© Т.И. Чамкина, 2008

УДК 628.4.038:502/504

Т.И. Чамкина

ВЛИЯНИЕ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КУЗБАССА

Семинар № 8

Исторически сложилось, что в Кемеровской области развивались высокоэнергетические отрасли промышленности, которые и составляют экономический потенциал области: электроэнергетика, добыча и переработка угля, металлургия и химическая промышленность.

Более 70 % продукции приходится на топливную и металлургическую промышленность (рис. 1). Основной объем выпуска промышленной продукции (94 %) приходится на долю крупных и средних предприятий.

Основу промышленного комплекса области составляет *угольная промышленность*.

Объем добычи угля постоянно возрастает и за 2005 год добыто 168,2 млн т угля. Объем добычи бурого угля составил 315 тыс. т (99,7 % к уровню 2004 года). Добыча угля возросла, в основном, на угледобывающих предприятиях городов: Анжеро-Судженск, Белово, Калтан, Киселевск, Ленинск-Кузнецкий, Осинники, Полысаево, Прокопьевск и районов: Беловский, Гурьевский, Крапивинский, Новокузнецкий, Прокопьевский, Тисульский.

Ведущим способом добычи угля остается подземный. Открытый способ обладает более высокой производительностью и низкой себестоимостью угля. Доля добычи угля экономичным открытым способом составила 53,2 % (в 2004 году – 52,5 %).

Угольные предприятия представляют собой комплексный источник воздействия на окружающую среду. Предприятия воздействуют на все компоненты окружающей среды и характеризуются разнообразием характера воздействия и состава загрязняющих веществ. Специфика влияния конкретного горного предприятия на окружающую среду обусловлена геолого-геохимическими особенностями месторождения и применяемой техникой и технологией для его разработки.

К числу важнейших отраслей тяжелой индустрии относится *черная и цветная металлургия* – вторая по значению отрасль Кемеровской области. Более 30 % промышленного производства области приходится на предприятия металлургического комплекса.

На территории Кемеровской области в 2004 году осуществляло производственную деятельность 26 предприятий металлургической промышленности, из них 19 предприятий черной металлургии, 7 предприятий цветной металлургии.

Предприятия металлургии также оказывают комплексное воздействие на окружающую природную среду.

Предприятия энергетического комплекса обеспечивают жизнедеятельность всех отраслей народного хозяйства и

Рис. 1. Структура производства промышленной продукции по отраслям экономики Кузбасса в 2004 г.

расположены в непосредственной близости от своих потребителей – предприятий черной и цветной металлургии, угольной промышленности и железнодорожного транспорта. К наиболее крупным предприятиям относятся 8 теплоэлектростанций ОАО «Кузбассэнерго», из которых 3 расположены в г. Кемерово, 2 – в г. Новокузнецк, и по 1 – в городах Белово, Мыски, Калтан. Эта отрасль в большей части оказывает влияние на воздушную и водную среду.

Химическая промышленность занимает пятое место по удельному весу продукции в общем объеме производства после черной металлургии, топливной промышленности, электроэнергетики и машиностроения; на её долю приходится 6 % продукции, производимой в области. В Кемеровской области выпускается более сотни наименований химической продукции.

Большинство предприятий химической промышленности расположены либо в экологически перегруженных промузлах, либо в непосредственной близости от жилой застройки. Уровень воздействия предприятий отрасли на окружающую среду характеризуется большими объемами и высокой токсичностью выбросов вредных веществ в атмосферный воздух.

Промышленные источники загрязнения анализируются по отраслям промышленности и по загрязняющим (вредным) веществам.

Использование и охрана атмосферного воздуха

Общая масса выброса вредных веществ в атмосферу области за 2005 год

составила 1676,333 тыс. т, в том числе от стационарных источников 1339,598 тыс. т.

Анализ уровня загрязнения атмосферного воздуха по Кемеровской области показал, что выбросы диоксида серы, диоксида азота, оксидов углерода, твердых веществ и углеводородов являются основными загрязнителями атмосферного воздуха и составляют 1655,9 тыс. т или 98,8 % от общей массы зарегистрированных выбросов.

Наиболее высокая степень улавливания загрязняющих веществ отмечается на предприятиях энергетики, химической промышленности и в производстве строительных материалов. Низкая степень улавливания загрязняющих веществ выявлена в угольной промышленности и на отопительных котельных.

