

ЕҢБЕК ҚЫЗЫЛ ТУ ОРДЕНДІ  
«Ә. Б. БЕКТҰРОВ АТЫНДАҒЫ  
ХИМИЯ ҒЫЛЫМДАРЫ ИНСТИТУТЫ»  
АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ

# ҚАЗАҚСТАННЫҢ ХИМИЯ ЖУРНАЛЫ

---

---

## ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

---

---

### CHEMICAL JOURNAL of KAZAKHSTAN

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
«ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКИХ НАУК  
им. А. Б. БЕКТУРОВА»

**4 (64)**

ОКТАБРЬ – ДЕКАБРЬ 2018 г.  
ИЗДАЕТСЯ С ОКТАБРЯ 2003 ГОДА  
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

АЛМАТЫ  
2018

УДК 541.6:631.459.3

*Б. Х. МУСАБАЕВА, А. Н. КЛИВЕНКО, Ж. С. КАСЫМОВА, Л. К. ОРАЗЖАНОВА*

Государственный университет им. Шакарима, Семей, Республика Казахстан

## ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРПОЛИМЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ

**Аннотация.** В обзоре приведен анализ литературных данных по применению интерполимерных комплексов (ИПК) в экологии. Обсуждены результаты работ по применению ИПК в экологии почвы в качестве перспективных антидефляционных агентов для предотвращения ветровой эрозии почв, для радиационного пылеподавления и аккумуляции радионуклидов на поверхности почвы с целью ремедиации радиоактивно-зараженных почв. ИПК разного состава проявляли аккумулярующие свойства по отношению к радионуклидам Sr-90, Pu-239 и Cs-137 в опытах на радиоактивно зараженных почвах бывшего Семипалатинского испытательного полигона. Исследования показали, что ИПК значительно улучшают агрохимические показатели почвы, а именно, улучшают ее структуру, уменьшают плотность и резко повышают водопрочность почвенных агрегатов, увеличивают предельную полевую влагоемкость и запасы продуктивной воды. Обсужден механизм структурирования почвы с помощью ИПК. Рассмотрены возможности применения ИПК в экологии воды для извлечения поверхностно-активных веществ (ПАВ) и биологических загрязнителей из вод, для обнаружения флокулянтов, а также с целью рационального использования водных ресурсов. Кроме того, рассмотрены работы, посвященные использованию ИПК в качестве модифицирующих добавок для снижения горючести полимерных материалов.

**Ключевые слова:** интерполимерные комплексы, интерполиэлектролитные комплексы, структурирование почвы, антидефляционные агенты, ремедиация, аккумуляция радионуклидов, водопрочность, противofильтрационный экран

**Введение.** Интерполимерные комплексы (ИПК) представляют собой широкий класс полимер-полимерных соединений. ИПК образуются между комплементарными макромолекулами, т.е. полимерами, функциональные группы которых обладают родством друг к другу. При этом между макромолекулами могут образоваться водородные, ван-дер-ваальсовы, донорно-акцепторные и ионные (электростатические) связи. ИПК, образованные между противоположно заряженными полиэлектролитами за счет электростатического взаимодействия, называются интерполиэлектролитными комплексами (ИПЭК) [1, 2].

Несмотря на очевидную перспективность, как объект исследования ИПК, и высокую степень фундаментальных знаний в этой области, прикладных работ по теме опубликовано относительно немного. В базе данных Scopus® содержится порядка 900 документов [3].

Применение ИПК в экологических целях показано в ряде работ. И основные области применения ИПК можно представить в виде схемы (рисунок 1):



Рисунок 1 – Схема использования ИПК

В настоящем обзоре рассмотрены сферы применения ИПК в экологии почвы.

*1. Экология почвы.* Большинство исследований ИПК для решения экологических проблем направлены именно на решение экологических проблем почвы. Впервые ИПК были использованы учеными МГУ для осаждения радиоактивной пыли в зоне отчуждения после Чернобыльской катастрофы (1986 г.). Ими были успешно применены для седиментации и цементации радиоактивной пыли ИПК на основе гидролизованного полиакрилонитрила (коммерческое название ГИПАН) и поли – N,N-диметилдиаллиламмоний хлорида (коммерческое название ВПК-42) [4].

*1.1. Предотвращение водной и ветровой эрозии.* Авторы [4] выделяют 5 основных методов борьбы с ветровой и водной эрозией почв:

1. Биологические, включающие высадку лесопосадок, создание ветровых и водозащитных лесных барьеров, озеленение и другие. Эта группа методов имеет один существенный недостаток – требует значительного времени для формирования, тем более, в неблагоприятных для этого регионах.

2. Методы рационального земледелия, исключают интенсивное использование сельхозтехники и глубокую вспашку почвы. Однако, указанные методы не находят широкого применения.

3. Механические методы, включающие покрытие поверхности почв соломенными матами, проволочными сетками, полимерными пленками и сетками, но такие конструкции легко разрушаются, а полимерные пленки нарушают воздухо- и влагообмен и препятствуют прорастанию.

4. Инженерные методы – искусственное орошение с использованием энергоемких технологий, сооружение ирригационных систем и т.д.

5. Химические методы – использование различных веществ для стабилизации почвы, вязкие компоненты нефтепереработки, пластиковая мульча (порошок, стружка), силикаты и полимеры, включая полиэлектролиты и полимерные латексы, поликомплексы. Использование вязких нефтепродуктов оказывает вредное воздействие на окружающую среду, почву и грунтовые воды. Полимерная мульча образует нестабильные покрытия. Кроме того, мульча обычно не подвержена биологическому разложению. Силикатные композиции могут способствовать закислению почвы и снижению ее биологической продуктивности. Водорастворимые полимерные связующие быстро удаляются из почвы с дождевой водой, что приводит к потере стабилизирующего эффекта даже при умеренном осаднении. Гидрофобные связующие не могут быть равномерно распределены в почве и в скором времени сосредотачиваются на поверхности почвы и образуют водонепроницаемое покрытие.

В обзоре авторов [5] сообщается об использовании интерполимерных комплексов для структурирования почв и подробно описана технология процесса, которая включает следующие стадии:

1) приготовление разбавленных водных смесей полиэлектролитов при высоких концентрациях низкомолекулярной соли (например, минеральных удобрений), при этом ионные взаимодействия между противоположно заряженными полиионами подавлены;

2) введение полученных смесей в почву путем полива или разбрызгивания на поверхность почвы;

3) промывание политых почв водой для образования ИПК и уменьшения концентрации низкомолекулярных солей (этот процесс может протекать естественным путем при выпадении атмосферных осадков).

