

УДК 58.09.81; 29.15.39

В.П. Солодухин, В.Л. Позняк, Г.М. Кабирова, В.М. Степанов,
Л.А. Рязанова, Р.М. Габдулин, С.Г. Ленник, А.С. Ливенцова, А.Н. Быченко, Д.А. Желтов

Институт ядерной физики КАЭ МИНТ РК, Казахстан, г. Алматы
e-mail: solodukhin@inp.kz

Радионуклиды и микроэлементы в трансграничных реках Казахстана

Представлены основные результаты исследования радионуклидного и элементного состава проб воды, донных отложений и почвы, отобранных на приграничных участках следующих трансграничных рек Казахстана: Чаган, Урал, Илек, Тобол, Аят, Иртыш, Эмель, Или, Текес, Шу, Карабалта, Талас, Сырдарья. Анализы проведены методами инструментальной гамма-спектрометрии (ИГС), радиохимического анализа (РХА), нейтроноактивационного анализа (НАА), рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (МС-ИСП). На основе данных ИГС, НАА и РФА установлено повышенное содержание естественных радионуклидов (ЕРН) и отдельных элементов в почве и (или) донных отложениях следующих рек: Или, Текес, Шу, Карабалта, Талас, Сырдарья – все ЕРН, Са, Sc, As, Rb, Sr, Sb, Ba, Th, U; Урал, Чаган, Аят – Cr, Ni, Co; Шу, Иртыш (на границе с Россией) – Zr, Hf, Ta. На основе данных РХА, НАА и МС-ИСП установлено повышенное содержание примесей в водах следующих рек: Шу, Эмель, Талас, Сырдарья и, особенно, Карабалта – U-234, U-238, Li, As, Se, Sr, Mo, Sb; Тобол, Аят – Sc, Fe, Co, Ni, Zn, Br, Rb; Илек (Актюбинская обл., с. Целинное) – Cr. Для установления источников и механизмов выявленных загрязнений необходимо проведение обследования отдельных участков этих рек как на территории Казахстана, так и за его пределами.

Ключевые слова: радионуклиды, почва, трансграничные реки, загрязнение.

В.П. Солодухин, В.Л. Позняк, Г.М. Кабирова, В.М. Степанов, Л.А. Рязанова, Р.М. Габдулин,
С.Г. Ленник, А.С. Ливенцова, А.Н. Быченко, Д.А. Желтов

«Қазақстанның трансшекаралық өзендеріндегі радионуклидтер мен микроэлементтер»

Қазақстанның келесі: Шаған, Орал, Илек, Тобол, Аят, Ертіс, Емел, Іле, Текес, Шу Қарабалта, Талас, Сырдария трансшекаралық өзендерінің шекара маңындағы учаскелерінен алынған судың, өзен түп қабаттары мен топырақтың сынамаларының радионуклидтік және элементтік құрамын зерттеудің негізгі нәтижелері берілген. Талдаулар аспаптық гамма-спектрметрия (АГС), радиохимиялық талдау (РХТ), нейтроноактивациялық талдау (НАТ), рентгенфлуоресценттік талдау (РФТ) және индуктивті-байланысқан плазмалы масс-спектрметрия (ИБП-МС) әдістерімен жүргізілді. АГС, НАТ және РФТ деректерінің негізінде топырақтағы және (немесе) өзен түп қабаттарындағы табиғи радионуклидтердің (ТРН) және жекеленген элементтердің жоғары мөлшері келесі өзендерде анықталды: Іледе, Текесте, Шуда, Қарабалтада, Таласта, Сырдарияда – барлық ТРН, Са, Sc, As, Rb, Sr, Sb, Ba, Th, U; Оралда, Шағанда, Аятта – Cr, Ni, Co; Шуда, Ертісте (Ресеймен шекаралас) – Zr, Hf, Ta. РХТ, НАТ және ИБП-МС деректерінің негізінде сулардағы қоспалардың жоғары мөлшері келесі өзендерде анықталды: Шуда, Емелде, Таласта, Сырдарияда және, ерекше, Қарабалтада – U-234, U-238, Li, As, Se, Sr, Mo, Sb; Тоболда, Аятта – Sc, Fe, Co, Ni, Zn, Br, Rb; Илекте (Ақтөбе обл., Целинное ауылы) – Cr. Айқындалған ластанулардың көздері мен механизмдерін анықтау үшін Қазақстанның, және де онан тыс аймақтарындағы осы өзендердің жекеленген учаскелерінде зерттеулер жүргізу керек.

