

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Несмотря на то, что в мире и в России немало противников ядерной энергетики, мы уже не можем представить себе такую ситуацию, при которой у нас, в Европейской части России, не работали бы АЭС. Действительно, в Российской Европе Курская, Смоленская, Калининская, Ленинградская АЭС — наиболее мощные поставщики электроэнергии. Нельзя себе представить, что атомная энергетика прекратит свое существование. Создана мощная ядерная индустрия, сегодня уже существуют династии атомщиков, и, конечно, стабильное развитие нашего общества нельзя себе представить без АЭС. Этому в немалой степени, а может быть и в основной, способствует тот факт, что сегодня АЭС — наиболее чистые производители электроэнергии, а где надо и тепла. Получилось это не случайно. К этому стремились специалисты по охране окружающей среды, радиационной безопасности, экологии и радиоэкологии еще тогда, когда пускались первые крупные энергоблоки на Белоярской и Нововоронежской АЭС, т.е. более 30–35 лет назад. Еще тогда стремились сделать так, чтобы радиоактивные и другие опасные поступления с АЭС в окружающую среду были минимальными, чтобы работа АЭС оказывала минимальное воздействие на природное окружение, не оказывала бы влияния на здоровье проживающего вблизи АЭС населения [1, 2].

Уже в первые годы работы АЭС были начаты и в последующие годы продолжены, особенно в связи со строительством мощных энергоблоков на Ленинградской, Чернобыльской, Курской, Игналинской и других АЭС, серьезные научно-исследовательские проекты, задачами которых было получить информацию о том, как же работа АЭС сказывается на состоянии окружающей среды¹, условиях жизни людей, как себя чувствуют природные комплексы — наземные и водные экосистемы на прилежащих к АЭС территориях. Такие проекты были реализованы практически на всех АЭС.

Реализация исследовательских проектов в регионах АЭС, большое количество отдельных (специализированных) исследований в регио-

нах, работа служб внешней дозиметрии и лабораторий охраны окружающей среды АЭС позволили получить огромный объем информации о состоянии окружающей среды АЭС, анализ обобщения которой позволил представить 1-му Всесоюзному радиобиологическому съезду в 1989 году первую редакцию экологических концепций ядерной энергетики [3]. Впоследствии эти концепции были уточнены и более, чем на съезде аргументированы [4, 5]. Обобщение и анализ информации о состоянии окружающей АЭС среды, т.е. о состоянии биогеоценозов природного окружения АЭС, условий жизни населения, позволили также сформировать концепцию экологической безопасности АЭС [6–8], показать, что АЭС должны быть экологически безопасными. Суть этой концепции следующая: экологически безопасная АЭС при эксплуатации не угрожает отрицательными последствиями населению и природному окружению. Работа экологически безопасной АЭС не приведет к изменениям в состоянии природного окружения и условий жизни населения большим, чем это признано допустимым или приемлемым для региона конкретной АЭС [6, 9]. Такой подход к определению экологически безопасной АЭС согласуется с предложенным Государственным комитетом РФ по охране окружающей среды [10] и, поскольку обычно допускаются изменения состояний биогеоценозов, не превышающие естественных, т.е. не изменяющие состояние гомеостаза экосистем, направлен на решение генеральной природоохранительной задачи: сохранение генетического и видового разнообразия жизни на Земле, стабильного развития человеческого общества.

Экологические концепции ядерной энергетики показывают, что АЭС России — экологически безопасные объекты энергетики:

1. АЭС как объект, действующий на окружающую среду, при нормальной работе является источником воздействий четырех видов: радиационного, химического, теплового (тепловлажностного) и воздействия, обусловленного процессом строительства и урбанизации региона АЭС, появлением в регионе большого количества нового населения. Радиационное и химическое воздействия обусловлены поступлением с АЭС

¹ Особо следует отметить работу в регионе Игналинской АЭС в течение более, чем 10 лет, специалистов и ученых Литвы, Белоруссии и России.