Обработка территории ИПЭК может выполняться вручную и механически, например, с помощью вертолетов или поливальных машин [4]. При этом мелкие агрегаты обработанного ИПЭК почвенного слоя слипаются с образованием более крупных частиц в результате образования на поверхности почвенных частиц слоя ИПЭК. Расход полимеров на обработку 1 м<sup>2</sup> составляет всего 1-2 г полимерных композиций при их стоимости 5-7 долл. США за 1 кг [6].

ИПК чаще всего являются водонерастворимыми, влаго- и газопроницаемыми веществами, образующими на поверхности обработанной почвы защитную корку [7].

Для структурирования почвенных частиц могут быть использованы несколько типов ИПК:

1) ИПЭК – продукты взаимодействия противоположно заряженных полиэлектролитов;

2) ИПК, стабилизированные кооперативной системой водородных связей;

3) интраполимерные комплексы, состоящие из химически комплементарных звеньев основной цепи и разветвленных боковых цепей.

Подходящими и коммерчески доступными полимерами для создания ИПЭК являются полиакриловая кислота (ПАК), полиметакриловая кислота (ПМАК), полистиролсульфонат натрия (ПССNa), полиэтиленимин (ПЭИ), натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (КМЦNa), производные полиаллиламина, в особенности, поли-N,N-диметилдиаллиламмоний хлорид (ПДМДААХ) и др.

Для создания ИПК также широко используются протон-донорные полимеры, такие как полиакриловая кислота (ПАК), полиметакриловая кислота (ПМАК) и протон-акцепторные полимеры, такие как поли-N-винилпирролидон (ПВПД), полиэтиленгликоль (ПЭГ), поливиниловый спирт (ПВС), полиакриламид (ПААм).

Использование ИПК в качестве эффективного метода предотвращения эрозии почв выглядит наиболее предпочтительным по ряду причин.

Во-первых, в процессе получения структурообразователей почв на основе ИПК и внесении их в почву используются низкомолекулярные соли, которые экранируют макромолекулы и препятствуют до определенного времени образованию ИПК (рисунок 2). В качестве таких низкомолекулярных солей можно использовать минеральные удобрения, стимуляторы роста и другие функциональные вещества, являющиеся по химической структуре низкомолекулярной солью.

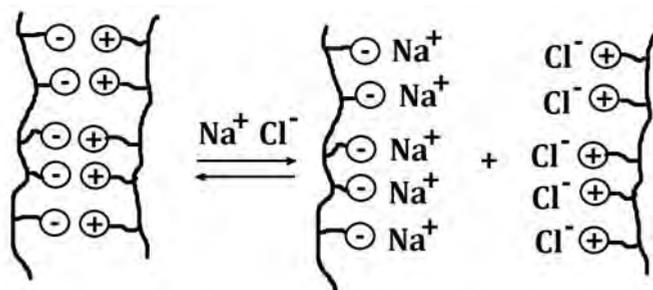


Рисунок 2 – Схема образования и разрушения ИПК под действием низкомолекулярных противоионов [5]

Во-вторых, как отмечается в работах [4, 5], ИПК состоят из гидрофобных и гидрофильных участков, которые могут обмениваться между собой – эти особенности структуры поликомплексов позволяют им адсорбироваться на поверхностях различной природы и адаптироваться к изменяющимся внешним условиям в зоне контакта (рисунок 3). Таким образом, ИПК проявляют сродство к поверхностям любого рода, как гидрофильным, так и гидрофобным.

Для закрепления засоленных почвогрунтов и песков в районе Аральского моря исследовано влияние полимеров ПВС, ПАК и ПААм и их ИПК (К-4 и К-6). Наилучшие результаты получены при сочетании полимеров и ПАВ с полимерами, способными взаимодействовать с солями и известью.

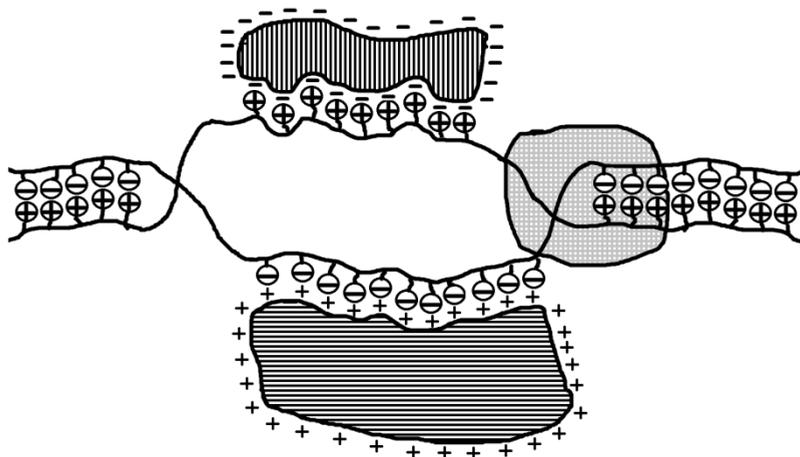


Рисунок 3 – Схема взаимодействия ИПК гидрофобными и гидрофильными поверхностями [5]

Например, при добавлении композиции известь-К-9 в дисперсию засоленного песка получено 88% жестких агрегатов, из которых 55% составляют фракцию 2 мм [8].

В работах [6-7, 9-13] предпринята попытка использовать различные типы интерполимерных комплексов, стабилизированных кооперативной системой водородных связей (Н-ИПК), ионных связей (ИПЭК) и комплексы с участием бетаинового полиамфолита карбоксиэтил-3-аминокротонат/акриловая кислота КЭАК/АК (ПА-ИПК) в качестве структурообразователей радиационно-зараженных почв Семипалатинского региона.

Для агрегирования почв были использованы ИПК, которые ранее для этих целей не применялись (таблица 1).