Фактически в атмосферу области поступает без очистки 22 % загрязняющих веществ от общего количества отходящих от всех источников загрязнения. Общий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников отраслей экономики в период с 2001 по 2005 год приведен в табл. 1.

Исходя из проведённых исследований, можно сделать вывод о том, что особенно сильное воздействие на атмосферный воздух оказывают предприятия по добыче полезных ископаемых, по производству, передаче и распределению электроэнергии, а так же обрабатывающие производства такие как: производство кокса, химическое и металлургическое производство (рис. 2, табл. 2). В связи с ежегодным ростом количественного состава автотранспортных средств соответственно увеличиваются также и выбросы загрязняющих веществ от выхлопных газов автотранспорта.

Угольная промышленность занимает лидирующую позицию среди основных источников загрязнения атмосферного воздуха. Её доля в общем объёме выбросов вредных веществ в атмосферу составляет более 40 % при сравнительно низкой эффективности работы газоочистного оборудования в 43,3 % и тенденцией к росту выбросов вредных веществ в атмосферу.

Металлургическая и химическая промышленности занимают 2-е и 4-е места в загрязнении воздушной среды Кузбасса. Надо отметить весьма высокую степень очистки этими отраслями отходящих газов (особенно предприятиями химической промышленности) и тенденцию к снижению объёмов выбросов.

Электроэнергетика, несмотря на тенденцию к снижению объёмов выбросов и сравнительно высокую эффективность очистки отходящих газов, не укладывается в установленные нормативы ПДВ (для некоторых предприятий эти нормативы приравнены к нулю, но они продолжают производить выбросы вредных веществ в атмосферу).

При рассмотрении влияния отраслей экономики на атмосферный воздух Кузбасса нельзя не упомянуть такую непромышленную отрасль, как ЖКХ. Эффективность работы газоочистного оборудования в этой сфере оставляет желать лучшего, в связи с чем нормативы ПДВ превышаются почти в 2 раза и после некоторой стабилизации в динамике объёмов выбросов снова наличествует их рост.

Высокий уровень загрязнения от промышленности объясняется, прежде всего, тем, что значительная эксплуатируемая часть технологического оборудования не отвечает современным экологическим требованиям и она не получает должного обслуживания, а

также низок уровень оснащения промышленных производств современными очистными установками.

Таблица 1.

Динамика выбросов вредных веществ от основных отраслей экономики, тыс. т

Наименование отрасли	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.
Угольная	475,56	466,26	480,71	485,822	590,907
Металлургия	413,01	386,84	378,08	359,033	359,042
Электроэнергетика	188,08	203,34	196,53	179,135	174,123
Химическая	6,39	7,65	8,34	7,914	8,472
ЖКХ	129,48	97,24	101,28	98,858	107,124
Другие отрасли	112,34	80,95	76,28	81,858	99,93
Итого от стацио-нарных источников	***1 324,86***	***1 242,28***	***1 241,22***	***1 212,62***	***1 339,598***
От передвижных источников	*290,47*	*303,88*	*303,93*	*321,54*	*336,735*
Всего по области	**1 615,33**	**1 546,16**	**1 545,15**	**1 534,16**	**1 676,333**

Таблица 2.

Сводные данные по влиянию отраслей экономики на воздушную среду Кузбасса (2005 г.)

№ п/п	Наименование от-расли	Доля в общем объ-ёме произ-водства продук-ции, %	Доля в общем объёме выбросов вредных веществ в атмосферу, %	Эффектив-ность работы газоочи-стного оборудо-вания, %	Объём выбро-сов относи-тельно ПДВ, %	Тенденция в динамике выбросов вредных веществ в атмосферу за 2000-2005 гг. (рис.3)
1	Угольная промыш-ленность	30,2	44,1	43,3	96,2	↑
2	Металлургия	44	26,8	78,3	99,4	↓
3	Электроэнергетика	11,6	13,0	93,0	118,4	↓
4	Химическая про-мышленность	2,9	0,6	90,5	85,9	↓
5	Прочие	11,3	7,5	-	-	↑
6	ЖКХ	-	8,0	7,2	175,2	↑

