<sup>2</sup>. Продуктивные отложения нижнего карбона мощностью 50-150 м заключают 4 пласта угля сложного строения, из которых основное значение имеет пласт II мощностью 1-5 м. Угли бурые гумусовые с прослоями сапропелевых, высокзолные, высокосернистые. Запасы 3 339,1 млн т. Для открытой разработки пригодно 12,9 млн т, в основном в Тульской области. Добыча угля практически не ведется (в 2011 – 245 тыс. т в Рязанской обл.), но намечено открытие нескольких шахт и разрезов.

Условия эксплуатации сложные из-за высокой обводненности шахтных полей и сложного строения угольных пластов. Угли используются в энергетике, возможно технологическое использование углей.

**Сосьвинско-Салехардский бассейн** протягивается узкой (30-80 км) полосой вдоль восточного склона Урала. Угленосность приурочена к нижнекаменноугольным, верхнетриасовым, ниже-среднеюрским, нижнемеловым и палеогеновым отложениям. Промышленное значение могут иметь лишь угли триас-юрского и нижнемелового возрастов, причем на площади бассейна они распространены неравномерно. Запасы бурого угля (B+C1) 6 месторождений в Ханты-Мансийском автономном округе составляют 469,5 млн т (баланс 2012 г.). Добыча не ведется.

Угленосные районы, расположенные на **восточном склоне Северного и Среднего Урала** (Серовский, Егоршинский, Буланаш-Елкинский и Еловско-Таборский) имеют запасы угля 103,5 млн т. Основная часть запасов приходится на марки Д и Г (54,0 млн т) и сосредоточена в Буланаш-Елкинском районе, бурые угли (15,1 млн т) разведаны в Серовском угленосном районе. Добыча производится ЗАО «Волчанский уголь» производственной мощностью 1,0 млн т угля в год.

**Челябинский бурозольный бассейн**, площадью 130 км<sup>2</sup>, расположен на восточном склоне Южного Ура-

ла. Угленосные отложения распространены параллельно Уральскому хребту узкой полосой шириной до 15 км, длиной 170 км. Бассейн представляет собой грабен в палеозойских породах, выполненный триас-юрскими отложениями. Угли бурые, гумусовые, группы ЗБ. Запасы бурых углей – 498,6 млн т, пригодные для открытой разработки – 41,4 млн т. В настоящее время действующих шахт – 3, один действующий разрез. Добыча составляет около 0,5 млн т в год. Новые участки готовятся к эксплуатации. Основными потребителями угля являются ТЭЦ, промышленные предприятия и бытовой сектор области.

**Южно-Уральский буроугольный бассейн** расположен в пределах Республики Башкортостан и Оренбургской области, вытянут в меридиональном направлении на 350 км при ширине 60-90 км. Площадь его составляет около 24 тыс. км<sup>2</sup>. Угленосными являются палеоген-неогеновые отложения. Запасы бурого угля составляют 985,97 млн т, из них для открытой разработки пригодны 882,617 млн т. В Оренбургской обл. 159,7 млн т находятся в эксплуатации и числятся на балансе Тюльганского разреза, добыча угля составляет около 0,3 млн т. Бурые угли бассейна могут служить уникальным технологическим сырьем для химической промышленности, т.к. обладают очень высоким показателем выхода смол полукокса (T<sup>dat</sup>) – около 20%.

**Кизеловский угольный бассейн** расположен на западном склоне Урала, протягивается полосой 150 км на 20-50 км. В угленосной толще раннекаменноугольного возраста содержится 2-3 пласта каменного угля мощностью от 0,7 до 2,5 м, реже более 3 м. Угли относятся к маркам Г, ГЖО, ГЖ, Ж, использовались как энергетическое топливо и технологическое сырье. Запасы угля составляют 180,0 млн т, из них коксующихся углей – 165,7 млн т (особо ценные марки – 138,9 млн т). В настоящее время бассейн выведен из числа эксплуатирующихся.

В южной части региона в Предкавказье есть небольшие месторождения каменного угля в **Карачаево-Черкесской Республике** – Хумаринское и Каргджуртское (юрского возраста), Аксаут-Тебердинское (средне-каменноугольного возраста), которые в настоящее время не разрабатываются. Запасы каменного угля в них составляют 8,5 млн т.

Оценивая в целом перспективы добычи и использования углей Европейского региона, следует отметить существенную нехватку собственных объемов добычи для покрытия потребностей региона, где сосредоточены большие промышленные мощности страны и высокая плотность населения. Практически во всех бассейнах имеются подготовленные к разработке объекты, по некоторым выданы лицензии на разведку и добычу, но в масштабах региона это очень незначительные объемы.

В регионе добываются угли различного качества от бурых до антрацитов, включая коксующиеся марки углей, есть перспективы извлечения метана угольных пластов, который может быть использован для местных нужд. В настоящее время угли используются в энергетике (включая антрациты Ростовской области), незначительная часть идет на коксохимическое производство (Печорский бассейн), экспортируются.

На базе бурых углей Подмосковского бассейна возможно возобновить переработку углей для получения синтетического жидкого топлива (опытно-промышленное пред-

приятие в настоящее время закрыто), получения газа и продуктов сельскохозяйственного назначения.

В Ростовской области необходимо рассматривать антрациты как технологическое сырье, которое в настоящее время используется лишь в энергетических целях, что существенно снижает их стоимость.

Основной проблемой региона являются трудные условия разработки углей крупных бассейнов.

## Сибирский регион

В Сибирский регион входят крупнейшие по запасам и современной добыче бассейны угля: Кузнецкий, Горловский, Канско-Ачинский, Иркутский, Минусинский, Улугхемский, Таймырский, Тунгусский, а также месторождения Забайкалья и Бурятии (Рис. 1). Подавляющая часть разведанных запасов и, тем более, добычи располагаются в южной Сибири, в которой сосредоточена основная часть населения, располагаются главные транспортные магистрали, которые и обеспечивают работу угледобывающих предприятий. Северная часть региона включает угольные бассейны-гиганты: Тунгусский и Таймырский. Однако удаленность от потребителей и не освоенность отодвигает их востребованность в далекое будущее.

