

В.Н. Опарин, В.В. Адушкин, Т.А. Киряева, В.П. Потапов

# РЕГИОНАЛЬНАЯ КЛАСТЕРИЗАЦИЯ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА ПО ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ. ЧАСТЬ I: ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ, СТРУКТУРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ\*

**Аннотация.** В данной части статьи впервые ставится и обосновывается постановка крупной методологической проблемы о возможном взаимном геомеханическом и тектонофизическом влиянии территориально близко расположенных месторождений органической и неорганической природы — на примере комплексного анализа структурно-геологических, тектоно-магматических и иных характеристик Кузнецкого угольного бассейна и железорудного района Горной Шории и Хакасии. Основное внимание уделено анализу достижений в области нелинейной геомеханики и постановки задач экспериментально-теоретических исследований по выбранным объектам недропользования Сибири. Приведены соответственно систематизированные сведения об их структурно-геологических, тектоно-магматических и горно-геологических условиях.

**Ключевые слова:** осцилляционная геодинамика, нелинейная геомеханика, тектоно-магматические эпохи, взаимное влияние рудных и угольных месторождений, горно-геологические условия, Алтае-Саянская складчатая область, Горная Шория и Хакасия, Кузнецкий угольный бассейн, физико-механические и петрофизические свойства, массивы горных пород.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-9-0-5-24

## Введение

Традиционно, получение натурной информации для оценки геодинамической и геомеханической ситуаций, а также прогнозных оценок и ее изменения при ведении горных работ в пределах шахтных полей с позиции выбора и обоснования безопасных технологий, осуществляется в «автономном режиме» в процессе отработки месторождений твердых полезных ископаемых [1–4]. По существу при таком методологическом подходе не рассматривается взаимное возможное взаимное геомеханическое тектонофизическое влияние территориально близ-

ко расположенных месторождений органической и неорганической природы.

Однако, хорошо известно, что формирование месторождений многих видов полезных ископаемых в земной коре, по крайней мере — на протяжении минувших более 400 млн лет, шло в геологические периоды времени «параллельно» и территориально сопряжено в палеозойскую, мезозойскую и кайнозойскую эры (они составляют фанерозой ~570 млн лет [5], рис. 1).

Следовательно, на их структурно-механические, геохимические и иные свойства не могли не оказывать существен-

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 17-17-01282).

ЗОН	ЭРА	ПЕРИОД		ЭПОХА		ГОРООБРАЗОВАНИЕ			
Ф А Н Е Р О З О Й И	КАЙНОЗОЙСКАЯ 65	АНТРОПОГЕНОВЫЙ (ЧЕТВЕРТИЧНЫЙ)	1,6	ГОЛОЦЕН	0,01				
				ПЛЕЙСТОЦЕН	0,79				
				ЭОПЛЕЙСТОЦЕН	0,80				
			1,6						
	МЕЗОЗОЙСКАЯ 183	КАЙНОЗОЙСКАЯ 65	НЕОГЕНОВЫЙ	23,0	ПЛИОЦЕН	3,5			
				24,6	МИОЦЕН	19,5			
			ПАЛЕОГЕНОВЫЙ	40,4	ОЛИГОЦЕН	13,4			
					ЭОЦЕН	16,9			
		МЕЗОЗОЙСКАЯ 183	КАЙНОЗОЙСКАЯ 65			ПАЛЕОЦЕН		10,1	
				МЕЛОВОЙ	79,0	ПОЗДНЯЯ		32,5	
			ЮРСКИЙ	144				РАННЯЯ	46,5
								ПОЗДНЯЯ	19,0
								СРЕДНЯЯ	25,0
			ТРИАСОВЫЙ	213				РАННЯЯ	25,0
								ПОЗДНЯЯ	18,0
								СРЕДНЯЯ	12,0
	ПАЛЕОЗОЙСКАЯ 322	ПОЗДНИЙ ПАЛЕОЗОЙ	ПЕРМСКИЙ	38,0	РАННЯЯ	5,0			
					ПОЗДНЯЯ	10,0			
		СРЕДНИЙ ПАЛЕОЗОЙ	КАМЕННОУГОЛЬНЫЙ	286			РАННЯЯ	28,0	
							ПОЗДНЯЯ	14,0	
			ДЕВОНСКИЙ	360			СРЕДНЯЯ	20,0	
							РАННЯЯ	40,0	
	РАННИЙ ПАЛЕОЗОЙ	СИЛУРИЙСКИЙ	408			ПОЗДНЯЯ	14,0		
						СРЕДНЯЯ	13,0		
		ОРДОВИКСКИЙ	438			РАННЯЯ	21,0		
						ПОЗДНЯЯ	13,0		
						РАННЯЯ	17,0		
КЕМБРИЙСКИЙ	505			ПОЗДНЯЯ	10,0				
				СРЕДНЯЯ	30,0				
				РАННЯЯ	27,0				
	570			ПОЗДНЯЯ	18,0				
				СРЕДНЯЯ	17,0				
				РАННЯЯ	30,0				

ШКАЛА ДОКЕМБРИЯ

АКРОН	ЗОН	ЭРА	ПЕРИОД	ЭПОХА		
ПРОТЕРОЗОЙ	ПОЗДНИЙ ПРОТЕРОЗОЙ ~1080		ВЕНДСКИЙ 60,0	ПОЗДНЯЯ 50,0		
				РАННЯЯ 30,0		
			РИФЕЙ	650±20		
				ПОЗДНЯЯ 350		
				СРЕДНЯЯ 350		
	1350±20					
	РАННЯЯ 300					
АРХЕЙ	1650±50					
	РАННИЙ ПРОТЕРОЗОЙ 850					
	2500±50					
	ПОЗДНИЙ 650					
	3150±50					
	РАННИЙ >400					

Рис. 1. Геохронологическая шкала, принятая в России, млн лет [5]

Fig. 1. Geologic time scale accepted in Russia, million years

ное влияние имевшие место в течение фанерозоя известные ныне крупные тектоно-магматические эпохи с активным проявлением температурного и деформационного факторов процессов горообразования и их денудации на неравномерном фоне геоблоковых поднятий и опусканий верхней части земной коры с определенной спецификацией по химическому составу покрывающих ее водной и воздушной оболочек.

Главный вопрос, ответу на которой посвящена настоящая работа, — насколько значительное влияние оказали минувшие тектоно-магматические эпохи на структурные, физико-механические и иные свойства разрабатываемых полезных ископаемых в количественных отношениях. Это крупная методологическая проблема и для горняков, и для геологов. Ее конструктивное решение непосредственно связано как с активно реализуемой ныне потребностью в разработке фундаментальных методолого-методических основ построения комплексных региональных мониторинговых систем геомеханико-геодинами-

ческой и геоэкологической безопасности ведения горных работ в областях активного недропользования России, в частности — Сибири (Норильский регион, Якутия, Кузбасс и др.) [3], так и с возможным значительным научным потенциалом для ведения поисковых геологоразведочных работ на перспективные месторождения полезных ископаемых по широкому спектру их геохимической спецификации и фазовому состоянию.

### О геомеханических основах и задачах исследований

В отмеченных выше аспектах к настоящему времени в геомеханике накоплен достаточный потенциал экспериментальных и теоретических исследований для решения таких задач. И, следовательно, рассматривая рудники, шахты и карьеры как своеобразные (часто уникальные) природные лаборатории, в первую очередь геомеханики и машиноведы должны озаботиться решением и более общей проблемы — количественного описания и прогнозирования возникновения структуры и эволюции геосфер

нашей планеты. В развитии фундаментальных исследований горнякам не следует ограничиваться только проблемами безопасности ведения горных работ в современном их представлении — устойчивости наземных и подземных сооружений и другими видами техногенной деятельности, которые часто воспринимаются как сугубо прикладные [1, 6].

Научные достижения в области нелинейной геомеханики дают для этого реальные основания [7–10]. В первую очередь это касается двух крупных открытий в области наук о Земле, сделанных в конце минувшего века: явления зональной дезинтеграции горных пород вокруг подземных выработок [7, 8] и явления знакопеременной реакции горных пород на динамические воздействия [9, 10].

Первое из них свидетельствует о существовании эффекта «макроквантования» упругой энергии вокруг образующихся подземных полостей и играет важную прогнозную роль в аналитическом описании квазистатических процессов «самоорганизации» напряженных массивов блочно-иерархического строения [11].

Второе — принципиальной значимости для изучения механизма формирования и развития очаговых зон разрушения горных пород и их массивов с энергетических позиций, а также аналитического описания возникновения и распространения нелинейных упругих волн маятникового типа от ядерных и технологических взрывов, землетрясений и горных ударов. Разрабатываемые при этом механико-математические модели и методы их описания в последние годы находят применение и для решения сложных технико-технологических задач: бурения скважин, описания взаимодействия между геомеханическими и физико-химическими процессами при отработке месторождений «углеводородного ряда» [5, 11].

