

Проблемы Старого Света

DOI: 10.23932/2542-0240-2022-15-1-9

Демонтаж АЭС в Евросоюзе: проблемы финансирования

Андрей Владимирович ЗИМАКОВ

кандидат экономических наук, научный сотрудник Центра европейских исследований

Институт мировой экономики и международных отношений им. Е.М. Примакова РАН (ИМЭМО РАН), 117997, Профсоюзная ул., д. 23,

Москва, Российская Федерация

E-mail: zimakov@newmail.ru

ORCID: 0000-0001-6574-6258

ЦИТИРОВАНИЕ: Зимаков А.В. (2022). Демонтаж АЭС в Евросоюзе: проблемы финансирования // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. Т. 16. № 1. С. 186–202.

DOI: 10.23932/2542-0240-2022-15-1-9

Статья поступила в редакцию 18.11.2021.

Исправленный текст представлен 17.12.2021.

АННОТАЦИЯ. В статье анализируется комплекс проблем, связанных с финансированием вывода из эксплуатации и ликвидации АЭС в странах Евросоюза. Источник финансирования ликвидации старых реакторов является важной составляющей дискуссии по вопросу приемлемости атомной энергетики как низкоуглеродной технологии при декарбонизации электроэнергетики ЕС к 2050 г. Острота вопроса обусловлена увеличением количества введенных из эксплуатации реакторов, подлежащих ликвидации, что связано с отказом ряда стран ЕС от атомной энергетики и последовательной остановкой реакторов, постепенным старением парка действующих европейских АЭС, а также изменением подхода в странах ЕС к заглушенным реакторам со стратегии с отложенного демонтажа на немедленную ликвидацию. Будущие довольно дорогостоящим мероприятием, немедленный демонтаж ядерно-

го объекта требует финансовых ресурсов, которые должны быть достаточными и доступными к началу работ по демонтажу. Согласно универсальному принципу «загрязнитель платит», ликвидацию реакторов должны финансировать энергетические компании, которые с этой целью должны формировать соответствующие фонды. Однако в вопросе формирования фондов в ЕС нет единой практики, в результате чего в ЕС нередки случаи, когда финансирование демонтажа АЭС вынужденно производится за счет государств ЕС, например, из-за отсутствия достаточных финансовых средств у энергоконцернов или собственно ответственных за реакторы компаний. Более того, есть прецеденты осуществления финансирования ликвидации АЭС за счет бюджета Евросоюза. Европейский союз своевременно осознал потенциальный риск нехватки финансирования для вывода из эксплуатации и задействовал меры в

форме необязательных рекомендаций по управлению средствами для вывода из эксплуатации и обязательной директивы Евратома, устанавливающей конечную ответственность государства за утилизацию ядерных отходов. Директива Евратома, которая должна быть включена в национальное законодательство, требует создания правовой базы, обеспечивающей безопасное накопление достаточных финансовых ресурсов для вывода из эксплуатации АЭС и дальнейшей утилизации отходов. Этими действиями Европейская комиссия побуждает государства-члены активнее участвовать в регулировании финансирования вывода из эксплуатации АЭС, тем самым предотвращая дефицит, требующий вмешательства государства или даже ЕС. Будучи далеко не закрытым вопросом, ситуация с финансированием вывода из эксплуатации АЭС в ЕС постепенно улучшается. В конечном счете, большие объемы вывода из эксплуатации в сочетании с доступным финансированием делают ЕС очень привлекательным рынком для компаний, специализирующихся на демонтаже ядерных объектов, который обладает достаточным потенциалом, чтобы стать новым лидером мирового рынка услуг по ликвидации АЭС.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: энергетика, АЭС, демонтаж, ликвидация, экологизация энергетики, ЕС.

За последнее десятилетие экологизация стала одним из магистральных направлений экономической политики Евросоюза. Новый состав Еврокомиссии подтвердил преимущество данного курса, обозначив достижение к 2050 году климатической нейтральности европейской экономики одной из своих основных задач. В рамках «Зеленой сделки» особая роль отводится экологизации электроэнергетики

как отрасли, обладающей потенциалом по снижению уровня выбросов парниковых газов практически до нуля. Декарбонизация электроэнергетики должна быть достигнута путем постепенного отказа от сжигания ископаемых видов топлива на тепловых электростанциях, на смену которым должны прийти низкоуглеродные технологии генерации электроэнергии. В этом контексте особое значение приобретает вопрос о роли атомной энергетики в будущих безуглеродных энергосистемах [Линге, Уткин, 2021].

Данный вопрос фактически расколол Европу на два лагеря. Если часть стран ЕС идет по пути построения энергосистемы, практически полностью основанной на возобновляемых источниках энергии, то другая группа стран считает уместным комбинировать развитие зеленой генерации с атомной составляющей [Зимаков, 2018]. В последнее время дискуссия между сторонниками этих двух моделей приобрела особую остроту в связи с обсуждением концепций восстановления экономики ЕС после пандемии коронавируса [Make the European Green Deal..., 2020]. Причем сомнению подвергается не только допустимость атомной энергетики как приемлемой с экологической точки зрения технологии, но и экономическая обоснованность ядерной энергетики в целом, включая не только эксплуатацию АЭС, но и весь ядерный топливный цикл. Особое место в данном дискурсе отводится проблематике ликвидации АЭС, отработавших свой срок службы, и утилизации радиоактивных отходов [Haas, Mez, Ajanovic, 2019]. Причем помимо технических аспектов центральным вопросом становится его экономическая составляющая – размеры и источники финансирования вывода из эксплуатации и демонтажа атомных электростанций. Кто заплатит за ликвидацию АЭС: энер-

гетические концерны или общество? На первый взгляд, ответ очевиден: согласно классическому принципу «платит загрязнитель», расходы на демонтаж несет эксплуатант. Однако на деле в данном вопросе не все так однозначно, и в конечном итоге может получиться так, что затраты по демонтажу атомных реакторов лягут на бюджеты государств ЕС и даже сам Евросоюз. От ясности в решении данной проблемы зависит и вопрос допустимости модели низкоуглеродной электроэнергетики с атомной составляющей.

Вывод АЭС из эксплуатации в ЕС: масштабы проблемы

Решение вопроса финансового обеспечения ликвидации реакторов важно не только с точки зрения допустимости модели с атомной составляющей. В Европе стабильно растет количество выведенных из эксплуатации АЭС. Причин этому несколько. Прежде всего это отказ ряда европейских стран от атомной энергетики и, как следствие, реализация программы последовательной остановки реакторов для их вывода из эксплуатации. В качестве примера можно привести Германию, где в 2011 г. было принято решение об ускоренном выходе из атомной энергетики, в соответствии с которым 8 энергоблоков были остановлены немедленно, а для оставшихся реакторов АЭС вводились предельные сроки эксплуатации. Таким образом, за последнее десятилетие в Германии было остановлено 11 реакторов и еще 6 будут остановлены до конца 2022 г.