радиоактивных (продуктов деления и активации) и химических, в частности, тяжелых металлов (ТМ), веществ с газо-аэрозольным выбросом и с жидкими стоками [1, 2, 11–14]; тепловое воздействие — это, главным образом, воздействие сброшенного (избыточного) тепла на экосистему водоема-охладителя, тепловлажностное воздействие связано с эксплуатацией градирен; урбанизационное воздействие и воздействие населения — это строительство дорог, развитие автотранспорта, рекреации, сбор населением лекарственных и красиво цветущих растений, грибов, ягод, вытаптывание и засорение (в том числе биологическое — синантропизация и аддентивизация) лесов, лугов и водоемов, интенсификация сельскохозяйственного производства в связи с увеличением в регионе потребителей его продукции.

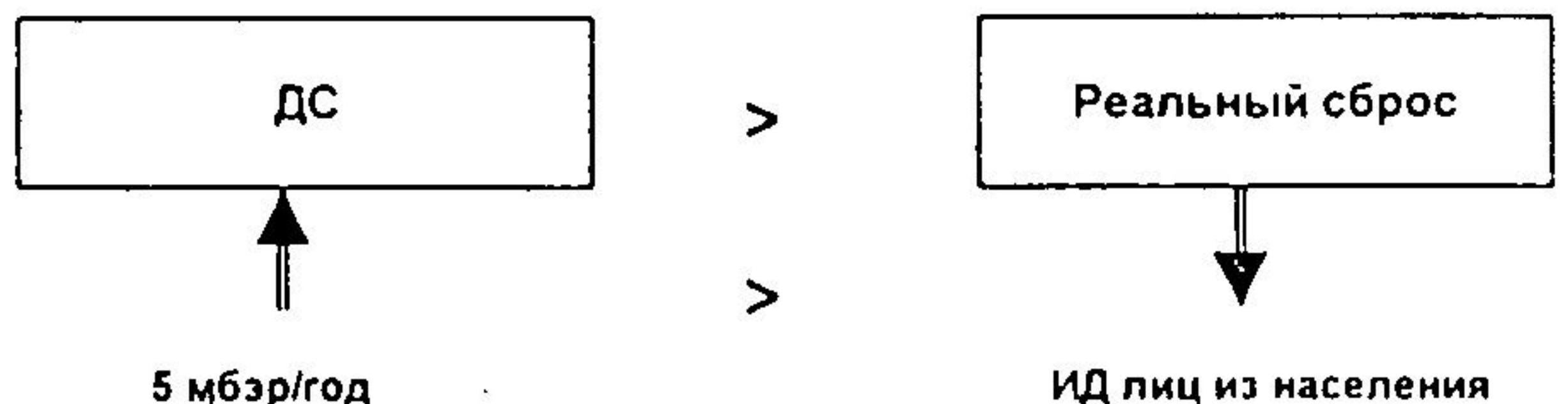
2. Радиоактивные поступления при нормальной работе АЭС малы, и радиационное воздействие на население и природные комплексы региона незначимы во все время нормальной работы АЭС.

Дело в том, что дозовая квота, выделенная СП АЭС на облучение населения излучением радионуклидов, поступивших за пределы АЭС, — $25 \cdot 10^{-5}$ Зв/год (25 мбэр/год), сама незначима, так как не превышает годовых средних колебаний средней по России дозы естественного фона, а при проектировании и эксплуатации АЭС соблюдаются следующие неравенства для радиоактивных поступлений с АЭС:

в атмосферу²



с жидкими стоками³



Вследствие этого радионуклиды станционного происхождения (т.е. поступившие с АЭС в окружающую среду) можно достоверно обнаружить в объектах окружающей среды не далее, чем на расстоянии 2–3 км от АЭС и

² ПДВ — предельно допустимый выброс: при работе АЭС в течение года с ПДВ доза индивидуумов из критической (см. далее) группы населения составит 20 мбэр; ДВ — допустимый СП АЭС выброс; проектная мощность выброса установлена расчетом в проекте АЭС; ИД — индивидуальная доза.