В настоящей статье авторами уделяется основное внимание проверке важной гипотезы, сформулированной в работах [12, 13] — о «геокеркинговом механизме» возникновения месторождений углеводородного ряда, сопряженного с тектоно-магматическими эпохами возникновения рудных месторождений. Здесь мы рассмотрим лишь ее отдельный аспект, напрямую связанный с количественной оценкой возможного влияния температурного фактора от крупного кластера магматических месторождений Алтае-Саянской складчатой области на характер газодинамической активности шахт сопряженного с ней Кузнецкого угольного бассейна.

Рассмотрение такой постановки задачи представляется естественным, поскольку важная роль температурного фактора в процессах достижения той или иной стадии метаморфизма угленосных толщ хорошо известна, равно как и характер их изменения с расстоянием от источников магматического разогрева [14].

Проверка гипотезы о существенном геодинамическом влиянии магматических (рудных) месторождений на угольные месторождения в «регионально-сопряженном» аспекте возможна лишь с опорой на соответствующую горно-геологическую, тектонофизическую, геодинамическую и геомеханическую информацию, касающуюся вещественного состава, структуры, физико-механических и газодинамических свойств сопряженных с магматическими рудоносными — органогенно-насыщенных горных пород и их массивов.

В данной работе впервые осуществлена попытка такого комплексного анализа на примере рудных и угольных месторождений Кузбасса. С этой целью нами выбраны крупные железорудные и угольные месторождения Кузбасса. Систематизация и обработка имеющейся

по ним информации позволяет сделать заключение о существенном геодинамическом влиянии кластера железорудных месторождений Горной Шории и Хакасии в геологические периоды их образования на современные метаноемкость, метаносность и газодинамическую активность угольных месторождений с позиции представлений [12] об основах «осцилляционной геодинамики» и ее следствии — «геокекингговом механизме происхождения месторождений углеводородного ряда».

Надо сказать, что несмотря на то, что понятия «метаноемкость» и «метаносность» выражают количество метана в единице веса или объема угля, между ними есть существенные отличия. Метаноемкостью называется максимальное количество газа (метана) в свободном и сорбированном состоянии, которое может быть поглощено образцом угля в лабораторных условиях при данном давлении и температуре. В свободном состоянии метан заполняет все пустоты, поры и трещины, имеющиеся в угле. При этом часть поглощенных молекул метана могут адсорбироваться на стенках угольных пор. Метаносность — количество газов (главным образом метана), которое содержится в единице массы или объема горных пород в природных условиях, в неразгруженном угольном пласте. В нее входит и метаноемкость, и газ, который растворен в угле.

Когда размеры поглощаемых молекул совпадают с размерами пустот, в которые они проникают, понятие раздела фаз «твердое тело — газ», так же как и понятие адсорбционного слоя, теряет физический смысл. Молекулы метана в угольных образцах адсорбируются в микропорах [15]. Для условий угольного пласта *in situ*, где метан образовался в процессе образования угля и, преодолевая силы горного давления, сам создавал микропоры, более подходящим

может служить термин и представление о растворяющемся в угле метане, с образованием твердых растворов.

Представление о твердых растворах метана в угольных пластах — это не терминологическая замена слова «абсорбция» на слова «твердый раствор», так как физическая структура твердого «углеметанового раствора» включает в себя и характеристику элементов структуры, и их морфологию, т.е. взаимное расположение, и, наконец, характеристику механизма движения частиц растворенного вещества [16]. И.А. Эттингер писал: «Мы полагаем, что условия образования метана в пласте — влияние высоких температур, длительность образования угольных пластов, большие статические давления вмещающих пород — подтверждают правомочность представлений о наличии растворения метана в угольном пласте. Для такого растворения характерно следующее: создание пустот в угольном веществе образующимися в нем молекулами метана, которые «раздвигают» скелет угля (в отличие от этого в лаборатории при работе с угольным образцом происходит объемное заполнение метаном уже существующих микропор). Поглощение метаморфического метана угольным веществом растет в процессе углефикации этого вещества с ростом температуры пласта». Установление взаимосвязи изменения структуры угольного вещества (в процессе изменения давления газа, температуры и при других видах внешних воздействий) с процессом внезапного выброса, в свою очередь, позволит создать физические основы новых методов прогноза и управления газодинамическим состоянием угольного пласта.

Информационную основу для данных исследований составили известные структурно-геологические, геотектонические и иные профильные монографические публикации по объектам анализа

[17–31], а также специально сформированные [32–35] обширные базы данных по метаноносности, метаноёмкости, стратиграфическом распределении энергетических ресурсов и газодинамической активности угольных шахт Кузнецкого угольного бассейна, с учетом сведений о произошедших крупных катастрофических событиях на них за период с 1947 по 2010 гг.

Приводимый ниже экспериментальный материал, как полагаем, послужит для геомехаников, геофизиков и геологов значительным стимулом в проведении соответствующих исследований как по более широкому спектру месторождений полезных ископаемых, так и их кластерам в пределах крупных горно-промышленных территорий России. Логическая последовательность его изложения обусловлена необходимостью отметить: с одной стороны, современное состояние в решении проблемы влияния физико-химических параметров природных углей Кузбасса на их сорбционную метаноёмкость (количество газа в свободном и сорбированном состоянии, содержащегося в крупных, по сравнению с молекулами метана, пустотах в единице массы или объема угля) при традиционном «автономном» подходе пренебрежения фактом существования в этом регионе близ расположенных крупных железорудных месторождений; а с другой стороны, привести свидетельства о том, что такое «пренебрежение» не позволяет объяснить важные особенности в структуре получаемых при этом экспериментальных графиков [36] изменения физико-механических свойств и метаноёмкости продуктивных толщ по разным угольным бассейнам Кузбасса, распределения выхода летучих веществ, удельной энергии полураспада углеметана, характера газодинамических проявлений на конкретных угольных месторождениях и ряд других.

Важным при этом было обратить особое внимание исследователей и на том обстоятельстве, что поиск известными методами статистического анализа регрессионных аппроксимаций для эмпирических данных (часто — линейных) дает очень большие их дисперсии, ставящие под сомнение само качество выбираемых для них аналитических функций.

### **О структурно-геологических и тектоно-магматических характеристиках объектов теоретического анализа**

В недавней работе [36] достаточно подробно описана зависимость стадий метаморфизма углей Кузбасса от глубины их залегания, что естественным образом коррелирует и с геологическим возрастом их формирования по мере погружения органогенно насыщенных осадочных отложений в минувшие эпохи. По-существу, представленные здесь зависимости сорбционной метаноёмкости углей на основе их физико-химических характеристик с учетом структурно-вещественных параметров (пористость, зольность и др.) отражают трендово закономерную «вертикальную компоненту» геодинамического влияния тектонических процессов за минувшие более 400 млн лет формирования Алтае-Саянской складчатой области и Кузнецкого угольного бассейна [17–21].

Согласно отмеченной выше гипотезе о геокрекинговом механизме происхождения месторождений углеводородного ряда [14], не менее ярко выраженная зависимость по указанным характеристикам изменения газоносных свойств и газодинамических проявлений в угольных пластах должна существовать и по «горизонтальной компоненте» — в направлении от ранее сильно разогретых магматогенных крупных рудных узлов к обрамляющим их (территориально сопряженным) угленосным провинциям.

Для проверки этого предположения рассмотрим фактический материал по имеющейся ныне горно-геологической информации.

Характеристики анализируемых ниже сопряженных между собой крупных металлогенических и угольных областей Кузбасса достаточно подробно описаны в [17–27]. С необходимостью кратко, приведем лишь общие сведения, относящиеся к предмету исследований, с опорой на современную принятую в России геохронологическую шкалу (рис. 1).

Алтае-Саянская складчатая область располагается на юге Западной и Средней Сибири. На северо-востоке она примыкает к Сибирской платформе и обладает сложным строением из разноориентированных складчатых зон различного возраста: салаирских сооружений Восточного Саяна, Кузнецкого Алатау и Горной Шории, Восточной Тувы, Джидинской зоны, Салаирского кряжа; каледонских сооружений Западного Саяна, Горного Алтая; раннегерцинского Рудного Алтая, в пределах которого широко представлены породы вулканоплутонической ассоциации пород девона и раннего карбона (рис. 2).

В строении складчатых зон большое влияние оказали вулканогенно-осадочные комплексы пород и офиолиты (Восточно-Саянско-Кузнецкая и Джидинская зоны, Восточная Тува и Салаирский кряж), терригенные флишеидные образования (Западно-Саянская и Горно-Алтайская зоны). Межгорная Минусинская впадина (средний палеозой) в своей нижней части представлена вулканогенными и обломочными молассами девонского возраста, а затем — угленосными толщами верхнего палеозоя (Минусинский угольный бассейн) и юры.

В пределах Кузнецкого предгорного прогиба распространена девонско-раннекаменноугольная морская терригенно-карбонатная формация, перекрытая

верхнепалеозойской угленосной серией (Кузнецкий каменноугольный бассейн), триасовыми траппами и юрскими континентальными отложениями с углями.

В западной части Алтае-Саянской области располагается Иртыш-Зайсанская складчато-покровная система позднегерцинского возраста в осевой части структуры Урало-Охотского пояса (протягивается на территорию России из Казахстана). В центральной части области в разломной зоне развиты ордовикско-раннедевонские офиолиты, олистостромовые комплексы и метаморфиты. В северном направлении складчатые образования погружаются под чехол Западно-Сибирской платформы, обнажаясь на правобережье Оби до Новосибирска и Томска (Томь-Колыванская зона).