Таблица 1 – Интерполимерные комплексы, использованные для структурирования почв

ИПК	Состав ИПК, моль/моль	$[\eta]$ комплекса	Степень комплексообразования, $\theta$	Тип комплекса
ПАК-ПЭГ	1:1	0,10	0,81	Н-ИПК
ПАК-ПВПД	1:1	0,10	0,76	Н-ИПК
ПАК-ПЭИ	1:1	0,10	0,60	ИПЭК
ПАК-ПДМДААХ	1:1	0,08	0,75	ИПЭК
КЭАК/АК-ПЭГ	1:1	0,13	–	ПА-ИПК
КЭАК/АК-ПВПД	2:1	0,10	–	ПА-ИПК
КЭАК/АК-ПЭИ	1:1	0,08	–	ПА-ИПК
КЭАК/АК-ПДМДААХ	2:1	0,11	–	ПА-ИПК

Показано, что ИПК в силу своей структуры являются более подходящими объектами для структурирования почв, чем индивидуальные полимеры, хотя и последние обладают агрегирующим эффектом.

Разработан способ седиментации дорожной пыли на основе лигнина, недорогого, экологически чистого и биоразлагаемого материала. В работе [14] было разработано связующее на основе лигнина, представляющее собой комплекс сополимеров, в жидкой концентрированной форме для структурирования и склеивания поверхности светло-текстурированной почвы. Изучение механических свойств, водо- и ветроустойчивости созданной структуры почвы и склеенных слоев почвы, а также изменение этих свойств в результате воздействия климатических условий в климатической камере показало эффективность разработанного связующего как пылеподавателя. Технологический метод применения связующего не требует специального оборудования, поскольку его водные растворы при нанесенных концентрациях не являются вязкими и легко наносятся на поверхность почвы.

В работе [15] для структурирования песчаных почв разработан новый экологически безопасный клей на основе лигносульфоната (ЛС), представляющий собой лигнинсодержащий интерполимерный комплекс. Было обнаружено, что изменения в составе ЛС приводят к изменению его реологических свойств, которые связаны со связывающей способностью и, таким образом, должны влиять на фракционный состав и свойства созданных агрегатов почвы.

Таким образом, особенность структуры ИПК обеспечивает уникальную возможность взаимодействия с поверхностями различной природы и, следовательно, с различными коллоидными и дисперсными частицами. Эти соединения являются весьма эффективными и универсальными связующими агентами для различных дисперсий, что в конечном итоге предупреждает водную и ветровую эрозию почв [9,16,17].

ИПК находят практическое применение в качестве структурообразователей любых дисперсных систем, не только почв и грунтов, а также полупроницаемых мембран, покрытий, материалов медицинского и биотехнологического назначения и др.

*1.2. Улучшение агрохимических показателей почвы.* Исследования показали, что применение ИПК на почве ведет к улучшению ее структуры, уменьшает плотность и резко повышает водопрочность структурных агрегатов, увеличивает предельную полевую влагоемкость и запасы продуктивной воды. При этом снижается физическое испарение с поверхности в 2-3 раза, возрастает амплитуда суточных температур почвы. Проблема искусственного оструктурирования почв имеет огромное практическое значение, особенно в условиях Центральной Азии, где представлены бесструктурные (с агрономической точки зрения) и нередко засоленные почвы с тяжелым механическим составом, например, такыры и такыровидные почвы.

Многочисленными экспериментами [7, 9] доказано, что структурообразователи на основе ИПК являются безвредными для почвы, растений и животных. В результате обработки почвы ИПК образуется почвенно-полимерная корка, благоприятствующая ускоренному росту растений [9].

Применение структурообразователей почв на основе ИПК испытано на посевах хлопчатника [4]. Наблюдалось улучшение всхожести и усиленное развитие корневой системы, что авторами объясняется парниковым эффектом, создаваемым почвенно-полимерной коркой, замедляющей испарение влаги с поверхности поля.

Узбекскими учеными проводились многолетние лабораторные и производственные испытания по применению ИПК на основе КМЦ (карбоксиметилцеллюлоза) и МФС (мочевино-формальдегидная смола) в хлопководстве для улучшения агрофизических характеристик почв, защиты всходов от ветровой и водной эрозии [18]. На основании обширных лабораторных и полевых исследований, проведенных в вегетационный период, сделано заключение о том, что применение ИПК в хлопководстве способствует созданию благоприятных агрофизических условий произрастания хлопчатника в весенний период, обеспечивает равномерную всхожесть семян, увеличивает накопление коробочек и массы сырца одной коробочки по сравнению с контролем, что в итоге приводит к повышению урожайности хлопка на 4-6 ц/га.

Улучшение агрофизических условий обусловлено следующими факторами:

- повышается водопрочность сероземных почв;
- улучшается микроагрегатный состав почв;
- наблюдается некоторое повышение агрономически ценных фракций почв;
- при обработке ИПК на 1-2,5° повышается температура подпочвенного слоя;
- оптимизируется влажностный режим почвы.

Показано, что поверхностная обработка почвы различными ИПК оказывает положительное действие и на развитие микроорганизмов [18].

Замечено, что в условиях глубокого залегания грунтовых вод при поливах значительная часть поливной воды, а с ней и вносимые в почву минеральные удобрения уходят ниже расчетного слоя почвы. Следовательно, возрастает расход поливной воды и заметно снижается эффективность использования вносимых минеральных удобрений.

Для полива хлопчатника авторы [19] предлагают использовать противифльтрационный экран из ИПК (КМЦ-МФО) в виде тонкой пленки. К раствору ИПК добавляли минералы (азот, фосфор, калий) в количестве, соответствующем установленным нормам. По результатам исследований установлено, что при поливах хлопчатника через противифльтрационный экран из ИПК, созданный на поверхности почвы, глубинная фильтрация воды ниже расчетного слоя, уменьшается на 35–40 % от поливных норм.

При поливах на полях с экраном из ИПК урожайность составила 34,3 ц/га (в контроле – 28,4 ц/га), а также наименьший расход воды на единицу урожая хлопка-сырца (11,1мм/ц), что уже доказывает эффективность использования экрана ИПК – минерал. Кроме того, с помощью противofильтрационного экрана из ИПК уменьшается неплодотворная минерализация почвы.

1.3. Ремедиация почв с помощью ИПК. Помимо эффекта агрегирования, обработка почвы ИПК приводит к извлечению радиоактивных и тяжелых металлов в результате образования устойчивых тройных полимер-металлических комплексов. Последующее периодическое удаление верхнего слоя почвы, в котором аккумулированы радиоактивные элементы, может привести к ремедиации радиационно-зараженных земель и дальнейшему их использованию в сельском хозяйстве.