Балансовые запасы угля составляют 154, 4 млрд т, из которых бурые – 83,6, каменные – 69,6 (из них 47% коксуются), антрациты – 1,2 млн т (Рис. 6). 98% бурых, 30% каменных углей и 58% антрацитов пригодны для открытой добычи, при этом фактически в настоящее время открытым способом добывается 67% каменных углей и 100% бурых углей и антрацитов.

Большее половины запасов всех углей региона сосредоточено в Канско-Ачинском бассейне и представлено бурыми углями. При этом больше 60% всех добываемых углей составляют каменные угли Кузбасса (Рис. 7).

Если посмотреть распределение доли основных угольных бассейнов России в добыче (Рис. 2), то значение бассейнов Сибирского региона очевидно.

Все бассейны и месторождения, эксплуатирующиеся в регионе, обладают развитой инфраструктурой, используют оптимальные условия разработки, что и является залогом их успешности.

**Кузнецкий** – крупнейший угольный бассейн страны находится на юге Западной Сибири на территории Кемеровской обл. Площадь 27 тыс. км<sup>2</sup>. Приурочен к межгорной впадине, выполненной отложениями карбона, перми и юры (до 8000 м), содержащими 130 пластов угля мощностью 0,6-30 м, в том числе 10 пластов юрских.

Угли гумусовые, мало- и среднезольные ( $A^d$  7-20 %), малосернистые ( $S_i^d$  0,5%), с теплотой сгорания ( $Q_i^r$ ) 20-26 МДж/кг. Палеозойские угли каменные, марок Д, Г, Ж, КЖ, К, ОС, Т, А, юрские – бурые (ЗБ). Степень метаморфизма углей возрастает с востока на запад. В бассейне выделяется 25 геолого-промышленных районов, основное значение имеют Томусинский, Ерунаковский, Прокопьевско-Киселевский, Ленинский, Беловский, Кемеровский. Балансовые запасы 51 954 млн т, в том числе коксующиеся 28 056 млн т (Рис. 8). Добыча угля 166,5 млн т ведется на шахтах и разрезах. Условия разработки от простых до сложных. Угли используются в энергетике, для коксования и газификации, а антрациты находят применение как технологическое сырье при производстве адсорбентов и

других материалов. Как отмечено выше, именно в Кузнецком бассейне начата добыча угольного метана. Значительная часть угля экспортируются. Предпосылки для дальнейшего развития угледобычи благоприятные.

Разработка ведется 72 шахтами и 60 разрезами, число недропользователей превышает 20.

**Горловский бассейн** находится в Новосибирской области, а в геологическом отношении является своеобразным продолжением Кузнецкого бассейна. Его угленосная толща имеет тот же возраст ( $C_3-P_2$ ), а мощность изменяется от 640 до 940 м. Тектоническое строение очень сложное. Горловский бассейн интересен тем, что все его угли – антрациты:  $C^{daf} - 95\%$ ,  $H^{daf} - 2\%$ ,  $V^{daf} - 4\%$ ,  $Q_i^t - 26$  МДж/кг. Значительная часть добываемых углей используется для производства электродов, ферросплавов и др. материалов.

Запасы антрацитов в бассейне – 401,9 млн т, ежегодная добыча составляет около 3 млн т. Добыча производится ОАО «Сибантрацит» на 4-х месторождениях открытым способом.

**Канско-Ачинский бассейн** – один из основных угольных бассейнов страны, находится на юге Сибири в пределах Красноярского края, Кемеровской и Иркутской обл. Площадь 50 тыс. км<sup>2</sup>. Вытянут в широтном направлении вдоль Транссибирской ж.-д. магистрали. Приурочен к нескольким обширным впадинам, выполненным отложениями юры (до 1000 м), заключающими до 15 угольных пластов мощностью 1-60 м, реже более. Угли гумусовые, мало- и среднезольные ( $A^d$  5-15%), малосернистые ( $S_i^d$  0,5%), с рабочей влажностью ( $W_i^r$  10-45%) и теплотой сгорания ( $Q_i^r$ ) 12-15 МДж/кг. По степени метаморфизма угли бурые, за исключением газовых углей Саяно-Партизанского месторождения на юге бассейна. Запасы составляют 79 904 млн т, предварительно оцененные ( $C_2$ ) – 38743 млн т.

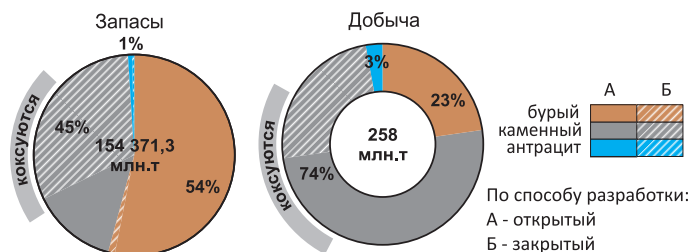


Рис. 6. Распределение запасов и добычи угля. Сибирский регион.

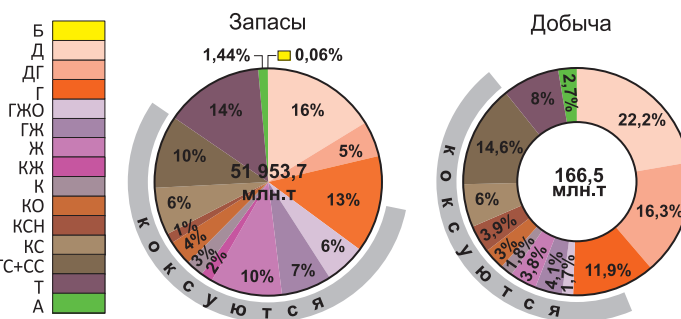
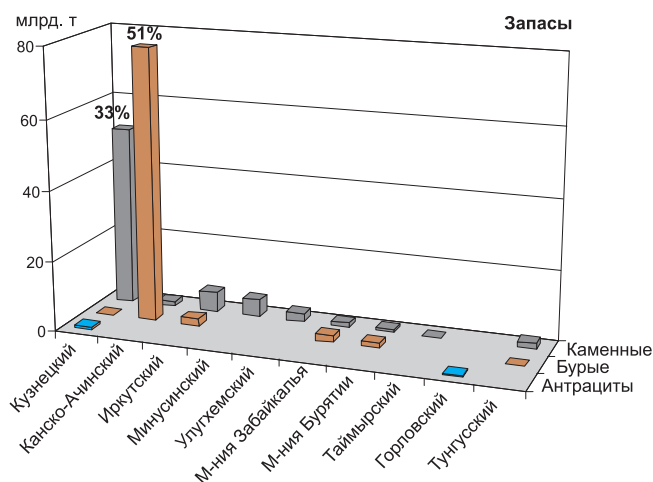


Рис. 8. Распределение запасов и добычи угля по маркам. Кузнецкий бассейн.