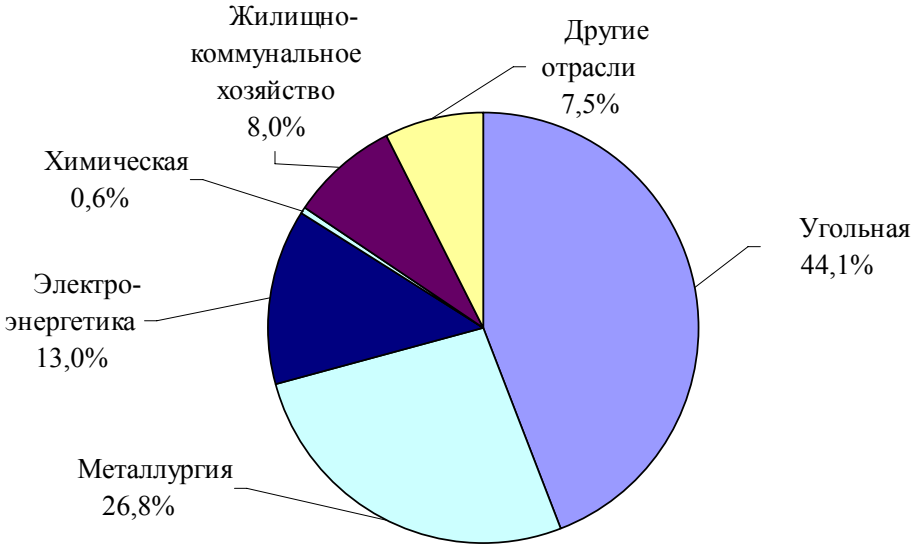

Рис. 2. ***Вклад основных отраслей экономики в суммарный объём выбросов вредных веществ в атмосферу Кемеровской области в 2005 г.***

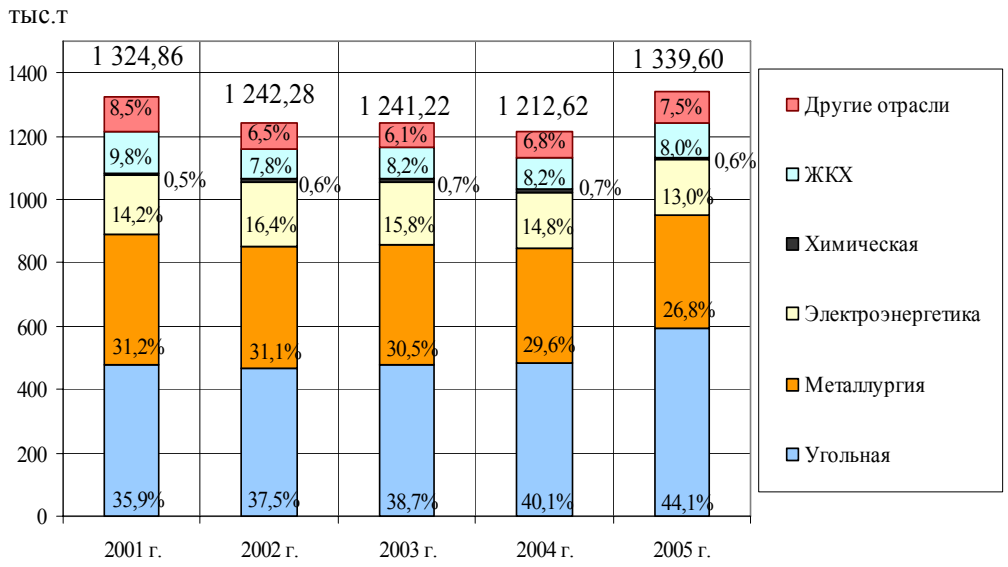

Рис. 3. Динамика выбросов вредных веществ в атмосферу основными отраслями Кемеровской области за 2001-2005 гг.

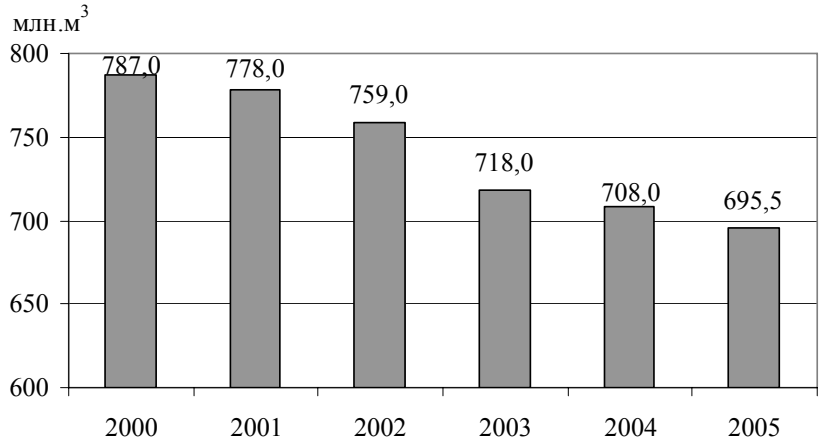

Рис. 4. Динамика сброса загрязненных сточных вод за период 2000 - 2005 гг.

