

В. В. Гончарук, В. Ю. Третинник, В. В. Минченко, Б. В. Лобанов,
Е. В. Терликовский

КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЙ ПОДХОД РЕШЕНИЯ НЕОТЛОЖНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ, СВЯЗАННЫХ С ЛИКВИДАЦИЕЙ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

Обобщены результаты комплексных исследований, проведенных в Институте коллоидной химии и химии воды им. А. В. Думанского, НАН, Украины (ИКХХВ), которые были сконцентрированы на решении первоочередных экологических задач, возникших перед учеными и специалистами после аварии на Чернобыльской АЭС. Рассмотрены эффективные методы регулирования сроков схватывания твердеющих композиций, содержащих соединения свинца, а также технологии закрепления верхнего слоя почв, загрязненных радионуклидами; разработаны противофильтрационные материалы (составы) для сооружения защитных экранов с целью охраны рек, озер, сельскохозяйственных угодий от пагубного действия радионуклидов и других токсичных загрязнений. Предложены композиции (составы) дезактивирующих растворов, позволяющих снизить уровень радиоактивного загрязнения пористых строительных материалов до санитарных норм чистой зоны.

Известно, что общая радиоактивность веществ, которые попали в окружающую среду во время аварии на Чернобыльской АЭС, в 200 раз превышала радиоактивность всех атомных бомб, сброшенных на Хиросиму и Нагасаки. Непригодными для использования оказались >1000 км² территории Украины, и, как минимум, 400 тысяч жителей вынуждены были оставить свои дома навсегда ввиду сильной загрязненности их радионуклидами. Перед учеными возникли неотложные задачи, которые надо решать быстро, так как 4-й блок атомной электростанции находился в состоянии пороховой бочки, а рядом расположены еще 3 блока.

Первая проблема, возникшая после выброса радионуклидов — научиться управлять процессами структурообразования цементно-водных композиций, содержащих соединения свинца, так как высокие уровни радиации в гг. Припяти и Чернобыле в апреле — мае 1986 г. не позволяли готовить быстросхватывающие вяжущие композиции в этих пунктах. Возникли и другие проблемы — радиоактивная пыль разносилась ветряными бурями на большие расстояния, а ливневые дожди предвещали еще большие беды — радионуклиды могли попадать в реки, озера, рыбные

© В. В. ГОНЧАРУК, В. Ю. ТРЕТИННИК, В. В. МИНЧЕНКО, Б. В. ЛОБАНОВ, Е. В. ТЕРЛИКОВСКИЙ, 1996

ставки, колодцы и, в первую очередь, р. Днепр — источник питьевой воды для 70 % населения Украины.

Поэтому в числе первоочередных задач, за решение которых взялись ученые нашего института, были:

- разработка эффективных методов регулирования сроков схватывания твердеющих композиций, содержащих соединения свинца;
- разработка физико-химических методов закрепления верхнего слоя почв и очистка их от радиоактивных загрязнений;
- разработка противифльтрационных композиций (ПФК) и технологии сооружения противифльтрационных экранов для защиты рек, озер и сельскохозяйственных угодий от пагубного действия радиоактивных и других токсичных загрязнений;
- дезактивация пористых строительных материалов.

Через несколько дней после аварии на Чернобыльской АЭС проводились испытания твердеющих композиций, разработанных в лабораториях ИКХХВ. Чтобы растянуть (увеличить) сроки схватывания последних, были предложены катионные ПАВ. На основании проведенных научно-исследовательских работ предложены подвижные (твердеющие) составы (композиции), содержащие соединения свинца с регулируемыми сроками схватывания в довольно широком интервале времени (от 5 до 20 ч). Это давало возможность готовить такие твердеющие системы вдали от объекта аварии, транспортировать их машинами, прокачивать и подавать специальными насосами к аварийному участку.

Быстро и оперативно были предложены составы для дезактивации почв и закрепления верхнего пахотного слоя или травяного покрова. Для указанной цели использовали природные сорбенты — ионообменники (цеолиты, бетониты) и вяжущие вещества (фосфогипс) [1]. В разработке принимали участие ученые НАН, работники Госстроя Украины и др. организаций.

Совместно с работниками противопожарной охраны г. Киева разработана технология нанесения твердеющих минеральных суспензий (система цеолит — бетонит — фосфогипс — вода) на поверхность почв с целью предотвращения уноса радиоактивной пыли в атмосферу, распространения ее на большие расстояния и для предотвращения миграции радионуклидов в нижние горизонты. Эта разработка и сейчас является актуальной для решения проблемы века — защиты окружающей среды.