В соседней с Германией Бельгии также принято решение об отказе от атомной энергетики. Семь действующих в настоящее время энергоблоков должны быть выведены из эксплуатации в 2025 г. Планы по снижению доли

атомной энергии в энергомиксе Франции с нынешних 75% до 50% зафиксированы в «Законе о трансформации энергетики для зеленого роста» 2015 г. В июле 2020 г. был остановлен последний энергоблок АЭС Фессенхайм. Ожидается, что к 2035 г. во Франции будет выведено 14 реакторов мощностью 900 МВт каждый [Зимаков, 2019].

Вторым фактором является естественный процесс старения парка атомных реакторов в Европе. Из 108 действующих в Евросоюзе энергоблоков АЭС 84% – старше 30 лет, 58% – старше 35 лет, а 16% реакторов имеют возраст 40 лет и старше (см. рис. 1). Если же рассматривать парк АЭС в Европе с учетом Великобритании и Швейцарии, то доля реакторов возрастом 40 лет и старше увеличится до 20%.

Средний проектный срок службы АЭС составляет 35–40 лет, однако в последнее время их эксплуатация, как правило, продлевается минимум еще на 10 лет, если для этого нет противопоказаний. Как бы то ни было, основная масса действующих в Европе реакторов была введена в эксплуатацию в 1970–1980-х годах, и окончание их срока службы неизбежно надвигается. Поэтому комплекс вопросов, связанный с тем, что делать с реакторами после их остановки, становится в Европе актуальней с каждым годом [Developing policies..., 2020].

Наконец, в Евросоюзе находится свыше 50 выведенных ранее из эксплуатации энергетических реакторов на разных стадиях демонтажа (и еще 26 – в Великобритании). В некоторых странах число заглушенных реакторов превышает количество находящихся в эксплуатации. Примером может служить Швеция, где на начало 2021 г. в эксплуатации осталось 6 из 13 реакторов.

С технической точки зрения существует ограниченное количество стратегий, что можно сделать с АЭС после ее вывода из эксплуатации. Прежде

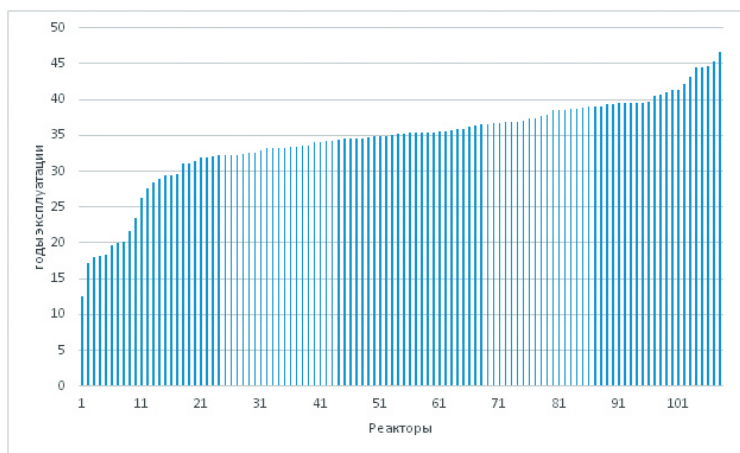


Рисунок 1. Возраст реакторов АЭС в Евросоюзе, годы работы с момента подключения к сети

Figure 1. Age of nuclear power plant reactors in the European Union, years of operation since connection to the network

Источник: расчеты автора по данным МАГАТЭ. – URL: <https://pris.iaea.org> (дата обращения: 17.12.2021).

всего это ее конвертация, то есть пере-профилирование, например в учебный центр для работников атомной отрасли. Однако это достаточно редкий случай и скорее исключение, а МАГАТЭ вообще не рассматривает такой подход как самостоятельную стратегию [IAEA, 2018]. Также, скорее, исключением является вариант захоронения АЭС, которое делается, если реактор аварийный, например саркофаг над четвертым энергоблоком Чернобыльской АЭС и планы по сооружению саркофага над АЭС Фукусима-1.

Основным вариантом стратегии для отслужившей срок АЭС является ее демонтаж (в российском законодательстве используется термин «ликвидация»). Причем демонтаж может быть отложенным и немедленным. В случае с отложенной ликвидацией основные мероприятия по дезактивации, демонтажу реакторного оборудования и сносу зданий откладываются на период, необходимый для снижения уровня радиации. Его продолжительность

нормативно определена в странах ЕС по-разному, однако в целом составляет достаточно продолжительный период времени: в среднем около 50–60 лет, а, например, в Великобритании – 100 лет [Laraia, 2012]. В его рамках происходит выгрузка отработанного ядерного топлива (ОЯТ) и частичный демонтаж, прежде всего, не подвергнутого радиоактивному загрязнению оборудования, не требующегося для поддержания реактора в сохранности, например энергетических турбин и части силовых кабелей. Плюсом подобного подхода является меньшая подверженность персонала воздействию ионизирующего излучения. Обратной стороной является необходимость поддерживать объект все это время в безопасном состоянии, а также риск потери технической информации об объекте, что может затруднить его окончательную ликвидацию. Немаловажным отрицательным фактором также является фактическое выбытие из оборота земли, на которой расположена АЭС. Наконец,

откладывание демонтажа на такой срок является перекладыванием проблем на другое поколение, которое ее не создавало и не получало никаких выгод от работы этих реакторов.

Этих недостатков лишена стратегия немедленной ликвидации, которая предполагает демонтаж, реализуемый непосредственно после вывода АЭС из эксплуатации. Несмотря на название, это длительный процесс, который может занимать около 15–25 лет. Недостатком этого варианта является технологическая сложность, обусловленная необходимостью демонтажа высокоактивных элементов, например корпуса реактора, и связанный с этим большой объем высоко- и среднерadioактивных отходов (РАО). Если в случае отложенного демонтажа высокоактивные РАО, в частности топливные элементы, могут продолжительное время находиться в хранилищах самой АЭС, то в случае немедленной ликвидации ОЯТ должно быть вывезено либо на переработку, либо в иное хранилище [Бочкарев, Абакумова, Крянев, 2018].