Түйін сөздер: радионуклидтер, топырақ, трансшекаралық, ластану.

V.P. Solodukhin, V.L. Poznyak, G.M. Kabirova, V.M. Stepanov, L.A. Ryazanova, R.M. Gabdulin,
S.G. Lennik, A.S. Liventsova, A.N. Bychenko, D.A. Zheltov

«Radionuclides and trace elements in the transboundary rivers of Kazakhstan»

The paper covers the main results of the study of radionuclide and elemental composition of water, sediment and soil samples collected at the border areas of the following transboundary rivers in Kazakhstan: Chagan, Ural, Ilek, Tobol, Ayat, Irtysh, Emel, Ili, Tekes, Shu, Karabalta, Talas, Syrdar'ya. The analyses were performed using the methods of instrumental gamma-spectrometry (IGS), radiochemical analysis (RCA), neutron-activation analysis (NAA), X-ray fluorescence analysis (XRF) and inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP- MS). The IGS, NAA and XRF

data revealed high content of natural radionuclides (NRN) and certain elements in soil and/or bottom sediments of the following rivers: Ili, Tekes, Shu, Karabalta, Talas, Syrdar'ya – all NRN such as Ca, Sc, As, Rb, Sr, Sb, Ba, Th, U; Ural, Chagan, Ayat – Cr, Ni, Co; Shu, Irtysh (on the border with Russia) – Zr, Hf, Ta. On the basis of RCA, NAA and ICP-MS we revealed the high content of impurities in water of the following rivers: Shu, Emel, Talas, Syrdar'ya and especially Karabalta – U-234, U-238, Li, As, Se, Sr, Mo, Sb; Tobol, Ayat – Sc, Fe, Co, Ni, Zn, Br, Rb; Ilek (Aktobe region, "Tselinnoye" settlement) – Cr. To identify the sources and mechanisms of revealed contamination it is necessary to perform the survey of individual areas of these rivers on the territory of Kazakhstan and beyond.

Key words: radionuclide, soil, transboundary rivers, contamination

Состояние водных ресурсов Республики Казахстан характеризуется общей недостаточностью, а также значительным их загрязнением и истощением. Ситуация усугубляется еще и тем, что после развала СССР и разобщения отдельных республик значительно ослабились координация работ по регулированию потоков трансграничных рек и контролю качества их вод. Это особенность создает угрозу повышенного экологического риска и психологического стресса для жителей населенных пунктов, проживающих в бассейнах этих рек, и требует принятия срочных мер по контролю состава их водных поступлений [1,2].

Начиная с весны 2007 г. РГП «Казгидромет» и ИЯФ КАЭ МИНТ РК проводят работы по обследованию и мониторингу радиационной и экологической ситуации на приграничных участках рек, втекающих на территорию Казахстана [3-5]. При организации этой системы обследования и мониторинга была использована методология, разработанная коллективом ученых Центральной Азии (включая ИЯФ КАЭ МИНТ РК) и США в процессе выполнения работ по Международному проекту «Навруз». В соответствии с этой методологией на намеченных контрольных пунктах ежегодно (весной и осенью) сотрудниками РГП «КазГидромет» проведены экспедиционные работы по отбору проб объектов окружающей среды. Определение радионуклидного и элементного состава образцов почвы, донных отложений, а также растворимых и нерастворимых компонентов воды выполнено в ИЯФ КАЭ МИНТ РК методами ИГС, РХА, НАА, РФА, МС-ИСП [6-9].

На рисунке 1 приведены контрольные пункты в бассейнах трансграничных рек Казахстана, на которых проводился отбор проб объектов окружающей среды.

На основе усредненных данных, полученных на основе ИГС в период (2007-2013) гг., построены графики, отражающие содержание отдельных радионуклидов в почве и донных от-

ложениях на всех КП (рисунок 2). Видно, что наибольшие значения концентрации естественных радионуклидов (ЕРН) наблюдаются в прибрежной почве рек Юго-Восточного и Южного Казахстана (Текес, Или, Шу, Карабалта, Талас, Сырдарья).

