

основе ПФА, коррозионные поражения появляются на 2–4 сутки в зависимости от концентрации ПФА. Из исследованных составов ингибирующих композиций лучшие результаты (до 4 суток) были достигнуты для 3 % раствора ПФА в ингибирующей композиции.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Цыганкова, Л. Е., Румянцев, Ф. А. Влияние масляного покрытия и анионного состава электролита на ингибирование коррозии меди бензотразолом в кислых средах // Коррозия: материалы, защита. – 2006, № 12. – С. 31–36.

2. Кузнецов, Ю. И., Агафонкина, М. О., Шихалиев, Х. С., Андреева, Н. П., Потапов, А. Ю. Адсорбция и пассивация меди триазолами в нейтральных водных растворах // Коррозия: материалы, защита. – 2014, № 7. – С. 33–37.

*А. С. Щербакова, И. А. Рушева, М. В. Березюк,  
Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия*

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ ФГУП ПО «МАЯК»**

The article analyzes the modern condition of the hydrological system used by FSUE «Mayak».

Первый советский промышленный атомный реактор был пущен 19 июня 1948 г. Это событие положило начало деятельности производственного объединения «Маяк». Вследствие специфики своей деятельности ПО «Маяк», закрытое административно-территориальное образование (ЗАТО) г. Озерск, расположено в особенных условиях: практически со всех сторон окружено озерами. Рядом с ЗАТО г. Озерск расположено 12 озер (не считая оз. Кызылташ, используемого ПО «Маяк» для оборотного водоснабжения) и 4 болота. Общая площадь озер составляет 9063,6 га, а общий объем 680 млн м<sup>3</sup>. Почти все они входят в Иртышско-Каслинскую систему озер. Водоемы этой системы являются источниками промышленного и питьевого водоснабжения многих населенных пунктов.

В свое время, 29 сентября 1957 г., в воскресенье, в 16 ч. 22 мин на радиохимическом заводе взорвалась одна из емкостей, так называемая банка № 14, служащая хранилищем высокорadioактивных отходов. Рассеянная при взрыве смесь радиоактивных продуктов в основном содержала короткоживущие радионуклиды. Территория, которая подверглась радиоактивному загрязнению в результате взрыва на химкомбинате, получила название Восточно-Уральский радиоактивный след – ВУРС (см. рис.). Общая протяженность ВУРСа составляла примерно 300 км в длину, при ширине 5–10 километров.

