

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 20-05-00045_А).

Литература

1. Dabous A. A., Uranium/thorium isotope evidence for groundwater history in the Eastern Desert of Egypt // *J. Arid Environ.*, 2002. – V. 50. – P. 343–357.
2. Malov A. I. Water-Rock Interaction in Vendian Sandy-Clayey Rocks of the Mezen Syncline // *Lithol. Miner. Resour.*, 2004. – V. 39. – No. 4. – P. 345–356.
3. Malov A. I. Evolution of the uranium isotopic compositions of the groundwater and rock in the sandy-clayey aquifer // *Water (Switzerland)*, 2017. – V. 9 (12). – P. 910.
4. Malov A. I. Evolution of the groundwater chemistry in the coastal aquifers of the south-eastern White Sea area (NW Russia) using ^{14}C and ^{234}U – ^{238}U dating // *Science of the Total Environment*, 2018. – V. 616–617. – P. 1208–1223.
5. Malov A. I., Kiselev G. P., Rudik G. P. Uranium in Groundwater of the Mezen Syncline // *Doklady Earth Sciences*, 2008. – V. 421A. – No 6. – P. 965–968.
6. Payne T. E., Edis R., Fenton B. R., Waite T. D. Comparison of laboratory uranium sorption data with 'in situ distribution coefficients' at the Koongarra uranium deposit, Northern Australia // *J. Environ. Radioact.*, 2001. – V. 57. – P. 35–55.
7. Sutherland R. A., Tack F. M. G., Tolosa C. A., Verloo M. G. Metal Extraction from Road Sediment using Different Strength Reagents: Impact on Anthropogenic Contaminant Signals // *Environ Monit Assess*, 2001. – V. 71-3. – P. 221–242.
8. Yanase N., Nightingale T., Payne T., Duerden P. Uranium distribution in mineral phases of rock by sequential extraction procedure // *Radiochim. Acta*, 1991. – V. 52–53. – P. 387–393.

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЁР ОБЬ-ЧУЛЫМСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ (ВАСЮГАНЬЕ)

Г. И. Малов^{1,2}, В. Д. Страховенко², Е. А. Овдина²

¹Томский политехнический университет
Томск, Россия, malov_gosha@mail.ru

²Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН
Новосибирск, Россия, strahova@igm.nsc.ru, ovdina@igm.nsc.ru

RADIOECOLOGICAL ASSESSMENT OF LACUSTRINE ORGANOMINERAL BOTTOM SEDIMENTS OF THE OB-CHULYM INTERFLUVE (VASIUGAN)

G. I. Malov¹, V. D. Strahovenko², E. A. Ovdina²

¹Tomsk Polytechnic University
Tomsk, Russia, malov_gosha@mail.ru

²V. S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS
Novosibirsk, Russia, strahova@igm.nsc.ru, ovdina@igm.nsc.ru

Various components of lake systems, territories on the territory of the Ob-Chulyum interfluve (Vasyugane) were investigated for the content of natural and artificial radionuclides in accordance with the requirements of GOST. The aim of this work is to assess the radiation state of organic-mineral bottom sediments, taking into account their natural characteristics. It was found that the values of the total effective specific activity (Ac) for natural radionuclides for all lakes are below the norm (in accordance with the requirements of GOST). In terms of the content of artificial radionuclides, the study showed that the horizons in stratified deposits of sapropels of lakes do not correspond to radiation and hygienic standards, but for most lakes, the horizons of cesium accumulation are the upper 60 cm.

Введение

Сапропель – органоминеральные донные отложения водоемов, формирующиеся в результате преобразования вещества и энергии в ходе биохимиче-

ских, микробиологических, механических процессов из остатков отмирающих растительных и животных организмов и привносимых в водоемы органических и минеральных примесей. Благодаря широкой распространённости малых озёр, многофакторности

осадконакопления, а также стратификации отложений – донные отложения озёр являются одним из наилучших объектов исследования для оценки состояния окружающей среды.