Наиболее высокие (но не опасные) значения концентрации искусственного радионуклида (ИРН) ^{137}Cs наблюдаются в прибрежной почве рек Илек, Tobol, Иртыш (8-10) Бк/кг. В донных отложениях всех изученных рек уровень концентрации этого ИРН незначителен. Наибольшее значение его концентрации установлено в реках Текес (3,2 Бк/кг) и Талас (1,8 Бк/кг).

Для радионуклидного состава донных отложений всех трансграничных рек, в целом, соблюдаются закономерности, соответствующие прибрежным почвам этих рек – наибольшие концентрации ЕРН наблюдаются в реках Юго-Восточного и Южного Казахстана. При этом следует особо отметить, что максимальное значение содержания ЕРН семейств ^{238}U и ^{232}Th в донных отложениях соответствует р. Шу, Бк/кг: ^{234}Th – 57, ^{226}Ra – 63, ^{214}Pb – 54, ^{228}Ac – 65, ^{224}Ra – 63, ^{212}Pb – 63. Объяснение этой особенности представлено в [10]. В этой работе отмечается, что причиной экологического загрязнения русла р. Шу является разрушение дамбы хвостохранилища № 2 Ак-Тюзского рудника, произошедшее в декабре 1964 г. Из изложенного следует, что, при выполнении работ по мониторингу трансграничных рек Казахстана, этой реке необходимо уделять особое внимание.

Необходимо также обратить внимание на тот факт, что (особенно, в осенний сезон) уровень концентрации всех радионуклидов семейств ^{238}U и ^{232}Th в донных отложениях р. Иртыш близ с. Прииртышское (контрольный пункт – PR) значительно выше, чем в почве на этом КП и чем в донных отложениях этой реки близ с. Буран (контрольный пункт – IR). Это означает, что в бассейне р. Иртыш на территории Ка-

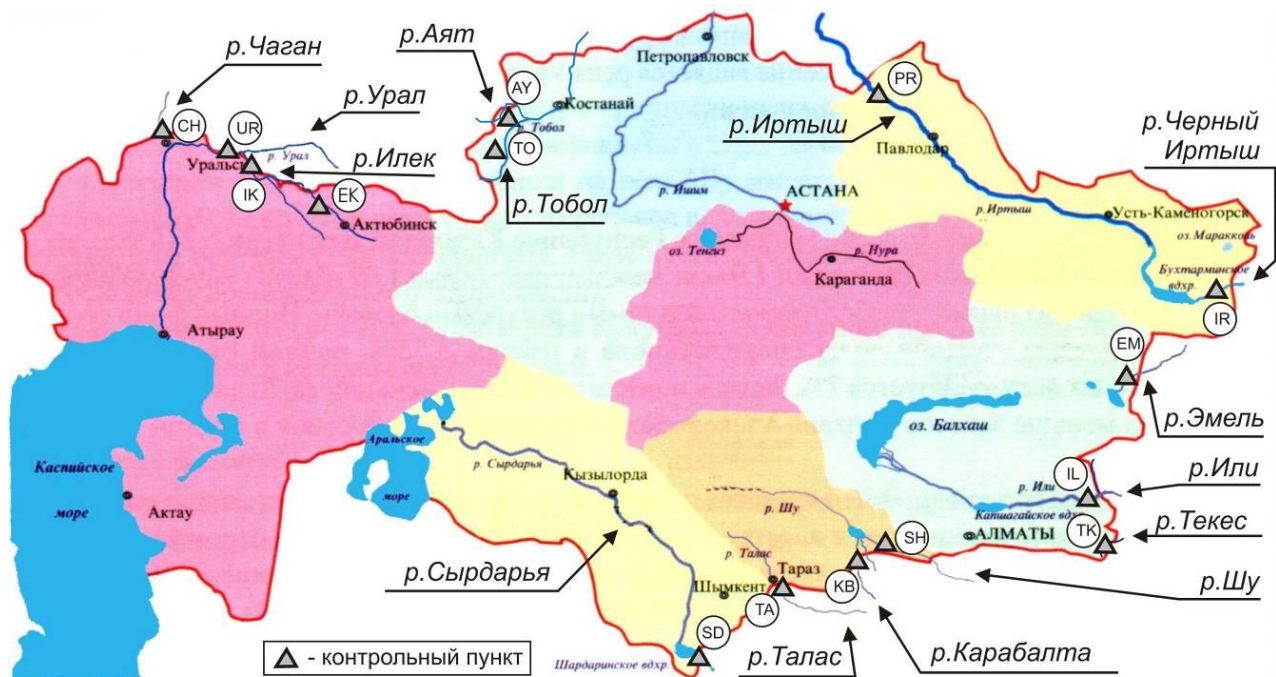


Рисунок 1 – Схема размещения контрольных пунктов на трансграничных реках Казахстана