Значительная часть запасов пригодна для открытой разработки. Добыча угля (38,6 млн т) ведется на Назаровском, Березовском и Ирша-Бородинском месторождениях. Условия разработки благоприятные, что обусловлено большой мощностью угольных пластов и незначительной глубиной их залегания.

Практически вся добыча осуществляется в настоящее время на Бородинском, Березовском, Переяславском и Назаровском месторождениях. Угли используются как энергетическое сырье, хотя еще в советское время была намечена широкая программа их технологического использования на основе благоприятных для таких целей характеристик качества.

**Минусинский бассейн** располагается на юге Восточной Сибири и занимает площадь 8100 км<sup>2</sup>. Представляет собой серию позднепалеозойских впадин, выполненных продуктивными отложениями карбона и перми мощностью 1 100-1 800 м. Они содержат 10-20 угольных пластов мощностью 1-20 м. Пласты нередко расщепляются. Зольность угля ( $A^d$ ) 6-29%, содержание серы ( $S_i^d$ ) 0,5%, теплота сгорания ( $Q_i^r$ ) 20-26 МДж/кг. Угли Аскизского месторождения спекаются. На остальных месторождениях – угли длиннопламенные, что не исключает возможности их использования для газификации, производства жидкого топлива и адсорбентов.

Запасы 4 941 млн т, предварительно оцененные 394 млн т. Для открытой разработки пригодны 3,6 млрд т. Добыча угля (до 10 млн т в год) ведется в основном открытым способом. Перспективно для дальнейшего освоения крупное Бейское месторождение.

**Иркутский бассейн** расположен на юге Сибири на

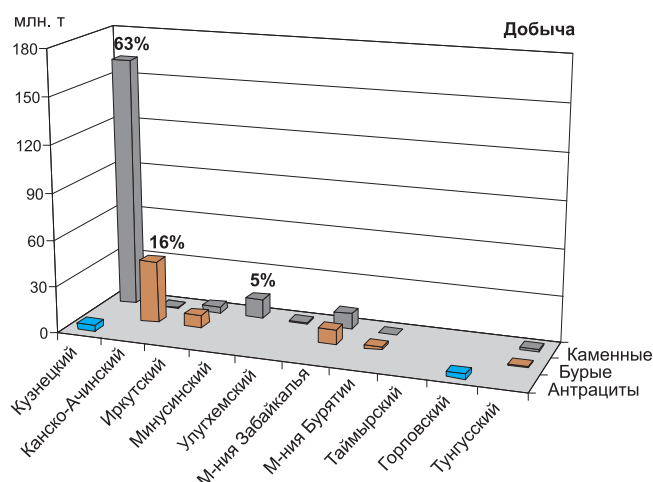


Рис. 7. Запасы и добыча углей разного качества по бассейнам. Сибирский регион.



территории Иркутской обл. Площадь 37 тыс. км<sup>2</sup>. Приурочен к крупной впадине (500 x 80 км), выполненной породами юры (до 750 м), содержащими до 25 угольных пластов мощностью 1-10 м, реже до 20 м. Угли гумусовые, реже сапропелевые, средне- и высокозольные ( $A^d$  15-30 %), мало- и высокосернистые ( $S_i^d$  1-6 %), с рабочей влагой 5-20 % и теплотой сгорания ( $Q_i^d$ ) 18-25 МДж/кг. Степень метаморфизма возрастает с северо-запада на юго-восток от бурых (ЗБ) до газовых жирных (ГЖ). Бурые угли пригодны для химической переработки. Угли Новометелкинского месторождения хорошо спекаются ( $y$  до 30 мм), но пока не пригодны для коксования из-за высокой сернистости. Запасы составляют 7 694 млн т, в том числе коксующиеся 749 млн т. Добыча угля (до 10 млн. т в год) ведется разрезами на Черемховском, Азейском и Тулунском месторождениях.

**Улугхемский бассейн** расположен на юге Сибири на территории республики Тыва. Площадь 2 300 км<sup>2</sup>. Приурочен к межгорной впадине, выполненной отложениями юры (1500 м), содержащими 5 угольных пластов мощностью 0,6-15 м. Угли гумусовые с большим содержанием смол, малозольные ( $A^d$  10-15 %), малосернистые ( $S_i^d$  0,5%), хорошо спекающиеся. Степень метаморфизма углей возрастает с востока на запад с изменением марок углей от Г до К. Угли представляют собой ценное сырье для производства металлургического кокса. Запасы – 1 058 млн т, в том числе коксующиеся 935 млн т. Разрабатывается Каахемское месторождение – до 1 млн т в год. Для освоения бассейна необходимо связать его с Транссибирской ж.д. магистралью, веткой протяженностью 450 км. Некоторые отечественные и западные компании проявили заинтересованность в освоении бассейна.

Практически все разведанные на данное время угли в бассейне могут использоваться для производства кокса, а возможность осуществлять более 90% добычи дешевым открытым способом делает бассейн еще более привлекательным. Однако отсутствие железной дороги не позволяло долгие годы приступить к разработке, и, наконец, сегодня эта проблема начала решаться.

**Месторождения Забайкалья** объединяют разрозненные месторождения преимущественно мелового, а также кайнозойского возраста. Общие запасы их оцениваются в 3,1 млрд т, из которых на бурые угли приходится 1,9 млрд т, а на каменные – 1,18 млрд т. Практически все могут разрабатываться открытым способом.

Среди эксплуатирующихся месторождений: Харанорское, Татауровское, Уртуйское, Буртуйское, Кутинское, Урейское, Олонь-Шибирское, Тарбагатайское и Зашуланское. Угли используются для энергетики, однако в составе углей некоторых месторождений (например Тарбагатайского) установлено повышенное содержание Ge и других элементов.