Вследствие проведенных испытаний на Семипалатинском и Новоземельском ядерных полигонах, начиная с 1949 года, а также учитывая аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году и на АЭС Фукусима-1 в 2011 году. Так на территории Томской области прослеживаются признаки сильного отклонения радиационной обстановки от регионального фона по уровням накопления цезия-137 и стронция-90 (Чанский, Каргасокский и др. районы) и также в ряде населенных пунктов Томской области (Усть-Озерное, Средний Васюган, Сторгин, Прохоркино и др.), где в мае-июне 1990 г. плотность выпадения ^{137}Cs составляла соответственно 0,45; 0,42; 0,37; 0,39 Ки/км², что соответствует объемной активности почв более 1000 Бк/кг при среднем объемном весе почв Томской области во влажном состоянии 1,29 кг/дм³ [7]. Так же близ территории исследования, восточнее расположена территория подверженная радиоактивному загрязнению в связи с аварией на СХК 6 апреля 1993 года [1].

В качестве индикатора (маркера) радиоактивного загрязнения и уровня радиационного воздействия, как в России, так и за рубежом используется ^{137}Cs . В России нормируемым показателем загрязнения являются удельная активность (Бк/кг) и плотность выпадения (запас) ^{137}Cs в почве в мКи/км². Для территории Западной Сибири путем экспертной оценки многих архивных, расчетных и экспериментальных (измерения содержаний ^{137}Cs в почвах) данных получена величина глобального фона активности ^{137}Cs в почвах, равная 50 мКи/км² (1,85 кБк/м²) на 1995 год [2]. В статье 2000 года и в материалах 2005 года академик Израэль Ю. А. опубликовал карту запасов ^{137}Cs (мКи/км²) в пересчете на 2000 год и показал, что глобальный радиационный мониторинг проведенный в 1990х гг., при помощи аэрогаммаспектральной съемки с практически повсеместным пробоотбором, выявил, что существует широтная зональность в распределении загрязнения ^{137}Cs . Максимальные значения глобального радиационного фона приходятся на широтные пояса 40–50° и 50–60° с. ш. (для широтного пояса 50–60° с. ш. радиационный фон, обусловленный ^{137}Cs , варьирует в диапазоне 18–54 мКи/км². К северу и югу от них значения уменьшаются [5, 6].

Для комплексной оценки радиационного состояния изучены различные компоненты озёрных систем (донные отложения (ДО), почвы, водная растительность), расположенных на юге Западной Сибири, на территории Обь-чумлымского междуречья (Васюганье) (Рис. 1.). В работе исследуются 7 озёр (Яково, Щучье Базовое, Лайское-1, Лайское-3, Малое Щучье, Щучье около оби. Д. Кипрюшка, Круглое), все озёра являются малыми, бессточными, интразональными и со сменяющейся температурной стратификацией.

Для озёр характерен сплавинный тип зарастания, площадь зарастания не превышает 10%. Сплавнины образованы характерной болотной растительностью с преобладанием сфагновых мхов.

Методы исследования

Мощность отложений сапропеля определялась непосредственным зондированием (эхолотом). Отбор проб донных отложений проводится цилиндрическим пробоотборником с вакуумным затвором конструкции НПО «Тайфун» (диаметр 82 мм, длина 100 см). Опробование керна донных отложений проводится по 5 см, редко по 10 см. Отбор водных проб осуществляется по стандартным методикам (ГОСТ 31861, 2012). В полевых условиях проводится определение pH, Eh, минерализации с помощью прибора АНИОН-7000. Отбор почвенных проб осуществлялся металлическим кольцом (диаметр 82 мм и высота 50 мм), для каждого конкретного почвенного разреза использовалась схема непрерывного опробования кольцом в верхних 30 см, а далее по генетическим горизонтам. Пробоподготовка проведена путем высушивания образцов до воздушно-сухого состояния, их дальнейшего дробления и измельчения для проведения анализов.

