

ЕКОЛОГІЯ

УДК 539.16

Ю.Н. Жегулина, научн. сотр., аспирант,
Г.Д. Коваленко, д. ф.–м. н., профессор,

НИУ «Украинский научно–исследовательский институт экологических проблем»

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РОВЕНСКОЙ АЭС НА РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РЕКИ СТЫРЬ В ТРАНСГРАНИЧНОМ КОНТЕКСТЕ

В данной работе нами рассмотрен вопрос влияния Ровенской атомной электростанции на загрязнение р. Стырь тритием в результате сброса дебалансных вод в контексте трансграничного влияния. Дана краткая физико–географическая характеристика р. Стырь, а также краткая характеристика РАЭС. Приведены данные о сбросах трития, зависимости объемной активности трития в Стыри от расстояния, объемов сбросов со станции и сезонной водности реки. Представлены среднегодовые объемные активности трития. Установлено, что сброс дебалансных вод с Ровенской АЭС непосредственно в Стырь оказывает влияние на изменение активности трития в реке. Дан предварительный прогноз изменения фоновой активности трития в водах реки Стырь на границе с Республикой Беларусь в результате нормальной работы атомной электростанции.

Ключевые слова: трансграничное влияние, АЭС, удельная активность трития, р. Стырь, радионуклиды.

Ю.М. Жегуліна, Г.Д. Коваленко. ОЦІНКА ВПЛИВУ РІВНЕНСЬКОЇ АЕС НА РАДІОЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН РІКИ СТИР У ТРАНСКОРДОННОМУ КОНТЕКСТІ. У даній роботі нами було розглянуто питання впливу Рівненської атомної електростанції на забруднення р. Стир тритієм у результаті скиду дебалансних вод у контексті транскордонного впливу. Надано стисла фізико–географічна характеристика р. Стир, а також стисла характеристика РАЕС. Наведені данні скидів тритію, залежності об'ємної активності тритію у Стыри від відстані, об'ємів скидів зі станції та сезонної водності ріки. Представлені середньорічні об'ємні активності тритію. Встановлено, що скид дебалансних вод з Рівненської АЕС безпосередньо у Стир спричиняє вплив на зміну активності тритію у річці. Надано попередній прогноз зміни фонової активності тритію у водах ріки Стир на кордоні з Республікою Білорусь у результаті нормальної роботи АЕС.

Ключові слова: транскордонний вплив, АЕС, питома активність тритію, р. Стир, радіонукліди.

Введение. На сегодняшний день использование атомной энергетики является предметом острых споров и имеет как своих противников, так и сторонников. Мнения специалистов относительно безопасности, надежности и экономической рентабельности атомных электростанций расходятся. Однако, возникающие вопросы энергетической независимости государства, связанные с дефицитом энергоресурсов в Украине, ставят развитие данной отрасли, как одну из стратегических задач. Экономическое развитие и, как следствие, улучшение уровня жизни населения в значительной степени зависит от продуктивности работы топливно–энергетического комплекса, и ядерной энергетики в частности. Тем не менее, развитие данной отрасли оказывает значительный, негативный экологический эффект, воздействуя на все компоненты окружающей природной среды. Поэтому, важнейшим остается вопрос обеспечения радиационной безопасности при эксплуатации АЭС и рассмотрению этого вопроса стоит уделить особое внимание.

Загрязнение радионуклидами во время работы станции происходит в результате газо–аэрозольных выбросов и сбросов в водные объекты дебалансных вод. К сточным водам АЭС относят воды систем водоподготовки и охлаждения. В водные объекты осуществляется

сброс предварительно очищенных сточных вод, образующихся при переполнении резервуаров для очищенных дебалансных вод. После прохождения через системы водоочистки атомной станции удельная активность таких вод незначительна и, в основном, обусловлена наличием в них трития, который не задерживается фильтрами. При нормальной работе АЭС, радиоактивность дебалансных вод не превышает допустимых концентраций, установленных нормативными актами.