Использование и охрана водных ресурсов

Около 600 предприятий области используют водные объекты в самых разнообразных технологических процессах, оказывают негативное воздействие на состояние водных объектов, особенно в их загрязнении жидкими и твердыми отходами.

Общий забор свежей воды из природных водных источников для нужд населения и предприятий-водопользователей в 2005 году составил 2 402,46 млн м³, что на 85,17 млн м³ больше по отношению к 2004 году, из них 1978,59 млн м^3 (82,3 %) – из поверхностных водных источников, 423,87 млн м^3 – из подземных.

Общий объем использования свежей воды по сравнению с 2004 годом увеличился на 115,096 млн м³ и составил 2 069,325 млн м³. Коэффициент использования воды составил 86,13 % от забора свежей воды (объём забора воды из всех источников составил 2 402,46 млн м³). наибольший объём водных ресурсов идёт на удовлетворение производственных нужд (80 %), почти 16 % – на хозяйственно-питьевые нужды.

На территории Кемеровской области расположено 488 предприятий- водопользователей, из которых 232 имеют самостоятельные выпуски сточных вод в природные поверхностные водные объекты.

Водоотведение загрязненных вод составляет почти 38 % от общего количества сбрасываемых вод. Подвергается очистке только около 24 %, от общего количества загрязненных вод. Как правило, воды не очищаются до нормативно-чистых и часто сбрасываются без очистки.

Суммарное водоотведение загрязнённых вод (без очистки, недостаточно очищенных) сократилось на 12,53 млн м³ по отношению к 2004 году и составило 695,49 млн м³. Следует отметить, что в последние годы наблюдается положительная тенденция ежегодного уменьшения объема сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты (рис. 4).

Основное количество сточных вод поступает от предприятий жилищно-коммунального хозяйства (36 %) и промышленности (около 60 %) (рис. 5). Большую угрозу качеству воды представляют животноводческие комплексы,

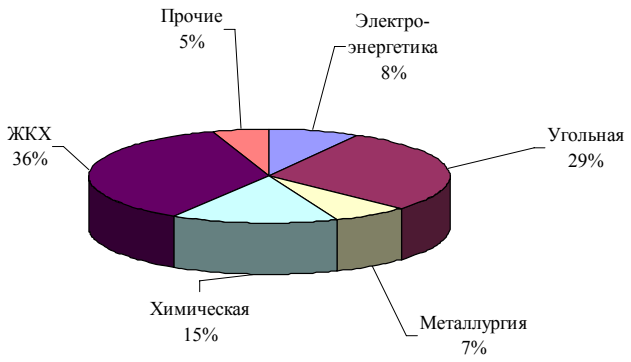

Рис. 5. Доля отраслей экономики в общем объёме сброса загрязненных сточных вод

так как утилизация и очистка отходов представляет сложную экологическую проблему.

На территории Кемеровской области практически все очистные сооружения канализации не обеспечивают нормативную степень очистки, в основном, ввиду финансирования природоохранных статей расхода по остаточному принципу, отсутствия квалифицированного эксплуатирующего персонала, бесконечной смены собственников. Это приводит не только к нерациональному использованию водных ресурсов, но и к значительному вредному воздействию на окружающую природную среду и водный фонд в частности.

Для угольных предприятий характерен отказ от использования реагентной очистки шахтно-рудничных сточных вод на существующих и на проектируемых очистных сооружениях (например, шахта «Березовская» в г. Березовский). В результате ужесточения требований территориального федерального органа исполнительной власти в области управления использованием и охраной водного фонда к очистке сточных вод предприятий угольной промышленности в 2005 году наметилась положительная тенденция.

Проведённый анализ свидетельствует о том, что основными источниками негативного воздействия на водную среду Кемеровской области остаются предприятия угольной, металлургической, химической промышленности, предприятия электроэнергетики (табл. 3).

