

зависит судьба каждого его обучающегося, это счастливый человек, потому что у него есть любимая работа.

**Список литературы**

1. Интеллектуальная компетентность и ее развитие. – rusnauka.com. 2012.

2. Педагогическая компетентность. – altd.ru/oo801/html\_fragments/2012.

3. Профессиональная компетентность учителя. – geo.metodist.ru/images/Doc/Method/2012.

4. Особенности профессионального развития учителя. – nauka-pedagogika.com/2012.

5. Шпаргалка по педагогике В.А. Назарьева. Либрусек. – lib.rus.ec/b/203815/2012.

*Технические науки*

**ОСОБЕННОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ  
МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ  
В ГИДРОСФЕРЕ**

Волков А.А., Голубев А.М.

*Московский государственный технический  
университет им. Н.Э. Баумана, Москва,  
e-mail: volkova@bmstu.ru*

В [1] была проведена априорная оценка геохимических барьеров в процессе миграции радионуклидов по гидрологическим путям и выявлен ряд основных факторов влияющих на изменение миграционных форм, физико-химического состояния радионуклидов, как источников ионизирующих излучений, в процессе прохождения геохимических барьеров. Данные факторы легли в основу исследований по состоянию радионуклидов и их химических аналогов в природных водах. В ультраразбавленных системах гидросферы радионуклиды могут находиться в ионном состоянии, образовывать истинные коллоиды или псевдоколлоиды. Оценка состояния и трансформации миграционных форм радионуклидов в поверхностной части гидросферы предполагает количественную характеристику содержания различных химических, физических и физико-химических форм отдельных радионуклидов.

Рассмотрим существующие тенденции в решении указанной задачи. Исходные формы радионуклидов в составе эоловых выпадений делят на две большие группы:

1) мобильные, хорошо растворимые и доступные для взаимодействия с различными компонентами гидросферы;

2) устойчивые, слабо растворимые и, соответственно, малодоступные для взаимодействия с различными компонентами гидросферы соединения; обычно представленные твердыми частицами различного состава и происхождения.

В результате взаимодействия с компонентами гидросферы, исходные формы радионуклидов могут существенно трансформироваться. В частности, радионуклиды из состава мобильных соединений могут переходить в стабильные, практически недоступные для взаимодействия с компонентами гидросферы. И наоборот, исходно устойчивые твердые частицы эоловых выпадений могут постепенно выщелачиваться, с освобождением ионных форм радионуклидов и переходом

их в мобильное состояние. Однако в большинстве случаев первичные взаимодействия радионуклидов осуществляются через раствор, т.е. начальным актом взаимодействия является переход радионуклидов в гидросферу в ионной форме. После выщелачивания начинаются процессы трансформации миграционных форм радионуклидов. В дальнейшем транспорт и трансформации миграционных форм радионуклидов в поверхностной части гидросферы определяются процессами гидродинамики поверхностных водных систем, ландшафтно-геохимическими и гидрометеорологическими условиями, состоянием радионуклидов, их эволюцией и т.п.

Известно, что миграция и включение радионуклидов в процессы трансформации миграционных форм в гидросфере осуществляются по двум специфическим ветвям:

1) гидрологической (временные водотоки, водохранилища, озера, ручьи, реки, эстуарий, море, мировой океан);

2) гидрогеологической (зона аэрации, зона насыщения).

Состояние радионуклидов в гидросфере, как и состав удерживающих их индивидуальных соединений (природных носителей), не являются постоянными во времени. Постепенно происходит трансформации одних миграционных форм радионуклидов в поверхностной части гидросферы в другие, а также пространственное перемещение радионуклидов водными потоками. Совокупность всех этих процессов определяют как поведение радионуклидов в гидросфере. Под поведением радионуклидов в гидросфере понимают их участие в процессах трансформации состояния и массопереноса различной природы. Это процессы сорбции и десорбции, растворения, осаждения и соосаждения, комплексообразования, необратимого выноса из гидросферы и т. д. Поведение, как и состояние разных радионуклидов, существенно зависит от химической природы радионуклида и, что не мало важно, общего времени их нахождения в гидросфере. В связи с этим следует различать:

а) первичные взаимодействия радионуклидов с компонентами гидросферы;

б) вторичные процессы их трансформации и пространственного перераспределения в гидросфере в целом.

