



ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 574:621.039

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРО- И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ В НАЧАЛЕ XXI СТОЛЕТИЯ

В.Л. Бочаров

Воронежский государственный университет

Атомная энергетика имеет право на существование только в такой ситуации, когда полностью решены проблемы экологической безопасности функционирования атомных объектов. Это можно достигнуть путем сочетания трех факторов. Первый – оптимальное по отношению к населенным пунктам размещение атомных тепло- и электростанций. Второй – конструктивные решения, обеспечивающие безопасность работы реакторов. Третий – экологически безопасное высокотехнологическое захоронение и переработка радиоактивных отходов.

Атомная электро- и теплоэнергетика, развивающаяся в России со второй половины XX века, призвана обеспечить население страны, промышленные и сельскохозяйственные объекты сравнительно дешевой по отношению к ископаемому органическому топливу энергией с минимальным выбросом в атмосферу диоксида углерода и других загрязняющих приземной воздушный слой газов. В настоящее время более 6% всей энергии, вырабатываемой в мире, приходится на атомную энергетику. В ряде промышленно развитых стран (США, Франция, Япония) этот показатель достигает 20-70% (табл.1).

Не исключением является и Российская Федерация, особенно европейская ее часть, где 7 атомных электростанций дают более 12% вырабатываемой энергии (табл.2).

Центрально-Черноземный экономический район не располагает ни собственными запасами

ископаемого органического топлива, ни скольконибудь значительными гидроэнергетическими ресурсами. Поэтому развитие атомной тепло- и электроэнергетики для региона чрезвычайно актуально. В настоящее время в Черноземье функционируют две атомные электростанции – Нововоронежская и Курская; в режиме консервации находится Воронежская атомная станция теплоснабжения. Нововоронежская АЭС расположена в 40 км к юго-востоку от г. Воронежа на берегу р. Дон и включает 5 энергоблоков типа ВВЭР (водо-водяные реакторы). В настоящее время первый и второй энергоблоки, выработавшие свой ресурс, выведены из эксплуатации. Правительством Российской Федерации принято решение о строительстве еще двух энергоблоков (Нововоронежская АЭС-2), которые призваны не только восполнить потери, но значительно увеличить производство электроэнергии. Курская АЭС построена в середине 70-х годов XX века в 40 км к

Таблица 1

Состояние атомной энергетики в странах мира [1]

| Страна | Количество действующих энергоблоков на АЭС | Суммарная мощность МВт | Доля АЭС в выработке электроэнергии всех электростанций, % |
|----------------|--|------------------------|--|
| США | 111 | 105452 | 21,7 |
| Великобритания | 37 | 14600 | 20,6 |
| ФРГ | 21 | 23700 | 27,6 |
| Бельгия | 7 | 5750 | 59,3 |
| Франция | 57 | 59610 | 72,7 |
| Япония | 42 | 33400 | 23,8 |
| Канада | 19 | 13850 | 16,4 |
| Финляндия | 4 | 2400 | 33,3 |
| Швеция | 12 | 10200 | 51,6 |
| Швейцария | 5 | 3080 | 40,0 |
| Страны СНГ | 46 | 37500 | 12,6 |

Таблица 2

Характеристика действующих промышленных АЭС Европейской России

| № п/п | Наименование АЭС | Местоположение | Год пуска первого энергоблока | Суммарная мощность, МВт | Тип энергоблоков, их количество | Примечания |
|-------|------------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------------|---|
| 1 | Балаковская | г. Балаково Саратовской обл. | 1985 | 3000 | ВВЭР-3 | |
| 2 | Калининская | г. Удомля Тверской обл. | 1984 | 2000 | ВВЭР-2 | Разработано технико-экономическое обоснование строительства третьего энергоблока ВВЭР-1000 |
| 3 | Кольская | г. Полярные Зори Мурманская обл. | 1973 | 1760 | ВВЭР-4 | |
| 4 | Курская | г. Курчатова Курской обл. | 1976 | 4000 | РБМК-4 | Разработано технико-экономическое обоснование строительства пятого модернизированного энергоблока РБМК-1000 |
| 5 | Ленинградская | г. Сосновый Бор Ленинградской обл. | 1973 | 4000 | РБМК-4 | |
| 6 | Нововоронежская | г. Нововоронеж Воронежской обл. | 1964 | 2409 | ВВЭР-5 | Первый (ВВЭР-210) и второй (ВВЭР-365) энергоблоки выведены из эксплуатации. Разработано технико-экономическое обоснование строительства двух энергоблоков ВВЭР-1000 |
| 7 | Смоленская | г. Десногорск Смоленской обл. | 1983 | 3000 | РБМК-3 | |