Авторы [13, 20-30] исследовали способность ИПК и отдельных компонентов комплекса влиять на содержание радиоактивного  $^{90}\text{Sr}$  в обработанной почве на территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона (СИП), где основным источником радиоактивного загрязнения являются ядерные испытания. Миграция радионуклидов происходит вследствие пылевого и водного переноса. Особую опасность представляют радионуклиды  $^{90}\text{Sr}$  с большим периодом полураспада, которые в основном сконцентрированы в мелкодисперсной пыли.

На рисунке 4 представлено вертикальное распределение удельной активности (содержания) радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  после обработки почвы растворами полиамфолитных интерполимерных комплексов по слоям (толщина слоя 1 см) [13].

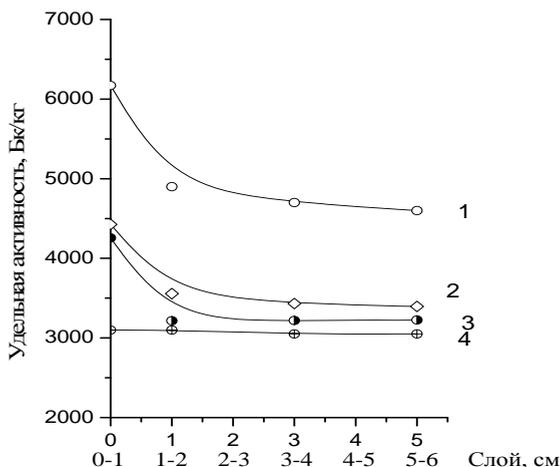


Рисунок 4 – Вертикальное распределение радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  после обработки почвы растворами ПА-ИПК\*: 1 – [КЭАК/АК]:[ПЭГ]=1:1; 2 – [КЭАК/АК]:[ПДМДААХ]=2:1; 3 – [КЭАК/АК]:[ПВПД]=2:1; 4 – [КЭАК/АК]:[ПЭИ]=1:1.

\* Данные получены в ИРБиЭ НЯЦ РК.

Как видно из рисунка 4, наибольшее значение удельной активности наблюдается в поверхностных слоях почвы, причем для всех использованных ПА-ИПК наблюдается эффект направленной миграции с концентрированием  $^{90}\text{Sr}$  в верхнем слое почвы. По степени выраженности этого эффекта ПА-ИПК можно расположить в ряд: КЭАК/АК:ПЭГ=1:1 > КЭАК/АК:ПДМДААХ=2:1 > КЭАК/АК:ПВПД=2:1 > КЭАК/АК:ПЭИ=1:1. Этот же ряд наблюдается и для комплексов гомополимеров: ПАК–ПЭГ=1:1 > ПАК–ПДМДААХ=1:1 > ПАК–ПВПД=1:1 > ПАК–ПЭИ=1:1.

Аккумулирующее действие более выражено для полиамфолитных интерполимерных комплексов по сравнению с соответствующими комплексами гомополимеров, причем и в том, и в другом случае наибольший эффект проявляется в ИПК с участием ПЭГ. Наибольшее извлечение стронция в системах с участием полиэтиленгликоля может быть связано с образованием тройных полимер-металлических комплексов [31, 32].

Лучшие структурирующие и аккумулирующие свойства ИПК полиамфолита КЭАК/АК по сравнению с соответствующими комплексами гомополимеров, связывают с природой полиамфолита, его гидрофобностью, зарядом на поверхности комплексных частиц, способностью к образованию одновременно ионных, водородных, ион-координационных связей [13].

0,01 М растворы ИПК ПАК-ПВПД и ПАК-ПЭГ состава 1:1 показали значительную аккумулирующую способность по отношению к радионуклидам Pu-239 и Cs-137 в первом слое фракции частиц почвы 0,35 мм [32], так  $\alpha$ -спектрометрически измеренная активность Pu-239 в первом слое после обработки растворами ИПК, оказалась выше контроля (без обработки) примерно в 2 раза.

*2. Другие области.* Применение ИПК в экологии воды достаточно затруднено, так как низкомолекулярные соли, присутствующие в природных водах, препятствуют комплексообразованию между макромолекулами. Тем не менее, очевидно, что ИПК имеют перспективы в области очистки вод от ПАВ, ионов металлов, масел и других загрязнителей.

V. P. Varabanov с сотрудниками [33] разработал способ удаления жира и белка из сточных вод мясной промышленности. Тонкие эмульсии масла-вода разлагали путем солюбилизации с помощью комплекса сополимеров белка-реагента. В качестве реагента использовали лигносульфовую кислоту (ЛСК). Комплексообразование молекул жира, белка и ЛСК сопровождается флотацией и седиментацией продуктов реакции. Установлено, что обработка ЛСК сточных вод позволяет уменьшить содержание жира и белка до максимально допустимых концентраций.

Известно, что существенным недостатком большинства полимерных материалов является их повышенная горючесть, что ограничивает их применение в различных отраслях. Кроме того, горение полимерных материалов при пожаре оказывает существенное влияние на окружающую среду, загрязняя ее продуктами горения и пиролиза.

Огнезащита полимерных материалов осуществляется путем введения антипиренов. Однако, при использовании этого класса добавок возникает ряд проблем, а именно: низкая эффективность при малых концентрациях, необходимость использования нескольких антипиренов для синергизма действия, а также повышенная токсикологическая опасность, как в процессе производства, так и в условиях пожара.

В последнее время представляет интерес использование в качестве антипиренов нетоксичных веществ.

К таким добавкам могут быть отнесены интерполимерные комплексы, стабилизированные кооперативной системой водородных связей. Разработаны полимерные композиции на основе интерполимерных комплексов, содержащих замедлители горения различной химической природы для снижения пожароопасности текстильных материалов [34]. В качестве комплексообразующих полимеров для получения ИПК в водно-органических средах были использованы полиакриловая кислота (ПАК) с молекулярной массой  $2 \cdot 10^5$  в виде 30% водного раствора и поливиниловый спирт (ПВС) марки ВФ-17, с молекулярной массой  $8,7 \cdot 10^4$  и степенью гидролиза 75-85%. В качестве добавок для модификации среды комплексообразования в работе были использованы: органический фосфорсодержащий антипирен PUCO-FLAM PCE; неорганические и органические соли PUCO-FLAM NUV; органическое фосфорсодержащее соединение Афламмит KWB; неорганические соли PUCO-FLAM NAF; соли аммония Flammentin HM разных производителей.