Первичное распределение не является стабильным. Радионуклиды, подобно всем элемен-

там, входящим в состав гидросферы, включаются в процессы трансформации миграционных форм радионуклидов в поверхностной части гидросферы, частично мигрируют за пределы гидросферы. В процессе трансформации миграционных форм радионуклидов в поверхностной части гидросферы происходит перераспределение радионуклидов по различным компонентам и формирование основных групп, содержащих радиоактивные элементы. Через какое-то время, обычно равное нескольким годам, состояние радионуклида в гидросфере и соотношение между формами и основными водными потоками относительно стабилизируются. Процессы вторичного перераспределения радионуклидов между природными объектами направлены на стабилизацию состояния радионуклида в гидросфере, т.е. на установление стабильных соотношений между формами радионуклидов, стабилизацию потоков массопереноса, составляющих гидрогеохимический цикл каждого радионуклида, и выравнивание противоположно направленных потоков массопереноса радионуклидов.

Таким образом, общая направленность процессов изменения состояния и поведения радионуклидов, охарактеризована как стремление к равновесному состоянию. Однако, истинное равновесие в гидросфере, как термодинамической открытой системе, не может быть достигнуто, поскольку существуют отдельные необратимые процессы с участием радионуклидов, происходящие на различных уровнях структурной организации гидросферы: необратимое сорбционное закрепление форм радионуклидов, необратимый вынос радионуклидов из гидросферы и др. Поэтому применительно к состоянию и поведению радионуклида более подходит понятие квазиравновесного состояния, хотя в литературе в том же смысле иногда используют и другие термины.

Широкое толкование термина «состояние радионуклида» требует целого комплекса работ по определению отдельных характеристик форм нахождения радионуклидов в природных водах и их моделей. Обозначим некоторые методические особенности исследований состояния радионуклидов в гидросфере. В силу специфики работы с радионуклидами, как источниками ионизирующих излучений, предпочтительными являются не контактные методы, например, метод математического моделирования. Общий подход к физико-математическому описанию первого геохимического барьера первой стадии миграции радионуклидов по гидрологическим путям, выщелачивания «горячих» частиц и накопления радионуклидов в подвижной форме базируется на использовании уравнения формальной кинетики для необратимого процесса. В частности, самопроизвольно протекающие процессы деструкции описываются кинетическим уравнением реакции первого порядка.

В результате конкуренции процессов выщелачивания нуклидов из «горячих» частиц, необменного поглощения ионных форм нуклидов и радиоактивного распада радионуклидов содержание мобильных форм радионуклидов проходит через максимум.

Возможно применение математической модели переноса радионуклидов в одномерном однородном потоке с учетом следующих условий:

1) имеются две фазы содержащие радионуклид: радионуклид в гидросфере (раствор или взвешенные частицы) и радионуклид в донных отложениях;

2) между фазами происходит обмен радионуклидом. При этом в расчетах применяют следующие условия: поток радионуклида в растворенную (взвешенную) фазу пропорционален загрязнению верхнего слоя донных отложений и поток радионуклида из гидросферы в донные отложения пропорционален концентрации радионуклида в гидросфере;

3) процесс взаимообмена радионуклидов происходит в пределах равнодоступного слоя заданной толщины;

4) в донных отложениях происходит миграция радионуклидов по закону Фика;

5) в объеме гидросферы радионуклиды переносятся потоком воды и перемешиваются за счет турбулентной диффузии;

6) на участке переноса радионуклидов водным потоком отсутствуют области устойчивых водоворотов;

7) общий водный расход боковых притоков пренебрежимо мал по сравнению с расходом в основном русле на расчетном участке гидросферы;

8) процессы миграции радионуклидов в продольном и поперечном направлениях гидросферы независимы.

Кроме перечисленных основных положений, учитывающих, в некоторой степени, состояние радионуклидов, делаются дополнительные упрощения: пренебрегают продольной турбулентной диффузией радионуклидов по сравнению с адвективным переносом; считают, что радионуклиды равномерно распределены поперек русла; пренебрегают радиоактивным распадом радионуклидов. Подобный метод использован в обобщенном моделировании поведения источников ионизирующих излучений в процессе прохождения геохимических барьеров [2], но в нем не учитываются эффекты изменения, трансформации миграционных форм, физико-химического состояния источников ионизирующих излучений, участвующих в указанном процессе. Не менее масштабное математическое моделирование миграции цезия-137 в почке: сбросы Красноярского горно-химического комбината – река Енисей – Карское море, подкрепленное натурными наблюдениями, проведено в [3]. Однако, не смотря на упоминание «подвижных форм» радионуклидов, ма-

тематического моделирования трансформации миграционных форм не проведено, что связано с трудностями методического, информационно- и алгоритмического характера [4].

Информационные проблемы связаны с трудностями обобщения экспериментальных данных по трансформации миграционных форм радионуклидов в процессе прохождения геохимических барьеров, и, прежде всего в силу недостаточности баз таких данных.