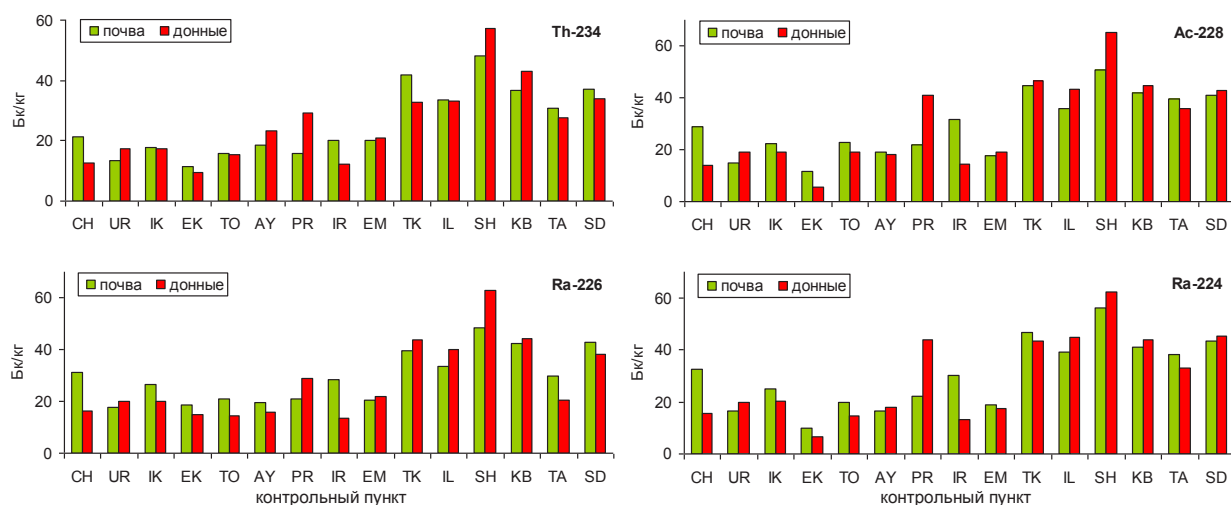


Рисунок 2 – Концентрации отдельных радионуклидов в почве и донных отложениях на контрольных пунктах трансграничных рек Казахстана

захстана имеется источник загрязнения ее русла этими радионуклидами.

На основе данных, полученных методами РФА и НАА, выведены средние значения содержания изученных элементов в почве и донных отложениях, отобранных на контрольных пунктах всех трансграничных рек Казахстана. Установлено, что наиболее высокие concentra-

ции щелочных и щелочноземельных элементов (Ca, Rb, Sr, Ba), а также Sc, As, Sb, Th и U наблюдаются в почве и донных отложениях рек Юго-Восточного и Южного Казахстана: Эмель, Текес, Или, Шу, Карабалта, Талас и Сырдарья. Наибольшие значения содержания Sr выявлены в пробах почвы и донных отложениях р. Урал (до 1000 мкг/г). В этих объектах р. Аят обна-

ружены в повышенных концентрациях Ni (до 40 мкг/г) и Co (до 15 мкг/г). Большое значение концентрации цинка соответствует донным отложениям р. Тобол (67 мкг/г). Повышенное содержание всех этих элементов (Ni, Co, Zn) обнаружено также в почве и донных отложениях р. Чаган (соответственно, до 46 мкг/г, до 15 мкг/г, до 64 мкг/г).