³ ДС — допустимый сброс радиоактивных веществ в водоем-охладитель, устанавливаемый в проекте АЭС.

иногда — РБГ в атмосферном воздухе — на несколько большем расстоянии, но никак не более 4–5 км. “Станционные” радионуклиды, поступающие в водоем-охладитель, обнаруживаются в основном в донных отложениях — депозитарии загрязнителей, причем на большинстве АЭС вблизи места выпуска жидких стоков, но иногда в рыbach, высшей водной растительности [2, 7, 13–16]. Объемная или массовая активность “станционных” радионуклидов в объектах окружающей среды — это доли (атмосферный воздух, вода) или десятки, иногда сотни (растительность, почвы, донные отложения) Бк/кг или Бк/л [2, 4, 11–16]. Нет никакой “тритиевой проблемы” на АЭС [17], как и проблемы ¹⁴C. Измерить дозовые нагрузки на индивидуумов из населения нельзя, а оценки (расчет по известной мощности выброса) приводят к значениям, равным долям процента “незначимой допустимой” дозы (“незначимые доли незначимого значения”), но разным на разных АЭС, зависящим, в частности, от условий рассеяния выброса в атмосфере, переноса в экосистеме водоема-охладителя.

Радиационные эффекты в наименее устойчивых биогеоценозах (хвойные леса) отмечены при поглощенной дозе органами растений, ответственными за воспроизводство, не менее 20 Гр [18–21]. При нормальной работе АЭС поглощенная доза этими органами в 10^6 – 10^8 раз меньше. Естественно, такая по значению доза не может вызвать каких-либо радиационных эффектов. Следовательно, радиационное воздействие normally работающей АЭС на наименее радиорезистентные экосистемы незначимо [5, 22]. В экосистемах водоемов-охладителей ситуация подобна [14, 23].

В регионах некоторых АЭС (Смоленской, Курской, Нововоронежской) оцененная дозовая нагрузка на индивидуумов из населения несколько выше, чем оцененная в регионах других АЭС, но, как и в регионах других АЭС, остается незначимой, хотя и определяется излучением ¹³⁷Cs и ¹³⁴Cs чернобыльского происхождения, т.е. излучением радионуклидов, поступивших в регионы этих АЭС вследствие аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году (в последние годы практически только ¹³⁷Cs). То же можно сказать о дозовой нагрузке на природные объекты. Такая ситуация будет сохраняться в регионах этих АЭС еще лет 25–30.

3. При нарушении нормального режима работы АЭС нельзя исключать значимых радиационных воздействий на население и природные объекты, даже в том случае, когда при нарушении нормального режима работы АЭС радиоактивные поступления за пределы АЭС

значительно меньше чернобыльских (на модернизированных АЭС и АЭС новых поколений радиоактивное загрязнение окружающей среды, сравнимое с чернобыльским, исключено). Радиационные воздействия на население при нарушении нормального режима работы АЭС последних проектов не превышают санитарно-гигиенических нормативов допустимых радиационных воздействий, не требуют никаких или требуют минимальных дополнительных средств защиты населения. Естественно, такие радиоактивные поступления за пределы АЭС во время аварии не приводят к радиационным эффектам в биогеоценозах природного окружения АЭС.

4. При нормальной работе АЭС доминируют тепловое при отводе избытков тепла с АЭС в водоем-охладитель, а при использовании для отвода избытка тепла градирен — тепловлажностное (при комбинированном отводе тепла — тепловое и влажностное), химическое и связанное с урбанизацией региона воздействия.

