

Финляндия

В начале декабря 2024 года финский ядерный регулятор (STUK) принял решение о продлении срока рассмотрения материалов для выдачи лицензии на эксплуатацию первого в мире пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов (ПГЗРО) еще на один год (рис. 1) [1].

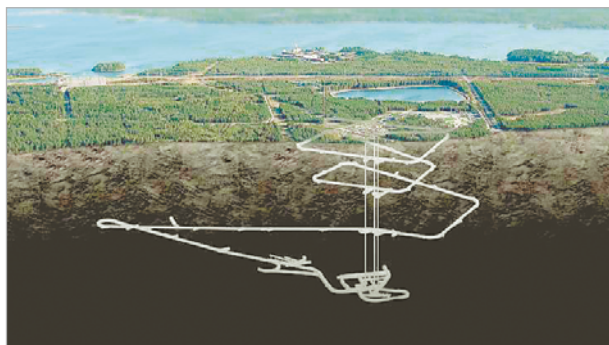


Рис. 1. Концепция финского ПГЗРО в Олкилуото (Финляндия) [1]

Работы по его сооружению на площадке в Олкилуото стартовали в декабре 2016 года, после того как в ноябре 2015, оператором была получена соответствующая лицензия.

Материалы заявки на получение лицензии на эксплуатацию ПГЗРО и завода по инкапсуляции ОЯТ были направлены компанией Posiva (оператором будущего пункта захоронения) на рассмотрение Министерству экономики и занятости Финляндии еще в конце декабря 2021 года. Согласно текущим планам, первые партии отработанного топлива должны поступить на захоронение в ПГЗРО уже в середине 2020-х годов: в заявке указан срок действия лицензии на эксплуатацию объектов с марта 2024 по конец 2070 года.

Окончательное решение по вопросу о ее выдаче остается за правительством страны. Однако для этого предварительно необходимо заручиться поддержкой регулятора, приступившего

к рассмотрению материалов заявки в мае 2022 года. Изначально он намеревался предоставить официальное заключение по результатам своей экспертизы еще к концу 2023 года, но в январе 2024 года STUK сдвинул сроки завершения данной процедуры на конец 2024 года, а осенью, ссылаясь на большой объем как изначально предоставленных оператором материалов, так и обновленных и уточненных данных по проекту, регулятор обратился к Министерству с просьбой о продлении сроков экспертизы. В результате была сдвинута предельная дата окончания процедуры рассмотрения материалов заявки на 31 декабря 2025 года.

Между тем пока сложно судить о конкретных сроках завершения процедуры экспертизы материалов заявки, так как в первую очередь все зависит от того, запросит ли регулятор у Posiva дополнительные уточняющие материалы, и от сроков их рассмотрения. Если серьезного обновления данных не потребуется, то вполне возможно, что процедура экспертизы будет завершена уже к концу лета 2025 года [1].

Германия

В начале декабря 2024 года на площадке закрытой соляной шахты Горлебен (Нижняя Саксония), в прошлом предлагавшейся для размещения пункта геологического захоронения высокоактивных отходов (ВАО), начались работы по засыпке и закрытию (рис. 2) [2].

Проект геологоразведочных исследований, призванных оценить перспективы сооружения ПГЗРО в соляном пласте Горлебен, был запущен в 1977 году. В 1983 году Федеральное правительство Германии выдало разрешение на проведение подземных исследований на этом участке, а спустя три года начались работы по проходке первой из двух шахт. Исследования на площадке продолжались вплоть до июня 2000 года, когда, в связи с решением правительства Германии об отказе от атомной энергетики, был введен



Рис. 2. Дорожная фреза послойно удаляет соляные породы с территории соляного отвала Горлебен и сбрасывает разрыхленную породу в контейнер, прицепленный к трактору [2]

мораторий сроком от трех до десяти лет на проведение геологоразведочных работ в Горлебене. Этот запрет был снят в марте 2010 года.

В июле 2014 года Федеральное правительство Германии и правительство земли Нижняя Саксония договорились о сокращении объема оставшихся в эксплуатации горных выработок и наземных сооружений на площадке до минимума, необходимого для поддержания шахты в рабочем состоянии. Кроме того, объем мер по обеспечению безопасности объекта был снижен до уровня, традиционно обеспечиваемого на промышленных предприятиях. Также была проведена рекультивация земельных участков, которые больше не требовались для поддержания шахты в рабочем состоянии.