В работе [35] получены модифицирующие соединения на основе интерполимерных комплексов полиакриловой кислоты с неионными полимерами (поливиниловый спирт, полиэтиленоксид, полиакриламид). Изучены условия формирования полимерно-полимерных комплексов в водных средах. Представлен метод пропитки хлопчатобумажных смешанных тканей с различной поверхностной массой композиций на основе сополимерных комплексов стехиометрического и нестехиометрического состава. Определена возможность корректировки усиления ИПК в структуре ткани. Доказано, что ИПК увеличивает индекс кислорода в тканях, снижая их воспламеняемость, с почти полным сокращением времени самовоспламенения.

В работе [34] модификацию хлопчатобумажной ткани проводили двумя методами. В первом ткань пропитывали смесью растворов ПАК и ПВС. Затем в ванну добавляли раствор антипиренов и соляную кислоту до pH=1,5. При этом комплексообразование полимеров происходит непосредственно в структуре ткани.

Второй метод подразумевает последовательную пропитку образца ткани сначала в ванне с раствором ПАК и ПВС, а затем - во второй ванне с раствором антипирена и соляной кислоты при pH=1,5.

Исходная ткань относится к классу легкогорючих материалов с кислородным индексом (КИ), равным 16,5%. Сравнение двух методов показало, что второй метод модификации более эффективен, так как в первом случае

только один образец пропитанный комплексом ПАК-ПВС-NUV имеет КИ=28,2%.

По результатам второго метода модификации образцы хлопчатобумажной ткани, обработанные составами, содержащими интерполимерный комплекс, PUCO-FLAM NUV, Афламмит КWB и PUCO-FLAM PCE, имели кислородный индекс выше 27%, их можно отнести к трудновоспламеняемым текстильным материалам

В работе [36] изучены огнезащитные свойства трех ИПК: ПАК-ПВС, ПАК-ПЭО и ПАК-ПАА. ИПК формировали в структуре ткани, помещая их в растворы комплексообразующих полимеров, подкисляя раствор до значения pH, необходимого для образования ИПК. Затем после высушивания проверяли воспламеняемость обработанной ткани. Оказалось, что все ткани, обработанные ИПК ПАК-ПВС и ПАК-ПАА, относятся к трудновоспламеняемым материалам (КИ=27-32%), тогда как не обработанные ткани являются легковоспламеняемыми. Таким образом, показана эффективность указанных ИПК в качестве антипиренов.

Все использованные ИПК обладают высокой термостабильностью, их температуры воспламенения находятся в диапазоне от 370 до 395 °С. Исследования показали [34], что интерполимерные комплексы, стабилизированные водородными связями, вследствие своего химического состава и уникальной структуры, возможно, могут быть использованы в качестве модифицирующих добавок для снижения горючести композиционных полимерных материалов.

Разработан новый метод детектирования полиакриламидных флокулянтов [37] с использованием интерполимерного комплексообразования между флокулянтами и сополимером полиакриловой кислоты с аценафтиленовым реагентом. Этот метод обнаружения протестирован в условиях пресной воды и оказался устойчивым к ряду загрязнителей. Кроме того, он позволяет обнаруживать крайне низкие концентрации флокулянта ниже 1 мг/л. Этот метод является чрезвычайно быстрым и требует небольшой модификации образца по сравнению с существующими методами обнаружения.

**Заключение.** ИПК успешно могут быть применены для решения экологических задач. В частности, в качестве перспективных антидефляционных агентов для предотвращения ветровой эрозии почв и других дисперсий; для закрепления пылящих поверхностей и аккумуляции тяжелых металлов вокруг хвостохранилищ горно-обогатительных предприятий; для радиационного пылеподавления и аккумуляции радионуклидов на поверхности почвы с целью ремедиации радиационно-зараженных земель; для улучшения агрохимических показателей почвы, для рационального использования водных ресурсов, в частности, для повышения эффективности использования поливной воды и предотвращения неплототворного удобрения минералами орошаемых районов, а также снижения горючести полимерных композитных материалов.

Для этих целей перспективно использование ИПК, получаемых из крупнотоннажных биоразлагаемых полимеров, таких как карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), которая является продуктом модификации природного полимера – целлюлозы. Главными достоинствами таких полимеров являются дешевизна и доступность, а также крупные объемы промышленного производства. Менее пригодны для этих целей ИПК на основе синтетических полимеров, в первую очередь, в связи с их низкой биоразрушаемостью и относительно высокой стоимостью.

*Обзор подготовлен при финансовой поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан, грант АР 05134681.*