По всем пробам выполнены общетехнические анализы (влажность, зольность, состав неорганической и органической частей сапропеля). Изучение морфологии, фазового состава образцов донных отложений проводилось с использованием сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) TESCAN MIRA 3 (Tescan, Чехия), снабженного энергетиче-

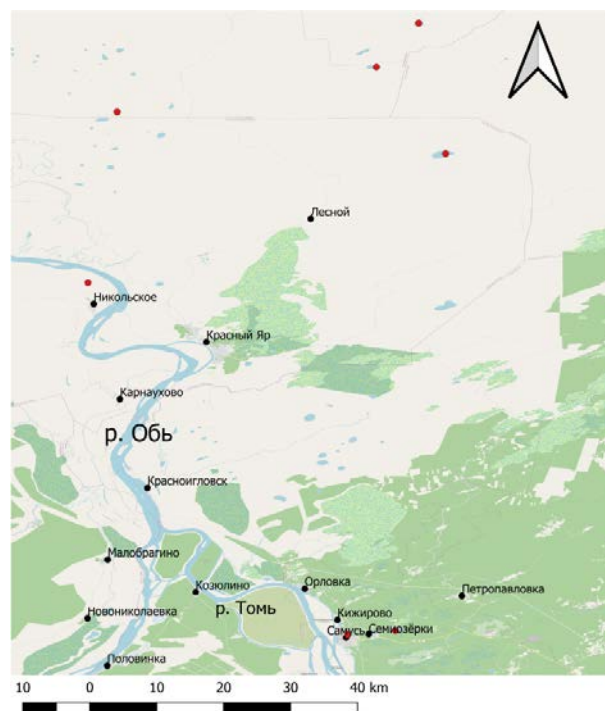


Рис. 1. Карта-схема точек опробования исследуемых озёр

ским спектрометром «OXFORD XMAX 450+» (Oxford Instruments, Великобритания). Естественные радионуклиды и радиоцезий определялись гамма-спектрометрическим методом на гамма-спектрометрах с колодезными сцинтилляционными кристаллами NaI (Тl) размерами 200 × 200 и 150 × 150 мм. Анализы выполнены научными сотрудниками аналитического центра ЦКП Многоэлементных и изотопных исследований СО РАН.

Для сапропеля как общераспространённого полезного ископаемого, согласно ГОСТу 54000-2010, необходимо проводить радиозоологическую оценку сырья, на соответствие радиационно-гигиеническим нормам по активности естественных и искусственных радионуклидов. Для этого вычисляется суммарная эффективная удельная активность (Ас) от естественных радионуклидов по формуле (с учетом коэффициентов): $A_c = A_{Ra} + 1,31 A_{Th} + 0,085 A_K$, где A_{Ra} , A_{Th} , A_K – удельные активности соответствующих радионуклидов. Норма значений A_c для естественных радионуклидов составляет не более 300 Бк/кг, а для техногенных – не более глобального фона (30 МКи/Км², или же ≈ 205Бк/Кг) [3].

По результатам анализов с помощью программного пакета Qgis 3.8.3 были построены карты-схемы распределения естественных и искусственных радиоактивных элементов для почв, ДО и растительности. Интерполяция данных проводилась методом ОВР (коэффициент расстояния 2).

Результаты

Наше исследование показало, что по содержанию естественных радионуклидов в сапропелях все озёра соответствуют радиационно-гигиеническим нормам. Значения A_c варьируются от 51 до 196 Бк/Кг в ДО, от 66 до 76 Бк/Кг в почвах, от 56 до 326 Бк/Кг в водной растительности (рис. 2). Интересной особенностью является повышенное содержание A_c в донных отложениях по сравнению с почвами (рис. 3). Причём содержание Th и K между почвами и донными отложениями для всех озёр примерно равны, разница в A_c наблюдается из-за повышенного содержания урана в ДО. Исследуемые озёра богаты органикой, (зольность редко превышает значения 40). При разложении, которой создаются благоприятные условия