Наиболее значимым видом воздействия для водных экосистем — экосистем водоемов-охладителей — является тепловое; процессам, происходящим в экосистеме водоемов-охладителей под воздействием сбросного тепла, может способствовать химическое воздействие — результат поступления в водоем с АЭС с жидкими стоками и технической водой химических веществ и изменения гидрологического режима водоема [24]. Сбросное тепло меняет состояние экосистемы водоема-охладителя, сукцессия в экосистеме идет направленно: меняется уровень трофности [13, 23, 25–26] — трофность экосистемы повышается, что выражается в изменении структуры и функциональной организованности экосистемы, являющемся следствием изменения видового состава организмов экосистемы. Последнее обусловлено изменением гидрохимического и гидрофизического режимов водоема-охладителя, в частности, увеличением концентрации биогенных элементов и органического вещества [13, 25, 26], увеличением температуры воды водоема. Это — так называемая тепловая эвтрофикация экосистемы [23]. Происходит она одновременно с изменением условий обитания организмов в водоеме, изменением уровня его сапробности. Процесс сукцессии могут ускорить и углубить поступления в экосистему химических веществ. Это — химическая эвтрофикация водоема [23]. (АЭС как источник химического загрязнения экосистемы водоема-охладителя исследованы пока недостаточно, естественно, что недостаточно изучены и процессы химического эвтрофирования экосистемы

водоема и, конечно, суммарное воздействие теплового и химического загрязнения водоема.) Урбанизационные нагрузки на экосистему, по-видимому, не оказывают существенного влияния на течение сукцессии, вызванной подогревом водных масс и химическим загрязнением. Процесс тепловой эвтрофикации водоема знаком специалистам по данным о жизни экосистем водоемов-охладителей ТЭС [25], в водоемах-охладителях АЭС он практически такой же, и течение этого процесса, как и в первом случае, определяется исходным состоянием экосистемы водоема и тепловой (а, если есть, и химической) нагрузкой. Результаты наблюдения за состоянием экосистем ряда водоемов-охладителей АЭС показывают, что есть возможность поддерживать состояние экосистемы водоема на заранее заданном уровне, сохраняя его рыбохозяйственное, рекреационное и эстетическое значение [13].

Для наземных экосистем наиболее значимыми воздействиями являются воздействия, обусловленные урбанизацией региона, а также воздействия, сопровождающие строительство АЭС. Урбанизационные и сопровождающие строительство АЭС нагрузки на наземные биогеоценозы угнетают их, сокращают прирост биомассы, уменьшают урожайность, сокращают видовое разнообразие, приводят к появлению в наземных экосистемах растительных и животных видов, ранее им не свойственных (синантропные и адвентивные виды). Воздействия, вызванные строительством, урбанизацией региона, характерны для всех других народнохозяйственных объектов, сооружаемых в малообжитых регионах, при хозяйственном освоении "затяжных" территорий. Урбанизационные нагрузки в регионах АЭС не новость. К сожалению, количественно они описаны недостаточно. Однако при правильной организации рекреации и лесопользования, при строгом соблюдении проекта организации строительных работ отрицательные последствия урбанизационных и "строительных" нагрузок можно существенно сократить.

5. В природном окружении АЭС существуют наземные и водные критические биогеоценозы [7], критические виды растительности и животных, среди населения региона АЭС — критические группы населения. Биогеоценозы, виды растительности и животных, группы населения оцениваются как критические, если из-за своих биологических особенностей (биогеоценозы из-за особенностей функциональной организованности, вида эдификатора, видового разнообразия и др.), положения на местности (тип ландшафта, наличие геохимических барьеров)

и относительно АЭС могут подвергаться (как непосредственно, так и вследствие различных вторичных процессов) воздействиям со стороны АЭС в большей мере (хотя и малым), чем другие биогеоценозы, растения, животные и группы населения. К критическим биогеоценозам, растениям и животным относятся также те из них, которые по означенным ранее причинам более других способны передать человеку поступившие с АЭС в окружающую среду загрязнители. При непредвиденных ситуациях на АЭС критические биогеоценозы, виды растений и животных, критические группы населения могут пострадать более других, т.е. некритических биогеоценозов, видов, групп населения. К критическим биогеоценозам относятся также биогеоценозы, в которых установлена идущая антропогенная (в некоторых случаях и естественная) сукцессия, а также, если биогеоценоз — место обитания редких, исчезающих, занесенных в Красную книгу растений и животных.