РАЭС не имеет собственного пруда–охладителя, поэтому осуществляет сброс дебалансных вод непосредственно в р. Стырь, что может привести к изменению радиоэкологического состояния реки. Стырь – трансграничная река, которая протекает по территории Украины и, исходя из этого, стоит принять во внимание, что РАЭС может оказывать трансграничное влияние на территорию сопредельного государства. В связи с подписанием Украиной в 1991 году Конвенции Эспо и её ратификацией в 1999 году [1], представляется актуальной оценка радиоэкологического состояния реки Стырь в контексте трансграничного влияния.

Анализ предыдущих публикаций. Проблема трансграничного влияния трития на радиоэкологическое состояние поверхностных водных объектов была рассмотрена нами в рабо-

тах [2–10]. Также вопрос мониторинга трития в поверхностных водоемах Украины освещался в работе [11], авторов В.М. Васильченко, М.М. Давыдова и др.

На данный момент на атомных электростанциях Украины не осуществляется постоянный мониторинг трития и тритиевая проблема в трансграничном контексте не получила широкого освещения в научных публикациях.

Краткая физико-географическая характеристика реки Стырь. Стырь – река на северо-западе Украины, протекает в пределах Львовской, Волынской, Ровенской областей, после чего пересекает границу с Брестской областью Белоруссии, где впадает в р. Припять.

Длина реки составляет 494 км, из них 70 км приходится на территорию Белоруссии и 424 км – на территорию Украины; площадь бассейна – 13,100 км², расход воды в устье в среднем за год составляет 49,5 м³/с или 129,6·10⁶ м³/мес.

В верхнем течении река узкая (от 2–3 до 10–20 м), в среднем и нижнем – расширяется до 30–

50 м. Наибольшая ширина реки составляет 100 м и наблюдается у сёл Стар, Рафаловка и Млынок [12].

Для р. Стырь характерно интенсивное весеннее половодье (до 50 % годового стока). Многолетние характеристики среднего годового стока р. Стырь у г. Луцк равен 31,1 м³/с, а у с. Млынок – 43,1 м³/с. Среднегодовой расход воды в устье составляет 49,5 м³/с [12].

Общее направление течения реки северное, северо-восточное. Расстояние по реке от РАЭС до границы с Белоруссией составляет примерно 75 км.

Вода реки Стырь используется для питьевых целей в таких городах как Луцк, Кузнецовск, Рожище и т.д. Также воды реки используются для технологических потребностей Ровенской АЭС. На станции осуществляется непрерывный забор воды и дальнейший сброс дебалансных вод в реку. Годовой сток р. Стырь за 2010 г. по месяцам представлено на рисунке 1.

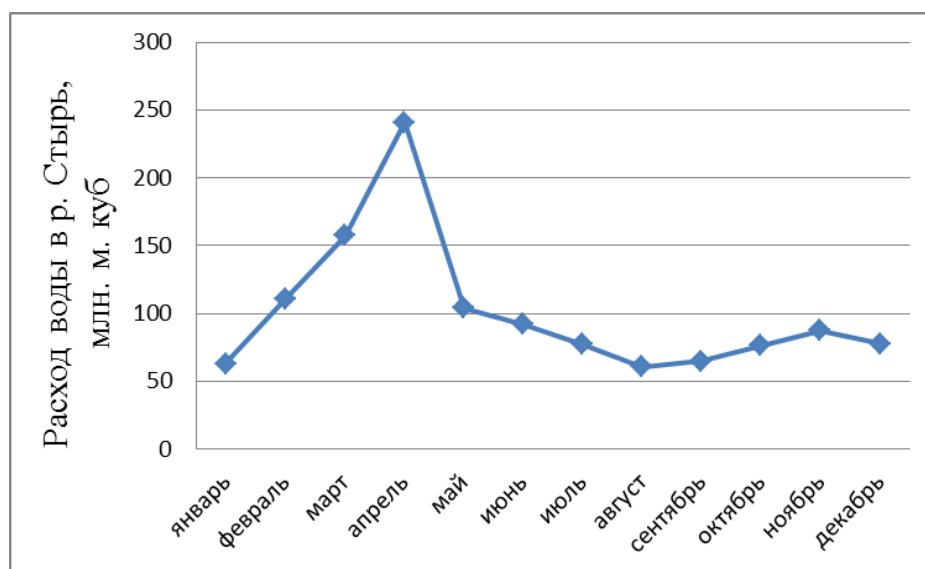


Рис. 1. Месячный сток р. Стырь (м³/сек)