Идея закрепления верхнего слоя почв, загрязненных радиоактивной пылью, с помощью природных сорбентов и вяжущих взята и для решения многих других народнохозяйственных задач стран СНГ и особенно Узбекистана, Туркменистана, Таджикистана, а именно: химической мелиорации песчаных почв, закрепления подвижных песков и стенок оросительных каналов. Со специалистами Узбекистана украинскими учеными разработаны и внедрены составы вяжущих для закрепления подвижных песков и стенок оросительных каналов. Приводим состав вяжущего, который внедрен в Узбекистане, м. д., %: бетонит — 5—10, полугидрат сульфата кальция — 30—40, фосфогипс — 0,5—10, гашеная известь — 0,5—1,0, вода — остальное. Для закрепления подвижных песков и стенок оросительных каналов вяжущее наносится на поверхность закрепляемой почвы, а при мелиорации, спустя ~2 сут после нанесения на поверхность, производится механическое рыхление с последующим внесением в почву.

В решении сложных проблем, возникших после Чернобыльской катастрофы, воспользовались опытом сооружения пруда-испарителя на Кременчугском нефтеперерабатывающем заводе. Мы имеем здесь многолетний эксперимент действующего противифльтрационного экрана с практически нулевой фильтрацией. Для сооружения пруда-испарителя, куда сбрасывались сточные воды Кременчугского НПЗ, сотрудниками отдела физико-химической механики дисперсных систем и материалов ИКХХВ были предложены эффективные композиционные смеси из глин и глинистых минералов. Построенный противифльтрационный экран с 1967 г. надежно

защищает рр. Днепр и Псел от пагубного воздействия сбросных вод нефтеперерабатывающего завода [2, 3].

В последние годы в ИКХХВ на основе дисперсий глин и глинистых минералов разработана целая серия защитных противофильтрационных полимерсодержащих композиций различного технического назначения [4, 5].

Для получения эффективных противофильтрационных композиций ученые ИКХХВ и специалисты треста «Укрбургаз» предложили рационально использовать выбуренную глинистую породу и отработанные промывочные жидкости — буровой шлам из скважин Яблуновского газоконденсатного месторождения [6].

Довольно сложной оказалась разработка композиций и технологии дезактивации пористых строительных материалов Чернобыльской зоны отчуждения. В качестве основного компонента защитных композиций была взята бентонитовая глина Черкасского месторождения. Систематические исследования водных дисперсий глин и глинистых минералов показали, что только водные суспензии бентонитов (основной минерал — монтмориллонит) при нанесении на поверхность пористых (или других) материалов способны образовывать плотную пластичную корку, которая может отслаиваться от поверхности при высыхании. Установлено, что в исследуемой системе (бентонит — вода) оптимальная концентрация твердой фазы, обеспечивающая развитую объемную пространственную структурную сетку, во всем объеме суспензии составляет $\sim 50\%$. И, действительно, суспензия бентонита с влажностью $W = 70 - 90$ м. д., % при высыхании образует очень тонкую, но плохо отслаивающуюся от подложки корку. Изучали условия отслаивания разработанных композиций от подложки глиняного строительного кирпича и шифера. Определяли толщину высохшей корки и пластическую прочность последней (P_m) и время высыхания разработанных композиций.

Кроме основного компонента (природного минерала-ионообменника), в состав композиции для дезактивации строительных материалов вводили и другие компоненты — силикат натрия, щавелевую кислоту, торф, некоторые поверхностно-активные вещества.

Установлено, что плотную корку с довольно хорошим отслаиванием дают водные суспензии бентонита при содержании твердой фазы $\sim 50 - 60\%$, толщина корки при этом составляет $0,9 \times 10^{-3}$ м, а величина $P_m = 110 - 120$ Па. Лучшие результаты получаются при введении в бентонитовые суспензии ПАВ — пластификатора (лигносульфоната технического ($\sim 1,0 - 1,5\%$)); толщина корки при этом составляет $1,35 - 1,25 \times 10^{-3}$ м. Следует отметить, что более влажные композиции и дольше высыхают. Так, например, на кирпиче время высыхания нанесенных композиций ≈ 48 , на шифере — ≈ 40 ч.

Каких результатов удалось добиться при дезактивации строительных материалов? Здесь приводятся лишь некоторые данные. Для сравнительной характеристики приведены из основных компонентов дезактивирующих композиций сокирницкий клиноптилолит и черкасский бентонит.