На востоке Алтае-Саянская область смыкается со структурами Байкало-Патомской складчатой области, сложенной рифейскими терригенно-карбонатными отложениями палеоокраины Сибирской платформы, островодужными комплексами позднепротерозойского и кембрийского возрастов, в пределах которых установлены офиолиты. Большие площади занимает среднепалеозойский Ангаро-Витимский гранитный батолит. На юге эта область граничит по Главному Монголо-Охотскому разлому с Монголо-Охотской складчато-покровной системой герцинско-мезозойского периода. Последняя протягивается в северо-восточном направлении через Забайкалье в Приамурье.

Интересующий нас регион угольных месторождений и рудопроявлений приведен на рис. 2 по [24], образующий так называемую «Алтае-Саянскую складчатую страну». Слагающие ее палеозойские складчатые сооружения занимают территорию между герцинидами Казахстана и Саяно-Енисейскими байкалидами, на юге распространяющиеся в

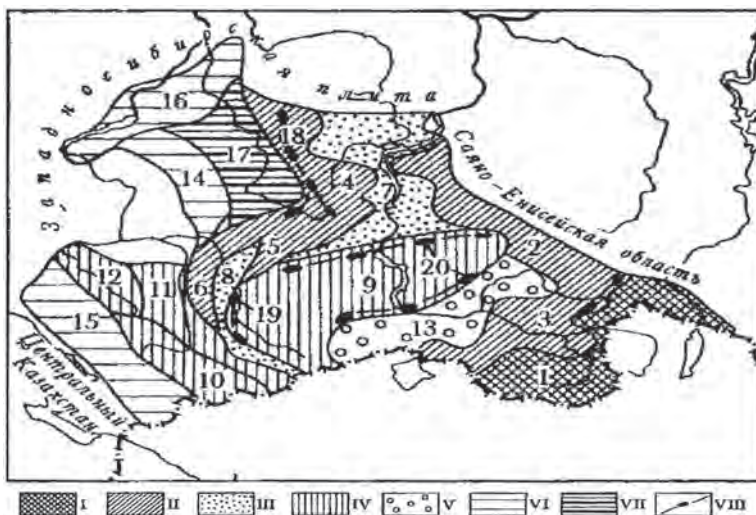


Рис. 2. Основные структурные элементы Алтае-Саянской складчатой системы (по тектонической карте Евразии с дополнениями): I — Байкальские массивы, II — салаириды, III — эписалаирские впадины, IV — каледониды, V — эпикаледонские впадины, VI — герциниды, VII — краевой прогиб, VIII — офиолитовые пояса (1, 2, ... 20 — спецификация дана ниже по тексту) (по [24])

Fig. 2. Main structural elements of Altai-Sayan folded area (as per tectonic map of Eurasia with amendments): I—Baikal massifs; II—salairides; III—epi-Salair bowls; IV—caledonites; V—epi-Caledonian bowls; VI—Hercynides; VII—marginal downfold; VIII—ophiolitic belts (1, 2, ... 20—specified in text below as per [24])

Монголию, а на севере — под осадочный чехол Западно-Сибирской плиты. К салаирскому периоду здесь относятся Тувино-Монгольский срединный массив и Кузнецко-Саянская складчатая система; к каледонскому периоду — Горно-Алтайская — Западно-Саянская складчатая система; к герцинскому периоду — Рудно-Алтайская, Салаирская и Томь-Колыванская складчатые системы.

После докембрия на салаирском этапе развития сформировались основные геолого-тектонические структуры Алтае-Саянской области. Так, в период «венд — начало кембрия» на докембрийском фундаменте закладывались эвгеосинклинальные структуры Восточных Саян, Кузнецкого Алатау, Горной Шории, Западных Саян, Салаира и Томь-Колыванской зоны (заполнены спилито-кератофировой формацией с офиолитовой ассоциацией).

Геосинклинальный режим завершился в Восточном Саяне, Кузнецком Ала-

тау и Горной Шории с наступлением орденного этапа развития и образования «салаирской складчатой дуги» [24].

На каледонском этапе развития геосинклинальный режим локализуется в «унаследованных» геосинклинальных прогибах (Западно-Саянская зона, Салаир, Горный Алтай), где в течение нижнего палеозоя накапливались мощные флишевые толщи. В это время происходит замыкание геосинклинальных прогибов в Горном Алтае (конец раннего ордовика) и Западных Саян (конец раннего силура). Девонский период отмечен образованием крупных межгорных впадин на разновозрастном складчатом основании (Минусинских, Тувинской, Уйменско-Лебединского прогиба). Слабое проявление гранитных плутонов на завершающей каледонский этап складчатости (с отсутствием краевых прогибов) свидетельствует о его «неполноте» для геосинклинального цикла в «Алтае-Саянской складчатой стране».



Замыкание геосинклинальной системы в Салаире и присоединение его к каледонским складчатым сооружениям наблюдалось лишь на ранних стадиях герцинского периода перед верхним девонном. При этом на Рудном Алтае и Томь-Колыванской зоне окончание геосинклинального режима относится к концу раннего карбона (поздняя стадия герцинского этапа), сопровождающегося интенсивным «гранитным магматизмом», а также формированием на границе каледонид и герцинид Кузнецкого прогиба с мощной угленосной формацией.

Мезозойский этап развития Алтае-Саянской складчатой области приобрел в основном платформенный режим. В этот период наблюдались лишь отдельные «глыбовые» (блоковые) тектонические движения, приводившие к накоплению в межгорных впадинах (в т.ч. и в Кузнецком прогибе) юрских угленосных отложений, с излиянием базальтовых магм вдоль зоны глубинных разломов.

В кайнозое на фоне «унаследованных» геоблоковых движений от предыдущих этапов «окончательно» сформировался современный рельеф «Алтае-Саянской складчатой страны».

Таким образом, основные элементы Алтае-Саянской складчатой области, расположенной в южной части Сибири и относящейся к палеозойскому возрасту (535—251 млн лет), занимают территорию между герцинидами Центрального Казахстана и Саяно-Енисейскими байкалидами; складчатые структуры протягиваются в Монголию, с погружением в северном направлении под осадочный чехол Западносибирской плиты.

На рис. 2 выделены следующие основные структурные элементы по [24]: I — Тувино-Монгольский массив 1 (байкалиды); II — юго-западная часть антиклинория Восточного Саяна 2, Тувинская складчатая система 3, антиклинорий Кузнецкого Алатау 4, Абаканский

антиклинорий 5, Катунский антиклинорий 6 (салаирские складчатые сооружения); III — эписалаирские впадины (Миусинские 7, Уайменско-Лебединский прогиб 8); IV — каледонские складчатые сооружения (антиклинорий Западного Саяна 9, Халзунско-Чуйский антиклинорий 10, Ануйско-Чуйский синклинорий Горного Алтая 11, Талицкий антиклинорий 12); V — эпикаледонские впадины (Тувинская 13); VI — герцинские складчатые сооружения (Салаирский 14, Рудно-Алтайский 15, Томь-Колыванский 16); VII — эпигерцинский Кузнецкий прогиб 17; VIII — глубинные разломы (офиолитовые пояса: Кузнецко-Алатауский 18, Курайский 19, Западно-Саянский 20).

Согласно геохронологической шкале, принятой в России (рис. 1), отмеченные выше складчатые сооружения (структуры) характеризуются салаирским, каледонским и герцинским геологическими комплексами.

- Салаирские структурно-формационные комплексы включают: геосинклинальный (поздний рифей — ранний/средний кембрий); орогенный (верхний кембрий — нижний ордовик); платформенный (средний ордовик — четвертичные отложения).

- Каледонские складчатые сооружения представлены комплексами: геосинклинальными (венд — нижний ордовик/нижний силур); орогенным (средний ордовик/верхний силур — девон/пермь); платформенным (мезозой — кайнозой).

- Герцинские складчатые сооружения представлены комплексами: геосинклинальным (кембрий — нижний карбон); орогенным (средний карбон — пермь); платформенным (мезозой — кайнозой).

Следует также особо отметить и то, что Восточноевропейская и Сибирская платформы относятся к «древним». Наиболее длительный — докембрийский — период их развития считался «относительно однородным» [24]. Однако в настоящее

время на основе широкомасштабных геологических исследований получены данные, свидетельствующие о том, что строение таких платформ далеко не однородно. Их фундамент в основном сложен докембрийскими и архейскими образованиями с гнейсовыми куполами и кольцевыми структурами минувших тектоно-магматических эпох, а также иерархической системой глубинных тектонических разломов. Системы тектонических разломов выделяют разномасштабные по размерам геоблоки, характер подвижности которых в геологические периоды времени существенно влиял на процессы денудации горно-складчатых систем и осадконакопления в пределах основных структурных элементов земной коры (геосинклинальные и складчатые области, платформы, глубинные разломы).