Особенности функционирования Ровенской АЭС. Река Стырь является правым притоком р. Припять и относится к бассейну Днепра. В бассейне Днепра расположены 5 АЭС, включающие 17 энергоблоков. В Украине 2 блока ВВЭР–1000 Хмельницкой АЭС, 6 блоков ВВЭР–1000 Запорожской АЭС и 4 блока Ровенской АЭС. В России 3 блока РБМК–1000 на Смоленской АЭС и 4 блока РБМК–1000 Курской АЭС. Общая установленная мощность около 17835 МВт. Планируется строительство еще трех блоков АЭС общей мощностью 3000 МВт. Отдельно стоит отметить закрытую еще в 1986 г. Чернобыльскую АЭС (4 энергоблока РБМК–1000), которая продолжает оказывать радиационное воздействие на поверхностные водные объекты.

На территории бассейна р. Стырь находится одна АЭС – Ровенская. РАЭС расположена на северо-западе Ровенской области, в 120 км от г. Ровно, во Владимирецком районе, на берегу р. Стырь, в 2 км от города Кузнецовск [13].

На станции функционируют четыре энергоблока с установленной суммарной мощностью 2 880 МВт. Два блока типа ВВЭР–440 мощностью по 440 МВт, введенные в эксплуатацию в 1980 и 1981 гг., и два блока типа ВВЭР–1000 мощностью по 1 ГВт, введенные в эксплуатацию в 1986 и 2004 гг., соответственно. Планируемое строительство 5–го и 6–го энергоблоков (ВВЭР–1000) было отложено после аварии на ЧАЭС.

Сбрасываемые дебалансные воды содержат широкий спектр радионуклидов, таких как: ³H,

^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{60}Co , ^{54}Mn , ^{60}Sr и др.

Особый интерес для изучения представляет радионуклид тритий (^3H). Он не задерживается системами водоочистки станции, а потому с дебалансными водами поступает в р. Стырь.

Тритий – радиоактивный изотоп водорода, является бета–излучателем, период его полураспада – 12,32 года. Обладая небольшой энергией бета–частиц, при внешнем облучении организма не представляет значительной угрозы. Однако, при попадании в организм, способен замещать водород, проникая в протоплазму клеток. При распаде тритий переходит в инертный гелий ^3_2He , что в свою очередь усиливает его биологическое действие. Органически связанный тритий (ОСТ) представляет собой большую опасность, чем НТО, так как он дольше задерживается в организме и с большей вероятностью приведет к нарушению структуры ДНК. Если тритиевая вода выводится из организма человека за 10 – 12 дней, то ОСТ выводится из организма примерно за год.

Природный тритий образуется в верхних слоях атмосферы при взаимодействии космического излучения с ядрами атомов: аргона, водорода, кислорода и азота. Практически весь естественный тритий преобразуется в тритиевую воду (НТО) и, в дальнейшем, принимает участие в природном круговороте воды, распределяясь по различным средам (гидросфера, биосфера, атмосфера и т.д.). Начиная с 1960–х годов, большое количество ^3H образовалось в результате испытаний ядерного оружия в атмосфере, а также в результате эксплуатации атомных электростанций. Результатом дополнительной техногенной наработки трития стало повышение фоновой активности ^3H в поверхностных водных объектах. В среднем по Украине фоновая активность трития в поверхностных водах в настоящий момент составляет порядка 4–6 Бк/л [14].