Установлено, что при обработке глиняного строительного кирпича композиций, состоящей из 40% клиноптилолита и $0,15\%$ силиката натрия (остальное вода), уровень загрязненности снижается от 1540 до 560 расп./мин $\cdot$ см² (уровень радиоактивной загрязненности определялся прибором «Бета»). Приводятся средние данные определений из 10—15 (обработанных образцов). Двух-, трех- и более кратная обработка дополнительно снижает уровень загрязненности до 400—450 расп./мин $\cdot$ см². Испытывали также композицию, в состав которой входили, %: бентонит — 10, низинный торф — 40, вода — 50. Результаты очистки примерно идентичны. Во всех случаях нижний уровень загрязненности составил ~ 500 расп./мин $\cdot$ см². Наилучшие результаты все-таки получены при приготовлении органо-минеральной композиции следующего состава, %: бентонит — 10, торф — 40, силикат натрия — 0,15, вода — остальное. После

однократной обработки уровень радиоактивной загрязненности глиняного кирпича не превышал 150—200 расп./мин · см². Систематические исследования позволили сделать заключение, что концентрация минеральной суспензии (композиции с бентонитом и клиноптилолитом) должна быть такой, при которой формируется довольно прочная корка толщиной 0,3—0,5 мм. И эта задача реальна при содержании твердой фазы < 40 м. д., % [5]. Но при применении разжижителей для минеральных дисперсий концентрация твердой фазы может быть повышена до ≥ 60 м. д., %. Весьма эффективным разжижителем для системы клиноптилолит — вода оказался силикат натрия ($C = 0,25$ м. д., %), а для более тиксотропной монтмориллонитовой суспензии — комплексный разжижитель, включающий и другие вещества (ПАВ — пластификаторы, как, например, лигносульфонат технический, высшие спирты и др.). При введении в дезактивирующие растворы комплексных разжижителей достигался и более высокий эффект очистки пористых строительных материалов от радиоактивных загрязнений.

Тщательный анализ рассмотренных проблем убеждает в том, что хотя ливневых дождей в первые годы после аварии на Чернобыльской АЭС не было, предотвращение смыва радионуклидов с поверхности почв паводковыми водами и атмосферными осадками заслуживает самого пристального внимания и в настоящее время, так как не исключены новые выбросы радиоактивной пыли и на других объектах (атомных электростанциях). Поэтому разработаны составы композиций, которые при нанесении на поверхность почв дают прочную, неразрушающуюся во времени, при увлажнении или высушивании корку, устойчивую и в условиях знакопеременных температур.

Поисковые исследования показали, что наиболее подходящим для указанных условий материалом является фосфогипсовое вяжущее — полугидрат сульфата кальция в α -модификации. Известно, что сульфат кальция образуется при производстве экстракционной фосфорной кислоты растворением фосфатного сырья смесью серной и фосфорной (образующейся в процессе переработки сырья) кислот [7]. В зависимости от температурно-концентрационных условий процесса, а также от состава и содержания присутствующих в фосфорном сырье примесей, перешедших в раствор, твердая фаза сульфата кальция может быть представлена одной из трех форм: дигидратом $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, полугидратом $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ или ангидритом CaSO_4 .

Для разработки составов защитных композиций на основе фосфогипсового вяжущего, способного образовывать на поверхности почвы прочную корку, было изучено влияние влагосодержания на прочность и сроки схватывания вяжущего.

Результаты исследований показали, что уже 35 вес. частей воды обеспечивают высокую прочность на сжатие, равную 23,3 МПа при сметанообразном состоянии суспензии, удобной для нанесения ее на поверхность почвы. При этом начало схватывания и его продолжительность весьма малы, соответственно 11 и 5 мин.

Повышение влагосодержания до 70—75 % дало возможность увеличить время начала схватывания до 30—36 мин. Но при этом прочность покрытия снижается до 5 МПа. Повышение влагосодержания > 50 % практически не сказывается на времени начала схватывания и равно > 12 мин. При влагосодержании > 60 % наблюдается отстой.