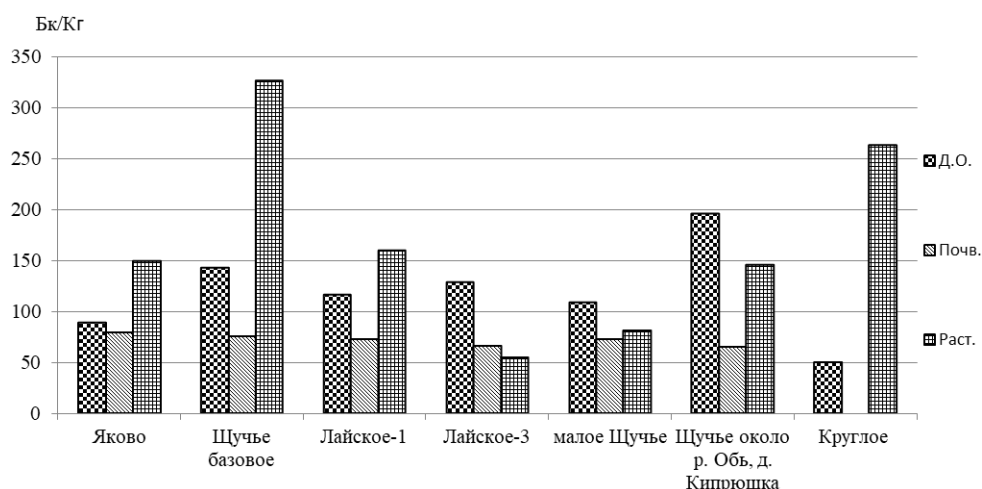


Рис. 2. Содержание Ac в различных компонентах озерных систем

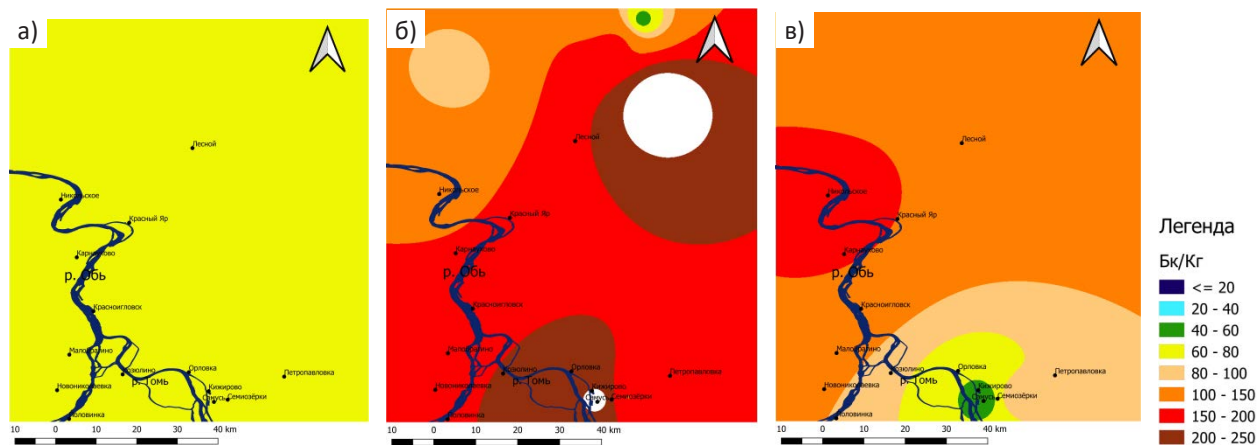


Рис. 3. Распределение суммарной эффективной удельной активности (Ас) естественных радионуклидов для почв(А), биоты (Б) и донных отложений (В)

для накопления урана. Большой диапазон значений Ас для растительности объясняется неоднородностью видового состава для каждого из озёр, при том даже в пределах одного озера видовой состав растительности сильно различается.

В качестве искусственных радионуклидов исследовался ^{137}Cs . Удельная активность в почвах водосборных площадей для исследуемых озёр варьируется от 6 до 26 Бк/кг, 34–185 Бк/кг для ДО, 3–56 Бк/кг для растительности (рис. 3.). Значения активности ^{137}Cs максимальны для ДО и минимальны для почв (рис. 4). Для района исследования характерны кислые почвы, что создаёт благоприятные условия для миграции ^{137}Cs из почв в донные отложения озёр. При этом накопление в ДО происходит в верхних частях разреза, где происходит постоянное перераспределение в системе растительность–ДО, и умень-