Генерация трития в теплоносителе реактора типа ВВЭР происходит в результате вступления в реакцию лития (примесь гидроксида калия) и бора (в виде борной кислоты). Основной вклад (80 %) в наработку трития дает реакция $^{10}\text{B}(n,2\alpha)^3\text{H}$ [15]. Данная реакция протекает в воде первого контура, ТВЭЛах и стержнях регулирования. Из ТВЭЛов и стержней регулирования тритий попадает в реакторную воду при нарушении герметичности их оболочек, а также вследствие диффузии через оболочки, или вследствие утечки через не плотности различных устройств. Тритий, попадающий в водную среду, через довольно короткий промежуток времени переходит в НТО или T_2O [18].

Радиоэкологическое состояние реки Стырь в трансграничном контексте. В 2010 г. в р. Стырь, были определены следующие объемные активности трития: 6,7 Бк/л до АЭС (контрольный створ в с. Маневичи), 11,4 Бк/л после АЭС (контрольный створ в с. Сопачев) [16]. Но, в ряде случаев, в единичных измерениях были обнаружены высокие объемные активности трития. В марте 1993 г. в р. Стырь, по данным Госкомгидромета, была зарегистрирована объемная активность трития на уровне 6 610 Бк/л. В 2010 году годовой объем сбрасываемых вод составили 13800 тыс. м³. Активность сброшенных радионуклидов в р. Стырь в 2010 г. составляла: 345 МБк цезия – 137; 101 МБк кобальта – 60; $2,66 \cdot 10^6$ МБк трития [16]. На рис. 3 представлен объем сбросов с РАЭС в р. Стырь по месяцам за 2010 г., тыс. м³.

При этом стоит отметить, что содержание трития в реке колеблется в зависимости от времени года и мощности сброса на станции. Максимальное содержание трития в исходном створе наблюдается в летнюю и осенне–зимнюю межень (20—50 Бк/л), когда расход воды в реке минимальный и, соответственно, происходит минимальное разбавление сбросов. В отдельные периоды наблюдений содержание трития в воде на исходном створе существенно не изменялось и составляло в среднем в осенне–зимнюю межень 6 Бк/л, в летнюю межень — 16 Бк/л, в весеннее половодье — 8 Бк/л. [11].

В течение 2010 года содержание трития в воде р. Стырь до АЭС (с. Маневичи) и в контрольном створе после АЭС (с. Сопачев) регистрировалось на уровне ниже 42,0 Бк/л [16].

Мощность сброса трития (ГБк/мес.) по месяцам за 2010 г. представлена на рис. 4.

Исходя из суммарного сброса дебалансных вод в р. Стырь в декабре, суммарной мощности сброса трития и месячного расхода воды в реке, можно оценить объемную активность трития на границе с республикой Беларусь. Вниз по течению происходит разбавление сброса примерно в 130 раз. В таком случае концентрация будет приблизительно равна 7 Бк/л, что примерно в 2 раза превышает фоновые концентрации трития для поверхностных вод Украины. Отсутствие пруда–охладителя, как некоего барьера, куда возможен неконтролируемый сброс в результате чрезвычайной ситуации на РАЭС, может привести к существенному повышению трития на приграничных участках. В контексте трансграничного влияния Ровенской АЭС может происходить повышение фоновых значений радионуклидов, в том числе и ^3H , что в свою очередь может привести к ухудшению качества воды в р. Стырь.