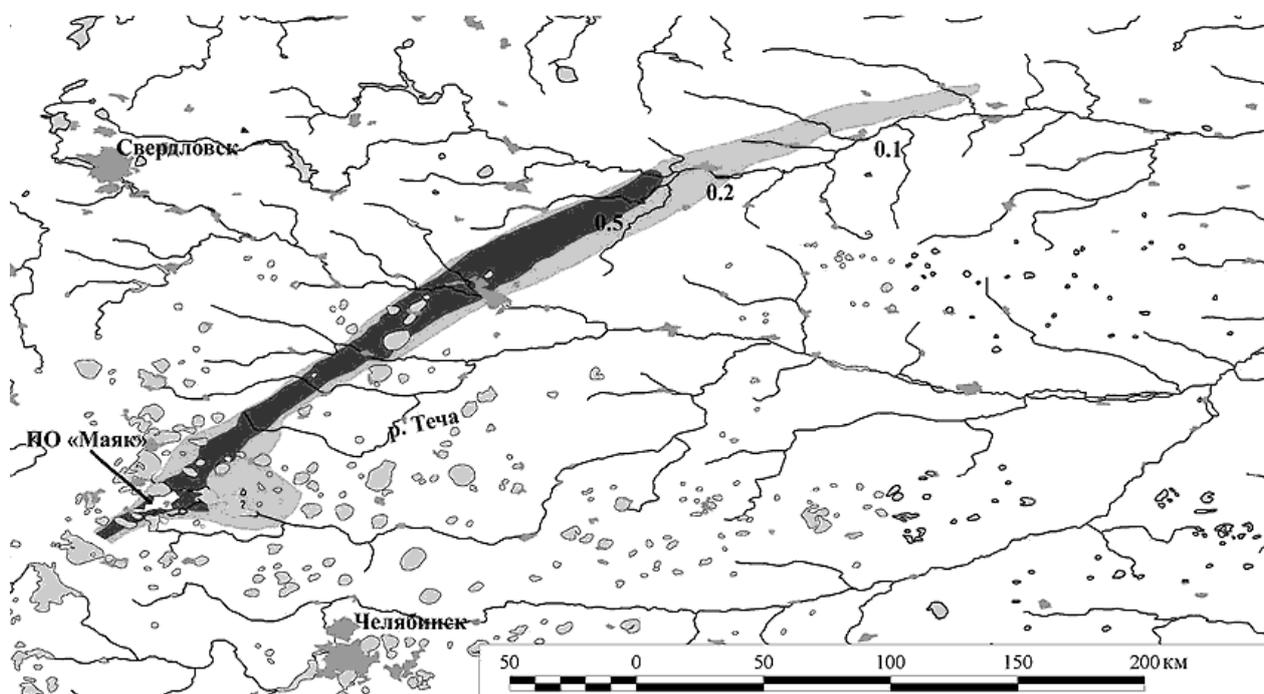


Рис. Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС)

На этой площади почти в 20 тыс. км<sup>2</sup> проживало около 270 тыс. человек. В населенных пунктах, попавших в зону ВУРСа, все жители, домашние животные и птица, продукты питания и источники водоснабжения оказались загрязненными радионуклидами.

Более полувека ПО «Маяк» не производит сбросов радиоактивных отходов в открытую гидрографическую сеть. Однако, в соответствии с существующей технологической схемой, часть жидких отходов, образующихся в процессе производственной деятельности, направляется на хранение в изолированные от открытой гидрографической системы специальные промышленные водоемы.

**Состояние озер Иртышско-Каслинской системы.** Озера Иртышско-Каслинской системы представляют крупнейшую в зоне наблюдения ФГУП «ПО «Маяк»» единую водную систему, которая используется для хозяйственно-питьевого и промышленного водопотребления, является местом промыслового и любительского лова рыбы, служит зоной отдыха населения городов Озёрск, Кыштым, Касли, Снежинск. Общая площадь акватории водной системы – 280 км<sup>2</sup>, общая площадь водосбора – 1,8 тыс. км<sup>2</sup>. В результате обследования 2013 г. в рамках программы контроля озер Силач, Сунгуль, Киреты, Большие и Малые Касли, Куташи, Иртыш, Большая и Малая Наноба, Увильды, Большая Акуля, Акакуль установлено следующее:

- среднегодовая концентрация химических загрязнителей в воде озер Иртышско-Каслинской системы ниже предельно допустимых значений для водоемов хозяйственно-питьевого водопользования;

- кислородный режим водоемов стабильный, концентрация растворенного кислорода высокая круглый год;

- уровни воды озер (водохранилищ) поддерживаются в рамках, предусмотренных регламентом.

Ухудшение качества воды в озере Иртыш связано, прежде всего, с антропогенным фактором. С каждым годом увеличивается количество садов в водоохранной зоне озера. С ливневыми и талыми стоками в озеро поступают биогенные вещества, фосфаты, азотсодержащие вещества. В результате происходит массовое размножение фитопланктона, в первую очередь сине-зеленых, зеленых и красных водорослей, а также интенсивное развитие высших водорослей, что приводит в первую очередь к снижению содержания кислорода в озере. Результаты анализов показывают, что в воде озера происходит накопление фосфат ионов, азота аммонийного, марганца.

Наибольшую техногенную нагрузку во всей экологической системе региона пришлось выдержать рекам, озерам и водохранилищам, вошедшим в водную систему комбината «Маяк».

Вода играет определяющую роль в производственной деятельности химкомбината. Она использовалась для технических нужд. Водой разбавляли жидкие радиоактивные отходы (ЖРО). С помощью воды за его пределы удалялось огромное количество радиоактивных веществ. В искусственных водохранилищах хранится значительное количество радионуклидов. Наконец, вода потребляется населением Озерска. В водную систему «Маяка» входят реки Теча и Мишеляк, озера Иртяш, Кызылташ, Татыш, Карачай и Старое болото. Важную роль играют четыре рукотворных водоема, образовавшихся после возведения плотин в верховье Течи. Всего в водную систему комбината входит около двадцати объектов. Ее формирование происходило в 1948–1951 гг. Окончательный вид она приобрела в начале 60-х гг. и с тех пор не претерпевала серьезных изменений.

**Озеро Карачай.** Расположенное к юго-западу от Челябинска озеро давно уже является хранилищем радиоактивных отходов. В 1990 г. человек, который пробыл на берегу около часа, получал дозу радиации в 600 Р (рентген) – достаточную, чтобы убить человека. Сегодня поверхность озера Карачай в большей степени покрыта бетоном, хотя уровень радиации все еще остается высоким.