На востоке региона расположено **Апсатское месторождение** вблизи железнодорожной магистрали. Из Забайкальской группы это месторождение наиболее привлекательно. По площади оно составляет около 100 км<sup>2</sup>, мощность угленосных отложений юрского-раннемелового возраста 1000-1700 м, количество рабочих пластов на разных участках – от 7 до 20. Практически все угли месторождения относятся к жирным (Ж) и способны коксоваться. Основные параметры качества углей:  $A^d$  7,2-38,8 %,  $V^{daf}$  12-30 %,  $S_i^d$  <1,0%. Апсатское месторождение рассмат-

ривается как объект весьма вероятной добычи угольного метана, поскольку все геологические факторы свидетельствуют о повышенных концентрациях газа.

**Месторождения Бурятии** имеют суммарные запасы 2,2 млрд т (большая часть представлена бурными углями). Добыча осуществляется на Окино-Ключевском, Загустайском, Дабан-Горхонском, Хара-Хужирском и Талинском месторождениях. Угли используются в местных котельных.

Обзор угольных бассейнов и месторождений Сибирского региона, обладающего самыми значительными запасами и еще большими ресурсами, показал, что и основная часть добычи осуществляется именно здесь. Обеспеченность запасами в большинстве бассейнов составляет не менее 100 лет. Перспективы развития угольных предприятий в регионе благоприятны.

В регионе добываются самые разнообразные по качеству угли: от бурых до антрацитов, некоторые содержат РиРЭ, есть возможности попутного извлечения метана. Однако применение сибирских углей осуществляется только в трех направлениях: энергетическом, для производства кокса, для получения различных углеродистых материалов (антрациты). Эти направления утилизации углей вполне традиционны, они не включают ни использование бурых углей как сырья для химической переработки, ни газификации и получения жидкого топлива, ни производства адсорбентов, ни извлечения широкого ряда редких элементов.

Возможность использования угля как комплексного сырья повышает его экономическую ценность. Это хорошо видно на примере коксующихся углей и антрацитов – углей технологического, а не энергетического использования. Они продаются по более высоким ценам, приносящим большую прибыль производителям. Энергетические же угли в России вряд ли могут конкурировать с природным газом, а потому выявление любых дополнительных возможностей в использовании углей придаст им новую жизнь.

## Дальневосточный регион

Границы Дальневосточного региона практически совпадают с границами Дальневосточного Федерального округа. Сюда входят 14 угольных бассейнов, среди которых Южно-Якутский, Омсукчанский, Аркагалинский, Буреинский, Партизанский, Раздольненский каменноугольные, Бикино-Уссурийский, Ханкайский, Угловский буроугольные, Ленский, Анадырский, Зырянский, Беринговский и Сахалинский бассейны бурых и каменных углей, а также ряд угленосных площадей и отдельных угольных месторождений (Рис. 1).

Балансовые запасы составляют 19 980 млн т, из которых бурые – 11 870, каменные – 8 100, антрациты – 28 млн т (Рис. 9). Марочный состав углей региона весьма разнообразен и включает весь спектр – от бурых до антрацита.

Почти половина запасов угля сосредоточена в Южно-Якутском и Ленском бассейнах, расположенных на территории Республики Саха. На Южно-Якутский бассейн приходится больше половины добычи всего каменного угля региона. Крупнейший по запасам бассейн бурых углей – Ленский, однако на сегодняшний день добыча угля в нем почти не ведется. Более 60% бурого угля всего даль-

невосточного региона обеспечивают бу-роугольные бассейны и месторождения Приморья. Все антрациты сосредоточены в Омсукчанском бассейне. На рисунке 10 наглядно показан неравномерный вклад бассейнов в баланс запасов и добычи региона.

86% бурого угля пригодно для добычи открытым способом. Доля каменного угля, пригодного для открытой обработки, значительно ниже – 30%. Однако большая часть извлекаемого в настоящее время угля (98% бурого и 74% каменного) добывается именно открытым способом. Действующих шахт в регионе – 11, строящихся – 1, действующих разрезов – 63, строящихся – 7.

**Южно-Якутский бассейн** – основной бассейн по добыче каменных углей в Дальневосточном регионе. Площадь около 25 тыс. км<sup>2</sup>. Расположен на южном крыле Алданской антеклизы и выполнен отложениями юры и нижнего мела (до 4 000 м), содержащими более 220 пластов угля, из которых 63 рабочих мощностью от 0,6 до 56 м (в раздувах).

Угли преимущественно гумусовые (редко сапропеливые), средне- и высокозольные (средняя  $A^d$  15-35%), мало-сернистые (средняя  $S_t^d$  0,2-0,4%), с теплотой сгорания ( $Q_s^{daf}$ ) 33-38 МДж/кг. Угли каменные марок ГЖ, Ж, КЖ, К, КС, ОС, СС.

Балансовые запасы 4 551 млн т, в том числе коксующиеся – 4 019 млн т (Рис. 11). Основной промышленный интерес в настоящее время представляют месторождения Нерюнгринское, Чульмаканское, Денисовское и Эльгинское. Ежегодная добыча составляет 9 млн т (это 57% добычи всего каменного угля в регионе), из которых 7 млн. т добывается на Нерюнгринском месторождении.

Значительная доля в запасах коксующихся углей пре-

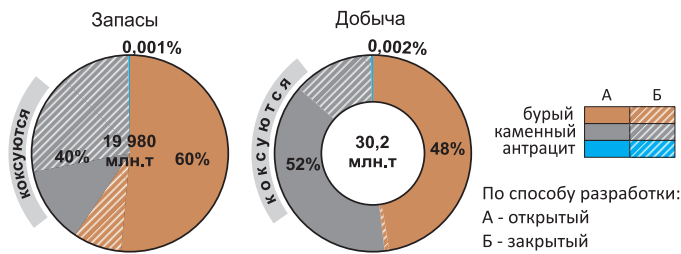


Рис. 9. Распределение запасов и добычи угля. Дальневосточный регион.