Изначально в странах Европы предпочтение отдавалось отложенному демонтажу. По сути, это и привело к значительному количеству заглушенных реакторов на сохранении в Европе. Со временем отношение к выбору стратегии стало меняться. В целом в Евросоюзе в настоящее время наиболее предпочтительной является немедленная ликвидация [Лучшие зарубежные практики..., 2017]. Это более политически приемлемая стратегия с точки зрения социальной этики ответственности перед будущим. Также в условиях высокой плотности населения и застройки в ЕС важен более быстрый возврат земли в оборот. Наконец, немедленная ликвидация представляет собой видимое решение проблемы выведенной из эксплуатации АЭС, в отличие от реакторов, десятилетиями стоящих на

сохранении. Немедленная ликвидация является для Европы относительно новой концепцией (в отличие от США), поэтому в ЕС имеется достаточно ограниченный опыт завершенных проектов демонтажа энергетических реакторов. Это три АЭС в Германии (Нидеррайхбах, Каль и Гроссвельсхайм), исследовательский реактор в Петтен в Нидерландах. Завершается ликвидация АЭС Хосе Кабрера в Испании. Остальные остановленные реакторы находятся либо на сохранении, либо на различных стадиях процесса демонтажа.

Вопросы финансирования: бюджетные оценки, организация и источники

Вопросы финансирования могут стать решающим аргументом, определяющим выбор стратегии ликвидации АЭС. Дело в том, что демонтаж реактора является достаточно затратным комплексом мероприятий. Общая стоимость демонтажа АЭС зависит от конкретного объекта и может варьироваться от 500 млн до 2 млрд евро и выше. Например, сметная оценка затрат на ликвидацию Игналинской АЭС составляет 3,37 млрд евро [ЕСА, 2016]. Поэтому банальное отсутствие необходимых денежных средств может сделать выполнение немедленной ликвидации невозможной, что логичным образом приведет к консервации АЭС для отложенного демонтажа. В этой связи обеспечение наличия финансирования к моменту вывода АЭС из эксплуатации является ключевым моментом для осуществления ее ликвидации.

Вопрос финансирования ликвидации АЭС складывается из нескольких важных составляющих. Прежде всего, это предварительная бюджетная оценка затрат всего комплекса мероприятий: предварительная смета дает воз-

возможность оценить размер финансовых средств, которые необходимо накопить к моменту вывода АЭС из эксплуатации. В Европе существуют разные подходы к оценке будущих затрат на ликвидацию АЭС. Например, в Болгарии находит применение подход, берущий за основу историческую стоимость строительства, в то время как в других странах Евросоюза используются методики, основанные на поэлементном анализе затрат. Перечень мероприятий, включаемых в смету, также может различаться. Например, затраты на выгрузку ОЯТ из реакторов и транспортировку РАО в Финляндии и Словакии включаются в состав сметы на ликвидацию, а во Франции, Испании и Швеции нет [NEA, 2016a, p. 61].

Общая проблема заключается в ограниченности опыта по реализации подобных проектов, поэтому методики, применяемые для оценки сметы затрат, используют различные допущения и обладают известной погрешностью. Существенным риском для обеспечения финансирования проектов демонтажа в этом случае является слишком консервативная оценка, например основанная на «идеальном случае» или не учитывающая индивидуальные особенности эксплуатации конкретных реакторов, что в итоге может привести к существенному дефициту необходимых финансовых средств. Различия в методиках оценки будущих затрат уже сказались на объеме накапливаемых средств. Например, в Германии на демонтаж 17 реакторов предусматривается около 38 млрд евро, а во Франции – всего 23 млрд евро на 58 реакторов [Dorfman, 2017].

Другой важной составляющей финансирования ликвидации АЭС является организация процесса формирования фонда денежных средств. В этом вопросе принципиальными являются два момента: в чьих руках на-

ходится ликвидационный фонд и кто им управляет. Ликвидационный фонд может создаваться эксплуатирующей АЭС организацией или материнским энергоконцерном (внутренний фонд) либо формироваться как независимый фонд и находиться на балансе, например государственной организации (независимый фонд) [NEA, 2016b]. Здесь опять же в Евросоюзе нет единства. В Финляндии, Швеции, Бельгии, Венгрии, Словакии, Болгарии, Румынии действуют независимые ликвидационные фонды, которые собирают отчисления энергетических компаний и управляют ими в соответствии со строгими регламентами. Например, в Финляндии в 1988 г. был создан государственный фонд, в который поступают отчисления от энергетических компаний, эксплуатирующих финские АЭС. При этом оценка затрат на демонтаж и утилизацию подвергается ежегодному пересмотру, на основе чего определяется размер необходимых отчислений. Схожим образом организовано финансирование ликвидации АЭС и утилизации РАО в Швеции, где отчисления энергетических компаний, рассчитываемые пропорционально произведенной на АЭС электроэнергии, поступают в государственный Фонд ядерных отходов (*Kärnavfallsfonden*).

В то же время в Нидерландах, несмотря на имеющееся требование о необходимости наличия денежных средств у энергетических компаний на демонтаж АЭС, какого-либо особого порядка, регламентирующего накопление этих средств, по сути, не существует, и компании сами выбирают форму резервирования. Во Франции *EdF* тоже накапливает необходимые для демонтажа АЭС средства самостоятельно. А в Германии энергоконцерны до недавнего времени резервируемые на ликвидацию реакторов средства просто показывали в балансе.

Таким образом, в странах Евросоюза нет единообразия в вопросе организации финансирования ликвидации АЭС. Анализируя существующие в ЕС практики, можно отметить, что некоторые из них более эффективно обеспечивают сохранность денежных средств и накопление необходимой суммы. Например, независимый фонд дает больше гарантий сохранности средств по сравнению с внутренними фондами, так как последние мало застрахованы от рисков, связанных с банкротством предприятия или нецелевым использованием.

Наконец, третьей составляющей является собственно источник финансирования ликвидации АЭС. В этом вопросе в странах Евросоюза в силу разных проблем сложилась неоднородная практика, в ряде случаев отступающая от основного принципа «ответственности загрязнителя».

Согласно классическому природоохранному принципу «загрязнитель платит», финансирование демонтажа отслуживших реакторов должно осуществляться эксплуатирующей организацией, которая должна предоставить необходимые средства к моменту вывода АЭС из эксплуатации. Учитывая признание как на международном уровне, так и на уровне ЕС [Principles..., 2018, p. 242], применительно к ликвидации данный принцип в большей или меньшей степени соблюдается в большинстве стран Евросоюза. Основным различием являются пределы ответственности «загрязнителя». Если в одних странах ЕС эксплуатант АЭС несет финансовую ответственность на протяжении всего цикла, включая окончательное захоронение РАО, то в некоторых европейских странах ответственность за утилизацию передается специальному государственному агентству.