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бектуров Е.А., Бимендина Л.А. Интерполимерные комплексы. – Алма-Ата: Наука, 1977. – 264 с.
- [2] Бимендина Л. А., Яшкарлова М.Г., Кудайбергенов С.Е., Бектуров Е.А. Полимерные комплексы. – Семипалатинск: СГУ, 2003. – 285 с.
- [3] <https://www.scopus.com/term/analyzer.uri?sid=cf8819b1d41fedc180884aeb5049f750&origin=resultslist&src=s&s=TITLE-ABS-KEY%28Interpolymer+Complex%29&sort=plf-f&sdt=b&sot=b&sl=35&count=877&analyzeResults=Analyze+results&txGid=436829cab7f0377180b209b23f8f583c> (Дата обращения: 30.07.2018)
- [4] Zezin A.B., Mikheikin S.V., Rogacheva V.B., Zansokhova M.F., Sybachin A.V., Yaroslavov A.A. Polymeric stabilizers for protection of soil and ground against wind and water erosion // *Advances in Colloid and Interface Science*. 2015. Vol. 226. P. 17-23.
- [5] Кабанов В.А., Зезин А.Б., Касаикин В.А., Ярославов А.А., Топчиев Д.А. Полиэлектролиты в решении экологических проблем // *Успехи химии*. – 1991. – Т. 60, № 3. – С. 595-601.
- [6] Новак Б., Кетц И., Зезин А.Б., Желтоножская Т.Б., Соколов Н., Бимендина Л.А., Яшкарлова М.Г., Кудайбергенов С.Е. Структурирование почв СИП, загрязненных радионуклидами с помощью полиэлектролитных, интер- и интраполимерных комплексов // *Материалы 2-ой Межд. научно-практич. конф. «Семипалатинский испытательный полигон. Радиационное наследие и проблемы нераспространения»*, Курчатов, 6-9 сентября 2005. – С. 221-228.
- [7] Kudaibergenov S.E., Bimendina L.A., Yashkarova M.G., Orazzhanova L.K., Application of Interpolymer Complexes of Novel Poly(ampholyte-electrolyte) as Soil Structuring Agents and for Extraction of Radioactive Strontium. *Research Journal of Chemistry and Environment*. 2006. Vol. 10(2). P. 25-30.
- [8] Агзамходжаев А.А., Кулдашева Ш.А., Кучкарова М.Н. и др. Подбор добавок для создания структуры в песчаных дисперсиях // *Узб. хим. ж.* – 2000. – № 1. – С. 41-45.
- [9] Kudaibergenov S.E. Prevention of the wind erosion of Semipalatinsk test site contaminated topsoil by interpolymer complexes // *International Conference “Addressing the Issue of Potential Terrorism and Guarding against Weapons of Mass Destruction in Central Asia”*, Dushanbe, April 12-14, 2010. P. 31-36.
- [10] Кудайбергенов С.Е., Яшкарлова М.Г., Сабанцева Т., Оразжанова Л.К. Структурирование почв в присутствии некоторых полимеров // *Материалы 3-ей Российской биогеохимической школы «Геохимическая экология и биохимическое изучение таксонов биосферы»*. – Горно-Алтайск, 2000. – С. 336-337.
- [11] Новак Б., Кетц И., Зезин А.Б., Желтоножская Т.Б., Соколов Н., Бимендина Л.А., Яшкарлова М.Г., Кудайбергенов С.Е. Структурирование почв Семипалатинского ядерного полигона, загрязнённых радионуклидами, с помощью полиэлектролитных, интер- и интраполимерных комплексов // *Материалы 2-ой Межд. научно-практ. конф. «Семипалатинский испытательный полигон. Радиационное наследие и проблемы нераспространения»*. – Курчатов, 2005. – Т. 1. – С. 221-227.

[12] Яшкарлова М.Г. Применение интерполимерных комплексов как антидефляционных реагентов для радиационно-зараженных почв Семипалатинского испытательного полигона // Вестник СГУ им. Шакарима. – 2006. – № 4(35). – С. 70-76.

[13] Оразжанова Л.К. Комплексы нового полиамфолита карбоксиптил-3-аминокротоната/акриловой кислоты с комплементарными макромолекулами и их использование для агрегирования радиационно-зараженных почв Семипалатинского региона: Автореферат дис. ... кан. хим. наук. – Караганда, 2008. – 18 с.

[14] Shulga G., Betkers T. Lignin-based dust suppressant and its effect on the properties of light soil // Proceedings of 8th International Conference on Environmental Engineering (ICEE 2011). 2011. P. 1210-1214.

[15] Shulga G., Betkers T., Brovkina J., Aniskevicha O., Ozolinš J. Relationship between composition of the lignin-based interpolymers complex and its structuring ability // Environmental Engineering and Management Journal. 2008. Vol. 7, I. 4. P. 397-400.

[16] Алексеев А.Н., Валуева С.П., Гуляева Ж.Г., Зезин А. Б., Кабанов В.А., Михейкин С.В., Пронина Л.В., Рогачева В.Б., Рябцева Н.А., Смирнов А.Ю. Связующее для закрепления дисперсных систем, в том числе почв и грунтов. Патент РФ №2142492 С1. Оpubл. 10.12.1999.

[17] Зезин А.Б., Ярославов А.А., Рогачева В. Б., Зансохова М.Ф., Сыбачин А.В., Давыдов Д.А., Михейкин С.В. Способ получения состава для закрепления почв и грунтов. Патент РФ №2478684 С2. Оpubл. 10.04.2013.

[18] Мухамедов Г.И., Хафизов М.М., Инагамов С.Я. Интерполимерные комплексы. Структура, свойства, применение // LAP Lambert Academic Publishing, 2017. – 276 с.

[19] Ахмеджонов Д.Г., Туркменов Х.Э., Бекмуродов Х.Т. Эффективное использование интерполимерных комплексов при минерализации почв // Молодой ученый. – 2015. – № 27(131). – С. 207-208.

[20] Orazzhanova L.K., Yashkarova M.G., Bimendina L.A., Kudaibergenov S.E. Binary and ternary polymer-strontium complexes and the capture of radioactive strontium-90 from the polluted soil of the Semipalatinsk Nuclear Test Site // Journal of Applied Polymer Science. 2003. Vol. 87, N 5. P. 759-764.

[21] Kudaibergenov S.E., Bimendina L.A., Yashkarova M.G. Prevention of soil migration and capturing of radionuclides by interpolymers complexes // Chapter 11. P. 301-322 in Hydrogen-bonded interpolymers complexes. Formation, Structure and Applications (Eds Khutoryanskiy V.V. & Staikos G.), World Scientific, New Jersey, 2009. – 366 p.

[22] Оразжанова Л.К., Артемьев О.И., Кудайбергенов С.Е., Яшкарлова М.Г. Влияние полимеров на радиационный фон почв Семипалатинского испытательного ядерного полигона // Вестник СГУ им. Шакарима. – 2001. – № 1. – С. 141-144.

[23] Bimendina L.A., Orazzhanova L.K., Kaliaskarova B., Kudaibergenov S.E. Structuring and capturing of radioactive strontium-90 from the polluted soil of Semipalatinsk nuclear Test Site by interpolymers complexes // Proceed. Intern.Monitoring Conf. "Development of Rehabilitation Methodology of Environment of the Semipalatinsk Region Polluted by Nuclear Tests". Semipalatinsk, 2002. P. 64-66.

[24] Артемьев О.И., Процкий А.В., Башенова А.Д., Оразжанова Л.К., Яшкарлова М.Г. Изучение процессов ветрового переноса радиоактивности и возможности его предотвращения // Материалы III между. научно-практ. конф. «Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде». – Семипалатинск, 2004. – С. 261-270.