Понятно, что в регионах разных АЭС критическими могут быть (и есть) разные биогеоценозы, растения, животные, группы населения.

Категория критических биогеоценозов, видов растений и животных, критических групп населения существенно облегчает разработку экологических проектных материалов АЭС, организацию и ведение экологического мониторинга в регионе АЭС [27, 28]: благополучие критических биогеоценозов, видов растений, животных, групп населения гарантирует благополучие других (некритических) биогеоценозов, видов растений и животных, населения. Естественно, это положение требует обоснованного выбора названных критических категорий, что обычно делается по результатам достаточно детального изучения региона АЭС.

Типичный пример критического биогеоценоза на суше — сосновый лес (сосна — критический вид растений, наименее резистентный среди древесных и других пород) на торфянике (слабо связывающий загрязнители тип почвы), черничный (привлекает население для сбора ягод), на расстоянии 2–3 км от АЭС (при мерное место приземления факела выброса), в направлении наиболее вероятного ветра, на трансаккумулятивном или аккумулятивном типе ландшафта (на геохимическом сопряжении ландшафтов).

Типичный пример критической экосистемы среди водных экосистем — экосистема водоема-охладителя АЭС или часть ее (в зависимости от морфометрических особенностей водоема, организации в нем циркуляционного

движения водных масс, других видов водопользования, а также биологических особенностей видов гидробионтов). Экосистема водоема-охладителя подвергается воздействию сбросного тепла, радиоактивного и химического загрязнителей, поступающих в водоем непосредственно с АЭС, и в результате терригенного смыва, а также с водами подпитки; подвергается рекреационным (купание, рыбная ловля и др.) и урбанизационным (рыбоводные садковые хозяйства, транспорт и др.) нагрузкам.

Среди агроценозов критический ценоз обычно расположен на расстоянии до 2–3 км от АЭС на аккумуляционном (аквальном) ландшафте и зависит от того, что на нем выращивается, чаще ценоз критический тогда, когда произрастают овощи.

Заметим, что критические биогеоценозы для разных видов воздействий могут быть разными.

6. При нормальной работе и при проектных (непредвиденных) ситуациях на АЭС последних проектов (оцененная вероятность таких ситуаций такова, что ею нельзя пренебречь) АЭС является источником малых воздействий на объекты окружающей среды и население, эффекты синергизма вследствие этого исключены, но поскольку все виды воздействий со стороны АЭС на природные объекты и население (индивидуумов из населения) действуют односторонне, отклики экосистем и организма человека на воздействия суммируются, т. е. C_i , например, i -й экосистемы на воздействия со стороны АЭС определяется соотношением:

$$C_i = r_i \int k_p^i F_p^i(\tau) + k_x^i F_x^i(\tau) + k_t^i F_t^i(\tau) + k_y^i F_y^i(\tau) d\tau,$$

где r_i — коэффициент пропорциональности; k_p^i , k_x^i , k_t^i , k_y^i — взвешивающие множители “сил” радиационного, химического, теплового и урбанизационного воздействий для i -й экосистемы; $F_p^i(\tau) + F_x^i(\tau) + F_t^i(\tau) + F_y^i(\tau)$ — “силы” радиационного, химического, теплового и урбанизационного воздействий на i -ю экосистему; τ — продолжительность работы АЭС.

Несмотря на то, что в регионах действующих АЭС реализованы большие исследовательские проекты, коэффициенты r и k_j ($j = p, x, t, y$) не определены. Поэтому на сегодня значение C_i можно либо определить экстраполяцией, либо с помощью экспертных оценок, чего недостаточно для уверенного и надежного нормирования допустимого отклика воздействий на природное окружение при разработке Концепции обеспечения экологической безопасности АЭС в данном регионе. Указанные параметры надо определять, но это чрезвычайно сложно, дорого и долго. (Достаточно познакомиться с тем, как это делалось в регионе

медеплавильного завода [29].) Поэтому надо искать другие пути получения информации для Концепции обеспечения экологической безопасности АЭС.