Резюмируя, следует заметить, что в исследованиях, использующих не контактные методы, например, метод математического моделирования, в большей или меньшей степени учитываются параметры, характеризующие состояние радионуклида в гидросфере. В тоже время, существуют информационные проблемы, связанные с недостаточностью экспериментальных баз данных по трансформации миграционных форм радионуклидов в процессе прохождения геохимических барьеров.

#### Список литературы

1. Голубев А.М., Волков А.А. Априорная оценка геохимических барьеров в процессе миграции радионуклидов по гидрологическим путям // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 11. – С. 83–84.
2. Истомина А.Д., Кораблева С.А., Носков М.Д. Математическое моделирование миграции радионуклидов в поверхностном слое грунта // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308. – № 3. – С. 74–78.
3. Математическое моделирование и анализ поведения радионуклидов в системе Красноярский горно-химический комбинат – Енисей – Карское море / Ю.А. Платовских, И.В. Сергеева, Ю.В. Кузнецова и др. // Атомная энергия. – 2003. – Т. 95. – № 6. – С. 457–466.
4. Хомяков Д.М., Искандарян Р.А. Информационные технологии и математическое моделирование в задачах природопользования // <http://fadr.msu.ru/rin/ecol/model.htm>.

### ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ БОРОМ И ТИТАНОМ

Гурьев А.М., Иванов С.Г., Гармаева И.А., Бильтриков Н.Г.

ФБГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Барнаул, e-mail: [gurievam@mail.ru](mailto:gurievam@mail.ru)

В работе исследована микроструктура и эксплуатационные свойства стали 45 с нанесенными на поверхность комплексными покрытиями на основе бора. Показано, что одновременное диффузионное насыщение бором и титаном приводит к формированию химически стойких к агрессивным средам покрытий, обладающих высокой износостойкостью при отсутствии ударных нагрузок.

Современной промышленности требуются современные материалы, обладающие рядом высоких характеристик, таких как: высокие прочность и пластичность, износо- и коррозионная стойкость и многие другие. Эта проблема в настоящее время решается преимущественно

производством дорогих объемнолегированных сталей. Однако наряду с объемным легированием все большее распространение начинают приобретать и способы поверхностного легирования – нанесение различных покрытий.

Диффузионное борирование является одним из наиболее распространенных методов химико-термической обработки сталей и сплавов на основе железа. Такие покрытия имеют характерное игольчатое строение. Боридные слои, полученные диффузионным борированием на стальных деталях, значительно (в 5–30 раз) повышает износостойкость, теплостойкость (в 1,5–2 раза) и коррозионную стойкость упрочненных изделий. Однако боридным покрытиям присущ серьезный недостаток – высокая хрупкость, что значительно сужает область применения борированных изделий. Кроме того, боридные покрытия имеют низкую стойкость в воде, слабых водных растворах минеральных кислот и особенно в растворах азотной кислоты. В качестве методов снижения хрупкости боридных слоев применяют шлифование поверхности борированного изделия со снятием слоя материала толщиной до 5–10 мкм, а так же многокомпонентное насыщение бором и, например, хромом, медью, никелем, титаном. Наиболее предпочтительным способом снижения хрупкости является комплексное насыщение бором и другим элементом.

**Цель работы.** Исследование влияния процессов одновременной химико-термической обработки на изменение эксплуатационных характеристик упрочненных стальных изделий.

**Материал и методы исследования.** В настоящей работе проведены исследования боридного и боротитанированного покрытий, полученных способом химико-термической обработки из насыщающих обмазок.

В качестве насыщающих обмазок использовали порошковые среды на основе карбида бора следующего состава (таблица). В качестве образцов использовали цилиндры из стали 45 диаметром 22 мм и высотой 15 мм. Образцы обмазывали пастообразной насыщающей средой, сушили на воздухе до получения твердой корки и помещали в предварительно разогретую до 950 °С камерную печь типа СНОЛ, оснащенную ПИД-контроллером TERMODAT 16E-3. Образцы выдерживали при температуре насыщения в течение 2 ч, после чего охлаждали в воде, подвергали низкому отпуску, по окончании которого производили охлаждение на воздухе и удаляли остатки обмазки.

Микроструктуру полученных слоев изучали на поперечных и косых шлифах, которые изготавливали путем резки на электроискровой станке при режимах, исключающих деформации, после чего производили полировку на автоматическом полировальном станке metkon Digiprep 250S. Травление производили в травителе «Ниталь» (4% раствор HNO<sub>3</sub> в спирте),