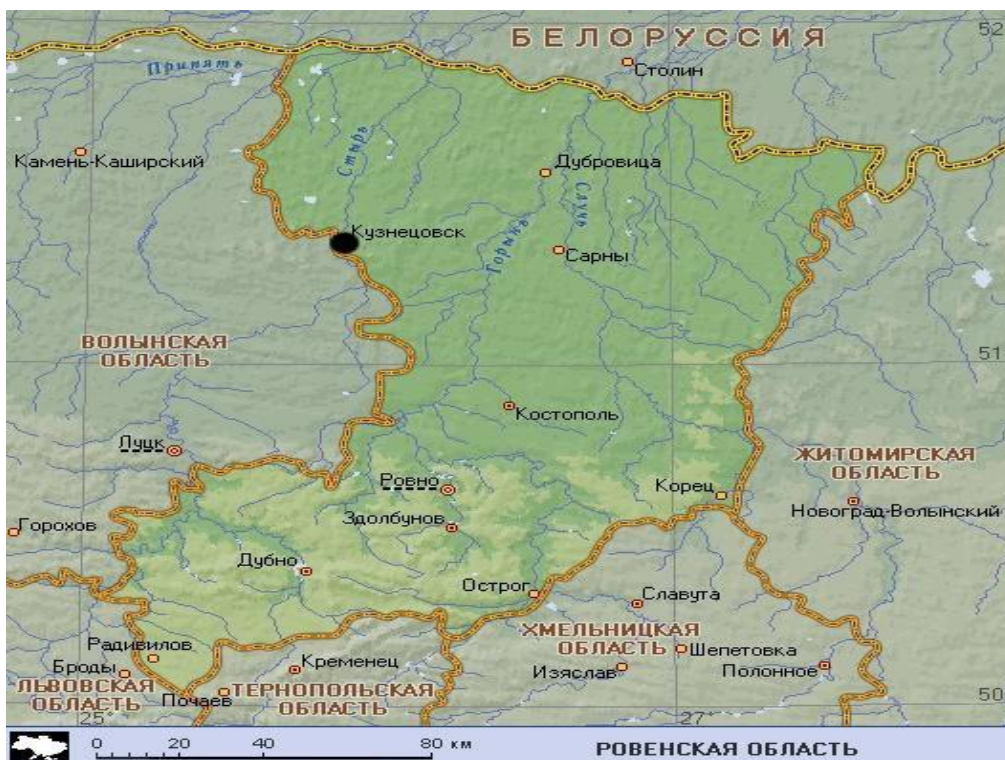


Рис. 2. Карта расположения Ровенской АЭС

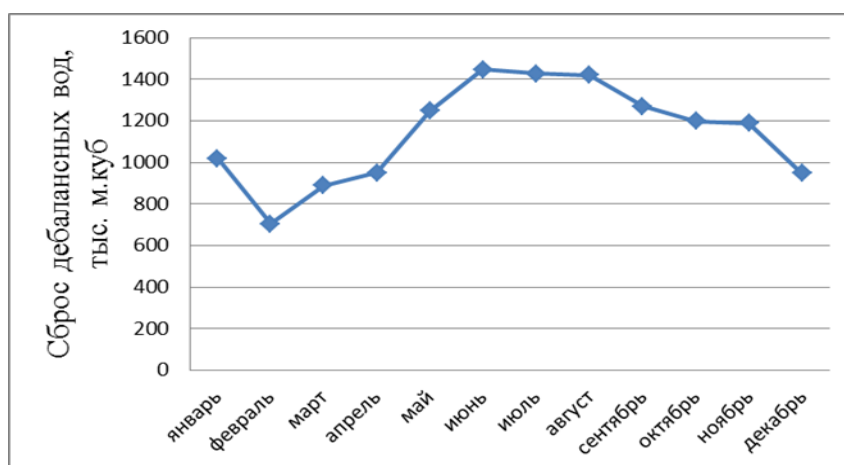


Рис. 3. Суммарный объем водных сбросов по месяцам

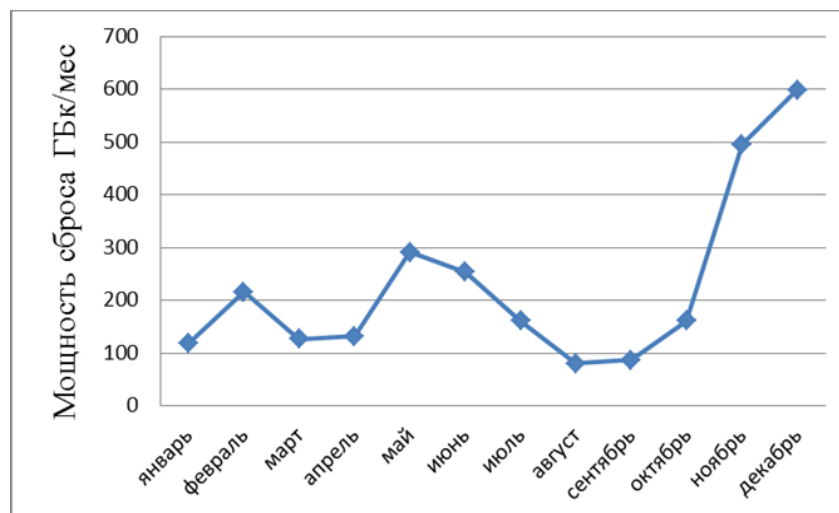


Рис. 4. Средняя мощность сброса ^3H (ГВт/мес.)