шается к низу. Растительность охотно накапливает К и вместе с ним ^{137}Cs , при отмирании они попадают в ДО откуда их снова забирают растения. Но так же для оз. Щучье малое обнаружены повышенные значения ^{137}Cs в середине разреза на гл. 220–250 см (рис. 5). Предположительно это остатки выпадений радиоактивных осадков, которые проходили на данной территории во время проведения ядерных испытаний. Такие же закономерности распределения ^{137}Cs по разрезам донных отложений характерны и для других озёр юга Западной Сибири. Но отдельно стоит отметить, что для исследуемых озёр характерны очень жидкие верхние слои, которые длительное время перемешиваются волновыми колебаниями воды озера и из-за малой плотности осадка, стратифицированность верхних горизонтов может быть нарушена. И как следствие глубина проникновения

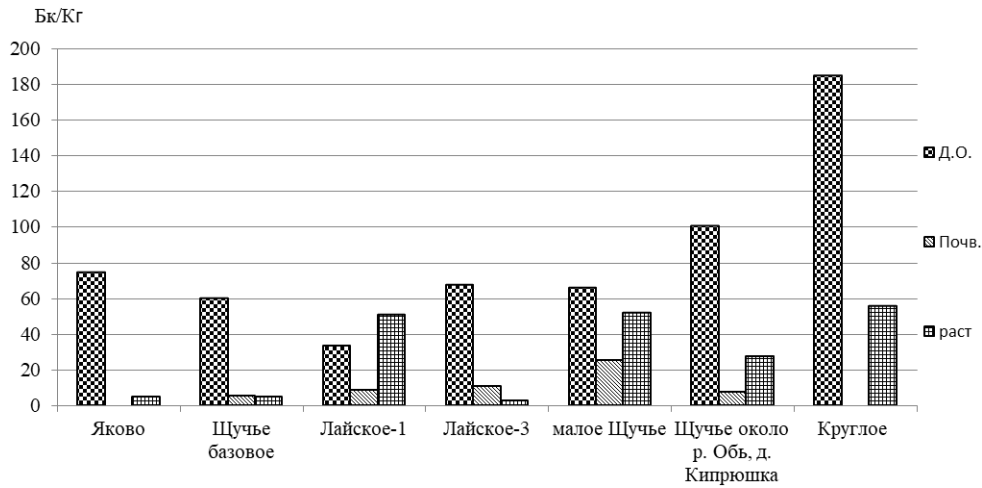


Рис. 4. Содержание удельной активности ^{137}Cs в различных компонентах озерных систем

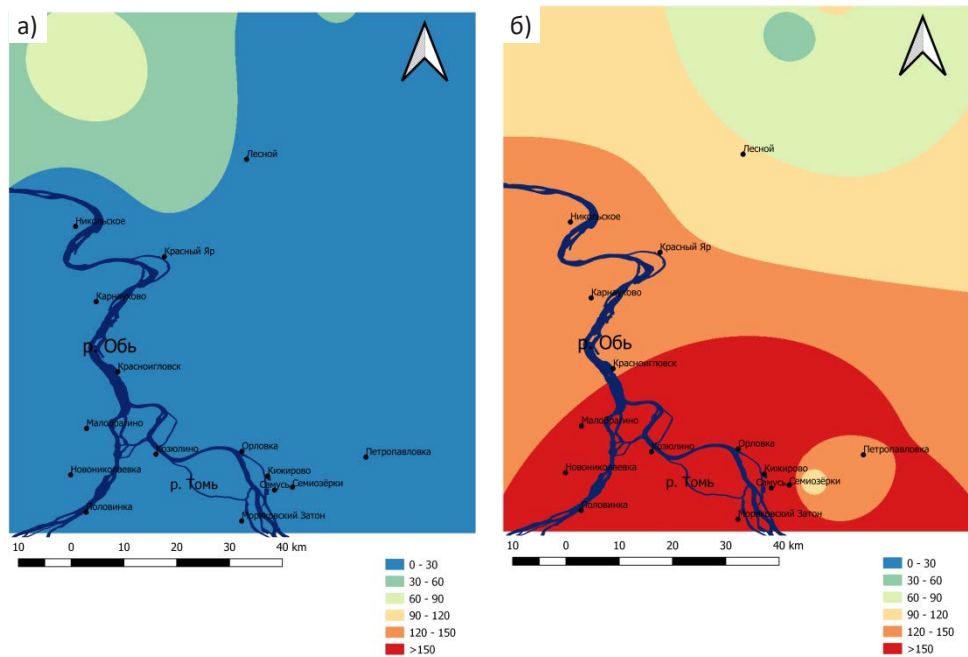


Рис. 5. Распределение площадной активности ^{137}Cs для почв (А) и донных отложений (Б)