Глубинные разломы обычно отмечаются интенсивными тепловыми потоками и повышенными значениями их проницаемости для жидкостей (флюидов) и газов, а также разогретых и газонасыщенных магматических тел и расплавов (интрузий, силлов и проч.). Примечательно, что к таким разломам тяготеют и нефтегазовые месторождения в осадочных формациях приразломных прогибов.

Наличие гидротермальных рудных месторождений с соответственно измененными вмещающими горными породами и «линейно» расположенными термальными источниками, в том числе с аномальным содержанием редких и рассеянных химических элементов и газов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , He, Ar, Xe и др.), характеризуется известными «геохимическими признаками» присутствия глубинных разломов — особенно в геодинамически активных регионах Земли, к которым относится и Алтае-Саянская складчатая область с ее «угольным обрамлением». Алтае-Саянская складчатая

область богата рудными полезными ископаемыми [22]. Широко известны скарново-магнетитовые месторождения: в Горной Шории — Тельбесское, Таштагольское, Шерегешское, Темир-Тауское; в Кузнецком Алатау — Тейское, Ампалькское; в Западном Саяне — Абаканское и Анзасское; в Восточном Саяне — Краснокаменское и Ирбинское; на Алтае — Инское, Белорецкое и Холзунское.

По существу они представляют собой минерально-сырьевую базу для горной металлургии Западной Сибири.

Полиметаллические месторождения связаны в основном с рудным Алтаем (Ленинградское, Зырянское, Белоусовское, Сокольное и др.) и относятся к девонским эффузивно-осадочным толщам пород. Они содержат в себе сульфиды Zn, Pb, Cu, Ag, Cd и др. Хромовые месторождения (Букорское и др.) приурочены к офиолитовым поясам. С гранитоидами вдоль Иртышской зоны смятия в породах верхнего девона — нижнего карбона проявляется медно-пирротинный тип оруденений (месторождения Вавилонское и Корчилинское), а также жильные месторождения W, Mo и Sn (Палатцы и др.).

Помимо отмеченных, в рассматриваемой орогенной области имеются многочисленные рудопроявления и на другие виды полезных ископаемых: марганцевые в кембрийских отложениях (Усинское месторождение и др. — в осевой части Кузнецкого Алатау, Дурновское — в Салаире); коренные и рассыпные месторождения золота (районы: Салаирский, Томский, Хакасский, Калбинский) в Салаиро-Саянской складчатой области связаны с интрузиями диоритов и кварцевых альбитофиров нижнего палеозоя; ртутные (месторождения Орлинское, Урское, Мавринское), приуроченные к Салаирскому и Западно-Саянскому глубинным разломам; а также ряд других.

### Общая горно-геологическая характеристика Кузнецкого угольного бассейна

Кузнецкий угольный бассейн связан с Кузнецким прогибом и расположен на юге Западной Сибири в пределах Кемеровской и, частично, Новосибирской областей. Его площадь составляет 26,7 тыс. км<sup>2</sup> (протяженность 380 км, ширина — до 180 км) [5, 14].

Для Кемеровской области и Хакасии в северо-западной части сопряженная с ним горная система представлена Кузнецким Алатау протяженностью с северо-запада на юго-восток около 300 км, а его «макросклон» уступами обрывается в Кузнецкой котловине. В северо-восточном направлении его остроги переходят в Минусинскую котловину, а на севере — постепенно опускаются к Западно-Сибирской равнине, примыкая на юге к Абаканскому хребту и Горной Шории.

В тектоническом аспекте Кузнецкий Алатау представляет северную часть Алтае-Саянской складчатой области и сложен верхнепротерозойскими и кембрийскими вулканогенно-осадочными толщами, офиолитами и ранне-среднепалеозойскими гранитоидами.

Кузнецкая котловина (рис. 3) представляет собой одну из крупнейших межгорных впадин для гор Южной Сибири, ограниченную с запада и северо-запада Салаирским кряжем, с востока на северо-восток — Кузнецким Алатау, на юге — массивами Горной Шории, а на севере — постепенно сливаются с Западно-Сибирской равниной. Она имеет протяженность с севера на юг более 300 км, а с запада на восток — от 80 до 120 км.

В тектоническом аспекте эта котловина также находится в пределах северной части Алтае-Саянской складчатой области, «наследуя» позднепалеозойскую — раннемезозойскую межгорную впадину.

Отметки водоразделов эрозионного рельефа Кузнецкой впадины понижаются к северу от 600 до 200 м.

На рис. 3 приведены по [14] геологическая карта (А) со схемами тектонического (Б) и геолого-экономического (В) районирования Кузнецкого угольного бассейна.

А. Отложения: 1 — меловые ( $K_{1-2}$ ); 2 — угленосные юрские ( $J_{1-2}$ ); 3, 4 — триасовые ( $T_{1-2}$ ): 3 — туфогенно-терригенные, 4 — базальты; 5—8 — угленосные верхнепалеозойские ( $C_{1s}-P_2$ ); 5, 6 — кольчугинская серия ( $P_2$ ): 5 — продуктивные, 6 — малопродуктивные и непродуктивные; 7, 8 — балахонская серия ( $C_{1s}-P_1$ ): 7 — продуктивные, 8 — малопродуктивные и непродуктивные; 9 — терригенно-карбонатные нижнекаменноугольные ( $C_{1tv}$ ); 10—12 — девонские (D): 10 — осадочные и вулканогенные, 11 — угленосная барзасская свита ( $D_1$ ), 12 — горючесланцевая дмитриевско-перебодская толща ( $D_{11}$ ); 13 — додевонские осадочные, магматические и метаморфические образования; 14 — гранитоиды средне- и позднепалеозойские; 15 — разрывные нарушения; 16 — мезозойские впадины: (1) — Улановская (Кататская), (2) — Доронинская, (3) — Чусовитинская-Бунгаранская, (4) — Подобаско-Тутуясская, (5) — Нениско-Чумышская.

Б. 1, 2 — Границы: 1 — зон, 2 — подзон. Зоны: I — Приколывань-Томская, II — Присалаирская, III — Центральная, IV — Приалатауская, V — Пригорношорская. Подзоны: I.1 — Ташмынская, I.2 — Анжеро-Судженская, I.3 — Кедровская, I.4 — Титовская, I.5 — Завьяловская, II.1 — Дергаусовская, II.2 — Каменская, II.3 — Чертинская, II.4 — Беловская, II.5 — Ленинская, II.6 — Грамотеинская, II.7 — Солоновская-Кыргайская (Уропская), II.8 — Бачатско-Прокопьевская, II.9 — Ускатская, II.10 — Чумышко-Новокузнецкая. III.1 — Плотниковская, III.2 — Конюхтинская, III.3 — Борисов-