Выводы. Сброс дебалансных вод с Ровенской АЭС может служить причиной увеличения фоновой удельной активности трития в водах р. Стырь. В результате работы станции ниже точки сброса РАЭС зафиксировано заметное повышение фоновых значений для трития (11,4 Бк/л). Содержание ^3H в реке варьируется в зависимости от времени года, а также неравномерности сбросов радионуклида с РАЭС в течение года.

Среднегодовая удельная активность ^3H ниже по течению от сброса колеблется в пределах 6–11 Бк/л. Максимальное содержание трития в р. Стырь было зафиксировано в марте 1993 года, когда объемная активность нуклида составила 6 610 Бк/л, что может свидетельствовать об аварийном сбросе трития с РАЭС. Учитывая расход воды, можно считать, что вниз по течению происходит разбавление сброса примерно в 130 раз.

При таком сбросе активность трития будет превышать 50 Бк/л. В случае же нормальной работы АЭС следует ожидать увеличение фоновой концентрации трития на границе с республикой Беларусь в 2 раза. В связи с этим, дальнейший интерес представляет выявление негативных последствий в трансграничном контексте, а также проведение расчетных оценок, которые позволят дать более точные оценки концентрации трития и других радионуклидов при нормальной эксплуатации РАЭС и возможных аварийных ситуациях.

В соответствии с НРБУ–97 объемная активность трития в питьевой воде не должна превышать величины $3 \cdot 10^4$ Бк/л [19], в России – 7700, в США – 740 Бк/л, в странах ЕС – 100 Бк/л. Установленный норматив в Украине в 4 раза превышает норматив 7610 Бк/л, который рекомендован ВООЗ и EURATOM [20].