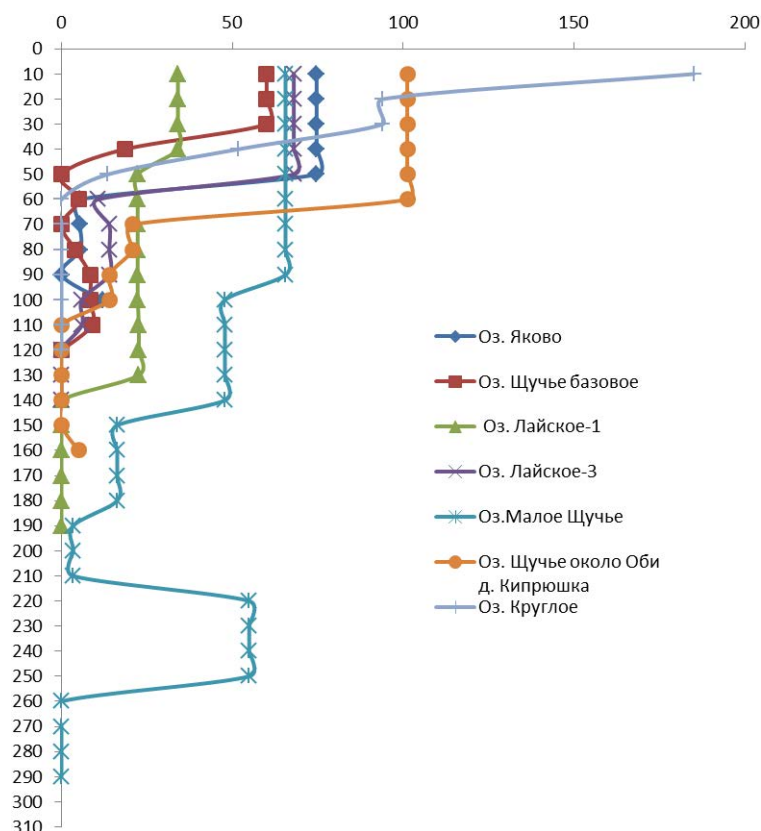


Рис. 6. Вертикальное распределение удельной активности ^{137}Cs (Бк/кг) по разрезам донных отложений

повышенных содержаний ^{137}Cs может достигать до 60 см, а активность радиоцезия появляется уже на глубине 160–180 см, что значительно глубже чем в озерах с выдержанной стратификацией слоёв других территорий Западной Сибири [9].

Заключение

Радиоэкологическая оценка показала, что все озёра по содержанию естественных радиоактивных элементов соответствуют нормам ГОСТ Р 54519. Ас в ДО в целом соответствуют Ас в почвах водосборов, а повышенные содержания U объясняются накопле-

нием его за счёт большого количества органического вещества в озёрах. По содержанию искусственных радионуклидов (^{137}Cs) исследование показало, что отдельные горизонты в стратифицированных залежах сапропелей озёр не соответствуют радиационно-гигиеническим нормам, и для большинства озёр горизонтами накопления цезия являются верхние 60 см.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИГМ СО РАН при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Литература

- Алексахин Р. М., Булдаков Л. А., Губанов В. А. и др. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / Под ред. Л. А. Ильина, В. А. Губанова : монография. – М. : Издат, 2001. – 751 с. – С. 528–567.
- Болтнева Л. И., Израэль Ю. А., Ионов В. А., Назаров И. М. Глобальное загрязнение ^{137}Cs и ^{90}Sr и дозы внешнего облучения на территории СССР // Атомная энергия. Том 42, вып. 5, 1977. – С. 355–360.
- ГОСТ 31861 Вода. Общие требования к отбору проб. Межгосударственный стандарт, 2012.
- ГОСТ Р 54519. Удобрения органические. Методы отбора проб. Национальный стандарт РФ 2011.
- Израэль Ю. А. Антропогенное радиоактивное загрязнение планеты Земля Радиоактивность после ядерных взрывов и аварий: Материалы международной конференции. // Гидромет, Москва, 2005. – С. 13–24.
- Израэль Ю. А., Е. В. Квасникова, И. М. Назаров, Е. Д. Стукин. Радиоактивное загрязнение цезием-137 территории России на рубеже веков. // Метеорология и гидрология, 2000. – № 4. – С. 20–31.
- Рихванов Л. П. Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиоэкологии: учебное пособие. – Томск: STT, 2009. 430 с.
- Семенов И. Н., А. Ю. Мирошников, А. А. Усачева Распределение цезия-137 глобальных выпадений