Особое внимание следует обратить на значительное содержание (особенно, в осенний период) примесей Zr, Y, Hf, Ta, Sm, Ce, Nd, Sm, Tb, Yb, Lu, Eu в донных отложениях р. Иртыш близ с. Прииртышское (граница с Россией). Значения их концентрации существенно выше, чем в почве на этом контрольном пункте и в донных отложениях р. Иртыш близ с. Буран (граница с КНР). Это означает, что русло р. Иртыш в Казахстане загрязняется не только радионуклидами, но и отдельными элементами. Специфика состава этого загрязнения (уран, торий, лантаноиды) дает основание предполагать (но только предполагать, а не утверждать), что его источником является Ульбинский металлургический завод. Установленная особенность свидетельствует о необходимости более детального изучения радиационной и экологической обстановки в бассейне р. Иртыш.

На основе данных РХА проб воды, отобранных на всех трансграничных реках Казахстана, выведены средние значения концентрации в них ЕРН ^{226}Ra , ^{234}U и ^{238}U . Установлено, что уровень содержания радионуклида ^{226}Ra в водах всех изученных рек весьма низкий (0.2-6.0) мБк/л. Для сравнения – санитарный норматив «Уровень вмешательства» для этого радионуклида имеет значение 500 мБк/л, т.е. максимальное значение его концентрации 6.0 мБк/л примерно в 80 раз ниже этого норматива. Средние значения концентрации радионуклидов урана в водах трансграничных рек Казахстана варьируют в следующих пределах, мБк/л: ^{238}U – от 19 (р. Чаган) до 430 (р. Карабалта); ^{234}U – от 26 до 570 (для этих же рек). На рисунке 3 приведены средние значения концентрации радионуклидов ^{234}U и ^{238}U в водах всех трансграничных рек в весенний и осенний сезоны. Видно, что наибольшие их концентрации соответствуют рекам Южного и Юго-Восточного Казахстана: р. Шу, р. Эмель, р. Талас, р. Сырдарья и, особенно, р. Карабалта. Тем не менее, необходимо отметить, что их содержание по радиационному признаку не пред-

ставляет опасности для живых организмов и окружающей среды, поскольку наибольшее значение концентрации радионуклида ^{234}U в воде р. Карабалта осенью 2008 г. (643.5 мБк/л) составляет весьма незначительную долю 0.22 от санитарного норматива РК «Уровень вмешательства» для этого радионуклида в воде (2.9 Бк/л).

Следует также отметить, что содержание урана в воде р. Карабалта осенью существенно больше, чем весной (рисунок 3). Этот факт можно рассматривать как свидетельство контакта грунтовых вод этой реки с хвостохранилищем предприятия по переработке урана «Карабалта». Таким образом, учитывая значительное количество радиоактивных отходов, нарабатанных специализированными предприятиями («Карабалта», «Ак-Тюз», «Востокредмет» и др.) в бассейнах рек Южного и Юго-Восточного Казахстана, необходим постоянный контроль их вод и, особенно, вод рек Карабалта, Шу и Сырдарья.

На основе данных элементного анализа (НАА, МС-ИСП) проб воды, отобранных на всех трансграничных реках Казахстана, выведены средние значения концентрации в них более 20-ти элементов. Установлено, что наибольшие значения концентрации U, Sr, Mo, Se, Sb, As, Li и Ba, наблюдаются в реках Южного и Юго-Восточного Казахстана (Эмель, Шу, Сырдарья и, особенно, Карабалта). Водам этих рек соответствует также повышенное содержание бора (от 100 до 250 мкг/л). В водах рек Сырдарья и Эмель обнаружены «следы» рения (50 нг/л и 30 нг/л, соответственно). Значительное содержание Sb и As установлено также в воде р. Чаган (приток р. Урал). Наиболее высокое содержание хрома (30 мкг/л) соответствует воде р. Илек (приток р. Урал). В водах рек Урал, Чаган и Илек установлены повышенные значения концентрации ванадия (до 3.5 мкг/л). В воде р. Иртыш, близ границы с Россией (с. Прииртышское) наблюдается значительное содержание цинка (до 50 мкг/л). Воды рек Тобол и Аят, по сравнению с другими реками, характеризуются наибольшим содержанием Ni, Co, Zn, Fe, Rb, Вг и Sc.