28 сентября 2020 года немецкий оператор по обращению с радиоактивными отходами (РАО) Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) опубликовал список регионов, рассматриваемых в качестве потенциально пригодных для строительства ПГЗРО в Германии, который был предварительно одобрен парламентом страны по итогам специального научного исследования, продлившегося три года. В итоге в качестве потенциально пригодных для сооружения ПГЗРО были определены 90 районов, по своим размерам охватывающих около 54% территории всей страны. На основании результатов последующей оценки, выполненной посредством сопоставления площадок по «минимальным требованиям их соответствия и критериям исключения из рассмотрения», 139 соляных куполов были предварительно отобраны в качестве кандидатов для размещения ПГЗРО. В 2021 году на основании их сопоставления по геонаучным критериям соляной купол в Горлебене, наряду с еще 78 другими, был изъят из процесса выбора, а в сентябре 2021 года данная шахта была официально закрыта.

В августе 2023 года между оператором BGE и консорциумом, включающем компании Redpath Deilmann GmbH и Thyssen Schachtbau GmbH, был подписан контракт на засыпку проходок рудника соляными породами из отвалов, размещенных на поверхности, объемом около 400 000 тонн (рис. 3).



Рис. 3. Отвалы соляных пород в Горлебене [2]

В 2024 году к месту проведения работ прибыли погрузчики и экскаваторы, а на территорию отвала была доставлена дорожная фреза — ее задача состоит в подготовке и разрыхлении поверхности соляного отвала, после чего полученную каменную соль загружают в буксируемые трактором контейнеры, каждый из которых способен вместить до 15 тонн породы. Всего за час работы под землю планируется доставлять по четыре таких контейнера, причем график работ на площадке круглосуточный и состоит из трех смен: в утреннюю и дневную смены контейнеры с солью транспортируются под землю, а в ночную — проводятся работы по техническому обслуживанию и ремонту.

По оценкам специалистов BGE, на заполнение подземных выработок шахты должно уйти около трех лет. В рамках следующего этапа будут осуществлены мероприятия по герметизации и засыпке самих шахтных стволов, а снос всех сооружений на поверхности планируется завершить к 2031 году. Затем, в соответствии с положениями горного законодательства, вся ответственность за площадку с BGE будет снята, и она будет возвращена в собственность DWK (Немецкое общество по переработке ядерного топлива) [2].

Швеция

В ноябре 2024 года компания Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB), после получения соответствующего разрешения от шведского ядерного регулятора, приступила к проведению горнопроходческих работ, направленных

на увеличение полезного объема пункта геологического захоронения (ПЗРО) SFR для низко- и среднеактивных отходов (НАО и САО), действующего на площадке в Форсмарке (рис. 4) [3].



Рис. 4. Проект расширения действующего ПЗРО для НАО и САО (новые секции выделены синим цветом) [3]

ПЗРО SFR, расположенный на глубине 60 м под дном Балтийского моря, был введен в эксплуатацию в 1988 году. Он состоит из четырех тоннелей, протяженностью 160 м каждый, и подземной камеры из бетона высотой 50 м, предназначенной для отходов с наиболее высоким уровнем активности. Подземные секции ПЗРО связаны с поверхностью посредством двух параллельно проложенных тоннелей, длиной в один километр. В настоящее время его проектная вместимость составляет около 63 000 кубометров отходов. Большая часть короткоживущих РАО, принимаемых на захоронение в SFR, поступает от АЭС, но также сюда доставляют и отходы, образовавшиеся в результате деятельности, осуществляемой с использованием радиоактивных веществ в медицинских учреждениях, исследовательских организациях и на промышленных предприятиях.

В декабре 2014 года компания SKB подала заявку на трехкратное увеличение полезного объема ПЗРО — до 180 000 кубических метров. В ноябре 2019 года ее материалы были переданы Судом по вопросам землепользования и защиты окружающей среды (далее Судом) и Управлением по радиационной безопасности на рассмотрение правительству. В апреле 2021 года власти муниципалитета Эстхаммар, где находится SFR, одобрили проект расширения ПЗРО. В декабре 2021 года, после решения правительства об одобрении заявки, дело было возвращено в SSM и Суд для окончательного утверждения и выдачи разрешительной документации, которая была передана компании SKB в декабре 2022 года. В его тексте были прописаны законодательные требования, касающиеся, к примеру, шумового

воздействия и транспортировки РАО. В апреле 2023 года компания SKB направила материалы заявки на увеличение полезного объема ПЗРО на рассмотрение SSM.