Влияние угольной промышленности на водную среду Кузбасса остаётся наиболее негативным: несмотря на сравнительно небольшую долю забора свежей воды (11,5 %), предприя-тиями сбрасывается 27 % от общего сброса загрязнённых сточных вод по области, и тенденции к снижению данного воздействия не предвидится.

Электроэнергетика при наибольшем участии в заборе свежей воды (65,5 %) использует также наибольший объём вод, но в общем объёме сброса загрязнённых вод имеет наименьшую долю (8 %).

Необходимо отметить, что доля предприятий ЖКХ в общем объёме сброса загрязнённых сточных вод составляет максимальное значение (36 %) и имеет тенденцию к росту.

Основным проблемным вопросом в области водопользования является отсутствие очистных сооружений ливневых стоков. Также проблемой водопользования в некоторых районах, например, в Новокузнецком районе, является обеспечение населения водой хозяйственно-питьевого назначения. Открытыми горными работами уничтожен ряд малых рек. Кроме того, объемы отбора воды из поверхностных водных объектов и пи-

Таблица 3

Сводные данные по влиянию отраслей экономики на водную среду Кузбасса (2005 г.)

№ п/п	Наименова-ние отрасли	Доля в общем объёме производства продукции, %	Доля отраслей экономики в общем заборе воды, %	Доля отраслей экономики в общем объёме использования водных ресурсов, %	Доля в общем объёме сброса загрязнённых сточных вод, %	Тенденция в динамике объёмов сброса загрязнённых вод
1	Угольная промышленность	30,2	11,5	3,1	27	↑
2	Химическая промышленность	2,9	2,7	2,5	15	↑
3	Металлургия	44	1,4	2,7	9	↓
4	Электроэнергетика	11,6	65,5	74,7	8	↑
5	ЖКХ	-	17,1	14,9	36	↓
6	Прочие	11,3	1,8	2,1	5	↑

тающих их пойменных песчано-галечниковых отложений достигли таких масштабов, что водные объекты утратили способность к самоочищению, а поддержание их водности обеспечивается за счет загрязненных ливневых, производственных и хозяйственных бытовых стоков.

Увеличение объёма отведения сточных вод и массы загрязняющих веществ чаще всего связано в большей степени с увеличением шахтного и карьерного водоотлива на предприятиях угледобывающей промышленности, за счет развития горных работ. На ряде предприятий остается низкой эффективность действующих водоочистных сооружений, многие очистные сооружения не отвечают современным требованиям. В связи с низкой эффективностью работы очистных сооружений большой объём хозяйственно-бытовых сточных вод сбрасывается практически неочищенными.

Многие гидротехнические сооружения находятся в аварийном состоянии, что не позволяет обеспечить безопасную их эксплуатацию, особенно в период прохождения паводков.

Использование и охрана земельных ресурсов

Земельные ресурсы России являются одним из основных её национальных богатств, поэтому решение проблем их сохранения и рационального использования входят в число приоритетных направлений государственной и региональной политики.

Разработка месторождений полезных ископаемых, особенно при открытом способе их добычи, приводит к разрушению природной среды. Изменяется количественный и качественный состав земельного фонда, происходит деформирование и загрязнение прилегающей территории и связанное с этим изменение ландшафта, гидрологии рек, загрязнение атмосферного воздуха.

За 2005 год нарушено 933 га земель, в том числе при разработке

Таблица 4

Распределение земельного фонда Кемеровской области по категориям (на конец года, тыс.га)

Наименование	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.
Всего земель	**9 572,5**	**9 572,5**	**9 572,5**	**9 572,5**	**9 572,5**
в том числе: земли сельскохозяйственного назначения	3 539,7	3 491,4	2 602,4	2 633,8	2 634,7
земли поселений	380,4	380,5	380,3	380,3	380,3
земли промышленности, транспорта, связи, телевидения, радиовещания и иного назначения	142,0	140,7	134,7	133,1	132,7
земли особо охраняемых территорий	404,7	404,7	404,9	404,9	404,9
земли лесного фонда	4 766,3	4 766,5	5 758,4	5 758,9	5 759,5
земли водного фонда	26,8	26,8	26,8	26,8	26,8
земли запаса	312,6	361,9	265,0	234,7	233,6

Таблица 5

Площадь нарушенных, отработанных и рекультивированных земель, га

Годы	Нарушено земель	Отработано земель	Рекультивировано земель	В том числе рекультивировано под			
				сельскохозяйственные угодья	из них под пашню	лесные насаждения	водоемы и другие цели
2001	800	477	589	129	1	290	170
2002	1416	762	1358	93	-	366	899
2003	1492	1917	2251	52	-	1752	447
2004	660	1870	1316	78	35	950	288
2005	933	590	908	362	165	491	55

полезных ископаемых - 843 га, при строительстве - 90 га. Отработано в 2005 году 590 га; снято 932 тыс. м³ и использовано 496 тыс. м³ плодородного слоя почвы, в том числе: на рекультивацию 393 тыс. м³, для других целей 103 тыс. м³; заскладировано 8 421 тыс. м³ плодородного слоя почвы (табл. 5).