Литература

1. UNECE [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.unece.org/ru/env/eia/eia_r.html. – Загл. с экрана.
2. Жегулина Ю. Н. Оценка влияния Черноводской и Ровенской АЭС на радиоэкологическое состояние поверхностных водных объектов (рек Дунай и Стырь) [Текст] / Ю. Н. Жегулина, Г. Д. Коваленко // Сборник трудов 3-й Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. Харьков, ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», 26–27 марта 2014 г. – Х.: НТМЦ. – 2014. – С. 287–290.
3. Жегулина Ю. Н. Оценка трансграничного влияния Ровенской АЭС на радиоэкологическое состояние реки Стырь [Текст] / Ю. Н. Жегулина, Г. Д. Коваленко // Проблемы охраны навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: Зб. наук пр. УкрНДІЕП. – Х.: ВД „Райдер”, 2013. – Вип. XXXV. – С. 131–137.
4. Жегулина Ю.Н. Содержание трития в реке Стырь [Текст] / Ю.Н. Жегулина, Г.Д. Коваленко, В.И. Витько // Сборник трудов XI международной научно-практической конференции «Экологическая безопасность: проблемы и пути решения». УкрНДІЕП. – Х.: ВД „Райдер”, 2015. – 77 с.
5. Карташев В.В. Воздействие на окружающую среду и население при возможном аварийном сбросе трития с Запорожской АЭС [Текст] / В.В. Карташев, Г.Д. Коваленко, В.В. Турбаевский // Сборник научных статей научно-технической конференции "Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення". – Т. 1. Алушта, АР Крым. – Харьков, 2007. – 234–238 с.
6. Роль естественных защитных барьеров при аварийном выходе трития в окружающую среду [Текст] / В.И. Витько, М.А. Захарченко, В.В. Карташев и др. // Гигиена населенных мест : Сб. науч. тр. – К., 2000. – Вип. 36. – Ч. 1. – 480–489 с.
7. Радиоэкологические исследования. Экологическое состояние трансграничных участков рек бассейна на территории Украины [Текст] / В.В. Богданов, В.И. Витько, Л.И. Гончарова и др. // Под ред. А.Г. Васенко и С.А. Афанасьева. – К.: Академперіодика, 2002. – С. 183–222.
8. Коваленко Г.Д. Радиоэкологическое состояние поверхностных вод [Текст] / Г.Д. Коваленко // Вода і водочисні технології, 2004. – № 3(11). – С. 27–34.
9. Коваленко Г.Д. Моделирование распространения трития в подземных водах [Текст] / Г.Д. Коваленко, В.В. Турбаевский // Энергоинформ. 2005. – № 1. – С. 100–106.
10. Коваленко Г.Д. Радиоэкологическое состояние поверхностных вод Украины [Текст] / Г.Д. Коваленко // Сборник научных статей XVIII научно-технической конференции "Экология, энерго- и ресурсосбережение, охрана окружающей среды и здоровье человека, утилизация отходов". 2009. Х.: 2010. – т. 2. – 167 с.
11. Моніторинг тритію в природних поверхневих водоймах України [Текст] / В.М. Васильченко, М.М. Давидов, О.М. Масько, П.А. Чернов // Ядерна енергетика та довкілля, № 1, 2013. – 14 с.
12. Отчет по Мероприятию 1. Анализ водного режима, особенностей появления паводков и их последствий в бассейне р. Стырь. "Мониторинг и прогнозирование наводнений в бассейне Припяти" [Текст] // Наука ради мира и безопасности Проект НАТО № # 983516
13. Ровенская АЭС [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.rnpp.rv.ua>. — Загл. с экрана.
14. Коваленко Г.Д. Радиоэкология Украины [Текст]: Монография / Г.Д. Коваленко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Х.: ИД «Инжэкс», 2013. – 344 с.
15. Коваленко Г.Д. Накоплення і міграція тритію в районах розташування АЕС з реакторами ВВЕР [Текст] / Г.Д. Коваленко, В.А. Седнев, В.В. Турбаевский // Ядерна і радіаційна безпека. – 2004. – № 2. – С. 47–53.
16. Отчет о состоянии радиационной безопасности и радиационной защиты на АЭС ГП НАЭК «Энергоатом» в 2010 г. [Текст]. – Киев, 2011. – 43 с.

17. Миронова Н.И. Третий – это опасно [Текст] / Н.И. Миронова. – Челябинск, 2001. – 58 с.
18. National Report on the State of Environment in 2012. – Bucharest [Текст]. – 2013 г. – 67 с.
19. Норми радіаційної безпеки України (НРБВ-97); Державні гігієнічні нормативи [Текст]. – Київ: Відділ поліграфії Українського центру Госсанепіднагляду Міністерства охорони здоров'я України, 1998. – 134 с.
20. Третий в биосфере [Текст] / В.В. Долін, О.В. Пушкарьов, І.Ф. Шраменко та ін. – К.: „Наукова думка” НАН України, 2012. – 223 с.

УДК 574,504.55,75, 501.75

*А.М. Касимов, д. т. н., професор,

**І.В. Удалов, к. т. н., доцент,

*ГП «УкрНТЦ «Енергосталь»,

**Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МИГРАЦИИ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ В ЗОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ ЗОЛОШЛАКОВ УГОЛЬНЫХ ТЭС

Статья посвящена особенностям процессов миграции ионов тяжелых и редких металлов в почвах в зоне размещения золошлаковых отходов (ЗШО) угольных ТЭС Украины. Проведен анализ статистических данных использования различных видов топлива в Украине. Описан опыт утилизации ЗШО в странах Евросоюза. Определено, что для утилизации из ЗШО ценных компонентов необходимо знать их химический и фазово-минералогический состав, который, в свою очередь, определяется составом минеральной части исходного топлива и способом его сжигания. Рассмотрены основные свойства ЗШО твердотопливных ТЭС и пути миграции соединений тяжелых и редких металлов в почвах в районах их размещения по результатам авторских исследований. Описаны различные виды поглотительной способности почв. Выявлены и описаны основные пути миграции соединений ТРМ из террикона ЗШО в почву. Обобщен опыт использования доменных шлаков, топливных ЗШО и отходов угледобычи в качестве техногенного сырья при производстве вяжущих веществ, бетонов, и в дорожном строительстве.