Согласно разработанному проекту, ПЗРО планируется расширить за счет сооружения шести новых тоннелей протяженностью от 240 до 275 м на глубине 120—140 м. В ноябре 2024 года регулятор завершил процедуру экспертизы и одобрил материалы предварительного отчета, обосновывающего его безопасность, а это значит, что оператор, наконец, сможет приступить к проведению строительных работ на площадке. Ожидается, что на создание новых секций ПЗРО должно уйти около 6 лет: три года на осуществление горнопроходческих работ и еще три — на оборудование тоннелей захоронения.

Также регулятор утвердил условия, предусмотренные выданным разрешением. В соответствии с ними, перед сооружением специализированной части ПЗРО, SKB потребует подготовить подробный отчет о строительстве и направить его на утверждение SSM. Кроме того, SKB предоставит на рассмотрение регулятору перечень запланированных на этапе строительства мер, требующий обновления каждые полгода, а периоду опытной эксплуатации дополнительных секций ПЗРО должна предшествовать разработка актуализированного отчета по безопасности, который также должен пройти процедуру экспертизы регулятором [3].

Канада

В ноябре 2024 года, спустя четырнадцать лет с момента запуска процедуры поиска площадки для строительства пункта глубинного геологического захоронения ОЯТ в Канаде, основанной на принципе добровольного участия и согласия местных жителей, территории возле озера Вабигун, населенные народностью оджибве, и земли неподалеку от поселка Игнас были выбраны в качестве основных кандидатов для строительства ПЗРО (рис. 5) [4].

К 2019 году первоначальный список, включивший 22 муниципалитета, жители которых проявили интерес как к самому проекту, так и высказались за проведение исследований, направленных на изучение перспективности этих регионов в контексте сооружения ПЗРО, был сужен до двух, расположенных в провинции Онтарио. В обоих муниципалитетах было проведено голосование, и местные жители поддержали решение о дальнейшем участии в процедуре выбора площадки для пункта захоронения.

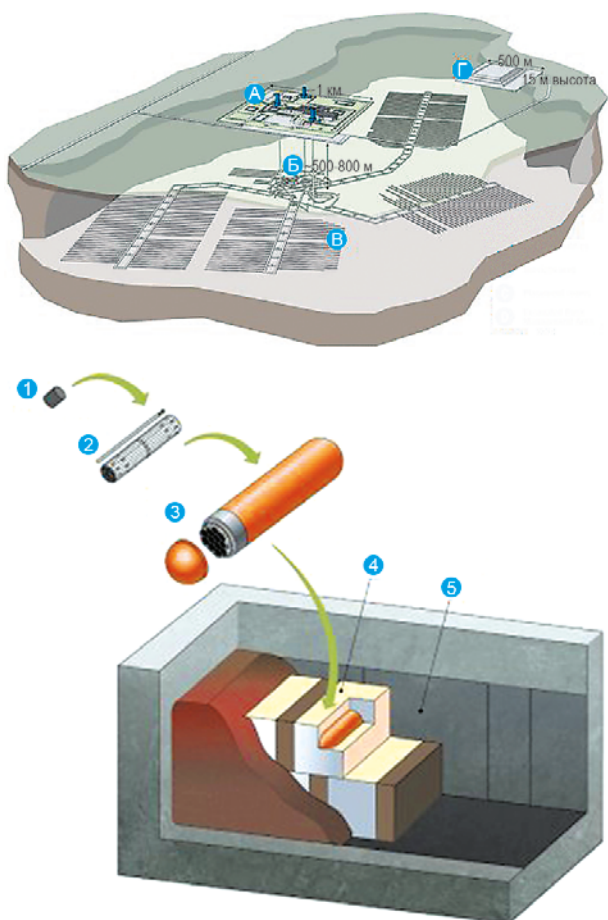


Рис. 5. Проект канадского пункта глубинного геологического захоронения ОЯТ [4]:

А – сооружения на поверхности, Б – зона обслуживания, В – помещения для размещения ОЯТ, Г – зона обращения с поднятой на поверхность породой;
 1 – таблетка ОЯТ, 2 – ТВЭЛ и пучок ТВС, 3 – пенал с ОЯТ, 4 – бентонитовая глина, 5 – вмещающая среда

В настоящее время пришел черед принятия регулирующих решений. В отличие от других стран, непосредственное участие в данном процессе, помимо ядерного регулятора в лице Канадской комиссии по ядерной безопасности и правительства страны, примут и представители коренных народов. Для этого под руководством местной общины планируется разработать специальную процедуру регулирующей оценки, с помощью которой проект создания ПГЗРО и связанные с ним воздействия проанализируют, в частности, и на предмет соответствия ценностям аборигенных народов.

На данный момент канадское ОЯТ размещено в пунктах временного хранения на площадках АЭС и исследовательских лабораторий. Согласно текущему графику, при условии получения необходимых для этого лицензий, к строительству ПГЗРО с глубиной заложения более 600 метров и площадью подземной секции около 2 × 3 км планируется приступить примерно в 2033 году, а этап его эксплуатации может стартовать в 2040–2045 гг. [4].

Швейцария

В конце ноября 2024 года швейцарский оператор по обращению с РАО Nagra подал заявку в Федеральное управление энергетики Швейцарии на получение генерального разрешения на строительство ПГЗРО и завода по инкапсуляции ОЯТ [5].

В сентябре 2022 года, спустя 14 лет после запуска процедуры поиска площадки для строительства ПГЗРО, регион Нёрдлик-Лэгерн на севере Швейцарии Nagra выбрал в качестве основного кандидата, а для сооружения завода по инкапсуляции ОЯТ была определена территория действующего временного пункта хранения ОЯТ Цвилаг в Вюренлингене (кантон Аргау). Соединить подземные секции ПГЗРО с поверхностью земли планируется посредством системы шахт, поверхностные объекты которых планируется разместить в районе Хаберсталь (муниципалитет Штадель, кантон Цюрих) (рис. 6).

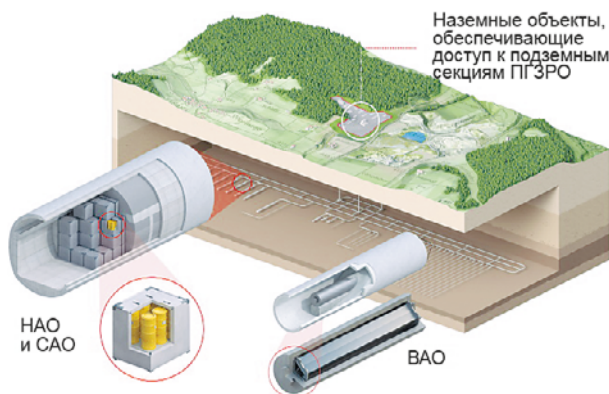


Рис. 6. Концептуальный проект швейцарского ПГЗРО [5]

В материалы заявки для получения генерального разрешения на строительство ПГЗРО и завода вошли отчеты по обеспечению физической и ядерной безопасности, а также материалы, обосновывающие решение о выборе площадок, оценка воздействия объектов на окружающую среду и заключение о соответствии проектов требованиям регионального планирования. В каждой заявке Nagra определен участок размещения (размер и местоположение основных конструкций), а также указан максимальный предельный уровень облучения населения в непосредственной близости от установки. В отношении ПГЗРО также приведены данные по его максимальному полезному объему, критерии исключения и границы временной зоны защиты недр вокруг площадки. Кроме того, в документах представлен концептуальный проект работ, предусмотренных на этапе наблюдения и окончательного

закрытия ПГЗРО. Соответствующие документы были приложены Nagra к материалам заявок, направленных на рассмотрение регулятору 19 ноября.

Ожидается, что компетентные федеральные ведомства завершат предварительный этап проверки материалов заявок на наличие всех требуемых в соответствии с национальным законодательством документов к весне 2025 года. Затем Nagra опубликует все вошедшие в заявки документы и научные отчеты на своем интернет-сайте — на три года раньше, чем того требует закон. После этого власти в лице Швейцарской федеральной инспекции по ядерной безопасности (ENSI) и Федеральной комиссии по ядерной безопасности (CNS) запустят процедуру детальной проверки содержащихся в материалах заявок данных. Ожидается, что эта оценка будет завершена к 2027 году.

