

Радиоактивное загрязнение вод р. Енисей

Ю. М. Мальцев, К. А. Бобылева
Красноярский филиал ФГУП «Госцентр "Природа"», Красноярск

Источники и история загрязнения техногенными радионуклидами воды р. Енисей¹

На правом берегу р. Енисей в 40 км ниже по течению реки от Красноярска в г. Железногорск с 50-х годов прошлого века действует ФГУП «Горно-химический комбинат» (ГХК), в последнее время являющийся предприятием Госкорпорации «Росатом».

С 1958 по 1992 год (более 30 лет) на Горно-химическом комбинате действовали два атомных реактора АД (с 1958 г.) и АДЭ-1 (с 1961 г.), построенные с целью выработки оружейного плутония. Оба реактора работали в проточном режиме. При их работе для охлаждения активных зон использовалась вода из Енисея, которая потом сбрасывалась обратно в реку на ее правой стороне. Радиоактивность сбрасываемой воды достигала первые тысячи мкР/час, что было в сотни раз выше естественного фона.

Во время работы проточных реакторов в водах охлаждения, а также в речной воде в ближней к месту сброса зоне службами ГХК в процессе контроля обнаруживалось более 25 радионуклидов в основном активационного происхождения. Это радиоактивные изотопы, которые образовывались в результате нейтронной активации элементов, содержащихся в воде, при прохождении её через технологические каналы в активной зоне реактора. В основном это изотопы фосфора, натрия, марганца, хрома, кремния и других лёгких элементов начала таблицы Менделеева.

Так как большая часть этих изотопов имеет маленькие периоды полураспада (от секунд до нескольких месяцев – короткоживущие радионуклиды), то след по Енисею от сброса вод от проточных реакторов был локальным во времени и пространстве: через 200–300 километров этих радионуклидов практически уже не было ни в воде, ни в пойменных отложениях. Ещё быстрее снижался уровень мощности дозы (МД) над поверхностью воды, так как гамма-излучение от водной поверхности определялось в основном марганцем-56 и натрием-24, имеющими периоды полураспада 2,6 и 14,5 час соответственно.

В месте выхода реакторных вод МД у поверхности воды достигала без малого 3000 мкР/час, а буквально через несколько сот метров снижалась за счёт разбавления и распада короткоживущих радионуклидов до сотен мкР/час. По данным многолетних наблюдений научно-исследовательских институтов в пределах 2–5 км от места сброса МД по центру радиоактивной струи (вблизи правого берега) находилась в пределах 400–500 мкР/час, а через 6 км (напротив пос. Атаманово) опускалась до 200 мкР/час.

Также снижалась МД при удалении от правого берега к середине реки: на расстоянии 200–250 метров от берега МД снижалась до 10–30 мкР/час, а на фарватере приближалась к фоновым значениям. Ширина струи на первых 5–6 км от точки сброса составляла несколько сотен метров.

В 1992 году оба проточных реактора были выведены из эксплуатации, но до августа 1993 года через проточный сбросной канал продолжались сбросы воды охлаждения РК СУЗ (*регулирующие каналы системы управления защиты*) энергетического реактора АДЭ-2. В августе 1993 года в связи с их выводом из эксплуатации проточных реакторов сбросной канал в р. Енисей был перекрыт и сброс воды охлаждения РК СУЗ оставшегося в эксплуатации энергетического реактора АДЭ-2 был организован через бассейн выдержки. Время прохождения воды охлаждения через бассейн выдержки составляет порядка 2-х суток.

¹ При подготовке настоящего раздела использованы материалы сайта <http://www.atomic-energy.ru>, статья В.Г. Хижняка «Радиационное загрязнение реки Енисей - результат деятельности Красноярского горно-химического комбината», 2001 г. (<http://www.nuclearno.ru>)

Из бассейна выдержки сточная вода в реку Енисей сбрасывалась через рассеивающий выпуск под зеркало воды реки Енисей. Организация сброса воды охлаждения энергетического реактора через бассейн выдержки привела к снижению сброса натрия-24 в реку Енисей в 6 раз, марганца-56 – более чем в 100 раз.

В апреле 2012 года был остановлен последний реактор - энергетический реактора АДЭ-2. В настоящее время сброс радиоактивных веществ со сточными водами предприятия в Енисей практически прекращен, большая часть долгоживущих радионуклидов аккумулярована в донных и пойменных отложениях.