Для эффективности технологического процесса нанесения защитных композиций на основе фосфогипса крайне необходимо было решить вопросы, связанные со сроками их схватывания. С целью регулирования процессов отверждения (изменение сроков начала и продолжительности схватывания) в состав дисперсий вводили некоторые ПАВ и водорастворимые полимеры, а именно: полиакриламид (ПАА), полимер акрилового ряда, принадлежащий к классу полиэлектролитов. Легко растворяется в воде, спирте и других растворителях. Используется как структурообразователь, флокулянт дисперсных смесей. СФ-2У — моющее средство, в состав кото-

рого входит, м. д., %: триполифосфат натрия — 50, сульфонол — 25, сульфат натрия — 15, остальное вода. Окзил получают при взаимодействии кальциевого лигносульфоната технического с бихроматом калия или натрия в кислой среде с последующей частичной нейтрализацией до pH 3,5—4,5; в жидком состоянии он содержит 25—27 м. д., % сухого вещества и является эффективным регулятором вязкости минерализованных суспензий.

КМЦ — натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы — простой эфир целлюлозы и гликолевой кислоты, полученной путем взаимодействия щелочной целлюлозы с натриевой солью монохлоруксусной кислоты. Один из

Таблица 1. Влияние ПАВ на сроки схватывания и прочность фосфогипсового вяжущего

Соотношение компонентов, Ф:П, весовые части	СПАВ, м.д., %	Сроки схватывания, мин		Прочность, $\sigma_{сж}$, МПа
		начало	продолжительность	
ПАА				
100 : 60	0,01	15	10	10,9
100 : 60	0,025	25	6	8,6
100 : 60	0,10	57	11	6,2
100 : 60	0,20	220	13	7,6
СФ-2У				
100 : 60	0,05	12	45	8,8
100 : 60	0,10	85	130	11,0
100 : 60	0,20	240	—	17,4
Окзил				
100:60	0,10	20	7	6,9
100:60	0,20	28	10	8,9
100:60	0,50	32	12	9,2
Na-КМЦ-500				
100 : 60	0,02	31	10	6,3
100 : 60	0,05	39	16	6,3
100 : 60	0,10	49	18	5,8
100 : 60	0,15	116	30	5,8
100 : 60	0,20	240	360	5,9
100 : 60	0,25	395	—	4,7
100 : 50	0,15	83	23	7,2
100 : 50	0,20	200	30	8,3

Примечание. Количество реагентов дано по отношению массы сухого вещества.

наиболее эффективных реагентов-понижителей вязкости минеральных суспензий. Ферментативно устойчив, не изменяет свойства при хранении, не вспенивает рабочий раствор, не изменяет pH, удобен при транспортировке, хранении при любых температурах, технологичен при применении. В работе использовали КМЦ-500.

Экспериментальные результаты по изучению влияния ПАВ на изменение сроков схватывания фосфогипсового вяжущего представлены в табл. 1. Как видно из приведенных данных, введение в суспензию вяжущего ПАА в количестве 0,01 м. д., % массы сухого вяжущего способствует упрочнению образцов (до 10,9 МПа) без изменения сроков схватывания дисперсий. Повышение содержания ПАА до 0,1—0,2 % увеличивает время начала схватывания до 1—3 ч, прочность образцов в отвержденном состоянии достаточно высока — 6,5—7,5 МПа. Однако дисперсии представляют густую хлопьевидную массу, которая при перемешивании расслаивается. При больших концентрациях реагента дисперсии становятся пастообразными и практически непригодными для выполнения поставленных задач.

Моющее вещество СФ-2У при введении в суспензию фосфогипсового вяжущего (Фг : вода — 100 : 60 частей) в количестве 0,1—0,2 % массы

вяжущего увеличивает сроки схватывания до 1,5—4 ч, повышает прочность до 11—17,5 МПа. Недостатком является пенообразование при приготовлении суспензий. Обильное пенообразование снижает плотность и прочность отвержденного покрытия и, что является одним из главных факторов, резко снижает прочность при замораживании — размораживании, особенно во влажном состоянии.

Окзил, вводимый в количествах 0,1—0,5 %, практически не влияет на изменение технологических параметров — сроки схватывания вяжущего.