В случае положительного заключения регуляторов, а также исходя из позиции имеющих отношение к данному проекту федеральных ведомств и кантонов, швейцарское Федеральное управление по энергетике примет решение о выдаче генерального разрешения на строительство объектов. Согласно текущему плану, решение Федерального совета по заявке ожидается в 2029 году, а парламента страны — в 2030 году, после чего в 2031 году может состояться национальный референдум.

Как только решение о выдаче генерального разрешения на строительство ПГЗРО будет получено, оператор приступит к проведению подземных геологических исследований в районе предполагаемого строительства, в частности, посредством сооружения подземной исследовательской лаборатории. Следующим этапом станет подготовка заявки на получение разрешения на его строительство, а затем и эксплуатацию. Согласно текущему графику работ ожидается, что первые партии отходов могут поступить на окончательное захоронение в ПГЗРО примерно в 2050 году [5].

Франция

В конце ноября 2024 года французская компания Orano объявила о том, что последняя, тринадцатая партия остеклованных высокоактивных отходов (ВАО) была доставлена железнодорожным транспортом в пункт промежуточного хранения в Филиппсбурге (Германия), тем самым свои обязательства в рамках долгосрочных соглашений, заключенных с немецкой стороной по переработке ОЯТ, она выполнила в полном объеме [6].

Речь идет о контрактах, которые компания Orano заключила в период с 1977 по 1991 год с германскими предприятиями EnBW, PreussenElektra, RWE и Vattenfall, договорившись осуществить переработку ОЯТ их ядерных реакторов и кондиционирование образующихся в результате отходов. В соответствии с положениями этих договоров на заводе Orano в Ла-Аге (рис. 7) было переработано 5310 тонн топлива, работы были завершены в 2008 году. В рамках заключенного между странами межправительственного соглашения было предусмотрено условие, согласно которому после переработки в Германию должны быть возвращены отходы, по массе и уровню радиоактивности эквивалентные соответствующим показателям подлежавшего переработке ОЯТ. Операции по возврату ВАО было необходимо полностью завершить к 2011 году, а долгоживущих САО — не позднее 2024 года. В соответствии с обязательствами, принятыми обеими сторонами, ВАО, составляющие более 99% импортируемой активности, были доставлены в Германию в период с 1996 по 2011 год.



Рис. 7. Вид сверху на площадку завода Ла-Аг на севере Франции [7]

В августе 2021 года Orano заключила контракты с четырьмя энергетическими предприятиями на возврат всего объема немецких РАО, оставшихся на площадке в Ла-Аге. В рамках подписанных соглашений были обозначены два важных пункта. Один касался передачи права собственности на 24 французских модернизированных тяжелых контейнера немецкой стороне. По просьбе германских компаний эти пустые контейнеры были отправлены на завод по переработке металлов в США. Другой касался возврата остеклованных ВАО на площадку пункта временного хранения в Филиппсбурге (Германия), куда впоследствии эти отходы были доставлены в 4 контейнерах, сертифицированных Французским агентством по ядерной безопасности (ASN) и отвечающих требованиям

международных стандартов безопасности. В ноябре 2024 года представители Orano наконец смогли объявить о своевременном выполнении обязательств в рамках этого контракта.

Италия

В ноябре 2024 года итальянская государственная компания Societa Gestione Impianti Nucleari SpA (Sogin), ответственная за вывод из эксплуатации итальянских АЭС и обращение с образующимися в результате РАО, объявила об открытии на территории закрытой АЭС Латина специальной зоны, предназначенной для проведения работ по демонтажу шести парогенераторов [7].



Рис. 8. АЭС «Латина» [7]

Данная атомная электростанция, состоящая из одного газоохлаждаемого графитового реактора Magnox мощностью 210 МВт, была введена в эксплуатацию в январе 1964 года. В декабре 1987 года она была окончательно закрыта: решение об этом было принято по итогам национального референдума о будущем атомной энергетики Италии, последовавшего за чернобыльской катастрофой 1986 года. В результате в ноябре 1999 года компания Sogin получила право собственности на объект.

В 2020 году Министерство экономического развития Италии издало указ, согласно которому специалисты Sogin смогли приступить к начальному этапу вывода АЭС «Латина» из эксплуатации. Данный процесс предусматривает проведение работ по демонтажу шести парогенераторов и конструкций реакторного здания с целью уменьшения его высоты с 53 до 38 метров. Строения и вспомогательные системы на площадке АЭС также подлежат сносу.