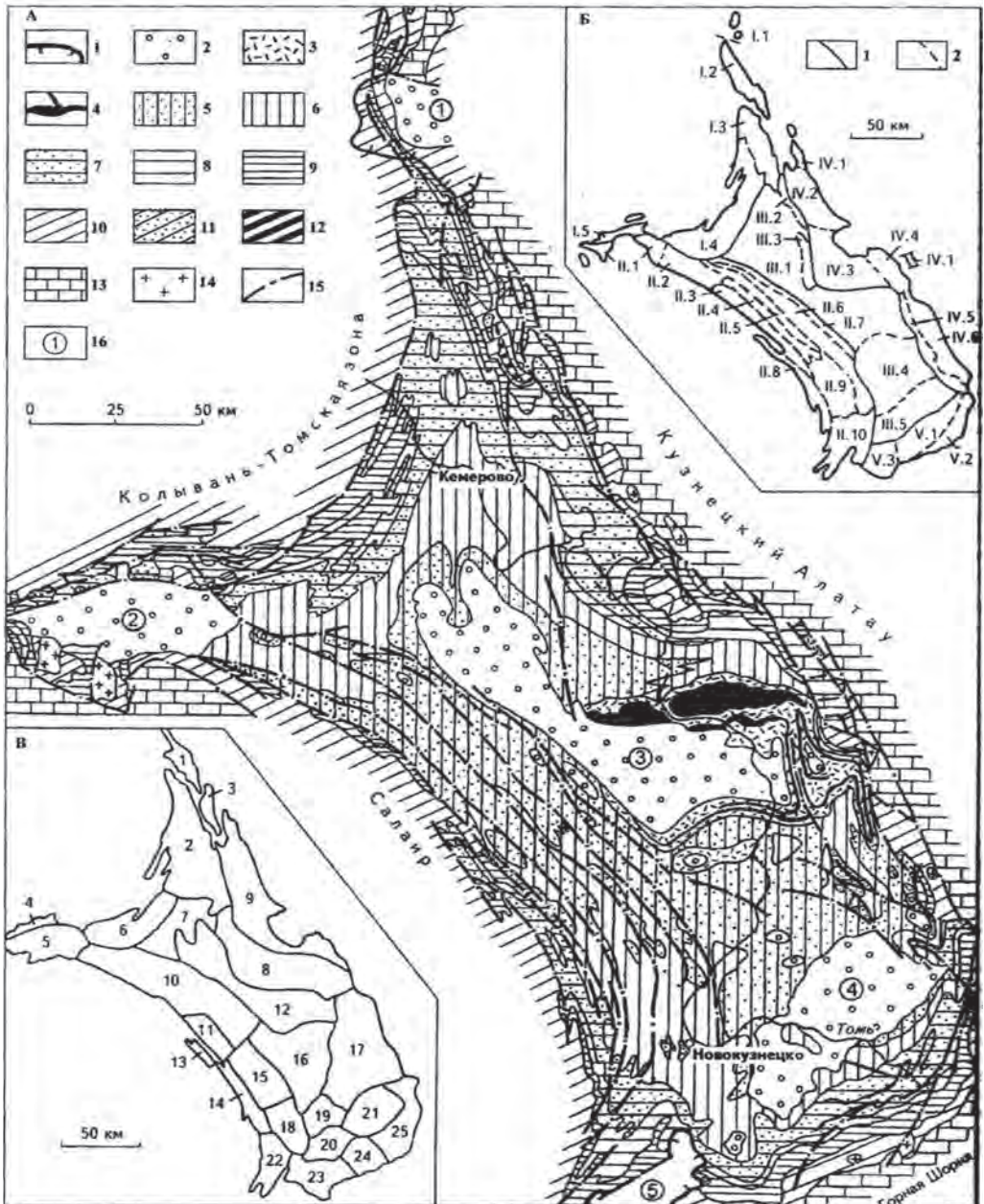


Рис. 3. Геологическая карта (А) и схемы тектонического (Б) и геолого-экономического (В) районирования Кузнецкого бассейна

Fig. 3. Geological map (A) as well as tectonic (B) and economic-geological (C) zoning of the Kuznetsk Coal Basin

ская, III.4 — Ерунаковская, III.5 — Тарбаганская. IV.1 — Туганавско-Баянзасская, IV.2 — Заломенская, IV.3 — Мунгатская, IV.4 — Тайдонская, IV.5 — Терсинская, IV.6 — Восточная. V.1 — Усинская, V.2 — Чульжайская, V.3 — Кондомская.

В. Геолого-экономические районы: 1—Анжерский, 2—Кемеровский, 3—Барзасский, 4—Завьяловский, 5—Доронинский, 6—Титовский, 7—Плотниковский, 8—Салтымаковский, 9—Крапивинский, 10—Ленинский, 11—Беловский, 12—Центральный, 13—Бачатский, 14—Прокопьевско-Киселевский, 15—Ускатский, 16—Ерунаковский, 17—Терсинский, 18—Араличевский, 19—Байдаевский, 20—Осинниковский, 21—Тутуянский, 22—Бунгуро-Чумышский, 23—Кондомский, 24—Мрасский, 25—Томь-Усинский (по [14]).

Его контуры определяет тектоническая депрессия Алтае-Саянской складчатой области, сформировавшейся в Кольчугинской зоне (конец кембрия) и занимающая межгорный прогиб с терригенно-осадочными породами палеозоя-мезозоя-кайнозоя.

Наиболее древние (средний девон) угольные пласты относятся к барзасской свите липтобиолитов, перекрываемой не угленосными (в основном морскими) отложениями верхнего девона — нижнего карбона. Выше залегает почти 9-ти км комплекс угленосных пород верхнего палеозоя, перекрываемый безугольными триасовыми и угленосными юрскими отложениями. Отложения верхнего мела и кайнозоя являются невыдержанными и маломощными в пределах угольного бассейна.

Угленосные толщи перми-карбона последовательно обнажаются на поверхности: от более древних (балахонская серия, визе-нижняя пермь) по периферии к более молодым (кольчугинская серия, верхняя пермь) по центру, образуя крупный синклинирий, вытянутый с юго-вос-

тока на северо-запад. Максимальная мощность угленосных юрских отложений в центральной части впадины достигает 900—1900 м.

Таким образом, согласно [24—31] в структурно-тектоническом отношении, угольный Кузбасс представлен неоднородной депрессией, усложняющейся построению от молодых комплексов к более древним — от центральной части к периферии, с востока на запад — от каледонских обрамляющих структур к герцинским. При этом выделяются два формационных комплекса.

Среднепалеозойский комплекс (нижний девон-визе) приурочен к Приалтауской зоне с углепроявлениями девона (преобладание пологоскладчатых и моноклиных структур). На сочленении Салаира и Кольчугинской зоны с Кузнецким прогибом среднепалеозойские породные массивы надвинуты на верхнепалеозойские по системе тектонических чешуй.

Верхнепалеозойский комплекс (серпуховской ярус — верхняя пермь) в «мобильных» прибортовых угленосных зонах имеет интенсивную складчатость с многочисленными дизъюктивными нарушениями (взбросы, надвиги) протяженностью в десятки км и амплитудой до одного км. Балахонская серия вблизи Томского надвига на Северо-Запад и вблизи Салаирского кряжа на юго-запад слагает зону интенсивной складчатости с линейными (местами опрокинутыми) складками с проявлением взбросов и надвигов, формирующих «чешуйчатые» структуры.

Кольчугинская серия (в центральной части синклинория) осложнена «гребневидной» складчатостью и зонами дробления в ее замковых частях. При этом юрские угленосные отложения представляют крупные пологие брахисинклинали.

Находясь в северной части Алтае-Саянской складчатой области, Кузнецкий

угольный бассейн в межгорной впадине представлен осадочными породами палеозойского, мезозойского и кайнозойского возраста. При этом угленосные толщи по возрасту охватывают достаточно длительный период их формирования — от среднего девона до юры, а наиболее продуктивные из них, имеющие мощность до 9 км, — от среднего девона до карбона-перми.

Примечательно, что обнажения на поверхность угленосных свит перми-карбона расположены квазиконцентрически: от более древних по возрасту по периферии (балахонская серия, нижние карбон-пермь) к более молодым (кольчугинская серия, верхняя пермь) к «центру», образуя крупный синклиниорий, вытянутый с юго — востока на северо-запад. Угленосные отложения юрского периода сохранились лишь в отдельных разбросанных мульдах.

К основным угленосным относятся Балаханская и Кольчугинская серии, а также Ерунаковская подсерия. К юрскому периоду относится Тарбаганская серия [14].

- Балахонская угленосная серия со средней мощностью 2300 м состоит из: остроградской подсерии (мощностью — 550 м, до четырех прослоев угля); нижнебалахонской подсерии (мощностью 900—980 м, мазуровская и алыкаевская свиты, два угольных пласта); верхнебалахонской подсерии (мощностью 700—1000 м, с промежуточной, ишановской и кемеровской свитами, содержит 4 пласта угля).

- Кольчугинская угленосная серия мощностью до 6000 м подразделяется на подсерии: кузнецкую слабоугольную мощностью 830—860 м (единичные угольные прослои), ильинскую с тонкими прослоями углей и подразделяющуюся на нижнюю казанково-маркинскую свиту мощностью 2200—2300 м и ускатскую свиту мощностью 450—480 м с

почти сорока пластами, а также прослоями угля (на западе мощность свиты составляет 900—950 м, при этом увеличиваются количество и мощность пластов).

- Ерунаковская подсерия имеет мощность до 2000 м и содержит от 5 до 10 пластов и прослоев угля. К востоку и юго-востоку ее мощность уменьшается в 1,5—2 раза, со снижением угленосности в 6—7 раз.

- Тарбанская серия имеет мощность до 1700 м, расчленяется на угленосные распадскую, абашевскую, осиновскую терсинскую свиты. Здесь содержатся пласты бурых и каменных углей — как в большинстве синклинальных структур Кузнецкой впадины.

Кольчугинская и балахонская серии являются основными угленосными толщами перми-карбона с пластами углей разного марочного состава: от длиннопламенных (Д) и антрацитов (А) до тощих (Т). В структурном отношении условия залегания угольных пластов значительно отличаются. Так, в северной части угольного бассейна они сжаты в виде крутых линейных складок, имеют многочисленные разрывные нарушения; в западной части — складки осложнены надвигами и взбросами; в центральной части — с характерными малонарушенными брахискладками; в южной части — образуют пологую моноклиналию. В целом, угленосные формации перекрыты прерывистыми и маломощными осадочными породами верхнемелового-кайнозойского возраста.