[25] Яшкарлова М.Г., Оразжанова Л.К., Гайсина Б.С., Бимендина Л.А. Использование интерполимерных комплексов новых полиэлектролитов и полиамфолитов для предупреждения миграции радиационно зараженных почв // Материалы 2-ой Между. научно-практ. конф. «Семипалатинский испытательный полигон. Радиационное наследие и проблемы нераспространения». – Курчатов, 2005. – Т. 1. – С. 228-231.

[26] Yashkarova M.G., Kudaibergenov S.E., Bimendina L.A., Orazzhanova L.K., Artemyev O.I. Disinfection of Sr-90 from polluted soil of Semipalatinsk Nuclear Test Site by interpolymers complexes. // Abstr. Intern. Symp. "Macromolecule-MetalComplexes". NewYork. 2001.

[27] Yashkarova M.G. Structuring of soil particles and capturing of radioactive strontium-90 by interpolymer complexes // Abstr. Intern. Symp. "Polyelectrolytes 2002". Lundberg. Sweden, 2002.

[28] Bimendina L., Orazzhanova L., Kunduzbaeva A., Matkasimova C., Yashkarova M. Using of interpolymer complexes for structuring and capturing of Sr-90 from the polluted soils of Semipalatinsk Nuclear Test Site // Abstr. Intern.conf. "Polymers in XXI century". Kiev, 2003. P. 20.

[29] Kudaibergenov S.E., Bimendina L.A., Yashkarova M.G., Orazzhanova L.K. Prevention of the wind and water migration of radionuclides from the topsoil of Semipalatinsk Nuclear Test Site // Abstr. of 11<sup>th</sup> Intern. Symp. "Macromolecule-Metal Complexes". Pisa, Italy, 2005. P. 26.

[30] Kudaibergenov S., Bimendina L., Yashkarova M., Orazzhanova L. Encapsulation of radionuclides contaminated soil particles of Semipalatinsk Test Site by interpolymer complexes // Abstr. 14<sup>th</sup> Int. Workshop on Bioencapsulation & COST 865 meeting. Lausanne, Switzerland, 2006.

[31] Оразжанова Л.К., Яшкарлова М.Г., Мусабаева Б.Х. Исследование комплексообразования стронция с полиакриловой кислотой, поливиниловым эфиром этиленгликоля и системной полиакриловой кислота-поливиниловый эфир этиленгликоля // Материалы республиканско-теор. конф., посвящённой 100-летию со дня рождения академика К. И. Сатпаева. – Караганда, 1999. – С. 218-220.

[32] Оразжанова Л.К., Яшкарлова М.Г., Мусабаева Б.Х., Бимендина Л.А., Кудайбергенов С.Е. Образование тройных полимер-металлических комплексов в системе полиэтиленгликоль-стронций-полиакриловая кислота // Материалы Межд. научно-практ. конф. «Тяжёлые металлы и радионуклиды в окружающей среде». – Семипалатинск, 2000. – С. 318-319.

[33] Barabanov V.P., Dobrynina A.F., Kurmaeva A.I., Kulagina E.M. Chemical purification of meat industry wastewater // *Khimiya i Tekhnologiya Vody*. 1997. Vol. 19, I. 1. P. 66-69.

[34] Миронцева В.В., Микрюкова О.Н., Бокова К.С., Коваленко Г.М., Бокова Е.С. Огнезащитная обработка хлопчатобумажных тканей композициями, содержащими полимер-полимерные комплексы // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 3. – С. 96-100. – URL: <http://e-koncept.ru/2016/56031.html>

[35] Bokova E.S., Kovalenko G.M., Woźniak B., Pawłowa M., Bokova K.S., Grzesiak E. Interpolymer complexes as modifying compounds for reducing cotton blended fabric flammability // *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*. 2016. Vol. 24, I. 6(120). P. 157-160.

[36] Коваленко Г.М., Бокова Е.С. Импрегнирование текстильных материалов огнезащитными материалами на основе интерполимерных комплексов // *Технология текстильной промышленности*. – 2015. – № 6(360). – С. 221-226.

[37] Swift T., Swanson L., Bretherick A., Rimme S. Measuring (polyacrylamide) flocculants in fresh water using inter-polymer complex formation // *Environmental Science Water Research & Technology*. 2015. Vol. 1. P. 332-340.

## REFERENCES

- [1] Bekturov E.A., Bimendina L.A. Interpolimernye komplekсы. Alma-Ata: Nauka, 1977. 264 p.
- [2] Bimendina L.A., Yashkarova M.G., Kudajbergenov S.E., Bekturov E.A. Polimernye komplekсы. Semipalatinsk: SGU, 2003. 285 p.
- [3] <https://www.scopus.com/term/analyzer.uri?sid=cf8819b1d41fedc180884aeb5049f750&origin=resultlist&src=s&s=TITLE-ABS-KEY%28Interpolymer+Complex%29&sort=plf-f&sdt=b&sot=b&sl=35&count=877&analyzeResults=Analyze+results&txGid=436829cab7f0377180b209b23f8f583c> (Дата обращения: 30.07.2018)
- [4] Zezin A.B., Mikheikin S.V., Rogacheva V.B., Zansokhova M.F., Sybachin A.V., Yaroslavov A.A. Polymeric stabilizers for protection of soil and ground against wind and water erosion // *Advances in Colloid and Interface Science*. 2015. Vol. 226. P. 17-23.
- [5] V.A. Kabanov, A.B. Zezin, V.A. Kasaikin, A.A. Yaroslavov, D.A. Topchiev. Polielektrolity v reshenii ehkologicheskikh problem // *Uspekhi himii*. 1991. Vol. 60, N 3. P. 595-601.
- [6] Novak B., Ketc I., Zezin A.B., ZHeltonozhskaya T.B., Sokolov N., Bimendina L.A., Yashkarova M.G., Kudajbergenov S.E. Strukturirovanie pochv SIP, zagryaznennykh radionuklidami s pomoshch'yu polielektrolitnykh, inter- i intrapolimernykhkompleksov, *Materialy 2-oy Mezhd. 200*

nauchno-praktich. konf. «Semipalatinskij ispytatel'nyj poligon. Radiacionnoe nasledie i problemy nerasprostraneniya», Kurchatov, 6-9 sentyabrya 2005. P. 221-228.