Рекультивация промышленных (техногенных) территорий является неотъемлемой частью угледобычи, что подразумевает собственно восстановление почвенного покрова. Для этого во время вскрышных работ предусматривается сохранение плодородного слоя почвы с последующим нанесением его на поверхность отвалов горных пород. Как нарушение почвенного покрова, так и рекультивация земель, в основном, проводится предприятиями угольной промышленности.

Для снижения сложившегося высокого уровня антропогенной нагрузки на земельные ресурсы и предотвращения негативных процессов в использовании земель необходима целенаправленная

работа по оценке, сохранению и воспроизводству земельных ресурсов. Принятию решения в данной области должен предшествовать анализ разносторонних и регулярно обновляемых данных о состоянии земель и динамике развития негативных процессов. Все это определяет необходимость регионального мониторинга земель, то есть системы наблюдений за состоянием земельного фонда, своевременного выявления негативных процессов и оценок их последствий.

В последние десятилетия ускоренными темпами возрастают антропогенные нагрузки на земельные ресурсы. К наиболее значительным факторам, снижающим продуктивность земель, относятся: высокий уровень распаханности с включением в производство малопроизводительных земель, сведение лесов, разведка и добыча полезных ископаемых, техногенные выбросы, урбанизация территорий и т.д. Эти факторы определяют развитие негативных процессов: снижения содержания гумуса, ветровой и водной эрозии, загрязнения почв и водоёмов нитритами, пестицидами, тяжелыми металлами, радионуклидами, подтоплению и затоплению земель.

Подводя итог, необходимо отметить, что на земельные ресурсы наибольшее влияние оказывает добывающая промышленность Кузбасса, в том числе и угольная. Но следует помнить, что именно эта отрасль является основополагающей для экономики области. Из чего можно сделать вывод о негативном (хотя и опосредованном) влиянии на земельные ресурсы всех отраслей промышленности региона.

Использование полезных ископаемых и состояние недр

Стратегически важным полезным ископаемым для Кемеровской области является каменный уголь. Сегодня на долю Кузбасса приходится 56% добычи каменных углей в России, около 80 % от добычи всех коксующихся углей, а по целой группе марок особо ценных коксующихся углей – 100 %. Кроме того, сегодня Кузбасс для России это: более 13 % чугуна и стали, 23 % сортового стального проката, более 11 % алюминия и 19 % кокса, 55 % ферросилиция.

Из цветных металлов преобладают запасы золота (балансовые запасы разведанных россыпных месторождений - сотни млн м^3), полиметаллических руд (цинк, свинец, серебро, золото), нерудного сырья (известняки, доломиты, кварциты, огнеупорные глины, формовочные пески, вермикулит, асбест, тальк, базальт и др.).

Но основу промышленного комплекса области составляет угольная промышленность. Общее количество шахт и разрезов составляет 130 единиц, из них ведут добычу 89 (52 шахты и 37 разрезов). Общие геологические запасы каменного угля до глубины 1800 м оцениваются в 527,5 млрд т, бурого угля до глубины 600 м – в 97,7 млрд т, железной руды – в 4,8 млрд т, торфа-сырца – в 222,5 млн т.

За 2004 год добыто 156 млн т угля, что на 12 млн т больше, чем за 2003 г., а в 2005 г. Кузбасс достиг рекордного уровня добычи угля – 168,2 млн т. Добыча возросла в городах Березовский, Калтан, Кемерово, Киселевске, Междуреченске, Мыски, Полысаево и Беловском, Крапивинском, Новокузнецком, Прокопьевском, Тисульском районах.