западу от г. Курска (г. Курчатова) на берегу р. Сейм. Она состоит из 4-х энергоблоков "Чернобыльского" типа РБМК (реакторы большой мощности, кипящие). В настоящее время принято правительственное решение о строительстве еще одного модернизированного энергоблока того же типа. Чтобы исключить возможность повторения чернобыльской катастрофы апреля 1986 г (возникновение самопроизвольной неуправляемой цепной реакции при переходе энергоблока в надкритический режим работы) осуществлена доработка реакторов типа РБМК, обеспечивающая их внутреннюю безопасность без заметной потери их мощности. Нововоронежская и Курская АЭС обеспечивают функционирование таких гигантов металлургии, как Новолипецкий и Оскольский комбинаты, горнодобывающих предприятий Курской магнитной аномалии, химических заводов органического (Воронежсинтезкаучук, Курскхимволокно) и неорганического (ОАО "Минеральные удобрения", г. Россошь) циклов производства.

Особого внимания заслуживает новое для России направление в атомной энергетике – теплоэнергетика [2]. Первая в стране атомная станция теплоснабжения строится в г. Воронеже на южной его окраине на правом берегу водохранилища. Она состоит из двух энергоблоков АСТ-500 (реакторы водо-водяного типа) и призвана бесперебойно снабжать горячей водой население и промышленные предприятия города. АСТ-500 – это реакторы нового поколения с хорошо отлаженной внутренней системой безопасности, аварийная ситуация в которых исключена даже при одновременном отказе автоматического регулирования и нерегламентированных

действиях персонала [3]. Однако по результатам общегородского референдума в 1990 г. строительство атомной станции теплоснабжения приостановлено, хотя первый энергоблок был уже в 80% готовности, начато строительство второго энергоблока. Экологические экспертные оценки АСТ, полученные в 1993–1996 г.г., свидетельствуют о безупречности в экологическом отношении как самого проекта, так и созданных станционных сооружений. Добрососедство атомного объекта с окружающей средой признается многими специалистами в области атомной энергетики, очевидной оно становится и для населения города. Однако из-за финансовых трудностей в ближайшее время вряд ли возможно продолжение строительства. Вместе с тем, постоянный рост цен на газ, отопление, горячее водоснабжение при длительном (3–4 месяца) отсутствии такового обуславливает необходимость быстрее завершения строительства АСТ.

Как справедливо отмечает В.В. Алексеев с соавторами [4], атомная электро- и теплоэнергетика имеет право на существование только в том случае, когда полностью решены проблемы экологической безопасности функционирования атомных объектов. Здесь возможны три пути. Первый – оптимальное размещение атомных тепло- и электростанций. Второй – конструктивные решения, обеспечивающие безопасность работы реакторов, исключающие возможность возникновения самопроизвольной цепной реакции, третий – экологически безопасное захоронение и переработка радиоактивных отходов.

Еще на заре атомной электроэнергетики академик А.Д. Сахаров высказал мысль о возможности размещения под землей атомного реактора электро-

станции. В подземной реакторной камере в отсутствии персонала не должно быть кислорода во избежание возможности пожара при резком возрастании температуры в процессе работы реактора. Управление реактором осуществляется дистанционно из наземного здания электростанции, где расположены турбина и парогенератор. Такое расположение реактора повышает экологическую безопасность атомной электростанции даже в случае нестандартной ситуации, поскольку радиоактивное заражение местности будет более медленным и менее интенсивным чем при наземном варианте. Подземное расположение, по мнению академика А.Д. Сахарова, может решить и экологические проблемы, которые могут возникнуть при снятии с эксплуатации подземного реактора. При этом остатки ядерного топлива из реактора выгружаются, а входы и выходы из подземной камеры бетонируются.