Динамика загрязнения воды р. Енисей техногенными радионуклидами

Для характеристики динамики загрязнения вод р. Енисей техногенными радионуклидами использована информация из ежегодных государственных докладов «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае», представляемая ФГУП «Горнохимический комбинат» и Среднесибирским УГМС [1, 2, 3].

Для контроля и оценки радиоактивного загрязнения воды в настоящее время используются такие показатели, как мощность дозы (МД) над поверхностью воды, суммарная бета-активность и удельная активность (УА) радионуклидов в пробах воды.

На стационарных постах Среднесибирским УГМС контроля радиационного состояния окружающей среды (в населенных пунктах Додоново, Балчуг, Атаманово, Хлоптуново, Кононово и Павловщина) проводится ежегодное измерение значений этих показателей.

Ввиду неоднозначности показателя – мощности дозы (МД) гамма-излучения над поверхностью воды – при анализе загрязнения воды в данной статье он не использован.

Динамика суммарной бета-активности воды р. Енисей у правого и левого берега по восьми пунктам наблюдения отражена на рисунке 1. Данные по пунктам 0,25 км и 10 км приведены по материалам ФГУП «ГХК», остальные – по материалам Среднесибирского УГМС.

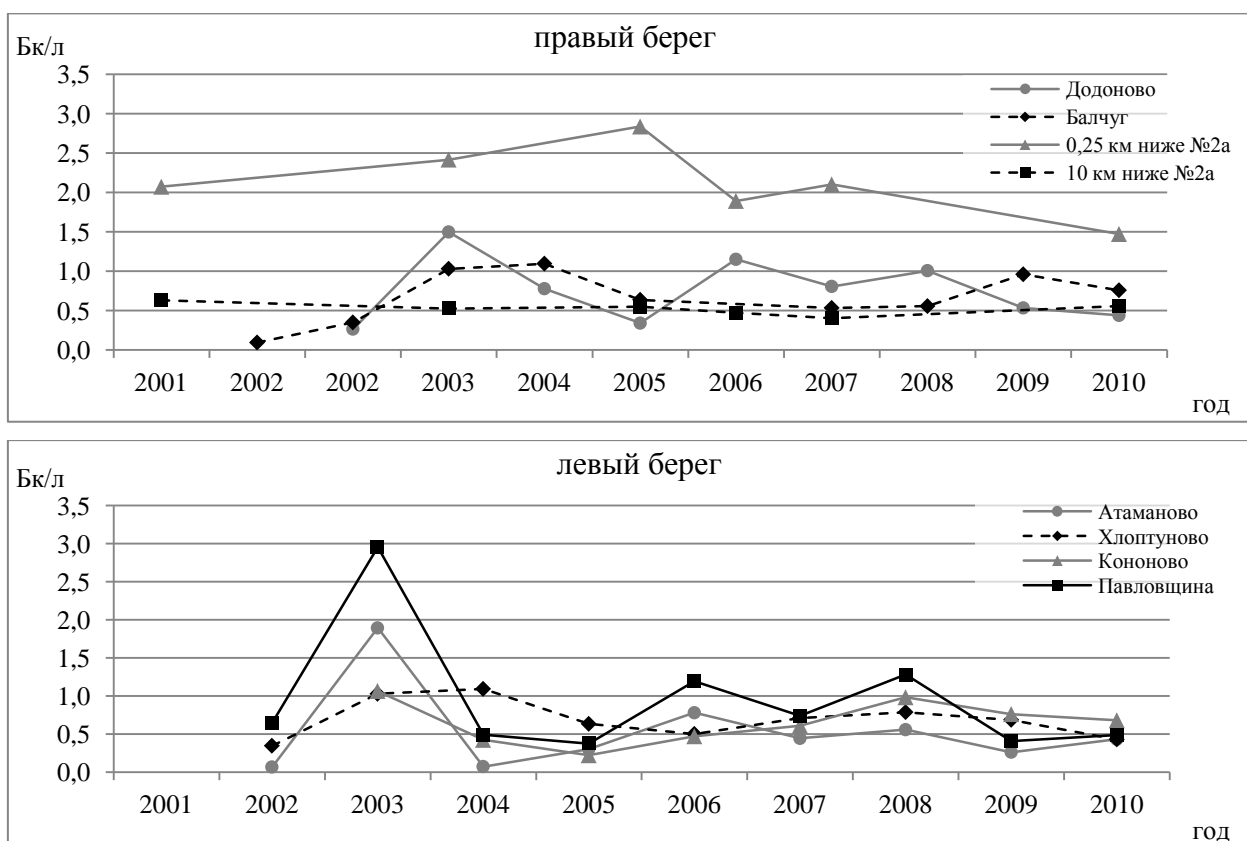


Рисунок 1 – Суммарная β-активность проб воды в пунктах наблюдения

Судя по приведенным графикам радиационного загрязнения воды у *правого берега реки* относительно высокие значения суммарной β -активности (2,0 Бк/л и более) фиксируются в 0,25 км от сброса (ближайший к точке сброса пункт наблюдения), достигая максимального значения в 2005 году, и снижаются до 1,5 Бк/л в 2010 г. В остальных пунктах наблюдения, удаленных более чем на 10 км от точки сброса, значения суммарной β -активности в основном ниже 1 Бк/л. Максимальные значения почти по всем пунктам наблюдения были зафиксированы в 2003 г., причем у пос. Павловщина – самого удаленного из рассматриваемых от точки сброса. Очевидно, это обусловлено тем фактом, что поток воды правого берега р. Енисей отжимается водами р. Кан.

Еще одним показателем изменения радиационного загрязнения воды р. Енисей является многолетняя динамика короткоживущих и долгоживущих радионуклидов в воде.

Многолетняя динамика показателей содержания ТРН в воде р. Енисей приведена на рисунке 2. Наиболее заметные изменения (уменьшение значений объемной активности) произошли в показателях короткоживущих нуклидов – натрия-24 и фосфора-32 после 1992 года в связи с остановкой реакторов АД и АДЭ-1, а так же после 2004 г.