ний в таежных и тундровых катенах бассейна реки Обь // Геология рудных месторождений, 2015. – Т. 57. – № 2. – С. 154–173.

9. Страховенко В. Д., Щербов Б. Л., Маликова И. Н., Восель Ю. С. Закономерности распределения

радионуклидов и редкоземельных элементов в донных отложениях озер различных регионов Сибири // «Геологии и Геофизики», 2010. – Т. 51. – «Гео», Новосибирск. – С. 1501–1514.

ОТРАБОТКА УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ, КАК ФАКТОР ВЛИЯНИЯ НА РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ)

П. М. Маниковский

*Забайкальский государственный университет
Чита, Россия, manikovskiy@yandex.ru*

MINING OF COAL DEPOSITS WITH A HIGH CONTENT OF NATURAL RADIONUCLIDES AS A FACTOR OF INFLUENCE ON THE RADIATION-ECOLOGICAL STATE OF THE REGION (ON THE EXAMPLE OF THE TRANSBAIKAL TERRITORY)

P. M. Manikovsky

*Transbaikal State University
Chita, Russia, manikovskiy@yandex.ru*

Today, under the pressure of "green" organizations, the use of coal in the generation of energy in the world as a whole is decreasing; especially clearly this trend can be traced in the European region. Nevertheless, according to forecasts of both consulting companies and representatives of government agencies, coal will have a significant share in energy production for several more decades, and the countries of the Asia-Pacific region continue to increase coal imports, despite a number of negative factors that all countries of the world will face in 2021 [1, 2].

Введение

Говоря о ситуации в угольной отрасли Российской Федерации, следует сказать, что в 2020 году в структуре Российского экспорта угля ключевые позиции заняли страны Азии. Основными направлениями экспорта стали: Китай (29,4 млн. т), Республика Корея (23,1 млн. т) и Япония (21,4 млн. т). Кроме того, в сравнении с 2019 годом значительный рост показал экспорт в Турцию (+56,6 % г/г) и Тайвань (+31,5 % г/г). В то же время за 2020 год существенно снизился экспорт угля в европейские страны, в первую очередь в Германию (–53,1 % г/г) и Нидерланды (–23,8 % г/г) (Рис. 1).

Это обусловлено экономическим спадом и сокращением выработки электроэнергии угольными станциями. В последние годы в Европе быстро развивается возобновляемая энергетика: так, по итогам 2020 года доля выработки электроэнергии на базе возобновляемых источников в Европе составила 20 % (в т. ч. в Дании – 61 %, в Германии – 33 %, и в Испании – 29 %) (Рис. 2) [1].

Тем не менее, согласно прогнозам, как консалтинговых компаний, так и представителей государственных структур, уголь еще на протяжении нескольких десятилетий будет иметь существенную долю в производстве энергии, а страны Азиатско-тихоокеанского региона продолжают наращивать импорт угля, несмотря на целый ряд негативных факторов, с которыми столкнулись все страны мира в 2021 году [1, 2].

Структура угольной генерации в единой энергетической системе России находится на первой позиции. Учитывая её долю в 66,56 % относительно общей генерации энергии, а также опираясь на Программу развития угольной промышленности России на период до 2035, года можно с уверенностью констатировать, что на протяжении длительного времени, как минимум до 2050 года угольная отрасль будет находиться в состоянии стабильного развития и глубокой стагнации не произойдёт (Рис. 3).

Учитывая тренд на увеличение доли возобновляемой энергетике, который прослеживается в европейском регионе в целом, для обеспечения конкурентоспособности Российских угольных компаний