Следуя требованию нормативного документа [11], нами рассчитаны значения лимитирующего показателя вредности ($K_{\text{ЛПВ}}$) для вод всех изученных источников. При этом во внимание принимался ограниченный список элементов 2-го класса опасности: As, Se, Sr, Mo, Sb, Ba. Результаты приведены на рисунке 4.

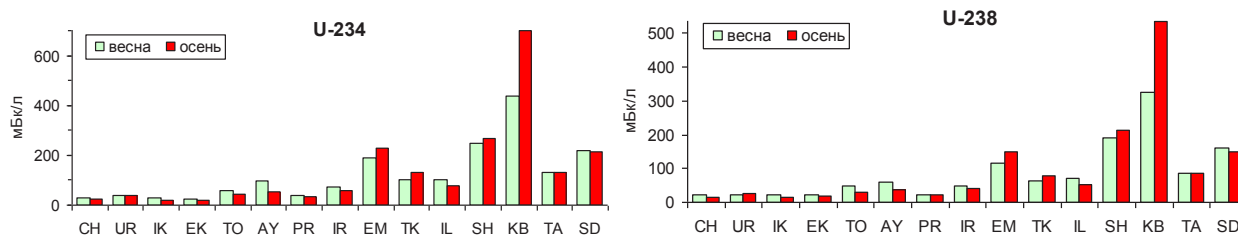


Рисунок 3 – Содержание радионуклидов U-234 (слева) и U-238 (справа) по сезонам в водах трансграничных рек Казахстана

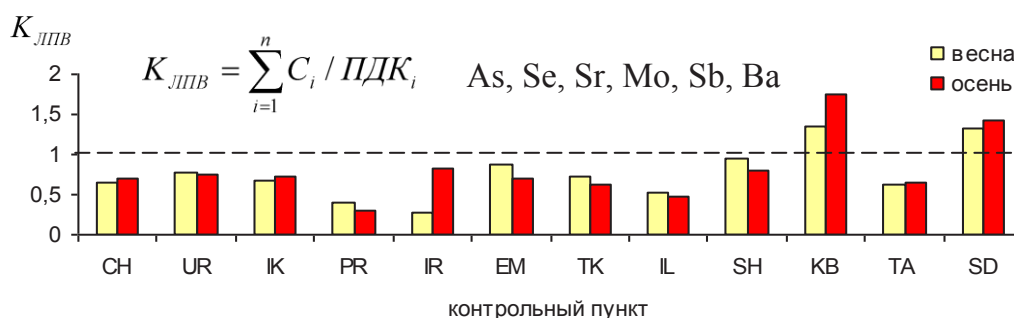


Рисунок 4 – Средние значения лимитирующего показателя вредности воды на различных контрольных пунктах трансграничных рек Казахстана

Из рисунка 4 следует, что по показателю $K_{ЛПВ}$ воды подавляющего большинства трансграничных рек Казахстана находятся в пределах нормы. Однако, необходимо учитывать, что расчет этого показателя выполнен на основе лишь 6-ти элементов. Даже при таком ограничении воды рек Карабалта и Сырдарья характеризуются значениями $K_{ЛПВ}$, превышающими значение санитарного норматива 1.0. Воды этих рек не могут быть использованы для питья. Следует добавить к этому, что этот показатель для вод рек Эмель и Шу весьма близок к его граничному значению. В целом, следует

отметить, что воды всех трансграничных рек Казахстана по своему качеству находятся в критическом состоянии и подвержены множеству рисков их дополнительного загрязнения. В целях предупреждения экологических катастроф в бассейнах этих рек необходимо проведение постоянного контроля радионуклидного и элементного состава их водных объектов, а также детального обследования радиационной и экологической обстановки на наиболее опасных участках для выявления реальных и потенциальных источников и механизмов загрязнения их водной среды.