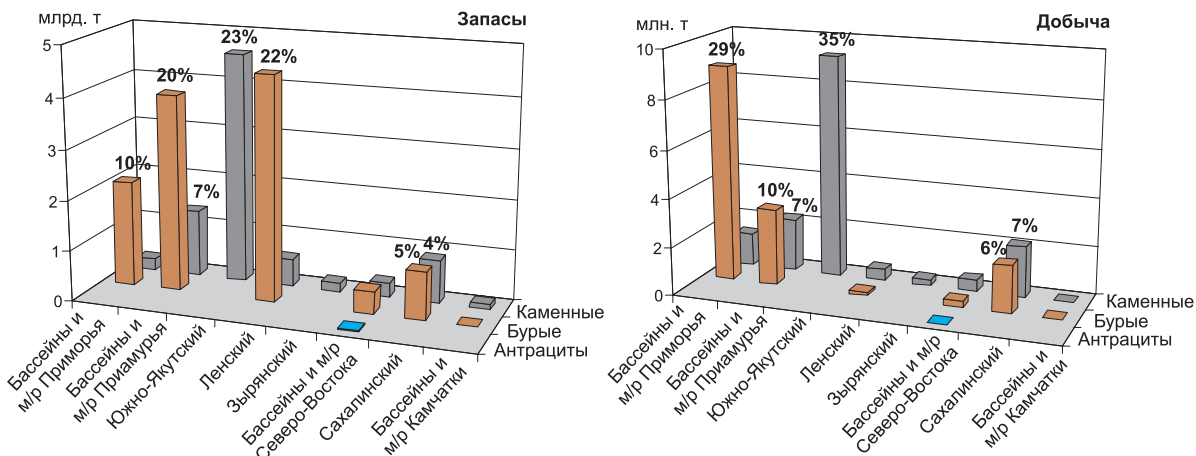


Рис. 10. Запасы и добыча углей разного качества по бассейнам. Дальневосточный регион.

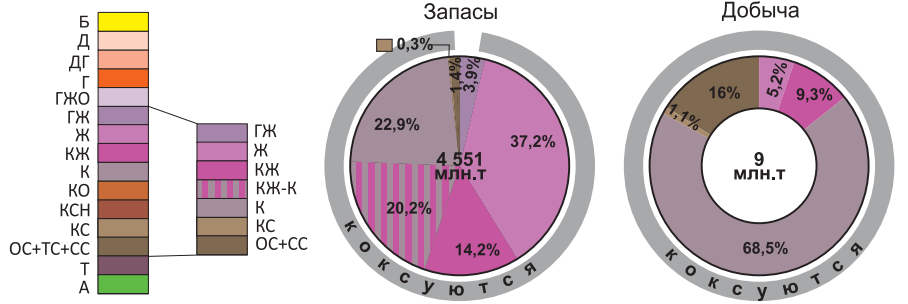


Рис. 11. Распределение запасов и добычи угля по маркам. Южно-Якутский бассейн.

допределяет их использование в первую очередь для коксования. В настоящее время большая часть коксующихся углей, добываемых в бассейне, экспортируется в Японию. Угли энергетических марок используются в местных энергетических целях.

**Ленский бассейн** – относится к бассейнам-гигантам, является крупнейшим по запасам бурых и каменных углей в Дальневосточном регионе. Расположен на северо-восточной окраине Сибирской платформы преимущественно на территории Республики Саха (Якутия). Его площадь около 400 тыс. км<sup>2</sup>. Бассейн выполнен отложениями юры и мела (до 3 000 м), содержащими до 150 пластов и пропластков угля, 62 из которых имеют рабочие мощности 0,5-13,3 м (на отдельных площадях до 26,3 м).

Угли Ленского бассейна преимущественно гумусовые бурые ( $A^d$  12-15%;  $Q_s^{daf}$  – 28 МДж/кг;  $S_t^d$  0,3-0,4%) и каменные марок Д, ДГ, Г ( $A^d$  11-14%;  $Q_s^{daf}$  31-33 МДж/кг;  $S_t^d$  0,2-0,3%). Каменные угли залегают на глубинах более 1 400 м.

Разведанные запасы углей Ленского бассейна составляют почти 5 млрд т, из них 88% представлены бурыми углями и 12% – каменными. 97% бурых углей пригодны для разработки открытым способом.

Добыча бурого угля на сегодняшний день в нем ведется в незначительных объемах для местных энергетических нужд.

**Зырянский бассейн** – расположен в междуречье Индигирки и Колымы. Геологическое строение, угленосность и качество углей изучены слабо. Предположительно общая мощность нижнемеловых угленосных отложений может достигать 5 000 м. В разрезе выделено более 150 пластов и пропластков угля, из которых более 50 являются рабочими (более 0,7 м). Угли бассейна преимущественно гумусовые каменные марок ГЖО, Ж, К, ТС, Т. Качествен-

ные показатели углей:  $A^d$  6,5-24,6%,  $Q_i^r$  25-36 МДж/кг,  $S_t^d$  0,1-0,3%. Обогащаемость трудная и очень трудная. Угли являются хорошим энергетическим топли-

вом и сырьем для коксохимической промышленности.

**Бассейны и месторождения Северо-Востока России** объединяют более двух десятков угольных бассейнов (Аркагалинский, Омсукчанский, Анадырский, Беринговский) и угленосных площадей (Омолонская, Охотская, Чаун-Чукотская, Анюйская и др.) мелового и кайнозойского возраста. Добыча угля ведется преимущественно открытым способом. Практически весь добываемый уголь используется для внутренних энергетических нужд, при этом развитие угледобычи существенно отстает от потребности в угольном топливе.

Запасы составляют 0,76 млрд т, из которых на бурые угли приходится 450 млн т, на каменные – 283 млн т, на антрациты – 28 млн т.

Эксплуатирующиеся месторождения: Галимовское (Омсукчанский бассейн), Верхне-Аркагалинское (Аркагалинский бассейн), Ланковское и Мелководнинское (Охотская площадь), месторождение Бухта Угольная (Беринговский бассейн).

Угли используются для энергетики, однако в составе углей некоторых месторождений (Эльгенское, Ланковское) установлены повышенные содержания V, Rb, Cs, Sr, Sc, Ga, PЗЭ, МПГ, Ag и др. элементов. Бурые угли Анадырского бассейна, а также Охотской и Эльгенской угленосной площадей могут служить сырьем для газификации или производства синтетического жидкого топлива.

**Западно-Камчатская и Восточно-Камчатская угленосные площади.** Всего на Камчатке известно около 300 углепроявлений и открыто 11 месторождений угля. Угленосные отложения на западе полуострова представлены меловыми, палеогеновыми и неогеновыми образованиями, на востоке – только неогеновыми. В целом угленосность Камчатки, как и геологическое строение изучены слабо. В разрезе выделено более 80 пластов и пропластков угля, из которых около 20 являются рабочими (более 0,7 м).