После Чернобыльской катастрофы осуществлена доработка ядерных реакторов типа РБМК на действующих российских АЭС. Эти усовершенствования исключают возникновение наиболее тяжелой ядерной катастрофы – выход реактора из под контроля с последующим взрывом, приводящим к раскрытию активной зоны. Однако возможны нештатные ситуации, когда происходит незначительный выброс радиоактивных изотопов в атмосферу. Это наблюдается в реакторах первого поколения чернобыльского типа. Они характеризуются малым процентом выгорания урана-235. Именно это служит причиной радиоактивных выбросов. В настоящее время создаются ядерные реакторы нового поколения, в которых процент выгорания ядерного топлива значительно выше [4]. Здесь практически исключается возможность атмосферных выбросов радионуклидов углерода, инертных газов.

Проблема захоронения радиоактивных отходов – наиболее сложная проблема ядерной энергетики. В полной мере она еще далека от разрешения [2-6]. В настоящее время радиоактивные отходы (жидкие) классифицируются по степени активности на три группы: слабоактивные (менее $1 \cdot 10^{-5}$ Ку/дм³); среднеактивные ($1 \cdot 10^{-5} - 1$ Ку/ дм³); высокоактивные (более 1 Ку/ дм³). Твердые радиоактивные отходы считаются активными при следующих значениях удельной активности: $2 \cdot 10^{-7}$ Ку/кг для источников альфа-излучения, $1 \cdot 10^{-8}$ Ку/кг для элементов семейства урана, $2 \cdot 10^{-6}$ Ку/кг для источников бета-излучения, $1 \cdot 10^{-7}$ г – экв радия на кг для гамма - излучения. В начальные годы развития атомной энергетики жидкие радиоактивные отходы ядерного цикла не делились по величине удельной активности и сбрасывались в открытые водоемы или закачивались в глубокие горизонты верхнего слоя литосферы. По мере развития этой отрасли, увеличения числа и мощности АЭС, возрастания количества радиоактивных отходов возникла необходимость разработки новых, экологически безопасных технологий обращения с отходами. На первом этапе происходит охлаждение горячего отработанного ядер-

ного топлива в специальных бассейнах до температуры, позволяющей выделить несгоревшую в реакторе фракцию – плутоний, который вновь может быть использован в ядерном цикле. Затем разделяются высокоактивные (короткоживущие изотопы с большой величиной остаточного тепловыделения) и средне – и слабоактивные (долгоживущие изотопы с малыми параметрами тепловыделения) отходы. Последние представлены, главным образом, актинидами (трансурановыми элементами), а также долгоживущими осколками деления ядер циркония и технеция [4]. Как полагают специалисты по ядерной энергетике, они могут быть использованы в качестве топлива в реакторах третьего поколения на быстрых нейтронах. С середины 80-х годов прошлого столетия обсуждается проблема подземного захоронения высокоактивных отходов в недрах Земли. Для этого необходимы закрытые геологические структуры, отсутствие разрывной и складчатой геодинамики, сейсмической активности, подземных вод, плотные кристаллические породы, значительная удаленность от населенных пунктов [6]. Однако до сих пор нет сколько-нибудь обоснованного прогноза последствий дополнительного тепловыделения за счет радиоактивного распада короткоживущих изотопов, вливающегося в местах захоронения в общий тепловой поток Земли. То же самое касается и варианта глубинного захоронения высокоактивных отходов на уровне земная кора – верхняя мантия, а также использования для этих целей глубоководных океанических впадин. К тому же возникает проблема длительного сохранения прочности капсул, содержащих радиоактивные отходы. Разрабатываются способы захоронения как жидких, так и твердых радиоактивных отходов в космическом пространстве. В этом случае могут быть использованы как околоземные орбиты, так и дальний космос [4]. Это наиболее экологически чистый метод избавления от радиоактивных отходов, но следует учитывать одно обстоятельство – должна быть полностью исключена вероятность аварии космического аппарата и ракеты-носителя на старте. Если же произойдет взрыв ракеты на старте, то неминуемо заражение радиоактивными изотопами значительной территории. Заслуживает внимания идея использования радиоактивных отходов для разложения и уничтожения сложных органических соединений – диоксинов, отравляющих веществ, отработанного ракетного топлива [4]. Таким образом, в арсенале ученых – экологов имеются различные варианты избавления нашей планеты от возрастающего количества отходов ядерного цикла, и мы можем надеяться, что уже в первой половине третьего тысячелетия проблема экологически безопасного захоронения радиоактивных отходов будет решена.