Таблица 2. Влияние ПАВ на сроки схватывания и прочность защитных композиций

Соотношение компонен- тов, Фг:П:В, весовые части	СПАВ. м. д., %	Сроки схваты- вания, мин		Проч- ность $\sigma_{сж}$ МПа через 24 ч	Состояние композиций
		начало	конец		
СФ-2У					
100 : 100 : 60	0,05	25	19	7,0	Густая
100 : 100 : 60	0,10	28	13	12,0	То же
100 : 100 : 65	0,10	78	20	8,3	Сметанообразная
100 : 100 : 65	0,15	155	—	10,1	Пенообразная
100 : 90 : 65	0,15	60	28	9,1	То же
100 : 110 : 65	0,10	85	16	11,8	»
100 : 120 : 65	0,10	79	30	10,1	»
100 : 90 : 60	0,10	60	15	16,8	Отстой
Na-КМЦ-500					
100 : 120 : 60	0,15	106	10	7,1	Нормальная
100 : 110 : 60	0,15	130	25	7,3	То же
100 : 100 : 60	0,15	105	25	7,8	»
100 : 90 : 60	0,15	90	30	7,0	»
100 : 100 : 65	0,15	128	35	5,6	»
100 : 100 : 55	0,15	137	25	5,0	»
100 : 90 : 60	0,20	200	—	6,4	»
100 : 100 : 60	0,20	240	30	5,8	»

Лучшие результаты по регулированию сроков схватывания фосфогипсовых дисперсий получены при использовании Na-КМЦ. Рабочий раствор имеет сметанообразную консистенцию, не наблюдается пенообразования, не расслаивается во времени, сроки схватывания можно регулировать в весьма широких пределах — от 30 мин до 5—6 ч. Прочность при сжатии достаточно высокая, чтобы обеспечить целостность покрытия при движении по нему большинства диких животных.

С целью удешевления защитных покрытий на основе фосфогипсового вяжущего в состав композиции вводили речной песок. Исследования показали, что введение в систему песка в соотношении Фг : П — 1 : 1 не влияет на изменение времени начала и продолжительности схватывания. Прочность отвержденных образцов практически не меняется.

С увеличением доли песка прочность снижается. Так, при повышении содержания песка до 100, 110 и 120 весовых частей (при влагосодержании 40 весовых частей) прочность падает соответственно до 17, 10,0 и 9,95 МПа.

Рассмотрим возможность регулирования сроков схватывания песко-содержащих композиций при помощи КМЦ. Другие реагенты дают значительно меньший эффект по сравнению с Na-КМЦ. Но интересно привести сравнительные данные, полученные с помощью Na-КМЦ и с СФ-2У, так как последний широко использовался в 30-км зоне (табл. 2).

СФ-2У вводили в количестве 0,05—0,15 % массы фосфогипсового вяжущего, Na-КМЦ — 0,1—0,2 % (см. табл. 2). Установлено, что моющее СФ-2У удлиняет время начала отверждения композиции до 1,5—2 ч. Однако при перемешивании наблюдается появление пены. Такой недостаток

не позволил в дальнейшем работать с этим моющим. Всю работу в основном проводили с Na-КМЦ. Следует отметить, что сроки схватывания фосфогипсового вяжущего можно было увеличить до 6 ч без изменения прочности отвержденной композиции. Это позволяет перевозить приготовленную композицию практически по всей 30-километровой зоне Чернобыльской АЭС.

Интересно было изучить также и влияние низких температур на прочностные свойства защитных композиций. С этой целью для исследований выбраны композиции оптимального состава: фосфогипс : песок : вода — 100 : 100 : 60 весовых частей с 0,15 % Na-КМЦ и 0,1—0,15 % СФ-2У (ПАВ вводили в массовых долях сухого вяжущего).

Таблица 3. Расход материалов для приготовления защитных композиций

Объем	Фосфогипс	Песок	Вода Na-КМЦ		Начало схватывания, мин
	кг				
Срок схватывания — 2 ч					
1 т	385	385	230	0,5	150
1 м³	650	610	390	0,9	150
Срок схватывания — 3 ч					
1 т	380	380	250	0,5	200
1 м³	620	580	410	0,9	200
Срок схватывания — 5 ч					
1 т	380	380	250	0,65	325
1 м³	620	580	410	1,05	325

Отформованные образцы в виде кубиков размером 20 × 20 × 20 мм насыщали водой при комнатной температуре, затем помещали в морозильную камеру. Образцы размораживали в воде при комнатной температуре. Результаты испытаний показали, что образцы с содержанием 0,15 % Na-КМЦ после 10 циклов теплосмен не потеряли прочности (9,9 МПа) по сравнению с образцами, которые не подвергались замораживанию и находились в сухих условиях при комнатной температуре. Разрушений поверхности не наблюдалось.

Увеличение количества теплосмен до 30 привело к снижению прочности образцов до 6,0 МПа в сухом и до 2,6 МПа во влажном состоянии. Однако разрушений образцов и в этом случае не наблюдалось.