Угли гумусовые, лишь иногда встречаются линзы и прослои, обогащенные сапропелевым материалом. По степени углефикации преобладают угли бурые и переходные к длиннопламенным. На площадях распространения меловых углей выделены зоны длиннопламенных и газовых углей. Общие геологические ресурсы углей Камчатки оцениваются в 11 149 млн т. Запасы по состоянию на 01.01.2012 г. подсчитаны только для Западно-Камчатской угленосной площади и составляют порядка 111 млн т.

Добыча осуществляется в незначительных объемах для местных нужд в качестве энергетического сырья. Однако бурые угли Камчатки могут иметь редкометалльную минерализацию. Так, в углях Корфского и Эчваямского месторождений установлены повышенные содержания V, Sr, Ga, Zr, Mo, Sc, PЗЭ, МПГ и др. элементов.

**Бассейны и месторождения Приамурья** расположены на территории Хабаровского края, Амурской области и Еврейской АО. Сюда вошли Буреинский бассейн, Средне-Амурская и Амуро-Зейская площади, а также ряд других угленосных площадей и районов. Промышленная угленосность приурочена к отложениям средне-верхнеюрского, нижнемелового, палеогенового и неогенового возрастов. Они различаются по масштабам угленосности, ресурсам углей, степени изученности, качеству углей и другим показателям.

Запасы составляют 5 242 млн т, из которых на бурые

угли приходится 3 909 млн т, на каменные – 1 333 млн т.

Добыча угля ведется преимущественно открытым способом. Весь добываемый уголь используется для внутренних энергетических нужд.

Однако в составе углей некоторых месторождений (Базовское, Лианское, Хурмулинское, Ерквецкое, Ушумунское и др.) установлены повышенные содержания редких, редкоземельных и благородных металлов. Палеогеновые и неогеновые бурые угли Амуро-Зейской и Средне-Амурской площадей, а также Верхне-Зейского угленосного района могут служить сырьем для газификации или производства синтетического жидкого топлива.

**Бассейны и месторождения Приморья.** Сюда включены 5 угольных бассейнов, а также отдельные месторождения угля и углепроявления, сосредоточенные на территории Приморского края.

**Бассейны каменных углей:** Раздольненский (запасы составляют порядка 68 млн т) и Партизанский (133,7 млн т) с угленосными отложениями раннемелового возраста. Угли Раздольненского бассейна представлены маркой Д, марочный состав углей Партизанского бассейна более разнообразен (Д, Г, Ж, К, ОС, СС, Т), в том числе, из-за контактового метаморфизма углей. Добыча каменного угля в настоящее время ведется только на месторождениях Раздольненского бассейна, главным образом, шахтным способом и составляет порядка 1,5 млн т угля в год ( $A^d$  25-39%,  $Q_s^{daf}$  32-35 МДж/кг,  $S_t^d$  0,3%).

**Бассейны бурых углей:** Угловский, Бикино-Уссурийский и Ханкайский. Бассейны и месторождения выполнены отложениями палеоген-неогенового возраста, содержащими пласты угля мощностью 0,5-36 м, объединенные в группы по 2-5 пластов (до 18 групп в зависимости от месторождения). Угли гумусовые, средне-высокозольные (средняя  $A^d$  14-34%), преимущественно малосернистые (средняя  $S_t^d$  0,2-0,5%), среднекалорийные с теплотой сгорания ( $Q_s^{daf}$ ) 20-32 МДж/кг. Угли бурые стадий метаморфизма Б1, Б2, Б3.

В настоящее время в Приморье добывается более 60% бурого угля всего Дальневосточного региона. Это почти 9 млн т в год, причем почти 8 из них добывается всего на 2-х месторождениях: Бикинском (3,7 млн т) и Павловском (4,1 млн т). Угли обоих месторождений (а также Шкотовского, Раковского и др.) представляют ценность не только как энергетическое сырье, но и как нетрадиционный источник редких, редкоземельных и благородных металлов: Ве, Sc, PЗЭ, W, U, Mo, Ag, МПГ и др. По данным В.В. Середина Приморье является самым богатым в мире регионом по запасам германия, общий потенциал которого можно оценить примерно в 6-7 тыс. т (Угольная база России, 2004).

И хотя в настоящее время бурые угли региона используются, главным образом, для местных энергетических нужд, уже сегодня ООО «Германий и приложения» организовано получение германиевого концентрата из углей Павловского месторождения.

**Сахалинский бассейн** включает все известные на о. Сахалин месторождения и углепроявления, приуроченные к угленосным отложениям меловой, палеогеновой и неогеновой систем. Всего в угленосных отложениях выявлено 38 рабочих угольных пластов мощностью 0,8-46,0 м.

Сахалинские угли по степени метаморфизма бурые (группы 3Б) и каменные (марки Д, ДГ, Г, ГЖО, ГЖ, Ж, К,

Т). Угли малосернистые ( $S_t^d$  0,3-0,6 %), мало- и среднезольные ( $A^d$  8 – 18-29 %), с высокой удельной теплотой сгорания ( $Q_s^{def}$  30-34 Мдж/кг).

Общие прогнозные ресурсы угля на о. Сахалин, оцененные по 52 месторождениям и угленосным площадям, составляют: до глубины 300 м – 14 107 млн т, до глубины 1 500 м – 17 913 млн т. Из них 10 943 млн т приходится на каменные угли.

Государственным балансом учтено 27 месторождений угля. Запасы составили 1 808 млн т, из них бурого угля – 956 млн т, каменного – 851 млн т (из них коксующие угли составляют менее 10% или 83 млн т). 14% бурых и 3% каменных углей пригодны для открытой отработки.

Добычу угля на Сахалине ведут 27 действующих предприятий. Добыча угля составила 3,3 млн т, в том числе 1,5 млн т бурого и 1,8 млн т каменного (100% и 76% соответственно добыто открытым способом). Добываемый уголь используется, в основном, для местных энергетических нужд, однако существующий уровень добычи угля не обеспечивает потребности острова.