Например, в Швеции за счет отчислений энергоконцернов, накапливае-

мых Фондом ядерных отходов, финансируется не только собственно ликвидация АЭС, но и расходы на централизованное промежуточное хранилище, логистическую систему безопасной транспортировки РАО, а также затраты на лаборатории и разработку проекта окончательного хранилища. Таким образом, владельцы АЭС в Швеции фактически полностью покрывают все затраты на утилизацию РАО, связанных с эксплуатацией и последующей ликвидацией атомных электростанций.

Принцип «загрязнитель платит» закреплён в соответствующих законодательных актах, регулирующих обращение с РАО, в Нидерландах. Но сбором, переработкой и хранением РАО занимается государственная (с 2002 г.) компания COVRA. С момента передачи РАО и уплаты тарифа компании-«загрязнители» освобождаются от дальнейшей ответственности.

Еще больше ответственности передано от эксплуатантов АЭС государству в Испании, где Национальное агентство по РАО (*ENRESA*) занимается не только сбором и утилизацией РАО, но и собственно демонтажем реакторов. Однако финансирование этой деятельности осуществляется энергетическими компаниями за счет отчислений в пользу агентства за время эксплуатации АЭС, а также компенсационных платежей по фактическим итогам работ по ликвидации. Тем самым за компаниями-«загрязнителями» сохраняется финансовая ответственность, даже если собственно сам демонтаж производит государственное агентство.

На первый взгляд, в этих практиках нет особого противоречия. Однако частичная передача ответственности от энергетических компаний к государству может потенциально иметь своим последствием фактическое перекалывание обязанностей по финансированию утилизации РАО, образовавшихся

ся в результате ликвидации АЭС, на государственный бюджет, а следовательно, на общество в целом. Такая ситуация может возникнуть, если отчисления эксплуатантов АЭС при передаче РАО в государственные агентства окажутся впоследствии недостаточными. Так, при принятии в Германии в 2017 г. Закона «О перераспределении ответственности за утилизацию РАО» (*Gesetz zur Neuordnung der Verantwortung in der kerntechnischen Entsorgung*) энергетические компании передали из своих ликвидационных фондов фиксированную сумму в размере 24,1 млрд евро в создаваемый государственный фонд. При этом вопрос достаточности этой суммы для решения задач фонда по промежуточному хранению РАО и окончательному захоронению в глубоких геологических формациях остается открытым, так как известно, что расчет был проведен на основе достаточно грубых оценок [Scherwath, Wealer, Mendelevitch, 2020]. Вместе с тем в случае нехватки средств в фонде компенсировать дополнительные издержки будет уже немецкое государство. Любопытно отметить, что закон принимался как раз для того, чтобы частично застраховать государство от несения затрат по ликвидации АЭС после выхода Германии из ядерной энергетики. Опасения германского правительства были связаны с тем, смогут ли энергоконцерны профинансировать ликвидацию АЭС и утилизацию РАО в полном объеме: в ФРГ накопление средств производится компаниями самостоятельно на своих счетах и в случае частичной или полной нехватки средств, например при банкротстве предприятия, финансировать ликвидацию придется германскому правительству.

Ситуация, когда финансирование ликвидации ядерных реакторов осуществляется государством, не уникальна. Например, в Финляндии, наряду

с энергоконцернами, взносы на ликвидацию в государственный фонд могут вноситься правительством. В частности, средства на ликвидацию исследовательского реактора в Эспоо были перечислены финским государством. В данном случае имеет место соблюдение принципа «загрязнитель платит», если таковым является государственное учреждение.

В этом контексте особое значение имеет вопрос ликвидации ядерных объектов «исторического наследия», оставшихся от эпохи начала атомной промышленности. Вопросам будущей ликвидации и ее финансирования в те времена уделялось мало внимания, поэтому накопленные средства практически отсутствуют. В Швеции финансирование этих затрат в качестве «правопреемников» взяли на себя энергетические компании, однако в большинстве случаев данные расходы ложатся на государственный бюджет. Примером может служить Великобритания, где ликвидация газографитовых реакторов серии «Магнокс», первый из которых был построен еще в 1954 г., осуществляется государственным Управлением по ликвидации ядерных объектов (*Nuclear decommissioning authority*), финансируемым напрямую из бюджета.

Другой ситуацией, когда расходы по демонтажу АЭС ложатся на государство, является политическая трансформация, в результате которой происходит смена экономической модели в стране. Отчасти это можно сказать про вхождение земель бывшей ГДР в состав ФРГ в 1990 г. После присоединения АЭС Грайфсвальд и АЭС Райнсберг на территории бывшей ГДР были закрыты как не соответствующие техническим регламентам ФРГ, а расходы и работы по их ликвидации взяло на себя правительство Германии. В настоящий момент демонтаж этих АЭС осуществляет предприятие, соб-

ственным которого является федеральное правительство, а средства на его деятельность выделяет федеральное министерство финансов Германии. Согласно оценкам, общая сумма затрат составит 6,6 млрд евро [The Future..., 2019].

В Евросоюзе есть еще примеры, когда государство вынужденно взяло на себя расходы по ликвидации АЭС. Когда в Италии в 1987 г. в результате референдума было принято решение о выходе из атомной энергетики, для атомных реакторов, принадлежащих национальной энергетической компании ЭНЕЛ (*Enel*), была выбрана стратегия отложенной ликвидации. Впоследствии, в ходе либерализации энергетического сектора Италии, компания ЭНЕЛ была разделена и приватизирована, однако ядерные активы не вошли в состав приватизируемой компании, а были переданы специально созданному в 1999 г. государственному «Обществу управления ядерными объектами» (*SOGIN*), задачей которого стал демонтаж ядерных объектов и утилизация РАО. Впоследствии к *SOGIN* перешли прочие выведенные из эксплуатации ядерные объекты и исследовательские реакторы в Италии. А в 2004 г. итальянское правительство приняло решение изменить стратегию с отложенного демонтажа на немедленную ликвидацию. При этом сумма средств, накопленных ЭНЕЛ в ликвидационном фонде за 1962–1999 гг. и переданных *SOGIN*, составила всего 800 млн евро при оценочных затратах на ликвидацию в 4 млрд евро. Компенсируется этот дефицит средств в настоящее время за счет тарифа, устанавливаемого Национальным энергетическим агентством Италии (*ARERA*) и включаемого в стоимость электроэнергии для итальянских потребителей. Тем самым расходы на ликвидацию АЭС, по сути,

несет не компания-«загрязнитель», а итальянское общество.