7. Последствия строительства и эксплуатации АЭС для природного окружения должны рассматриваться во взаимосвязи с последствиями для населения, проживающего вблизи АЭС. Это важно и нужно потому, что население и природное окружение зависят друг от друга, взаимодействуют между собой, человеку совсем не безразлично, в каком природном окружении он живет.

Экологические концепции ядерной энергетики позволяют заключить, что: действующие АЭС — экологически безопасные объекты энергетики, экологически безопасными будут и вновь проектируемые и сооружаемые АЭС (например, Ростовская, новая очередь Нововоронежской АЭС, сооружаемой по проекту АЭС-92, достраиваемая Калининская АЭС, вновь проектируемая Смоленская АЭС-2). Это убедительно показано в проектных экологических материа-

лах "Оценка воздействия Ростовской АЭС на окружающую среду" и "Обоснование экологической безопасности Нововоронежской АЭС" и других. Для региона Ростовской АЭС разрабатывается специальный экологический норматив "Концепция обеспечения экологической безопасности Ростовской АЭС", учитывающий особенности проекта Ростовской АЭС и ее региона. Подобные экологические нормативы будут разработаны для всех АЭС. Для контроля и поддержания экологической безопасности АЭС (или, правильнее, системы "АЭС — окружающая среда") в регионах АЭС следует организовать и вести, как это было сделано в регионе Игналинской АЭС, экологический мониторинг по схеме, рассмотренной, например, в [27]. В составе проекта АЭС должна разрабатываться Концепция обеспечения экологической безопасности проектируемой АЭС, опирающаяся на приведенные в статье экологические концепции и учитывающая особенности АЭС и природно-климатические условия ее региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаев Н.С., Демин В.Ф., Ильин Л.А. Ядерная энергетика, окружающая среда, человек / Под ред. А.П. Александрова. М.: Энергоатомиздат, 1984.
2. Бадяев В.В., Егоров Ю.А., Казаков С.В. Охрана окружающей среды при эксплуатации АЭС. М.: Энергоатомиздат, 1990.
3. Егоров Ю.А., Рябов И.Н., Тихомиров Ф.А. Экологические проблемы и концепции охраны окружающей среды в связи с развитием ядерной энергетики // Докл. на 1-м Всесоюз. радиоэкол. съезде. М., 1989.
4. Егоров Ю.А., Тихомиров Ф.А. Современные представления экологии ядерной энергетики // Экология АЭС / ЯО ССР. М., 1994. С. 53.
5. Егоров Ю.А., Тихомиров Ф.А. Современные экологические концепции ядерной энергетики // Экология регионов атомных станций. Вып. 1 / ЯО ССР. М., 1994. С. 5.
6. Егоров Ю.А. О концепции "Экологическая безопасность атомных электростанций". Там же. С. 44.
7. Егоров Ю.А., Тихомиров Ф.А. Критические биогеоценозы в регионах атомных станций // Экология регионов атомных станций. Вып. 2 / АЭП. М., 1994. С. 192.
8. Егоров Ю.А. Обеспечение экологической безопасности человеческой деятельности — стратегическое направление стабильного и безопасного развития общества // Докл. на 3-й Междунар. конф. "Экология и развитие Севера-Запада России". Санкт-Петербург — Ладога — Онега. СПб., 1998.
9. Обоснование концепции экологической безопасности АС и других предприятий ядерного топливного цикла / Л.А. Ильин, Л.Ф. Голубева, Р.М. Алексахин, Ю.А. Егоров // Атомная энергия. 1993. Т. 74, вып. 4. С. 316.
10. Преамбула к Федеральной целевой комплексной научно-технической программе "Экологическая безопасность России" (1993–1995 гг.) // Зеленый мир. 1993. Спец. выпуск.
11. Куликов Н.В., Молчанова И.В., Караваева Е.Н. Радиоэкология почвенно-растительного покрова / УрО АН ССР. Свердловск, 1990.
12. Радиоэкологические исследования Белоярского водохранилища / М.Я. Чеботина, А.В. Трапезников, В.Н. Трапезникова, Н.В. Куликов; УрО АН ССР. Свердловск, 1992.
13. Состояние экосистемы водоема-охладителя Игналинской АЭС в начальный период ее эксплуатации // Теплоэнергетика и окружающая среда. Т. 10, ч. 1, 2. Вильнюс: Academia, 1993.
14. Курская АЭС — источник радиоактивных поступлений в окружающую среду / В.И. Гусаров, Ю.А. Егоров, С.В. Леонов, В.Г. Чионов, В.В. Шестопалов, А.И. Яценко // Экология регионов атомных станций. Вып. 5 / АЭП. М., 1996. С. 6.
15. Радионуклиды в компонентах экосистемы водоема-охладителя Курской АЭС / В.В. Дровников, Н.Ю. Егоров, Ю.А. Егоров, А.В. Кадушкин, В.В. Коваленко // Экология регионов атомных станций. Вып. 5 // АЭП. М., 1996. С. 295.
16. Радионуклиды и радиационная обстановка в наземных экосистемах региона Курской АЭС / Н.Ю. Егоров, Ю.А. Егоров, А.В. Кадушкин, В.В. Коваленко, В.М. Кочерьян // Экология регионов атомных станций. Вып. 4 / АЭП. М., 1995. С. 197.
17. Егоров Ю.А. Еще раз о тритии, образующемся при работе АЭС, и его переносе в окружающей АС среде // Экология регионов атомных станций. Вып. 5 / АЭП. М., 1996. С. 237.
18. Тихомиров Ф.А. Действие ионизирующей радиации на биогеоценозы. М.: Атомиздат, 1974.
19. Абатуров Ю.Д., Абатуров В.А., Быков А.В. и др. Влияние ионизирующего излучения на сосновые леса в ближней зоне Чернобыльской АЭС. М.: Наука, 1996.
20. Козубов Г.Н., Таскаев А.И., Игнатенко Е.И. и др. Радиационные воздействия на хвойные леса в райо-