Доля добычи угля экономичным открытым способом составила 53,2 % (в 2004 году – 52,5 %). Основными потребителями кузбасского угля являются предприятия металлургической

Таблица 6

Динамика извлечения основных видов полезных ископаемых при добыче (% от погашаемых запасов)

Наименование полезного ископаемого	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Уголь каменный	87,0	86,5	86,6	85,9	85,0	84,0	84,0	85,5	85,0	84,0
Уголь бурый	96,7	96,2	96,6	96,0	95,8	93,4	93,5	94,6	94,6	94,6
Золото	95,7	95,3	95,4	93,9	95,2	94,8	93,7	93,6	98,5	97,6
Серебро	90,5	85,0	91,1	90,9	93,2	93,2	92,2	93,2	96,9	97,5
Цинк	85,4	84,8	85,7	84,3	85,5	84,9	84,7	85,4	82,3	-
Свинец	83,3	86,7	80,0	77,8	88,9	83,3	84,6	86,7	53,3	-
Барит	91,7	93,2	92,3	90,0	92,8	93,4	92,9	91,7	97,5	97,5
Нефелиновые руды	93,3	93,3	93,2	93,2	93,3	93,2	93,2	93,4	92,5	92,5
Железные руды	90,1	90,3	90,6	30,4	90,4	90,3	90,0	90,1	90,0	90,4

отрасли, энергетики, химической промышленности, коммунального хозяйства и население области.

Извлечение минерального сырья из недр остаётся на стабильном уровне (табл. 6), так как предприятия по переработке минерального сырья создавались 40-70 лет назад.

Для поддержания минимальной обеспеченности разведанными запасами действующих горнодобывающих предприятий осуществляются геологоразведочные работы на твёрдые полезные ископаемые. В Кемеровской области имеется 2 государственных геологических предприятия и несколько коммерческих организаций. В 2004 г. в условиях сокращающегося бюджетного финансирования продолжалось уменьшение численности работников геологоразведочной отрасли.

К недропользователям предъявляется требование комплексного использования полезных ископаемых. Для регулирования отношений в области недропользования разработан механизм лицензирования.

К основным нарушениям законодательства о недрах следует отнести: самовольное пользование недрами – ведение работ без лицензии, переуступка прав недропользования без оформления лицензий, производство работ без оформления уточнённых горного и земельного отводов, либо ведение работ по окончании срока действия лицензии; несвоевременное внесение платежей за добычу полезных ископаемых; нарушения стандартов и норм ведения горных работ и эксплуатации недр.

Выводы

Сложившаяся экологическая обстановка в Кемеровской области – это результат бурного развития добычи полезных ископаемых, обрабатывающих производств, производства электроэнергии,

газа и воды. Вследствие роста объемов производства увеличилась антропогенная нагрузка на окружающую природную среду.

От предприятий, добывающих полезные ископаемые, в атмосферном воздухе скапливается огромное количество пыли. Основной вклад в загрязнение воздушного бассейна окислами серы, азота, пылью вносят предприятия энергетического комплекса и коммунальные котельные. С функционированием предприятий обрабатывающих производств связано образование и поступление в атмосферу огромного количества угарного газа, а также фенола, бенз(а)пирена (предприятия по производству черных и цветных металлов) и стойких токсичных кислот (предприятия химического производства).

Фактически без очистки в атмосферу поступает 47 % загрязняющих веществ от предприятий по добыче полезных ископаемых, строительства, 58 % – от коммунальных котельных. Высокий уровень очистки выбросов загрязняющих веществ отмечается толь-ко на предприятиях металлургического производства и производства готовых металлических изделий (79 %), химического производства (90 %), предприятиях электроэнергетики (93 %).

Влияние угольной промышленности на водную среду Кузбасса остаётся наиболее негативным: несмотря на сравнительно небольшую долю забора свежей воды, предприятиями сбрасывается 27 % от общего сброса загрязнённых сточных вод по области.

Ожидаемый в настоящее время экономический рост далеко не сразу позволит внедрить новые технологии, соответственно и негативное воздействие на окружающую среду промышленности, имеющей приоритетное социальное и экономическое значение, будет оставаться наиболее острой экологической проблемой для области.

Загрязнение окружающей среды отраслями промышленности, вызывающее деградацию среды обитания и наносящее ущерб здоровью населения, остаётся наиболее острой экологической проблемой региона, имеющей приоритетное социальное и экономическое значение. ГИАБ

Коротко об авторе

Чамкина Т.И. – аспирантка, Московский государственный горный университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 8 симпозиума «Неделя горняка-2007».
Рецензент д-р техн. наук, проф. *В.А. Харченко.*