Схожая схема, когда финансирование национального ликвидационного фонда осуществляется за счет тарифа, включаемого в стоимость любой электроэнергии для потребителей, а не только произведенной на АЭС, существует с 2011 г. в Словакии. Причиной введения этого тарифа стало очевидное недофинансирование Национального ядерного фонда Словакии, который ранее пополнялся только за счет отчислений эксплуатантов АЭС. Вместо увеличения размера отчислений энергетических компаний словацкое правительство приняло решение переложить финансирование на всех потребителей электроэнергии [Mihók, 2020]. Интересно отметить, что данный случай рассматривался Еврокомиссией, но был признан допустимой государственной помощью с учетом общественной значимости [European Commission, 2013]. Возможно, определенную роль в таком решении сыграло то обстоятельство, что за счет данной схемы осуществлялось финансирование демонтажа энергоблока АЭС Богунице В-1, софинансирование которого осуществляет сам Евросоюз.

Помимо Словакии, Евросоюз финансирует ликвидацию реакторов в Болгарии и Литве. После распада СССР в Европе широко обсуждался вопрос о советском «ядерном наследии» в странах бывшего соцлагеря. Ряд АЭС советского производства были признаны опасными и подлежащими закрытию. В черном списке ЕС оказались реакторы в Армении, Болгарии, Литве, Словакии, России и Украине. Однако эффективных рычагов воздействия на страны, успешно эксплуатирующие соответствующие всем требованиям МАГАТЭ реакторы советского производства, у ЕС тогда не нашлось. Такая ситуация продолжалась до на-

чала 2000-х годов, когда Литва, Словакия и позже Болгария подали заявки на вступление в Евросоюз. Для Словакии условием вступления стало закрытие двух реакторов АЭС Богунце В-1, для Болгарии – энергоблоков 1-4 Козлодуйской АЭС, а для Литвы – двух реакторов Игналинской АЭС.

Вывод этих реакторов из эксплуатации в оговоренные для каждого энергоблока сроки стал одним из условий Договоров о вступлении в ЕС Литвы и Словакии в 2004 г. и Болгарии в 2007 г. [Tchalakov, Hristov, 2019]. Взамен Евросоюз брал на себя обязательства по софинансированию мероприятий по выводу реакторов из эксплуатации и их ликвидации, а также по финансированию компенсационных мероприятий.

По состоянию на конец 2020 г. все эти реакторы находятся на разной стадии демонтажа. В 2016 г. Европейская счетная палата оценивала общие понесенные Евросоюзом до 2014 г. расходы на ликвидацию этих восьми реакторов в 1,577 млрд евро [ECA, 2016]. В семилетний долгосрочный бюджет ЕС (2014–2020) было заложено 450 млн евро на ликвидацию АЭС в Литве, 293 млн евро – на реакторы в Болгарии и 225 млн евро – на словацкую АЭС. Наконец, согласно предложениям Еврокомиссии по многолетнему финансовому плану на следующие семь лет (2021–2027), на ликвидацию Игналинской АЭС выделяется 552 млн евро, а на ликвидацию АЭС Богунце и Козлодуй – 55 и 63 млн евро. Таким образом, общий объем средств, выделенных Евросоюзом на ликвидацию АЭС в этих трех странах, составляет около 3,2 млрд евро. Причем если говорить о пропорциях софинансирования, то в Болгарии и Словакии доля вложений ЕС составляет 58–59%, а финансирование ликвидации Игналинской АЭС покрывается на 86% из средств Евросоюза [European Commission, 2019]. Отме-

тим, что ликвидация уран-графитовых реакторов типа РБМК Игналинской АЭС представляет собой достаточно сложную техническую проблему, отличную от практик, применяемых для водо-водяных реакторов, составляющих основу европейского парка АЭС [Падерин, 2019].

Помимо демонтажа ряда «советских» АЭС, Евросоюз также финансирует ликвидацию ядерных объектов, в том числе исследовательских реакторов Европейского объединенного исследовательского центра (*Joint Research Centre*) в разных странах ЕС. На эти цели в семилетний бюджет (2021–2027) Евросоюз закладывает 348 млн евро. В данном случае Евросоюз выступает как ответственный за принадлежащие ему объекты согласно принципу «загрязнитель платит».

Стратегия Евросоюза по обеспечению финансирования для ликвидации реакторов

Таким образом, в Европе не всегда соблюдается принцип финансовой ответственности эксплуатирующей АЭС компании за ее ликвидацию и утилизацию связанных с этим РАО. Отдельные страны ЕС уже столкнулись с ситуацией, когда эти расходы вынуждено взять на себя государство. Более того, есть прецедент, когда затраты на ликвидацию ложатся на бюджеты не только членов ЕС, но и самого Евросоюза. То есть угроза, что финансирование ликвидации европейских АЭС ляжет на плечи общества, достаточно реальна и будет увеличиваться по мере старения парка реакторов в Европе.

Нужно отметить, что Еврокомиссия достаточно реалистично оценивает данные риски и предпринимает шаги, направленные на их минимизацию.

Интересно, что первоначально проблематика, связанная с финансированием ликвидации АЭС, попала в поле зрения Еврокомиссии в совершенно ином контексте. На рубеже тысячелетия в ЕС осуществлялась либерализация рынков электроэнергии, и значительный объем средств, накапливаемый энергетическими компаниями – операторами АЭС в ликвидационных фондах, рассматривался Еврокомиссией как потенциальная угроза для справедливого ценообразования на энергорынках.

Вместе с тем к этому времени проблематика финансирования вывода из эксплуатации и демонтажа ядерных реакторов стала осознаваться на европейском уровне как самостоятельная проблема. Отчасти на это повлияло очередное расширение Евросоюза и связанное с присоединением Словакии и Литвы принятие на себя обязательств по софинансированию ликвидации ядерных реакторов. При Еврокомиссии была создана экспертная группа по вопросам финансирования ликвидации АЭС (*Decommissioning Funding Group*), в задачи которой входили анализ существующих в странах ЕС практик и разработка единых подходов для общеевропейской политики.

Результатом работы этой группы стали «Рекомендации Еврокомиссии по управлению финансовыми средствами, предназначенными для ликвидации ядерных реакторов и утилизации РАО»¹ 2006 г., основной целью которых заявлено обеспечение наличия необходимых финансовых средств к моменту начала работ по выводу из эксплуатации и дальнейшей ликвидации ядерных объектов. Делая акцент на

неизменности принципа «загрязнитель платит», Еврокомиссия рекомендует странам ЕС определить государственное надзорное ведомство, ответственное за курирование вопросов, связанных с ликвидацией ядерных объектов. В части финансирования рекомендуется учреждение внешнего независимого от операторов АЭС ликвидационного фонда, работа которого должна осуществляться на основе принципов прозрачности и экономической эффективности. «Рекомендации» также обращают внимание на необходимость корректных сметных оценок. Рекомендации направлены главным образом на достаточность финансирования, обеспечение прозрачности целевого использования и сохранности выделенных финансовых ресурсов.