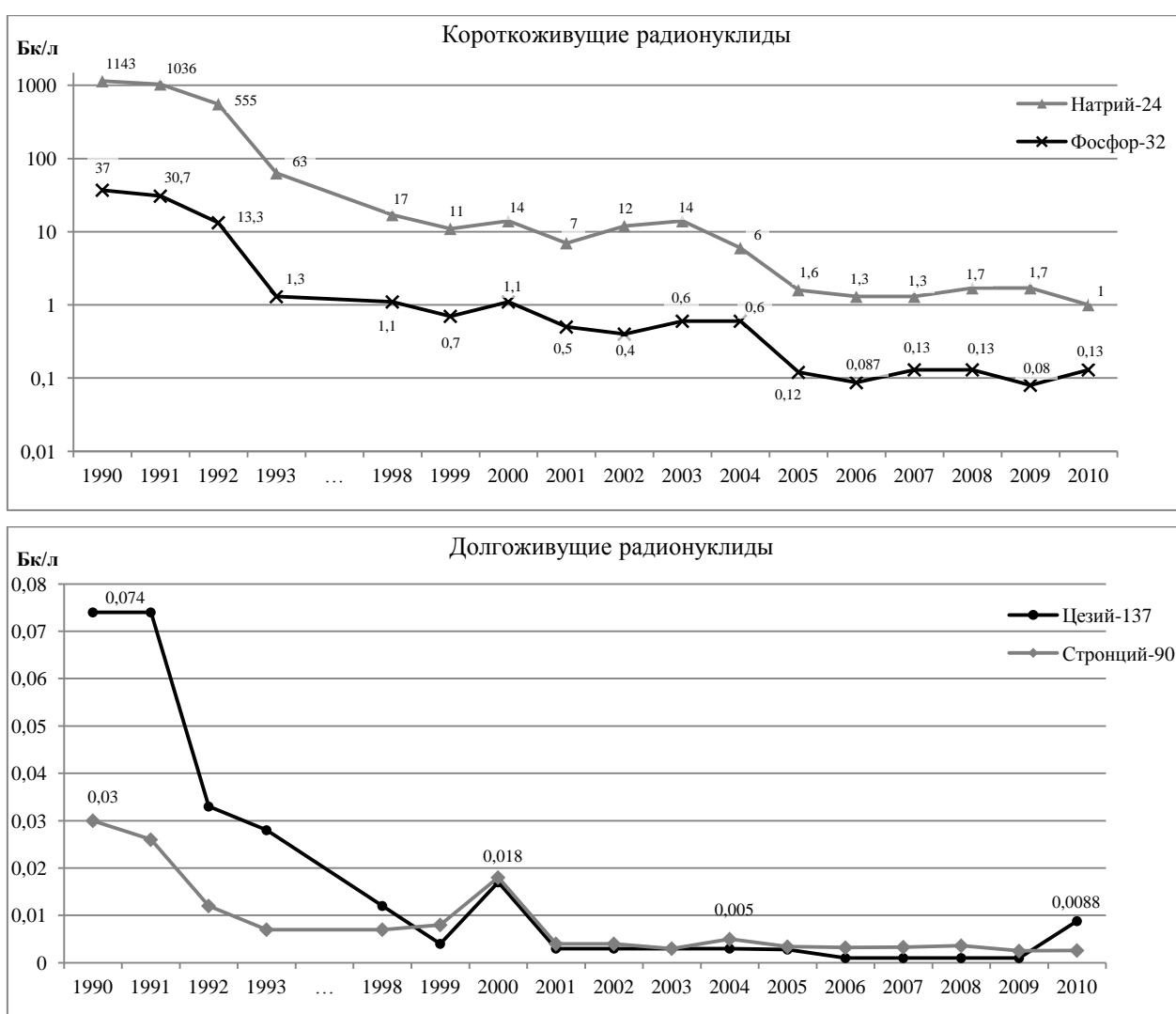


Рисунок 2 – Многолетняя динамика среднегодовой объёмной активности воды р. Енисей (Бк/л)

В 1990-1991 гг. до закрытия прамоточных реакторов наиболее высокие среднегодовые показатели содержания радионуклидов в воде ближней от сброса зоны наблюдались для ^{24}Na (1030-1140 Бк/л), ^{56}Mn (310-610 Бк/л), ^{31}Si (110-115 Бк/л), ^{51}Cr (30-48 Бк/л), ^{32}P (31-37 Бк/л) и др.

Сразу после вывода из эксплуатации прямоточных реакторов (1992 г.) концентрации короткоживущих радионуклидов в воде (^{24}Na , ^{56}Mn , ^{51}Cr , ^{76}As , ^{32}P) в зоне смешивания сбросных вод водами р. Енисей снизились в 100-1000 раз, в ближней 15-километровой от сброса зоне – в 20-70 раз, а к 2010 г. уровень снижения этих радионуклидов достиг нескольких сотен раз. Удельная активность долгоживущих нуклидов в ближней зоне не превышала сотых долей Бк/л. С удалением от зоны сброса вниз по реке содержание радионуклидов в воде снижается и на расстоянии 800-1000 км они практически не обнаруживаются.

Современное радиоактивное загрязнение воды р. Енисей

В последние годы сброс радионуклидов в р. Енисей по данным ФГУП «ГХК» по всем компонентам не превышал установленных Минприроды России норм и составил в 2009 г. от 0,2 до 48 % от установленных нормативов допустимого сброса, в 2010 г. – 0,2-16 % [2, 3].

В 2010 году в связи с остановкой энергетического реактора АДЭ-2 в апреле месяце сброс короткоживущих радионуклидов был прекращен.

Суммарные значения среднегодовых удельных активностей всех радионуклидов в воде реки Енисей ниже выпуска сточных вод № 2а по данным ГХК составляли:

– в 0,25 км ниже места выпуска сточных вод № 2а в 2009 г. – 0,021 УВ^{вода}, в 2010 г. – 0,014 УВ^{вода} (уровень вмешательства согласно НРБ-99/2009) для смеси сбрасываемых нуклидов;

– в 10 км ниже места выпуска сточных вод № 2а (1 км выше первого населённого пункта по правому берегу, д. Б. Балчуг) в 2009 г. – 0,0043 УВ^{вода}, в 2010 г. – 0,053 УВ^{вода} для смеси сбрасываемых нуклидов.

Мощность амбиентной дозы гамма-излучения над водной поверхностью реки Енисей у правого берега составляла: в 0,25 км ниже выпуска в 2009 г. – 0,10 мкЗв/ч, в 2010 г. – 0,087 мкЗв/ч; в 10 км ниже выпуска в 2009 г. – 0,084 мкЗв/ч, в 2010 г. – 0,077 мкЗв/ч.

Выше за 2010 год приведены среднегодовые значения показателей без разделения на «до» и «после» остановки реактора.

На участке реки до 100 км ниже выпуска сбросной воды объемная активность наиболее опасных в радиационном отношении стронция-90 и цезия-137 в воде реки Енисей составляла менее 0,0009 УВ^{вода}, на более дальних расстояниях объемная активность стронция-90 и цезия-137 практически находилась на фоновом уровне.

Этот уровень значений подтверждается данными Среднесибирского УГМС на всех пунктах наблюдения на правом и левом берегах р. Енисей.

Литература

1. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2008 год» // Красноярск. 2009. 226 с.
2. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2009 год» // Красноярск. 2010. 237 с.
3. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2010 год» // Красноярск. 2011. 280 с.