Вполне очевидно, что атомная электро – и теплоэнергетика имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с другими источниками и способами получения тепла и света. Один грамм урана – 235 дает такую энергию, какая возможна при сжи-

гании около 3000 кг условного органического топлива. Ее использование препятствует возникновению парникового эффекта и глобальному потеплению климата за счет отсутствия в газовых выбросах углекислого газа. Безаварийная работа АЭС и АСТ с использованием модернизированных реакторов вполне достижима.

ЛИТЕРАТУРА

1. Елагин Ю.П., Игнатъев В.В. Справочник по атомной энергетике. – М., 1992. -34с.
2. Бочаров В.Л., Смирнова А.Я., Бугреева М.Н. Влияние атомных тепло- и электростанций на геологическую среду // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. -1996. -№1. - С.165-171.
3. Бочаров В.Л., Белоусов В.И. Экологическая безопасность атомной станции теплоснабжения – проблемы и решения // Экологический вестник Черноземья. Вып. 8. – Воронеж, 2000. -С.44-57.
4. Алексеев В.В., Герценштейн М.Е., Клавдиев В.В., Швилкин Б.М. Экологические проблемы атомной энергетики // Наука и технология в России. -2000. - №3. -С.12-16.
5. Бочаров В.Л. Проблемы геоэкологии Воронежской атомной станции теплоснабжения: радиоактивные отходы // Фундаментальные и прикладные проблемы охраны окружающей среды: Тез. Междунар. конфер. - Томск, 1995. -С.16.
6. Лавров Н.П., Омеляненко Б.И., Величкин В.И. Геологические аспекты захоронения радиоактивных отходов // Геоэкология. -1994. -№6. – С.3-21.

УДК 5551.49:550.4

РАСПРОСТРАНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД НА ЮГЕ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

А.Я. Смирнова

Воронежский государственный университет

Рассматриваются перспективы распространения минеральных вод в девонских отложениях к юго-западной части Липецкой области. Освещаются особенности геологического строения, глубина циркуляции минеральных вод в геологическом разрезе Липецкой области. Приводится обоснование перспектив обнаружения минеральных вод типа бромных, без "специфических" компонентов и свойств в райцентре Хлевное. Рассматривается перспективный химический состав вод.

Подземные минеральные воды – важнейший вид минерального сырья, уникальный природный феномен.

Согласно определению виднейших русских ученых Н.И. Толстихина, В.В. Иванова и др. к минеральным водам относятся подземные воды, которые обладают повышенной минерализацией (растворенными в воде минеральными веществами, газами, органикой), накоплением в повышенных количествах микрокомпонентов, отличаются высокой температурой и повышенной радиоактивностью.

Минеральные воды относятся к лечебным и используются в курортно-санаторном деле для лечения сердечно-сосудистых заболеваний, обмена веществ, болезней желудочно-кишечного тракта и др. Лечебным фактором в минеральных водах является повышенная минерализация по сравнению с обычными питьевыми водами, в которых она составляет до 1 г/дм³. В минеральных водах минерализация, т.е. сумма всех растворенных твердых веществ составляет более 1 г/дм³. Помимо этого в минеральных водах лечебную функцию выполняют терапевтически активные микрокомпоненты: бром, йод, фтор, железо, кремнекислота и др.

Подземные воды относятся к минеральным, если они соответствуют требованиям ГОСТа 13273-

88 "Воды минеральные питьевые, лечебные и лечебно-столовые".

ГОСТ определяет нижние пределы концентрации элементов минеральных вод, которые оказывают оздоравливающее действие на человека (табл.1).

Минеральные воды с минерализацией 2 – 2-8 г/дм³ используются как лечебно-столовые (прохладительные напитки), с минерализацией 8-12 г/дм³ как питьевые-лечебные для приема во внутрь, а с минерализацией 10-15 г/дм³ применяются только наружно, для ванн.

Территория Центрального Черноземья, как следует из материалов бурения скважин и изученности природных ресурсов богата минеральными водами.

Нашими исследованиями выделяются среди минеральных вод Черноземья 4 типа.

1. Воды без "специфических" компонентов и свойств. Лечебный фактор определяется йонно-солевым, газовым составом и величиной минерализации.

2. Воды бромистые. Лечебным фактором выступает терапевтически активный элемент – бром (Br) в концентрации более 25 г/дм³.