Литература

- 1 Водные ресурсы Казахстана в новом тысячелетии // Серия публикаций ПРООН в Казахстане. UNDPKAZ 07. Алматы, 2004. – № 7.- 132 с.
- 2 Martino L., Carisson A., Rampolla G., Kadyrzhanova I., Svedberg P., Denisov N., Novikov V., Rekecewicz Ph., Simonett O., Skaalvik J.F., Pietro D., Rizzolio D., Palosaari M. Environment and Security // Transformation Risks into Cooperation. Copyright 2005: UNEP, UNDP, OSCE, NATO. ISBN: 82-7701-035-4, 2005. – P.54.
- 3 Солодухин В.П. Радиационные риски и проблемы нераспространения в связи с трансграничными реками Казахстана // Доклады 6-ой Международной конференции «Ядерная и радиационная физика». Алматы, Казахстан, 4-7 июня 2007. – С. 134-140.
- 4 Солодухин В.П. Трансграничные реки Казахстана – радиационные и экологические проблемы // Вестник НЯЦ РК, 2007, вып. 4. – С. 70-73.
- 5 Кадыржанов К.К., Солодухин В.П., Зейнуллин Т.М., Шингисова П.К., Пасселл Х.Д., Барбер Д.С. Исследование радионуклидного и элементного состава объектов окружающей среды, причастных к трансграничным рекам Казахстана. МНТЦ.

Проблемы радиоэкологии и управления отходами уранового производства в Центральной Азии // Материалы Международной конференции. 6-9 июня 2011 г. г. Бишкек-Иссык-Куль- «Аврора». Бишкек 2011. – С. 57-60.

6 Barber D.S., Yuldashev B.S., Kadyrzhanov K.K., Yeleukenov D., Ben Ouagrahm S., Solodukhin V.P., Salikhbaev U.S., Kist A.A., Vasiliev I.A., Djuraev A.A., Betsill J.D., Passell H.D., Tolongutov B.M., Poznyak V.L., Radyuk R.I., Alekhina V.M., Kasachevskiy I.V., Knyasev B.B., Lukashenko S.N., Khazekber S., Zhuk L.I., Dzhueraev An., Vdovina E.D., Mamatibraimov S. Radio-ecological situation in river basins of Central Asia Syrdarya and Amudarya according to the results of the project “Navruz” // Environmental Protection Against Radioactive Pollution. NATO Science Series. IV. Earth and Environmental Sciences. 2003. – V. 33. – P. 39-51.

7 Kadyrzhanov K.K., Barber D.S., Solodukhin V.P., Poznyak V.L., Kasachevskiy I.V., Knyasev B.B., Lukashenko S.N., Khazekber S., Betsill J.D., Passell H.D. Radionuclide contamination in the Syrdarya river basin of Kazakhstan. Results of the Navruz Project // Journal of Radioanalytical and Nuclear chemistry, 2005. – V. 263. – № 1. – P. 197-205.

8 Solodukhin V.P., Poznyak V.L., Kasachevskiy I.V., Knyasev B.B., Lukashenko S.N., Khazekber S. Some peculiarities of the contamination with radionuclides and toxic elements of the Syrdarya river basin, Kazakhstan // Journal of Radioanalytical and Nuclear chemistry, 2004. – VI. 259. – № 1. – P. 245-250.

9 Passell H.D., Solodukhin V.P., Khazekber S. Poznyak V.L., Vasiliev I.A., Alekhina V.M., Djuraev A.A., Salikhbaev U.S., Radyuk R.I., Suozzi D., Barber D.S. The Navruz Project: Cooperative, Transboundary Monitoring, Data Sharing and Modeling of Water Resources in Central Asia. Nuclear Risk in Central Asia // Netherlands: Springer Science+Business Media B.V., 2008. – P. 191-199.

10 Торгоев И.А. Экологические последствия катастрофических аварий на хвостохранилищах Кыргызстана. МНТЦ. Проблемы радиоэкологии и управления отходами уранового производства в Центральной Азии // Материалы Международной конференции. 6-9 июня 2011 г. г. Бишкек-Иссык-Куль- «Аврора». Бишкек 2011. – С. 130-134.

11 Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования к водоемным, хозяйственно-питьевому водоснабжению, местам культурно-бытового водопользования и безопасности водных объектов». Утверждены приказом Министра здравоохранения Республики Казахстан от 28 июля 2010 года № 554.

Reference

1 Vodnyie resursy Kazahstana v novom tyisyacheletii // Seriya publikatsiy PROON v Kazahstane. UNDPKAZ 07. Almaty, 2004. - # 7. - 132 s.

2 Martino L., Carisson A., Rampolla G., Kadyrzhanova I., Svedberg P., Denisov N., Novikov V., Rekecewicz Ph., Simonett O., Skaalvik J.F., Pietro D., Rizzolio D., Palosaari M. Environment and Security // Transformation Risks into Cooperation. Copyright 2005: UNEP, UNDP, OSCE, NATO. ISBN: 82-7701-035-4, 2005. - P.54.