Сахалинские угли могут быть пригодны для производства металлургического кокса в шихте с более метаморфизованными углями, для извлечения редких, редкоземельных и благородных металлов (угли Новиковского месторождения долгие годы использовались для получения германия), получения жидкого топлива методом полукочования. На угольных месторождениях существуют предпосылки для организации промыслов по добыче метана.

Угольный потенциал Дальневосточного региона огромен. Ресурсы угля в регионе, по разным оценкам, составляют миллиарды и даже триллионы тонн, в то время как Гос. балансом запасов ПИ РФ в настоящее время учтено только 33 млн т угля. В недрах Дальнего Востока содержатся угли практически всех марок, однако наибольшую долю запасов составляют бурые угли и каменные коксующиеся угли. Таким образом, нетрадиционное (неэнергетическое) использование углей Дальневосточного региона имеет важное значение. Большая часть каменных углей пригодна для коксования, кроме того, они могут использоваться для газификации. Бурые угли пригодны для получения жидкого топлива и удобрений, но главным перспективным направлением нетрадиционного использования бурых углей региона является их использование в качестве комплексного редкометалльного сырья.

## Выводы

Ценность углей определяется не только их энергетическим использованием, но и возможностью попутного извлечения из них ряда редких и рассеянных элементов, добычи угольного метана, а также получения многочисленных важных продуктов технологической переработки.

Возможность комплексного использования углей зависит в первую очередь от их качества, поэтому угли разных бассейнов имеют различную спецификацию для нетрадиционного использования.

Роль технологического использования в стимулирующем развитии регионов с угледобывающими предприятиями хорошо видна на примере Кузбасса. Но каждый бассейн или месторождение нашей страны может представлять интерес для столь важных в настоящее время программ по импортозамещению и развитию инновацион-

ных технологий в использовании угля.

В настоящее время продукты технологической переработки углей (углеродистые материалы, адсорбенты, гуминовые удобрения для сельского хозяйства и др.) импортируются в страну, добыча сопутствующих металлов ведется только на одном месторождении в стране и только для одного элемента (Ge), проекты по добыче угольного метана находятся на начальном этапе развития. Это подтверждает необходимость развития угольной отрасли в широком аспекте.

Для успешного развития высокотехнологичных способов переработки углей необходимо использовать имеющиеся в регионах высококвалифицированные кадры и развитую инфраструктуру, что, в свою очередь, будет способствовать созданию новых производств.

## Литература

Вялов В.И., Кузеванова Е.В., Нелюбов П.А. и др. Редкометалльно-угольные месторождения Приморья. *Разведка и охрана недр*. № 12. 2010. С. 53-57.

Вялов В.И., Ларичев А.И., Кузеванова Е.В. и др. Редкие металлы в бурогольных месторождениях Приморья и их ресурсный потенциал. *Региональная геология и металлогения*. № 51. 2012. С. 96-105.

Голицын М. В., Богомолов А. Х., Вялов В. И. и др. Метаноугольные бассейны и месторождения России. Пути решения проблем добычи метана из угольных пластов. *Геология нефти и газа*. № 3. 2013. С. 88-95.

Золотых С.С., Карасевич А.М. Проблемы промысловой добычи метана в Кузнецком бассейне. М.: Изд-во «ИСПИН». 2002. 570 с.

Неженский И.А., Вялов В.И., Мирхалевская Н.В. и др. Геолого-экономическая оценка редкометалльной составляющей бурогольных месторождений Приморского края. *Региональная геология и металлогения*. № 59. 2014. С. 113-120.

Неженский И.А., Вялов В.И., Мирхалевская Н.В. и др. Геолого-экономическая оценка редкометалльно-угольных месторождений – перспективного геолого-промышленного типа. *Региональная геология и металлогения*. № 54. 2013. С. 99-108.

Сторонский Н.М., Хрюкин В.Т., Митронов Д.В. и др. Нетрадиционные ресурсы метана угленосных толщ. *Российский химический журнал*. Т. ЛП. № 6. 2008. С. 63-72.

Угольная база России: в 6 т. Гл.ред.: В.Ф.Череповский. М.: Геоинформмарк. 1997-2004. 6 т.

Черепанов В.В. Гигантский потенциал. *Газпром (корпоративный журнал)*. № 1-2. 2012. С. 12-17.

Boyer II, C.M., Bai, Q. Methodology of coalbed methane resource assessment. *International Journal of Coal Geology*. 1998. Vol. 35. № 1/4. Pp. 349-368.

BP Statistical Review of World Energy. June, 2014. <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf>.

Kuuskräa, V. A. Outlook Bright for U.S. Natural Gas Resources. *Oil and Gas Journal*. Vol. 96. No. 15. April 13. 1998. Pp. 92-97.

Saulsberry, J.L. and Schafer P.S. A Guide to Coalbed Methane Reservoir Engineering. Gas Research Institute. Report GRI-94/0397. Chicago, Illinois. 1996.

## Сведения об авторах

Михаил Владимирович Голицын – доктор геолого-минералогических наук, профессор

Александр Христофорович Богомолов – кандидат геолого-минералогических наук, доцент

Наталья Владимировна Пронина – кандидат геолого-минералогических наук, доцент

Елена Юрьевна Макарова – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник

Дмитрий Валентинович Митронов – кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник

Евгения Владимировна Кузеванова – кандидат геолого-минералогических наук, младший научный сотрудник

Московский государственный университет имени  
М.В. Ломоносова, Геологический факультет, кафедра геоло-  
гии и геохимии горючих ископаемых  
119234, Москва, ул. Ленинские горы, д. 1  
Тел: +7 (495) 939-23-32

*Владимир Ильич Вялов* – доктор геолого-минералогиче-  
ских наук, заведующий отделом геологии горючих по-  
лезных ископаемых

ФГУП «ВСЕГЕИ»  
199106, Санкт-Петербург, Средний пр., 74.  
Тел: +7 (812) 328-9149

*Дмитрий Вячеславович Макаров* – кандидат геолого-  
минералогических наук, зам. начальника отдела ФГУНПП  
«Росгеолфонд»  
125993, Москва, 3-я Магистральная ул., 38.  
Тел: +7 (499) 259-45-32