Несмотря на то, что эти рекомендации Еврокомиссии являются необязательными для исполнения, они тем не менее дают ориентиры странам ЕС для определения политики в отношении ликвидации АЭС. В данном случае Еврокомиссия отчасти следует в русле других международных организаций, таких как МАГАТЭ при ООН и АЯЭ при ОЭСР, которые разрабатывают общие подходы к решению ядерными странами различных проблем, в том числе вопросов ликвидации ядерных объектов и ее финансирования. Евросоюз исходит из суверенитета стран в вопросе использования ядерной энергии и не стремится регулировать достаточно узкие вопросы эксплуатации ядерных объектов, каким является финансирование ликвидации. Вместе с тем данный вопрос достаточно значим и не может быть оставлен без внимания,

¹ Commission Recommendation of 24 October 2006 on the management of financial resources for the decommissioning of nuclear installations, spent fuel and radioactive waste (2006/851/Euratom). – URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006H0851&from=EN> (дата обращения: 17.12.2021).

поэтому Еврокомиссия избрала путь рекомендаций-ориентиров и дальнейшего мониторинга развития ситуации с регулярной публикацией отчетов о текущем положении.

С другой стороны, несмотря на суверенитет стран ЕС в части использования ядерной энергии, вопросы ядерной безопасности относятся к компетенции Евросоюза (Евратома). И в пределах этих полномочий ликвидация АЭС охватывается Еврокомиссией в рамках более широкого контекста утилизации ядерных отходов. Директива Совета Европейского Союза 2011/70/Евратом от 19 июля 2011 г.², учреждающая рамочное законодательство Сообщества в отношении отработанного топлива и радиоактивных отходов, обязует все страны ЕС определить стратегию и принять на национальном уровне законодательство, охватывающее все аспекты обращения с ОЯТ и РАО от их производства до окончательной утилизации. Несмотря на то, что директива обязательна для всех членов ЕС, она в первую очередь актуальна для стран, на территории которых находятся АЭС, причем неважно, действующие или выведенные из эксплуатации. 99,7% всего объема РАО приходится именно на долю этих 16 стран (включая Италию и Великобританию), в то время как остальные члены ЕС производят несопоставимо меньшие объемы медицинских и промышленных отходов.

Важным моментом является то, что директива устанавливает ответственность государств за утилизацию РАО, однако при этом указывает, что источником финансирования должен быть «загрязнитель». Таким образом, прави-

тельства стран Евросоюза побуждают к более активной деятельности по контролю за обеспечением достаточности финансирования со стороны энергетических компаний. Согласно положениям директивы, страны ЕС с ядерной программой обязываются законодательно установить механизмы в рамках национальных программ, обеспечивающие накопление необходимых финансовых средств для реализации программ по утилизации РАО (включающих строительство хранилищ), по сути, за счет компаний, являющихся источниками РАО, среди которых основными являются эксплуатанты АЭС. При этом страны ЕС обязываются также регулярно отчитываться перед Еврокомиссией о статусе реализации намеченных мероприятий, текущей оценке размера затрат и объемах накопленных средств. В свою очередь Еврокомиссия осуществляет контроль за внедрением мер, предписанных директивой. Так, в части принятия национального законодательства Еврокомиссия инициировала процедуры о нарушениях в отношении 15 членов ЕС, не исполнивших предписания директивы в полном объеме.

Таким образом, Евросоюз достаточно внимательно отслеживает процессы в странах ЕС с ядерной энергетикой в части вывода из эксплуатации и ликвидации реакторов. Не вмешиваясь в конкретные ситуации, он тем не менее требует создания на национальном уровне эффективных механизмов, обеспечивающих наличие достаточных финансовых средств для выполнения работ по демонтажу АЭС и последующей безопасной утилизации РАО. При этом можно сказать, что Евросоюз выстраивает

2 Council Directive 2011/70/EURATOM of 19 July 2011 establishing a Community framework for the responsible and safe management of spent fuel and radioactive waste // Official Journal of the European Union. – 2011. – L 199. – P. 48–56. – URL: Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011L0070&from=EN> (дата обращения: 17.12.2021).

двухуровневую систему гарантирования достаточности средств на ликвидацию АЭС. С одной стороны, ЕС неоднократно подтверждает приверженность принципу ответственности эксплуатанта АЭС за демонтаж реакторов. С другой стороны, возлагая ответственность за утилизацию РАО на государство, Евросоюз обязывает правительства играть более активную роль в этом процессе.

* * *

Стратегия Еврокомиссии заключается в упреждении возникновения проблемных ситуаций с отсутствием необходимых финансовых средств на демонтаж ядерных объектов за счет повышения ответственности государств. И нужно признать, что эта политика постепенно меняет ситуацию с регулированием финансирования ликвидации в странах ЕС. Безусловно, до окончательного решения вопроса в духе гармонизации подходов еще далеко. Однако в целом Евросоюз поступательно продвигается в решении вопросов, связанных с ликвидацией АЭС и утилизацией РАО, что должно позволить ядерной энергетике остаться одной из важнейших низкоуглеродных технологий в электроэнергетике климатически нейтрального Евросоюза к 2050 г.

В целом вопросы финансирования ликвидации АЭС являются глобальной проблематикой. Схожие проблемы, связанные с потенциальной неспособностью предприятий обеспечить демонтаж реакторов, существуют, например в США [Lordan-Perret, Sloan, Rosner, 2021], где средний возраст атомных электростанций выше, чем в ЕС. В этой связи положительный европейский опыт по обеспечению финансирования для ликвидации реакторов имеет важное значение для мировой атомной энергетики.

Список литературы

Бочкарев В.В., Абакумова А.С., Крынев А.В. Обоснование выбора варианта вывода из эксплуатации объектов использования атомной энергии // Ядерная и радиационная безопасность. – 2018. – № 2. – С. 24–28.

Зимаков А.В. Трансформация сетевой инфраструктуры в процессе экологизации энергетики ЕС // Мировая экономика и международные отношения. – 2018. – № 12. – С. 46–54. – DOI: 10.20542/0131-2227-2018-62-12-46-54.

Зимаков А.В. Энергетика Франции в поиске оптимальной модели // Вестник МГИМО Университета. – 2019. – № 5. – С. 156–171. – DOI: 10.24833/2071-8160-2019-5-68-156-171.

Линге И.И., Уткин С.С. Радиационные и экологические аспекты атомной энергетики будущего // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2021. – Т. 66, № 5. – С. 113–121. – DOI: 10.12737/1024-6177-2021-66-5-113-121.