В пределах Кузнецкого угольного бассейна в отложениях пермо-карбонного возраста выделено 126 рабочих пластов, среди которых с мощностями: 1,3 м — 19; 1,3÷3,5 м — 43; 3,5÷10 м — 38; редко — до 20 — 30 м. В юрских отложениях (Тарбаганская серия) вскрыто 56 пластов (преобладает бурый уголь), из которых до 14 пластов имеют мощность 0,8—9 м. В угольных пластах этого

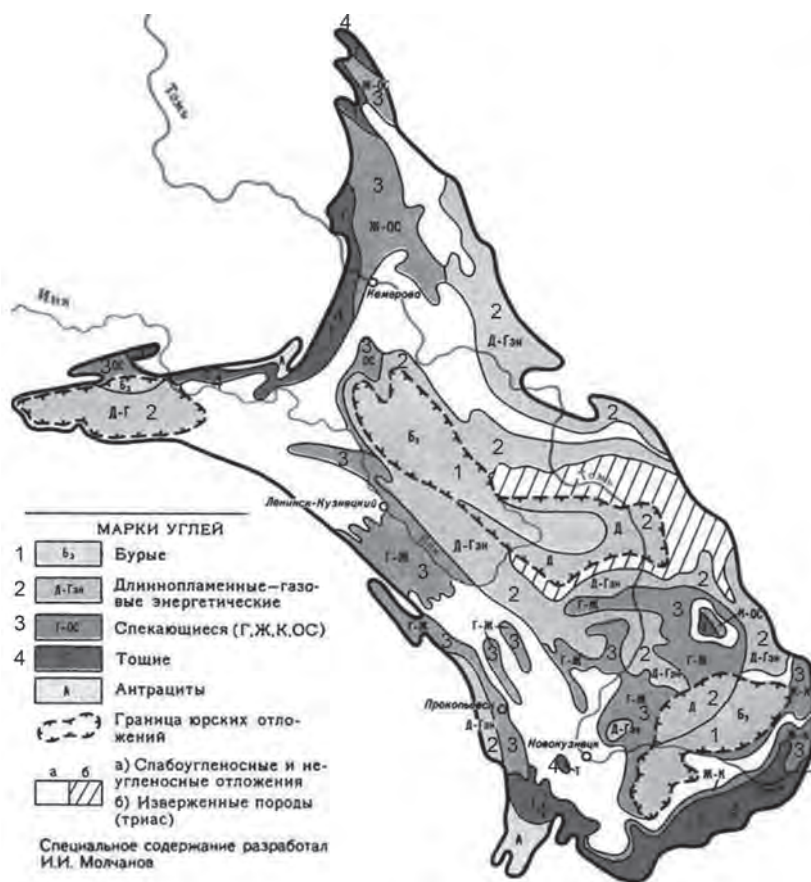


Рис. 4. Кузнецкий бассейн: распространение основных марок углей  
 Fig. 4. Kuznetsk Coal Basin: basic coal grades

бассейна в сорбированном состоянии содержится метан, прогнозные ресурсы которого оцениваются примерно в 13 трлн м<sup>3</sup>.

Угли используются как высококачественное энергетическое и химико-технологическое сырье. Они обладают такими значимыми для оценки их качества характеристиками, как (%): зольность — 7÷20; влажность — 5÷15; содержание серы — 0,4÷0,6; фосфора — до 0,12; выход летучих веществ — от 4 (антрациты) до 42 (длиннопламенные). Удельная теплота сгорания составляет 33,3–36,0 МДж/кг.

На рис. 4 представлена карта Кузнецкого угольного бассейна относительно распространенности углей по их

марочному составу [35]. Основные эксплуатационные горизонты Кузбасса по отработке угольных пластов приурочены к каменноугольной, пермской и юрским толщам с высокосортными каменными углями — от длиннопламенных до антрацитовых.

В Томь-Колыванской складчатой области находится Горловский каменноугольный бассейн (угленосные толщи карбона). Угленосностью обладают Минусинская и Тувинская впадины (соответственно, Черногорское и Улухемское месторождения). Согласно [37]:

- Общие ресурсы (по кондициям 1960 г.) составляют до глубины 1800 м — 524,4 млрд т; прогнозные — 417,2 млрд т.

- Распределение ресурсов по глубинам залегания пластов, %: до 300 м — 19; от 300 до 600 м — 23; от 600 до 1200 м — 36; от 1200 до 1800 м — 22.

- По своим мощностям продуктивные пласты распределяются в следующих отношениях, %: от 0,71 до 1,20 м — 16; от 1,21 до 3,5 м — 43; от 3,51 до 15 м — 40; более 15 м — около 1.

- По качественному составу (рис. 4) угли представлены в отношениях, %: каменные угли — 93,4; бурые угли — 4,2; антрациты — 2.

- По возрастному отношению, %: палеозойские угли (карбон, пермь) — 95; девонские — менее 1; юрские — около 5.

- Ресурсы коксующихся углей составляют 283,4 млрд т (54%). Из них на глубинах 600—1800 м представлено 2/3 ресурсов. Более 70% прогнозных ресурсов находится на глубинах более 600 м (20% — в интервале глубин 300—600 м).

- При этом для открытых технологий отработки месторождений пригодны 21,6 млрд т (из них 31% — коксующихся).

- Разведанные запасы составляют 89,9 млрд т (31,1 млрд т — бурые; 55,8 млрд т — каменные; 28,9 млрд т — коксующиеся). Запасы антрацитов оцениваются в 0,57 млрд т.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельников Н. Н., Опарин В. Н., Новопашин М. Д., Мамаев Ю. А., Яковлев В. Л. О фундаментальных проблемах освоения месторождений полезных ископаемых России и основных направлениях развития горных наук / Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды. — Новосибирск: ИГД СО РАН, 2007. — С. 5—24.

2. Опарин В. Н. и др. Деструкция земной коры и процессы самоорганизации в областях сильного техногенного воздействия / Отв. ред. Н. Н. Мельников. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. — 632 с.

3. Опарин В. Н., Сашурин А. Д., Кулаков Г. И., Леонтьев А. В., Назаров Л. А. и др. Современная геодинамика массива горных пород верхней части литосферы: истоки, параметры, воздействие на объекты недропользования / Отв. ред. М. Д. Новопашин. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. — 449 с.

4. Малышев Ю. Н., Трубецкой К. Н., Айруни А. Т. Фундаментально-прикладные методы решения проблемы угольных пластов. — М.: ИАГН, 2000. — 519 с.

5. Большая российская энциклопедия: В 30 Т. Т. 16. — М.: Изд-во «Большая Российская энциклопедия», 2010. — С. 256—257.

## Выводы

Таким образом, в данной части статьи на основе комплексного анализа современных достижений в области нелинейной геомеханики и геодинамики, данных о структурно-геологических, тектоно-магматических и горно-геологических данных по рудным и угольным месторождениям юга Западной Сибири, в том числе — с привлечением общей горно-геологической характеристики, петрофизических, механических, тепловых и иных свойств месторождений Кузнецкого угольного бассейна, показано: на протяжении минувших более 400 млн лет формирования территориально сопряженных угольных (Кузнецкий бассейн) и рудных (Горная Шория и Хакасия) месторождений юга Западной Сибири привело к значительному взаимному газодинамическому влиянию этих кластеров рудных и угольных месторождений.

Количественным оценкам проявившихся в отмеченных геологический период времени известных ныне тектоно-магматических эпох на структурные, физико-механические и иные свойства месторождений Кузнецкого угольного бассейна, в том числе — на особенности их кластеризации по газодинамической активности, посвящена заключительная (вторая) часть настоящей статьи.



6. Адушкин В. В., Опарин В. Н. От явления знакопеременной реакции горных пород на динамические воздействия — к волнам маятникового типа в напряженных геосредах // ФТПРПИ. — ч. I — 2012. — № 2. — С. 3–27; ч. II. — 2013. — № 2. — С. 3–46; ч. III. — 2014. — № 4. — С. 3–38; ч. IV. — 2016. — № 1. — С. 3–49.

7. Шемякин Е. И., Фисенко Г. Л., Курленя М. В., Опарин В. Н. и др. Эффект зональной дезинтеграции горных пород вокруг подземных выработок // ДАН. — 1986. — Т. 289. — № 5. — С. 1088–1094.

8. Шемякин Е. И., Курленя М. В., Опарин В. Н., Рева В. Н., Розенбаум М. А. Открытие № 400 СССР. Явление зональной дезинтеграции горных пород вокруг подземных выработок. Публ. в БИ. 1992. № 1.

9. Курленя М. В., Опарин В. Н., Ревуженко А. Ф., Шемякин Е. И. О некоторых особенностях реакции горных пород на взрывные воздействия в ближней зоне // ДАН. — 1987. — т. 293. — № 1. — С. 67–70.

10. Курленя М. В., Адушкин В. В., Опарин В. Н., Гарнов В. В., Ревуженко А. Ф., Спивак А. А. Знакопеременная реакция горных пород на динамическое воздействие // ДАН. — 1992. — т. 323. — № 2. — С. 263–269.

11. Курленя М. В., Опарин В. Н. Проблемы нелинейной геомеханики // ФТПРПИ. — ч. I. — 1999. — № 3. — С. 12–26; ч. II. — 2000. — № 4. — С. 3–26.

12. Курленя М. В., Опарин В. Н. Осцилляционная геодинамика и эффект «зависания» горных систем / Труды международной конференции «Геодинамика и напряженное состояние недр Земли». — Новосибирск: ИГД СО РАН, 2002. — С. 19–35.

13. Опарин В. Н. Геотехнологии будущего — геотехнологии «реакторного типа»: современные тенденции, научный задел, ключевые проблемы // Труды Всероссийской конференции с участием иностранных ученых «Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды» (9–12 окт. 2012 года, г. Новосибирск) — Новосибирск: ИГД СО РАН, 2012. — С. 5–19.

14. Российская угольная энциклопедия: в 3-х т. Т. 2. — М.-СПб.: Изд-во Санкт-Петербургской картографической фабрики ВСЕГЕИ, 2006. — 602 с.