3 Solodukhin V.P. Radiatsionnyie riski i problemyi nerasprostraneniya v svyazi s transgranichnyimi rekami Kazahstana // Doklady 6-oy Mezhdunarodnoy konferentsii «Yadernaya i radiatsionnaya fizika». Almaty, Kazahstan, 4-7 iyunya 2007. - С. 134-140.

4 Solodukhin V.P. Transgranichnyie reki Kazahstana – radiatsionnyie i ekologicheskie problemyi // Vestnik NYaTs RK, 2007, vyip. 4. - С. 70-73.

5 Kadyrzhanov K.K., Solodukhin V.P., Zeynullin T.M., Shingisova P.K., Passell H.D., Barber D.S. Issledovanie radionuklidnogo i elementnogo sostava ob'ektov okruzhayushey sredy, prichastnykh k transgranichnyim rekam Kazahstana. MNTTs. Problemyi radioekologii i upravleniya otdomami uranovogo proizvodstva v Tsentralnoy Azii // Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii. 6-9 iyunya 2011 g. g. Bishkek-Issyk-Kul- «Avrora». Bishkek 2011. - С. 57-60.

6 Barber D.S., Yuldashev B.S., Kadyrzhanov K.K., Yeleukenov D., Ben Ouagrahm S., Solodukhin V.P., Salikhbaev U.S., Kist A.A., Vasiliev I.A., Djuraev A.A., Betsill J.D., Passell H.D., Tolongutov B.M., Poznyak V.L., Radyuk R.I., Alekhina V.M., Kasachevskiy I.V., Knyasev B.B., Lukashenko S.N., Khazekber S., Zhuk L.I., Dzhueraev An., Vdovina E.D., Mamatibraimov S. Radio-ecological situation in river basins of Central Asia Syrdarya and Amudarya according to the results of the project “Navruz” // Environmental Protection Against Radioactive Pollution. NATO Science Series. IV. Earth and Environmental Sciences. 2003. - V. 33. - P. 39-51.

7 Kadyrzhanov K.K., Barber D.S., Solodukhin V.P., Poznyak V.L., Kasachevskiy I.V., Knyasev B.B., Lukashenko S.N., Khazekber S., Betsill J.D., Passell H.D. Radionuclide contamination in the Syrdarya river basin of Kazakhstan. Results of the Navruz Project // Journal of Radioanalytical and Nuclear chemistry, 2005. - V. 263. - # 1. - P. 197-205.

8 Solodukhin V.P., Poznyak V.L., Kasachevskiy I.V., Knyasev B.B., Lukashenko S.N., Khazekber S. Some peculiarities of the contamination with radionuclides and toxic elements of the Syrdarya river basin, Kazakhstan // Journal of Radioanalytical and Nuclear chemistry, 2004. - VI. 259. - # 1. - P. 245-250.

9 Passell H.D., Solodukhin V.P., Khazekber S. Poznyak V.L., Vasiliev I.A., Alekhina V.M., Djuraev A.A., Salikhbaev U.S., Radyuk R.I., Suozzi D., Barber D.S. The Navruz Project: Cooperative, Transboundary Monitoring, Data Sharing and Modeling of Water Resources in Central Asia. Nuclear Risk in Central Asia // Netherlands: Springer Science Business Media B.V., 2008. - P. 191-199.

10 Torgoev I.A. Ekologicheskie posledstviya katastroficheskikh avariy na hvostohranilishchah Kyrgyzstana. MNTTs. Problemyi radioekologii i upravleniya otdomami uranovogo proizvodstva v Tsentralnoy Azii // Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii. 6-9 iyunya 2011 g. g. Bishkek-Issyk-Kul- «Avrora». Bishkek 2011. - С. 130-134.

11 Sanitarnyye pravila «Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k vodoistochnikam, hozyaystvenno-pitevomu vodosnabzheniyu, mestam kulturno-byitovogo vodopolzovaniya i bezopasnosti vodnykh ob'ektov». Utverzhdeny prikazom Ministra zdavoohraneniya Respubliki Kazahstan ot 28 iyulya 2010 goda # 554.