Лучшие зарубежные практики вывода из эксплуатации ядерных установок и реабилитации загрязненных территорий / Н.С. Цебаковская [и др.] / Под ред. И.И. Линге, А.А. Абрамовой. – Москва : ИБРАЭ РАН, 2017. – 336 с.

Падерин Е.С., Шешин А.А., Орлов К.Е. Подходы к демонтажу графитовых кладок при выводе из эксплуатации по варианту «ликвидация» // Радиоактивные отходы. – 2019. – № 3. – С. 69–73. – DOI: 10.25283/2587-9707-2019-3-69-73.

Developing policies for the end-of-life of energy infrastructure: Coming to terms with the challenges of decommissioning / D. Invernizzi [et al.] // Energy Policy. – 2020. – Vol. 144. – DOI: 10.1016/j.enpol.2020.111677.

Dorfman P. How much will it really cost to decommission the aging French nuclear fleet? // Nuclear Monitor. – 2017. – Issue 839. – URL: <https://wiseinternational>.

org/nuclear-monitor/839/how-much-will-it-really-cost-decom (дата обращения: 17.12.2021).

ECA. EU nuclear decommissioning assistance programmes in Lithuania, Bulgaria and Slovakia. Special Report.– Luxembourg: European Court of Auditors, 2016. – DOI: 10.2865/004680.

European Commission. Slovakia. Partial Financing of Decommissioning of Two Already Shut Down Nuclear Plants (A1 and V1). – Brussels : European Commission, 2013. – COM, 782 Final. – URL: https://ec.europa.eu/competition/state_aid/cases/238200/238200_1431108_203_3.pdf (дата обращения: 17.12.2021).

European Commission. Report on the implementation of the work under the nuclear decommissioning assistance programme to Bulgaria, Lithuania and Slovakia in 2018 and previous years. – Brussels : European Commission, 2019. – COM, 215 final. – URL: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2019/EN/COM-2019-215-F1-EN-MAIN-PART-1.PDF> (дата обращения: 17.12.2021).

Haas R., Mez L., Ajanovic A. The Technological and Economic Future of Nuclear Power. – Berlin : Springer Nature, 2019. – 385 p. – DOI: 10.1007/978-3-658-25987-7.

Make the European Green Deal real: Combining climate neutrality and economic recovery / K. Hainsch [et al.] // DIW Berlin: Politikberatung kompakt. – 2020. – N 153. – 77 p. – URL: <http://hdl.handle.net/10419/222849> (дата обращения: 17.12.2021).

IAEA. Decommissioning of nuclear power plants, research reactors and other nuclear fuel cycle facilities. – Vienna : IAEA, 2018. – 120 p. – URL: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1812_web.pdf (дата обращения: 17.12.2021).

Laraia M. Nuclear decommissioning: Planning, execution and international experience. – Vienna : IAEA, 2012. – 824 p. – DOI: 10.1533/9780857095336.

Lordan-Perret R., Sloan R., Rosner R. Decommissioning the U.S. nuclear fleet: Financial assurance, corporate structures, and bankruptcy // *Energy Policy*. – 2021. – Vol. 154, 112280. – DOI: 10.1016/j.enpol.2021.112280

Mihók P. Understanding political institutional support for completing the Mochovce nuclear power plant // *Progress in Nuclear Energy*. – 2020. – Vol. 120, 103192. – DOI: 10.1016/j.pnucene.2019.103192.

NEA. Costs of Decommissioning Nuclear Power Plants. – Paris : OECD NEA, 2016a. – No. 7201. – URL: <https://oecd-nea.org/ndd/pubs/2016/7201-costs-decom-npp.pdf> (дата обращения: 17.12.2021).

NEA. Financing the Decommissioning of Nuclear Facilities. – Paris : OECD NEA, 2016b. – No. 7326. – URL: <https://oecd-nea.org/rwm/pubs/2016/7326-fin-decom-nf.pdf> (дата обращения: 17.12.2021).

Principles of International Environmental Law / P. Sands, J. Peel, A. Fabra, R. MacKenzie – Cambridge : Cambridge University Press, 2018. – 1032 p. – DOI: 10.1017/9781108355728.

Scherwath T., Wealer B., Mendelevitch R. Nuclear decommissioning after the German Nuclear Phase-Out an integrated view on new regulations and nuclear logistics // *Energy Policy*. – 2020. – Vol. 137, 111125. – DOI: 10.1016/j.enpol.2019.111125.

Tchalakov I., Hristov I. The Bulgarian nuclear sector in transition: Adopted Russian technology, state sovereignty and accession to the EU // *Environmental Innovation and Societal Transitions*. – 2019. – Vol. 32. – P. 107–121. – DOI: 10.1016/j.eist.2019.03.008.

The future of nuclear decommissioning – A worldwide market potential study / R. Volk, F. Hübner, T. Hünlich, F. Schultmann // *Energy Policy*. – 2019. – Vol. 124. – P. 226–261. – DOI: 10.1016/j.enpol.2018.08.014.

Problems of the Old World

DOI: 10.23932/2542-0240-2022-15-1-9

Nuclear Decommissioning in the EU: Financing Issues

Andrei V. ZIMAKOV

Cand. Sci. (Econ.), research fellow

Center for European Studies

Primakov Institute of World Economy and International Relations, Russian Academy of Sciences (IMEMO RAN), 117997, Profsoyuznaya Str., 23, Moscow, Russian Federation

E-mail: zimakov@newmail.ru

ORCID 0000-0001-6574-6258

CITATION: Zimakov A.V. (2022). Nuclear Decommissioning in the EU: Financing Issues. *Outlines of Global Transformations: Politics, Economics, Law*, vol. 15, no. 1, pp. 186–202 (in Russian). DOI: 10.23932/2542-0240-2022-15-1-9

Received: 18.11.2021.

Revised: 17.12.2021.