- не аварии на Чернобыльской АЭС. Сыктывкар: Изд-во КНЦ УрО АН СССР, 1990.
21. Криволуцкий Д.А., Тихомиров Ф.А., Федоров Е.А. и др. Действие ионизирующей радиации и биогеоценоз. М.: Наука, 1988.
22. Егоров Ю.А., Наумов А.Е., Чионов В.Г. Оценка дозовых нагрузок на синузию крон взрослых деревьев критического экоучастка региона Курской АЭС // Экология регионов атомных станций. Вып. 5 / АЭП. М., 1996. С. 149.
23. Вирбицкас Ю.Б., Егоров Ю.А. Состояние экосистемы оз. Друшклай после нескольких лет работы Игналинской АЭС // Экология регионов атомных станций / ЯО СССР. М., 1994. С. 238.
24. Гуздалева А.Л., Беноносов В.Н. Дестрафикационная эвтрофикация водоемов // Природоустройство — важная деятельность человека: Тез. докл. науч.-техн. конф. // МГУП. М., 1998.
25. Протасов А.А., Сергеева О.А., Кошелева С.Н. и др. Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины. Киев: Наук. думка, 1991.
26. Безносов В.Н., Васенко А.Г., Егоров Ю.А. и др. Ретроспективный анализ и характеристика современного состояния гидробиоценозов водоема-охладителя Курской АЭС и рек Сейм и Реут // Экология регионов атомных станций. Вып. 4 / АЭП. М., 1995. С. 142.
27. Егоров Ю.А. Основные принципы организации и ведения экологического мониторинга в регионе нормально работающей АЭС // Экология регионов атомных станций. Вып. 3 / АЭП. М., 1995. С. 200.
28. Егоров Ю.А., Тихомиров Ф.А. Еще раз об экологической безопасности атомных станций и экологическом мониторинге в их регионах // Экология регионов атомных станций. Вып. 5. / АЭП. М., 1996. С. 321.
29. Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем. Екатеринбург: УИФ "Наука", 1994.