Массовый сброс радиоактивных отходов в озеро был начат ещё в 1953 г. Ухудшению ситуации способствовал взрыв, всколыхнувший ПО «Маяк» осенью 1957 г. Облако, насыщенное радиоактивными элементами, образовалось тогда над Челябинской областью, а также соседними с ней Тюменской и Свердловской областями. Еще большую неприятность сулила засуха 1967 г., когда береговая полоса озера, покрытая бетоном, была обнажена. Это привело к тому, что на протяжении двух недель ветер беспрепятственно разносил радиоактивные элементы.

В настоящее время защитники природы занимаются очисткой озера, но риск очередного выброса радиации не исключается, а радиоактивные элементы, по количеству которых Карачай можно сравнить с двумя Чернобыльскими АЭС, по-прежнему заражает подземные воды. Планируется полностью его засыпать до состояния «зеленой лужайки». Но и после засыпки проблема озера Карачай

не исчезнет, так как происходит радиоактивное заражение грунтовых вод в подземном пространстве.

**Озеро Кызылташ.** Первый промышленный реактор располагался в полутора километрах от озера Кызылташ, на берегу которого решили расположить цех для подготовки необходимого количества и качества воды для охлаждения реактора. Мощные насосы должны были подавать воду в активную зону реактора, после чего она, доведенная почти до кипения, поступала по трубам обратно в Кызылташ.

Включение озера в производственный цикл привело к резкому увеличению антропогенной нагрузки на водоем, что уже в начале 50-х годов вызвало перестройку экосистемы и в целом гидрологического режима. Появилось циркуляционное течение, изменился температурный режим, увеличилось испарение с водной поверхности. Изменился гидрохимический режим водоема. В воде и донных отложениях произошло накопление и концентрирование ряда химических токсических веществ.

**Загрязнение реки Теча.** Теча – правый приток реки Исеть. Вытекает она из озера Иртяш. Как обычно бывает в таких случаях, пошли на временный вариант сброса в Течу ЖРО активностью не больше 10 Ки (кюри)/сут. Однако уже первые недели работы радиохимического завода показали, что объем и уровень радиоактивности сбросов во много раз превышает проектные показатели. Возникло большое число непредвиденных и аварийных ситуаций, которые приводили к залповым сбросам больших объемов радиоактивности. Проект не предусматривал осаждения на стенках оборудования заметного количества плутония и продуктов деления, обладавших огромной радиоактивностью. Эта непредвиденная особенность технологии вызвала необходимость их удаления, что многократно увеличивало объем сбросных растворов. Постоянно увеличивалось число технологических процессов, не предусмотренных проектом, имеющих жидкие радиоактивные отходы. Протечки радиоактивных растворов из-за коррозии оборудования также

приводили к дополнительному сбросу радиоактивности не только в специальные емкости комплекса, но и в Течу.

До июля 1951 г. радиоактивные растворы сбрасывались в р. Течу. Вследствие этого в верховьях реки скопилась большая активность радиоактивных продуктов. Кроме Течи, радиоактивные растворы сбрасывались в так называемое Старое болото. Оно находилось на расстоянии около полутора километров от радиохимического завода. Радиоактивные сточные воды направлялись в него сначала по канаве, затем текли в виде неглубокого ручья с невысокими берегами и поступали в низину, где часть радиации оседала.

Высокий уровень радиоактивности воды верховьев Течи обусловил высокий фон радиации по берегам реки и водохранилищ, достигавший до 3 Р/ч. По данным проведенных тогда исследований, все водные организмы реки Течи на всем ее протяжении были загрязнены радиоактивными веществами, причем концентрация их снижалась по мере удаления от точки сброса, но превышала предельно допустимую концентрацию в 75–100 раз. С осени 1951 г. на комбинате началась большая работа по ликвидации источников загрязнения Течи. Одновременно создавалась система по контролю над уровнем радиоактивности и ее распространением на территории промышленной площадки. На ее основе принимались серьезные меры, направленные на предотвращение дальнейшего загрязнения реки.

Проведенный анализ данных по Уральскому региону, в том числе институтом проблем развития атомной энергетики Российской Академии наук, показал, что негативные последствия деятельности ПО «Маяк» и их потенциальная опасность для окружающей среды и населения требуют продолжения принятия мер по реабилитации населения и территорий, исключив при этом возможность повторения крупномасштабных аварий и катастроф.