15. Дубинин М. М. Поверхность и пористость адсорбентов // Успехи химии. — 1982. — Т. 51. — вып. 7. — С. 1065–1074.

16. Эттингер И. Л. Растворы метана в угольных пластах // Химия твердого топлива. — 1984. — № 4. — С. 28–35.

17. Кузнецов В. А. Основные этапы геотектонического развития юга Алтае-Саянской горной области // Труды Западно-Сибирского филиала АН СССР. — 1952. — Вып. 12. — С. 6–68.

18. Железорудные месторождения Алтае-Саянской горной области, т. 1, кн. 1. — М.: Изд-во АН СССР, 1958. — 331 с.

19. Язбутис Э. А. Таштагольско-Кочуринское рудное поле / Железорудное месторождение Алтае-Саянской горной области. Т. 1, кн. 2: Описание месторождения. — М.: Изд-во АН СССР, 1959. — С. 281–306.

20. Кузнецов В. А. Тектоническое районирование и основные черты эндогенной металлогении Горного Алтая / Вопросы геологии и металлогении Горного Алтая: Труды ИГГ СО АН СССР. — 1963. — Вып. 13. — С. 7–66.

21. Сурков В. С., Жеро О. Г., Уманцев Д. Ф. и др. Тектоника и глубинное строение Алтае-Саянской складчатой области. — М.: Недра, 1973. — 144 с.

22. Рудные месторождения СССР. т. 1. — М.: Недра, 1978. — 52 с.

23. Калугин А. С., Калугина Т. С., Иванов В. И. и др. Железорудные месторождения Сибири. — Новосибирск: Наука, 1981. — 238 с.

24. Смирнова М. Н. Основы геологии СССР. Учебник для студентов горн. и нефт. спец. вузов. 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 1984. — 384 с.

25. Геология угля и горючих сланцев СССР. Т. 5. Казахстан. — М.: Недра, 1972.

26. Газоносность угольных бассейнов и месторождений СССР. В 3 т. / Гл. ред. А.И. Кравцов. — М.: Недра, 1978–1980. — 1105 с.

27. Газоугольные бассейны России и мира / Под ред. В.Ф. Череповского. — М., 2002. — 249 с.

28. Опарин В. Н., Киряева Т. А. и др. Горно-экспериментальные исследования параметрических особенностей развития нелинейных геомеханических процессов и их опасных газодинамических следствий при подземной разработке угольных месторождений / Геомеханические поля и процессы: экспериментально-аналитические исследования формирования

и развития очаговых зон катастрофических событий в горно-технических и природных системах. Т. 1. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2018. — С. 468–770.

29. Полевщиков Г. Я. Динамические газопроявления при проведении подготовительных и вскрывающих выработок в угольных шахтах. — Кемерово: Институт угля и углехимии СО РАН, 2003. — 317 с.

30. Геолого-промышленная карта Кузнецкого бассейна, м-б 1:100 000 / Под ред. А. З. Юзвического. — Новосибирск: СНИИГГИМС, 2000. — 128 с.

31. Угольная база России. Т. 2. — М., 2003. — 604 с.

32. Киряева Т. А., Опарин В. Н. Патент № 2018620032. Стратиграфическое распределение ресурсов угля и метана в Кузбассе на 01.01.2010 г., 09.01.2018 г.

33. Киряева Т. А., Опарин В. Н. Патент № 2018620035. Каталог метаноносности углей Кузбасса, 09.01.2018 г.

34. Киряева Т. А., Опарин В. Н. Патент № 2018620036. Каталог внезапных выбросов угля и газа в Кузбассе, 09.01.2018 г.

35. Киряева Т. А., Опарин В. Н. Патент № 2018620264. Каталог метаноносности углей Кузбасса, 09.01.2018 г.

36. Опарин В. Н., Киряева Т. А., Потапов В. П. Разработка методов и моделей расчета сорбционной метаноёмкости углей на основе их физико-механических характеристик // ФТПРПИ. — 2017. — № 4. — С. 14–32.

37. Горная энциклопедия — сетевой ресурс. [https://gufo.me/dict/mining\\_encyclopedia/Кузнецкий\\_угольный\\_бассейн](https://gufo.me/dict/mining_encyclopedia/Кузнецкий_угольный_бассейн). **ГИАБ**

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Опарин Виктор Николаевич*<sup>1</sup> — член-корреспондент РАН,

доктор физико-математических наук, e-mail: oparin@misd.ru,

*Адушкин Виталий Васильевич*<sup>1,2</sup> — академик РАН,

*Киряева Татьяна Анатольевна*<sup>1</sup> — кандидат технических наук,

старший научный сотрудник,

*Потапов Вадим Петрович*<sup>1,3</sup> — доктор технических наук, профессор,

<sup>1</sup> Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН,

630091, Новосибирск, Россия,

<sup>2</sup> Институт динамики геосфер РАН, 119334, Москва, Россия,

<sup>3</sup> Институт вычислительных технологий СО РАН (Кемеровский филиал),

650025, Кемерово, Россия.

---

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2018. No. 9, pp. 5–24.

## **Regional clustering of coal fields in Kuzbass with respect to gas-dynamics activity. Geomechanical, structural-geological and tectonophysical framework**

*Oparin V.N.*<sup>1</sup>, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences,

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, e-mail: oparin@misd.ru,

*Adushkin V.V.*<sup>1,2</sup>, Academician of Russian Academy of Sciences,

*Kiryayeva T.A.*<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher,

*Potapov V.P.*<sup>1,3</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor,

<sup>1</sup> Chinalak Institute of Mining of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,

630091, Novosibirsk, Russia,

<sup>2</sup> Institute of Geosphere Dynamics of Russian Academy of Sciences,

119334, Moscow, Russia,

<sup>3</sup> Institute of computer technology, Kemerovo branch, S

iberian Branch of Russian Academy

of Sciences, 650025, Kemerovo, Russia.

**Abstract.** This part of the article, for the first time, formulates and justifies a major methodological problem on possible mutual geomechanical and tectonophysical effect of closely spaced organic and inorganic deposits in terms of the integrated analysis of structural geology, tectonics, magmatism and other characteristics of the Kuznetsk Coal Basin and iron ore province of Gornaya Shoria and Khakassia. In this part of the article, the spotlight is on advances in nonlinear geomechanics and objectives of theoretical and experimental examination of selected subsoil subjects in Siberia. The ordered data on structural geology, tectonics, magmatism and ground conditions of such subjects are presented.

**Key words:** oscillation geodynamics, nonlinear geomechanics, tectonic–magmatic ages, mutual effect of ore deposits and coal fields, ground conditions, Altai–Sayan folded area, Gornaya Shoria, Khakassia, Kuznetsk Coal Basin (Kuzbass), physical-and-mechanical and petrographical properties, rock mass.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-9-0-5-24

## ACKNOWLEDGEMENTS

The work is executed at financial support of Russian Scientific Foundation (project No. 17-17-01282).