Рекомендации по приготовлению и использованию композиции для предотвращения смыва радионуклидов с поверхности почвы паводковыми водами и атмосферными осадками. Авария на Чернобыльской АЭС создает угрозу хозяйственно-питьевому водоснабжению, орошению земель южных областей Украины, хозяйственной деятельности человека на территории Приднепровского региона вследствие поступления радионуклидов в р. Припять и водохранилища Днепровского каскада. Разработанный состав защитной композиции достаточно надежно закрепляет верхние слои почвы, препятствуя тем самым миграции радионуклидов под действием паводковых вод и атмосферных осадков.

Технология приготовления защитных композиций простая и заключается в следующем. Для эффективного использования коллоидно-химических свойств натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы ее предварительно замачивают в воде. Необходимое количество Na-КМЦ (количество КМЦ, вводимой в состав композиции зависит от суммарного времени, необходимого для приготовления раствора, доставки композиции к месту использования, нанесения ее на поверхность почвы и др.) замачивают в течение суток. С целью ускорения этого процесса раствор рекомендуется подогревать до 60—80 °С. Концентрация Na-КМЦ в растворе не должна превышать 15 м. д.

В смеситель загружают определенное количество фосфогипсового вяжущего, заливают 75 % нужного количества воды и тщательно перемешивают 10—15 мин. Затем добавляют расчетное количество речного песка, раствор Na-КМЦ и остаток воды. Перемешивание продолжается еще 10—15 мин. Приготовленную массу перегружают в расходную емкость. При необходимости композицию перегружают в автобетоносмеситель на базе автомобиля «Камаз» или «Краз» для доставки ее к месту использования, где она перегружается в расходную емкость. Из расходной емкости раствором насосом высокого давления (например, МС-251) по гибкому шлангу композиция подается к месту нанесения ее на поверхность почвы. Толщина отвержденной композиции должна быть в пределах 3—4 мм и контролируется визуально.

Количество необходимых ингредиентов для приготовления 1 т или 1 м³ композиций представлено в табл. 3. Здесь же указано количество добавок КМЦ в зависимости от продолжительности технологического цикла.

V. V. Goncharuk, V. Y. Tretinnik, V. V. Mintchenko, B. V. Lobanov, E. V. Terlikovsky

PREVENTING OF WASHING AWAY OF RADIONUCLIDES FROM GROUND SURFACE BY HIGH WATER AND PRECIPITATIONS

Summary

The results of the comprehensive investigations carried out by the Dumansky Institute of Colloid and Water Chemistry focused on resolving the urgent ecological problems caused by Chornobyl disaster summarized. The effective methods to control the solidification terms of hardening lead containing compounds as well as the technique of fastening soil upper layers considered. The penetration proofing materials (compositions) were developed for using in constructing the proofing shields protecting rivers, lakes and fields from pernicious influence of radionuclides and other poisoning pollutions. The decontaminating compositions of solutions reducing the radioactive pollution of porous building materials to sanitary levels of clean zone were proposed.

A. V. Dumansky Institute of Colloid and Water Chemistry, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev

1. Гончарук В. В., Третинник В. Ю., Минченко В. В. // Материалы I Всесоюз.-техн. совещ. «Итоги двухлетней работы по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС». — Чернобыль, 1983. — Т. 2. — С. 11—26.
2. Круглицкий Н. Н. Физико-химическая механика и защита биосферы. — Киев: О-во «Знание», 1985. — 48 с.
3. Третинник В. Ю. // Тез. Междунар. конф. (Минск, 15—17 нояб. 1994 г.). — Минск, 1994. — С. 126—127.
4. Пархоменко В. В., Яременко В. А., Третинник В. Ю. и др. // Экотехнология и ресурсосбережение. — 1994. — № 5/6. — С. 71—75.
5. Минченко В. В. // Міжнародна науково-техн. конф.: Тези доп. (1—3 листопада 1995 р., м. Харків). — Харків, 1995. — Вип. 2. — С. 129—130.
6. Третинник В. Ю., Яременко В. А., Скрипник А. П. Актуальные проблемы охраны окружающей среды. — Киев: О-во «Знание», 1991. — 20 с.
7. Иваницкий В. В., Классен П. В., Новиков А. А. и др. Фосфогипс и его использование. — М.: Химия, 1990. — 224 с.

Ин-т коллоид. химии и химии воды
им. А. В. Думанского НАН Украины, г. Киев

Поступила
09.04.96