ABSTRACT. *Decommissioning of nuclear power plants is increasingly becoming one of heavily discussed issues in the controversy over admissibility of nuclear power as a low-carbon technology in the climate-neutral Europe by 2050 in the face of rising shut-down reactors numbers. The rise of the due to be dismantled reactors figures is to be explained by ageing reactor fleet, nuclear phase-out decisions in several EU countries and by the change from deferred to immediate dismantling strategy. Being a quite costly undertaking, immediate dismantling of a nuclear facility requires financial resources that should be sufficient and available by the beginning of dismantling activities. Despite the commonly accepted “polluter pays” principle that means that the nuclear facility owner should provide necessary financing for decommissioning, there are several cases in Europe when the costs of dismantling activities are borne by the state or even by the budget of the European Union. The general reason for that is the lack of financial*

resources accumulated by the nuclear facility owner. The European Union has timely recognized the potential risk of lacking decommissioning financing and has stepped up certain pro-active measures in a form of non-binding recommendations on the management of decommissioning funds and binding Euratom directive setting ultimate responsibility of the state for nuclear waste utilization. The Euratom directive that is to be transposed into national legislation requires a creation of a legal framework ensuring safe accumulation of sufficient financial resources for decommissioning of nuclear facilities and further waste utilization. By these actions, the European Commission prompts the member states to get more involved into regulation of nuclear decommissioning financing thus preventing shortages requiring the state or even the EU to step in. Being far from a closed issue, the situation in decommissioning financing in the EU is gradually improving. Ultimately, the extensive decommissioning volumes coupled with available financing is making

Europe a very attractive decommissioning market with a potential to overtake the global leadership in nuclear decommissioning.

KEYWORDS: energy, nuclear power plant, decommissioning, dismantling, decarbonization, the EU.

References

- Bochkarev V.V., Abakumova A.S., Kryanev A.V. (2018). Justification of the choice of decommissioning option for nuclear facilities. *Yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost'*, no. 2, pp. 24–28 (in Russian).
- Developing policies for the end-of-life of energy infrastructure: Coming to terms with the challenges of decommissioning (2020). *Energy Policy*, vol. 144. DOI: 10.1016/j.enpol.2020.111677.
- Dorfman P. (2017). How much will it really cost to decommission the aging French nuclear fleet? *Nuclear Monitor*, issue 839. Available at: <https://wiseinternational.org/nuclear-monitor/839/how-much-will-it-really-cost-decom>, accessed 17.12.2021.
- ECA (2016). *EU nuclear decommissioning assistance programmes in Lithuania, Bulgaria and Slovakia. Special Report*, Luxembourg: European Court of Auditors. DOI: 10.2865/004680.
- European Commission (2013). *Slovakia. Partial Financing of Decommissioning of Two Already Shut Down Nuclear Plants (A1 and V1)*, Brussels: European Commission, no. COM 782. Available at: https://ec.europa.eu/competition/state_aid/cases/238200/238200_1431108_203_3.pdf, accessed 17.12.2021.
- European Commission (2019). *Report on the implementation of the work under the nuclear decommissioning assistance programme to Bulgaria, Lithuania and Slovakia in 2018 and previous years*, Brussels: European Commission, no. COM 215. Available at: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2019/EN/COM-2019-215-F1-EN-MAIN-PART-1.PDF>, accessed 17.12.2021.
- Haas R., Mez L., Ajanovic A. (2019). *The Technological and Economic Future of Nuclear Power*, Berlin: Springer Nature, 385 pp. DOI: 10.1007/978-3-658-25987-7.
- Make the European Green Deal real: Combining climate neutrality and economic recovery* (2020). DIW Berlin: Politikberatung kompakt, no. 153, 77 pp. Available at: <http://hdl.handle.net/10419/222849>, accessed 17.12.2021.
- IAEA (2018). *Decommissioning of nuclear power plants, research reactors and other nuclear fuel cycle facilities*, Vienna: IAEA, 120 pp. Available at: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1812_web.pdf, accessed 17.12.2021.
- Laraia M. (2012). *Nuclear decommissioning: Planning, execution and international experience*, Vienna: IAEA, 824 pp. DOI: 10.1533/9780857095336.
- Lordan-Perret R., Sloan R., Rosner R. (2021). Decommissioning the U.S. nuclear fleet: Financial assurance, corporate structures, and bankruptcy. *Energy Policy*, vol. 154. DOI: 10.1016/j.enpol.2021.112280.
- Linge I.I., Utkin S.S. (2021). Radiation and environmental aspects of nuclear power of the future. *Meditinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost'*, vol. 66, no. 5, pp. 113–121 (in Russian). DOI: 10.12737/1024-6177-2021-66-5-113-121.
- Luchshie zarubezhnye praktiki... (2017). Tsebakovskaya N.S., Utkin S.S., Ivanov A.Yu., Sakharov V.K. *The Best Foreign Practices of Decommissioning of Nuclear Installations and Rehabilitation of Contaminated Areas*, Ed. by I.I. Linge, A.A. Abramova, Moscow: IBRAE RAN, 336 pp. (in Russian).
- Mihók, P. (2020). Understanding political institutional support for completing the Mochovce nuclear power plant. *Progress in Nuclear Energy*, vol. 120. DOI: 10.1016/j.pnucene.2019.103192.

NEA (2016a). *Costs of Decommissioning Nuclear Power Plants*, Paris: OECD NEA, no. 7201. Available at: <https://oecd-nea.org/ndd/pubs/2016/7201-costs-decom-npp.pdf>, accessed 17.12.2021.

NEA (2016b). *Financing the Decommissioning of Nuclear Facilities*, Paris: OECD NEA, no. 7326. Available at: <https://oecd-nea.org/rwm/pubs/2016/7326-fin-decom-nf.pdf>, accessed 17.12.2021.

Paderin E.S., Sheshin A.A., Orlov K.E. (2019). Approaches to dismantling graphite masonry during decommissioning according to the “liquidation” option. *Radioaktivnye otkhody*, no. 3, pp. 69–73 (in Russian). DOI: 10.25283/2587-9707-2019-3-69-73.

Principles of International Environmental Law (2018). Cambridge: Cambridge University Press, 1032 pp. DOI: 10.1017/9781108355728.

Scherwath T., Wealer B., Mendelevitch R. (2020). Nuclear decommissioning after the German Nuclear Phase-Out an integrated view on new regulations and

nuclear logistics. *Energy Policy*, vol. 137. DOI: 10.1016/j.enpol.2019.111125.

Tchalakov I., Hristov I. (2019). The Bulgarian nuclear sector in transition: Adopted Russian technology, state sovereignty and accession to the EU. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, vol. 32, pp. 107–121. DOI: 10.1016/j.eist.2019.03.008.

The future of nuclear decommissioning – A worldwide market potential study (2019). *Energy Policy*, vol. 124, pp. 226–261. DOI: 10.1016/j.enpol.2018.08.014.

Zimakov A. (2018). Energy infrastructure transformation as part of clean energy transition in the EU. *Mirovaya Ekonomika I Mezhdunarodnye Otnosheniya*, no. 12, pp. 46–54 (in Russian). DOI: 10.20542/0131-2227-2018-62-12-46-54.

Zimakov A.V. (2019). French Energy Sector in Search for Optimal Model. *MGIMO Review of International Relations*, no. 5, pp. 156–171 (in Russian). DOI: 10.24833/2071-8160-2019-5-68-156-171.