Ключевые слова: отходы твердотопливных ТЭС, золошлаки, миграция элементов в почвах, тяжелые и редкие металлы, твердое топливо, уголь.

А.М. Касимов, І.В. Удалов. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ МІГРАЦІЇ ІОНІВ ВАЖКИХ І РІДКІСНИХ МЕТАЛІВ В ҐРУНТАХ В ЗОНІ РОЗМІЩЕННЯ НАКОПИЧУВАЧІВ ЗОЛОШЛАКОВ ВУГІЛЬНИХ ТЕС. Стаття присвячена особливостям процесів міграції іонів важких і рідкісних металів у ґрунтах в зоні розміщення золошлакових відходів (ЗШО) вугільних ТЕС України. Проведений аналіз статистичних даних використання різних видів палива в Україні. Описаний досвід утилізації ЗШО в країнах Євросоюзу. Визначено, що для видобутку з ЗШО цінних компонентів необхідно знати їх хімічний і фазово-мінералогічний склад, який, у свою чергу, визначається складом мінеральної частини вихідного палива і способом його спалювання. Розглянуто основні властивості ЗШО твердотопливних ТЕС і шляхи міграції сполук важких і рідкісних металів у ґрунтах в районах їх розміщення за результатами авторських досліджень. Описано різні види поглинальної здатності ґрунтів. Виявлено та описано основні шляхи міграції сполук ТРМ з террикону ЗШО в ґрунт. Узагальнено досвід використання доменних шлаків, паливних ЗШО і відходів вугледобутку як техногенної сировини при виробництві вяжущих речовин, бетонів, і в дорожньому будівництві.

Ключові слова: відходи твердотопливних ТЕС, золошлаки, міграція елементів в ґрунтах, важкі і рідкісні метали, тверде паливо, вугілля.

Введение. Промышленная энергетика Украины включает тепловые электростанции (ТЭС) и энергетические объекты коммунального хозяйства различной мощности.

Анализ статистических данных использования различных видов газообразного, жидкого и твердого топлива в Украине (в пересчете на условное топливо (у. т.)) составляют соответственно, %: 49, 20 и 31. Показатели использования различных видов топлива на энергетических предприятиях Украины приведены в табл. 1, состав твердого топлива угольных бассейнов Украины – в табл. 2 [1–3].

Известно, что золошлаковые отходы (ЗШО), образующиеся при сжигании угля на ТЭС, являются крупнотоннажными. Для их транспортировки применяют, в основном, системы гидрозолоудаления, а также конвейерный транспорт. Анализ статистических данных позволяет говорить о том, что к настоящему времени в шламо-

накопителях, терриконах и отвалах ТЭС Украины накоплено более 370 млн т ЗШО на площади ~3170 га. При этом среднегодовой объем образования ЗШО достигает ~14 млн т. Сложившаяся ситуация с объемами ЗШО создает серьезные экономические и экологические проблемы предприятиям ТЭК в Украине в результате роста производственных затрат, стоимости природоохранных мероприятий и обеспечения охраны здоровья населения [1–5, 8, 11]. Например, Зуевская ТЭС складировает в собственном золоотвале более 800 тыс. т/год ЗШО.

Накопленный опыт утилизации ЗШО ТЭС в странах Евросоюза и США подтверждающий высокую эффективность их использования в экономическом и экологическом отношении. Однако в настоящее время доля используемых ЗШО в Украине весьма мала – всего порядка 1%. Для сравнения, в США используется около 20 % ЗШО, Европейские страны, где очень развит