В ходе эксплуатации расположенные снаружи реакторного здания парогенераторы (также называемые котлами) передавали тепло от углекислого газа воде, генерируя пар, необходимый для работы турбин и производства электроэнергии. Специалисты Sogin отмечают, что

демонтаж парогенераторов представляет собой чрезвычайно сложную задачу, что обусловлено как массивными размерами их элементов (высота каждого парогенератора составляет 24 м, диаметр — 6 м и общий вес — 3700 т), так и их расположением на большой высоте.

В настоящее время на площадке возводятся оградительные конструкции, которые позволят изолировать и защитить от внешней среды зоны проведения операций по резке котлов и перемещению материалов на весь период проведения работ. Разработанный итальянскими специалистами проект предполагает последовательное разделение сверху вниз каждого парогенератора на девять цилиндрических частей, весом около 90 тонн каждая. Для разделения котлов на части планируется использовать технологию резки алмазной проволокой, которая одновременно позволит разрезать и внутренние компоненты парогенератора (стяжки, распорки, кронштейны, листы и т. д.).

Цилиндрические части с помощью специального крана опустят на поверхность земли, а затем транспортируют на уже готовую к приему демонтированных компонентов станцию обработки материалов, где предполагается осуществить демонтаж трубных пучков, внешний кожух разрежут на более мелкие части, а затем дезактивируют водой под высоким давлением. Для проведения большей части работ планируется использовать высокотехнологичные роботизированные комплексы.

Металлические элементы, полученные в результате резки корпуса, отправят на переработку, а трубные пучки — на переплавку, в соответствии со стратегией, принятой в Sogin с целью минимизации объемов РАО.

По окончании текущего этапа весь объем РАО, образовавшихся как в ходе эксплуатации АЭС, так и демонтажа ее конструкций, систем и элементов, будет храниться на территории площадки АЭС в новом временном пункте хранения или в некоторых специально оборудованных для этих целей помещениях реакторного здания. Ожидается, что затраты на реализацию работ в рамках начального этапа вывода из эксплуатации АЭС «Латина», который планируется завершить в 2027 году, составят около 270 миллионов евро (284 миллиона долларов США).

После того как в Италии будет построен национальный пункт захоронения РАО, у Sogin появится возможность перейти к следующему заключительному этапу вывода АЭС из эксплуатации, предусматривающему демонтаж графитового газового реактора. Затем, когда все отходы будут переданы на захоронение в

новый ПЗРО, пункты временного хранения РАО планируется ликвидировать, площадку освободить от регулирующего контроля в целях ее дальнейшего использования по иному назначению [7].

Литература

1. Licensing of Finnish repository further delayed, World Nuclear News. — URL: <https://www.world-nuclear-news.org/articles/licensing-of-finnish-repository-further-delayed> (дата обращения: 05.12.2024).
2. Backfilling of Gorleben mine starts, World Nuclear News. — URL: <https://www.world-nuclear-news.org/articles/backfilling-of-gorleben-mine-starts> (дата обращения: 02.12.2024).
3. Go-ahead for expansion of Swedish repository, World Nuclear News. — URL: <https://www.world-nuclear-news.org/articles/go-ahead-for-expansion-of-swedish-repository> (дата обращения: 29.11.2024).
4. Canada selects location for used nuclear fuel repository, World Nuclear News. — URL: <https://www.world-nuclear-news.org/articles/canada-selects-location-for-used-nuclear-fuel-repository> (дата обращения: 28.11.2024).
5. Applications lodged for Swiss waste disposal facilities, World Nuclear News. — URL: <https://www.world-nuclear-news.org/articles/applications-lodged-for-swiss-waste-disposal-facilities> (дата обращения: 25.11.2024).
6. Orano completes return of nuclear waste to Germany, World Nuclear News. — URL: <https://www.world-nuclear-news.org/articles/orano-completes-return-of-nuclear-waste-to-germany> (дата обращения: 21.11.2024).
7. Preparations for dismantling of Italian steam generators, World Nuclear News. — URL: <https://www.world-nuclear-news.org/articles/preparations-for-dismantling-of-italian-steam-generators> (дата обращения: 14.11.2024).

Обзор подготовлен М. В. Ведерниковой