## Prospects of technological use of coals in Russia

*M.V. Golitsyn<sup>1</sup>, V.I. Vyalov<sup>2</sup>, A.Kh. Bogomolov<sup>1</sup>, N.V. Pronina<sup>1</sup>, E.Yu. Makarova<sup>1</sup>, D.V. Mitronov<sup>1</sup>,  
E.V. Kuzevanova<sup>1</sup>, D.V. Makarov<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, e-mail: nyproncl@geol.msu.ru

<sup>2</sup>FGUP «VSEGEI», St. Petersburg, Russia, e-mail: vladimir\_vyalov@vsegei.ru

<sup>3</sup>FGUNPP «Rosgeolfond», Moscow, Russia, e-mail: dmakarov@rfgf.ru

**Abstract.** Coals are the raw materials of multiple use. In Russia, where to compete with natural gas in the energy field is difficult, the possibility to use coals of different quality in technological processing is very important for the development of coal-mining regions. Brown coals can be used in the chemical industry, for the production of liquid fuel, gasification, black coals – in coke production, anthracite-to produce carbides, electrodes, and composite materials. All coals are suitable for the production of adsorbents. They can also be unconventional source of methane and rare metals. The article concerns the role of the major basins in reserves base and coal production in Russia. The review for three main regions is made with emphasis on their specialization in the complex utilization of coals. In the European part of Russia, there are three important coal basins: Eastern part of Donbass, Pechorskiy and Podmoskovniy. They represent the whole range of coal quality from brown to anthracite. And though these basins are a minor part of production, they can be an important source of raw materials for various industries. Siberian region includes the most significant coal basins: Kuznetsk, Kansk-Achinsk, etc. 80% of coal production in Russia is supplied from this region. Prospects for the region are enormous and are multifarious. They are limited by logistical factors, because the export of coal depends entirely on the rail transit. Far East region includes different in size and significance coal fields and basins. The South Yakutsk basin possesses significant reserves of coal for coking. Numerous brown coal deposits in the region are enriched by Ge, Ga, Sc, W, U, TR, Au and other elements and can be used as integrated ore-and-coal raw materials.

**Keywords:** coal basins of Russia, distribution of coal reserves and resources, unconventional use of coal, coal methane, rare metals in coal.

### References

- Boyer II, C.M., Bai, Q. Methodology of coalbed methane resource assessment. *International Journal of Coal Geology*. 1998. Vol. 35. № 1/4. Pp. 349-368.
- BP Statistical Review of World Energy. June, 2014. <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf>.
- Cherepanov V.V. Gigantskiy potentsial [Huge potential]. *Gazprom (korp. zhurnal)* [Gazprom (corporate journal)]. № 1-2. 2012. Pp. 12-17.
- Golitsyn M. V., Bogomolov A. Kh., Vyalov V. I. et al. Methane coal basins and fields of Russia. Ways of solving problems of methane production from coal seams. *Geologiya nefi i gaza* [Oil and Gas Geology]. № 3. 2013. Pp. 88-95. (In Russian)
- Kuuskraa, V. A. Outlook Bright for U.S. Natural Gas Resources. *Oil and Gas Journal*. Vol. 96. No. 15. April 13. 1998. Pp. 92-97.
- Nezhenskiy I.A., Vyalov V.I., Mirkhalevskaya N.V. et al. Geological and economic estimation of rare metal component of brown core deposits of Primorski Krai. *Regional'naya geologiya i*

*metalogeniya* [Regional geology and metallogeny]. 2014. № 59. Pp. 113-120. (In Russian)

Nezhenskiy I.A., Vyalov V.I., Mirkhalevskaya N.V. et al. Geological-economic evaluation of rare metal-coal deposits – a promising geological commercial type. *Regional'naya geologiya i metallogeniya* [Regional geology and metallogeny]. 2013. № 54. Pp. 99-108. (In Russian)

Saulsberry, J.L. and Schafer P.S. A Guide to Coalbed Methane Reservoir Engineering. Gas Research Institute. Report GRI-94/0397. Chicago, Illinois. 1996.

Storonskiy N.M., Khryukin V.T., Mitronov D.V. et al. Netraditsionnye resursy metana ugleonosnykh tolsch [Unconventional methane resources of coal-bearing strata]. *Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal* [Russian Chemistry Journal]. Vol. LII. № 6. 2008. Pp. 63-72.

Ugol'naya baza Rossii [Russian coal base]: 6 vol. Ch. Ed. V.F. Cherepovskiy. Moscow: "Geoinformmark" Publ. 1997-2004.

Vyalov V.I., Kuzevanova E.V., Nelyubov P.A. et al. Redkometall'no-ugol'nye mestorozhdeniya Primor'ya [Rare metal-coal deposits of Primorye]. *Razvedka i okhrana nedr [Prospect and protection of mineral resources]*. № 12. 2010. Pp. 53-57.

Vyalov V.I., Larichev A.I., Kuzevanova E.V. et al. Rare metals in the brown coal deposits of Primorye and their resource potential. *Regional'naya geologiya i metallogeniya* [Regional geology and metallogeny]. № 51. 2012. Pp. 96-105. (In Russian)

Zolotykh S.S., Karasevich A.M. Problemy promyslovy dobychi metana v Kuznetskom bassejne [Problems of commercial methane production in the Kuznetsk Basin]. Moscow: «ISPIN» Publ. 2002. 570 p.

### Information about authors

*Mikhail V. Golitsyn* – Doctor of Science, Professor  
*Aleksandr Kh. Bogomolov* – PhD, Associate Professor  
*Nataliya V. Pronina* – PhD, Associate Professor  
*Elena Y. Makarova* – PhD, Senior Researcher  
*Dmitriy V. Mitronov* – PhD, Researcher  
*Evgeniya V. Kuzevanova* – PhD, Junior Researcher  
Petroleum Geology Department, Geological Faculty,  
Lomonosov Moscow State University  
119234 Russia, Moscow, Leninskie gory, 1  
Tel: +7(495) 939-23-32

*Vladimir I. Vyalov* – Doctor of Science, Head of the Fossil Fuels  
Geology Department, FGUP «VSEGEI»  
199106, St. Petersburg, Russia, 74 Sredny prospect  
Tel: +7 (812) 328 - 9149

*Dmitriy V. Makarov* – PhD, Deputy Head of Department of  
FGUNPP «Rosgeolfond»  
125993, Moscow, Russia, 38, 3rd Magistralnaya st.  
Tel: +7 (499) 259-4532