## REFERENCES

1. Mel'nikov N.N., Oparin V.N., Novopashin M.D., Mamaev Yu.A., Yakovlev V.L. O fundamental'nykh problemakh osvoeniya mestorozhdenij poleznykh iskopaemykh Rossii i osnovnykh napravleniyakh razvitiya gornykh nauk [Fundamental problems of mineral mining in Russia and primary trends in mining sciences]. *Fundamental'nye problemy formirovaniya tekhnogennoj geosredy*. Novosibirsk, IGD SO RAN, 2007, pp. 5–24.
2. Oparin V.N. *Destrukciya zemnoj kory i processy samoorganizacii v oblastiakh sil'nogo tekhnogenogo vozdejstviya* [Destruction and self-organization of the Earth's crust areas under heavy anthropogenic impact], Novosibirsk, Izd-vo SO RAN, 2012, 632 p.
3. Oparin V.N., Sashurin A.D., Kulakov G.I., Leont'ev A.V., Nazarov L.A. *Sovremennaya geodinamika massiva gornykh porod verhnjej chasti litosfery: istoki, parametry, vozdejstvie na ob'ekty nedropol'zovaniya* [Modern geodynamics of the upper lithosphere: Sources, parameters, impact], Novosibirsk, Izd-vo SO RAN, 2008, 449 p.
4. Malyshev Yu.N., Trubeckoy K.N., Ayruni A.T. *Fundamental'no-prikladnye metody resheniya problemy ugol'nykh plastov* [Fundamental and applied methods of solving problem of coal seams], Moscow, IAGN, 2000, 519 p.
5. *Bol'shaya rossijskaya ehnciklopediya*: T. 16 [Great Russian Encyclopedia: vol. 16], Moscow, Izd-vo «Bol'shaya Rossijskaya ehnciklopediya», 2010, pp. 256–257.
6. Adushkin V.V., Oparin V.N. Ot yavleniya znakoperemennoj reakcii gornykh porod na dinamicheskie vozdejstviya k volnam mayatnikovogo tipa v napryazhennykh geosredakh [From alternating rock mass response to dynamic effects to pendulum waves in high-stress geomedial]. *Fiziko-tekhnicheskiye problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh*. part I 2012, no 2, pp. 3–27; part II. 2013, no 2, pp. 3–46; part III. 2014, no 4, pp. 3–38; part IV. 2016, no 1, pp. 3–49. [In Russ].
7. Shemyakin E.I., Fisenko G.L., Kurlenya M.V., Oparin V.N. Effekt zonal'noj dezintegracii gornykh porod vokrug podzemnykh vyrabotok [Phenomenon of zonal disintegration of enclosing rock mass around underground openings]. *Doklady Akademii nauk*. 1986, vol. 289, no 5, pp. 1088–1094. [In Russ].
8. Spemyakin E.I., Kurlenya M.V., Oparin V.N., Reva V.N., Rozenbaum M.A. *Discovery No. 400 of the USSR*. Yavlenie zonal'noj dezintegracii gornykh porod vokrug podzemnykh vyrabotok, 1992.
9. Kurlenya M.V., Oparin V.N., Revuzhenko A.F., Shemyakin E.I. O nekotorykh osobennostyakh reakcii gornykh porod na vzryvnye vozdejstviya v blizhnej zone [Some features of rock mass response to near-range blasting]. *Doklady Akademii nauk*. 1987, vol. 293, no 1, pp. 67–70. [In Russ].
10. Kurlenya M.V., Adushkin V.V., Oparin V.N., Garnov V.V., Revuzhenko A.F., Spivak A.A. Znakoperennaya reakciya gornykh porod na dinamicheskoe vozdejstvie [Alternating response of rocks to dynamic effects]. *Doklady Akademii nauk*. 1992, vol. 323, no 2, pp. 263–269. [In Russ].
11. Kurlenya M.V., Oparin V.N. Problemy nelineynoy geomekhaniki [Nonlinear geomechanics problems]. *Fiziko-tekhnicheskiye problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh*. part I. 1999, no 3, pp. 12–26; part II. 2000, no 4, pp. 3–26. [In Russ].
12. Kurlenya M.V., Oparin V.N. Ostsillyatsionnaya geodinamika i effekt «zavisaniya» gornykh sistem [Oscillation geodynamics and rock mass «bridging» phenomenon]. *Trudy mezhdunarodnoy konferentsii «Geodinamika i napryazhennoe sostoyanie nedr Zemli»*. Novosibirsk, IGD SO RAN, 2002, pp. 19–35. [In Russ].
13. Oparin V.N. Geotekhnologii budushchego geotekhnologii «reaktornogo tipa»: sovremennye tendentsii, nauchnyy zadel, klyuchevye problemy [Reactor-type geotechnologies of the future: Modern trends, scien-

tific background and key problems]. *Trudy Vserossiyskoy konferentsii s uchastiem inostrannykh uchenykh «Fundamental'nye problemy formirovaniya tekhnogennoy geosredy»*, 9–12 October, 2012, Novosibirsk, Russia), Novosibirsk, IGD SO RAN, 2012, pp. 5–19.

14. Rossiyskaya ugol'naya entsiklopediya: T. 2. [Russian Coal Encyclopedia, vol. 2], Moscow–Saint-Petersburg, 2006, 602 p.

15. Dubinin M. M. Poverkhnost' i poristost' adsorbentov [Surface and porosity of adsorbents]. *Uspekhi khimii*. 1982, vol. 51, issue 7, pp. 1065–1074. [In Russ].

16. Ettinger I. L. Rastvory metana v ugol'nykh plastakh [Solutions of methane in coal seams]. *Khimiya tverdogo topliva*. 1984, no 4, pp. 28–35. [In Russ].

17. Kuznetsov V. A. Osnovnye etapy geotektonicheskogo razvitiya yuga Altae-Sayanskoy gornoy oblasti [Basic stages of geotectonics development in the south of Altai–Sayan folded area]. *Trudy Zapadno-Sibirskogo filiala AN SSSR*. 1952, issue 12, pp. 6–68.

18. *Zhelezorudnye mestorozhdeniya Altae-Sayanskoy gornoy oblasti* [Iron ore deposits in Altai–Sayan folded area], vol. 1, book 1, Moscow, Izd-vo AN SSSR, 1958, 331 p.

19. Yazbutis E. A. Tashtagol'sko-Kochurinskoe rudnoe pole [Tashtagol–Kochurin ore province]. *Zhelezorudnye mestorozhdeniya Altae-Sayanskoy gornoy oblasti*, vol. 1, book 2, Moscow, Izd-vo AN SSSR, 1959, pp. 281–306.

20. Kuznetsov V. A. Tektonicheskoe rayonirovanie i osnovnye cherty endogennoy metallogenii Gornogo Altaya [Tectonic zoning and essentials of endogenous metallogeny in the territory of the Altai Mountains]. *Voprosy geologii i metallogenii Gornogo Altaya: Trudy IGG SO AN SSSR*. 1963, issue 13, pp. 7–66.

21. Surkov V. S., Zhero O. G., Umantsev D. F. Tektonika i glubinnoe stroenie Altae-Sayanskoy skladchatoy oblasti [Tectonics and deep-level structure of Altai–Sayan folded area], Moscow, Nedra, 1973, 144 p.

22. *Rudnye mestorozhdeniya SSSR*, t. 1 [Ore deposits in the USSR, vol. 1], Moscow, Nedra, 1978, 52 p.

23. Kalugin A. S., Kalugina T. S., Ivanov V. I. *Zhelezorudnye mestorozhdeniya Sibiri* [Iron ore deposits of Siberia], Novosibirsk, Nauka, 1981, 238 p.

24. Smirnova M. N. *Osnovy geologii SSSR*. Uchebnik, 3-e izd. [Basic geology of the USSR. Textbook, 3rd edition], Moscow, Vysshaya shkola, 1984, 384 p.

25. *Geologiya uglia i goryuchikh slantsev SSSR*. T. 5. Kazakhstan [Geology of coal and oil shale in the USSR, vol. 5. Kazakhstan], Moscow, Nedra, 1972.

26. *Gazonosnost' ugol'nykh basseynov i mestorozhdeniy SSSR*. Pod red. A. I. Kravtsova [Gas content of coal basins in the USSR. Kravtsov A. I. (Ed.)], Moscow, Nedra, 1978–1980, 1105 p.

27. *Gazougol'nye basseyny Rossii i mira*. Pod red. V. F. Cherepovskogo [Gassy coal basins in Russia and in the world. Cherepovskiy V. F. (Ed.)], Moscow, 2002, 249 p.

28. Oparin V. N., Kiryaeva T. A. Gorno-eksperimental'nye issledovaniya parametricheskikh osobennostey razvitiya nelineynykh geomekhanicheskikh protsessov i ikh opasnykh gazodinamicheskikh sledstviy pri podzemnoy razrabotke ugol'nykh mestorozhdeniy [Experimental mine-scale research into parametric features of nonlinear geomechanical processes and their hazardous gas-dynamic aftereffects in underground coal mining]. *Geomekhanicheskie polya i protsessy: eksperimental'no-analiticheskie issledovaniya formirovaniya i razvitiya ochagovykh zon katastroficheskikh sobytij v gorno-tekhnicheskikh i prirodnykh sistemakh*. Vol. 1. Novosibirsk, Izd-vo SO RAN, 2018, pp. 468–770.

29. Polevshchikov G. Ya. Dinamicheskie gazoprovyavleniya pri provedenii podgotovitel'nykh i vskryvayushchikh vyrabotok v ugol'nykh shakhtakh [Gas-dynamic phenomena in access and preparatory heading in coal mines], Kemerovo, Institut uglia i uglekhimii SO RAN, 2003, 317 p.

30. *Geologo-promyshlennaya karta Kuznetskogo basseyna, m-b 1:100 000*. Pod red. A. Z. Yuzvitskogo [Industrial–geological map of the Kuznetsk Coal Basin, Scale 1:100 000. Yuzvitskiy A. Z. (Ed.)], Novosibirsk, SNIIGGIMS, 2000, 128 p.

31. *Ugol'naya baza Rossii*. T. 2 [Coal reserves of Russia. Vol. 2], Moscow, 2003, 604 p.

32. Kiryaeva T. A., Oparin V. N. *Patent RU 2018620032*, 09.01.2018.

33. Kiryaeva T. A., Oparin V. N. *Patent RU 2018620035*, 09.01.2018.

34. Kiryaeva T. A., Oparin V. N. *Patent RU 2018620036*, 09.01.2018.

35. Kiryaeva T. A., Oparin V. N. *Patent RU 2018620264*, 09.01.2018.

36. Oparin V. N., Kiryaeva T. A., Potapov V. P. Razrabotka metodov i modeley rascheta sorbtionnoy metanoemkosti uglia na osnove ikh fiziko-mekhanicheskikh kharakteristik [Development of methods and models for calculating methane sorption capacity based on physical and mechanical characteristics of coal]. *Fiziko-tekhnicheskiye problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh*. 2017, no 4, pp. 14–32. [In Russ].

37. *Gornaya entsiklopediya setevoy resurs*. [https://gufo.me/dict/mining\\_encyclopedia/Кузнецкий\\_угольный\\_бассейн](https://gufo.me/dict/mining_encyclopedia/Кузнецкий_угольный_бассейн).