[7] Kudaibergenov S.E., Bimendina L.A., Yashkarova M.G., Orazzhanova L.K., Application of Interpolymer Complexes of Novel Poly(ampholyte-electrolyte) as Soil Structuring Agents and for Extraction of Radioactive Strontium. *Research Journal of Chemistry and Environment*. – 2006. - V. 10 (2). - P. 25-30.

[8] Agzamhodzhaev A.A., Kuldasheva Sh.A., Kuchkarova M.N. in dr. Podbor dobavok dlya sozdaniya struktury v peschanyh dispersiyah // *Uzb. him. zh.* 2000. N 1. P. 41-45.

[9] Kudaibergenov S.E. Prevention of the wind erosion of Semipalatinsk test site contaminated topsoil by interpolymer complexes. International Conference “Addressing the Issue of Potential Terrorism and Guarding against Weapons of Mass Destruction in Central Asia”, Dushanbe, April 12-14, 2010. P. 31-36.

[10] Kudajbergenov S.E., Yashkarova M.G., Sabanceva T., Orazzhanova L.K. Strukturirovanie pochv v prisutstvii nekotoryh polimerov // *Materialy 3-ey Rossijskoj biogeohimicheskoy shkoly «Geohimicheskaya ehkologiya i biohimicheskoe izuchenie taksonov biosfery»*. Gorno-Altajsk, 2000. P. 336-337.

[11] B. Novak, I. Ketc, A.B. Zezin, T.B. ZHeltonozhskaya, N. Sokolov, L.A. Bimendina, M.G. Yashkarova, S.E. Kudajbergenov. Strukturirovanie pochv Semipalatinskogo yadernogo poligona, zagryaznyonnyh radionuklidami, s pomoshch'yu poliehktrolitnyh, inter- i intrapolimernykh kompleksov // *Materialy 2-oj Mezhd. nauchno-prakt. konf. «Semipalatinskij ispytatel'nyj poligon. Radiacionnoe nasledie i problemy nerasprostraneniya»*. Kurchatov, 2005. Vol. 1. P. 221-227.

[12] Yashkarova M.G. Primenenie interpolimernykh kompleksov kak antideflyacionnyh reagentov dlya radiacionno-zarazhennykh pochv Semipalatinskogo ispytatel'nogo poligona // *Vestnik SGU im. SHakarima*. 2006. N 4(35). P. 70-76.

[13] Orazzhanova L.K. Kompleksy novogo poliamfolita karboksiehtil-3-aminokrotonata/akrilovoj kisloty s komplementarnymi makromolekulami i ih ispol'zovanie dlya agregirovaniya radiacionno-zarazhennykh pochv Semipalatinskogo regiona: avtoreferat dis. kan. him. nauk. Karaganda, 2008. 18 p.

[14] Shulga G., Betkers T. Lignin-based dust suppressant and its effect on the properties of light soil // *Proceedings of 8th International Conference on Environmental Engineering (ICEE 2011)*. 2011. P. 1210-1214.

[15] G. Shulga, T. Betkers, J. Brovkina, O. Aniskevicha, J. Ozolinš Relationship between composition of the lignin-based interpolymer complex and its structuring ability // *Environmental Engineering and Management Journal*. 2008. Vol. 7, I. 4. P. 397-400.

[16] Alekseev A.N., Valueva S.P., Gulyaeva Zh.G., Zezin A.B., Kabanov V.A., Mihejkin S.V., Pronina L.V., Rogacheva V.B., Ryabceva N.A., Smirnov A.Yu. Svyazuyushchee dlya zakrepleniya dispersnykh sistem, v tom chisle pochv i gruntov. Patent RF №2142492 S1. Opubl. 10.12. 1999.

[17] Zezin A.B., YAroslovov A.A., Rogacheva V. B., Zansohova M.F., Sybachin A.V., Davydov D.A., Mihejkin S.V. Sposob polucheniya sostava dlya zakrepleniya pochv i gruntov. Patent RF №2478684 S2. Opubl. 10.04 2013.

[18] Muhamedov G.I., Hafizov M.M., Inagamov S.YA. Interpolimernye kompleksy. Struktura, svojstva, primeneniye // LAP Lambert Academic Publishing, 2017. 276 p.

[19] Ahmedzhonov D.G., Turkmenov H.EH., Bekmurodov H.T. EHfektivnoe ispol'zovanie interpolimernykh kompleksov pri mineralizacii pochv // *Molodoj uchenyj*. 2015. N 27(131). P. 207-208.

[20] Orazzhanova L.K., Yashkarova M.G., Bimendina L.A., Kudaibergenov S.E. Binary and ternary polymer-strontium complexes and the capture of radioactive strontium-90 from the polluted soil of the Semipalatinsk Nuclear Test Site // *Journal of Applied Polymer Science*. 2003. Vol. 87, N 5. P. 759-764.

[21] Kudaibergenov S.E., Bimendina L.A., Yashkarova M.G. Prevention of soil migration and capturing of radionuclides by interpolymer complexes // Chapter 11, p.301-322 in *Hydrogen-*

bonded interpolymer complexes. Formation, Structure and Applications (Eds Khutoryanskiy V.V. & Staikos G.), World Scientific, New Jersey, 2009. 366 p.

[22] Orazzhanova L.K., Artem'ev O.I., Kudajbergenov S.E., Yashkarova M.G. Vliyanie polimerov na radiacionnyj fon pochv Semipalatinskogo ispytatel'nogo yadernogo poligona // Vestnik SGU im. SHakarima. 2001. N 1. P. 141-144.

[23] Bimendina L.A., Orazzhanova L.K., Kaliaskarova B., Kudaibergenov S.E. Structuring and capturing of radioactive strontium-90 from the polluted soil of Semipalatinsk nuclear Test Site by interpolymer complexes // Proceed. Intern.Monitoring Conf. "Development of Rehabilitation Methodology of Environment of the Semipalatinsk Region Polluted by Nuclear Tests". Semipalatinsk, 2002. P. 64-66.

[24] Artem'ev O.I., Prockij A.V., Bashenova A.D., Orazzhanova L.K., Yashkarova M.G. Izuchenie processov vetrovogo perenosa radioaktivnosti i vozmozhnosti ego predotvrashcheniya // Materialy III mezhd. nauchno-prakt. konf. «Tyazhelye metally, radionuklidy i ehlementy-biofilny v okruzhayushchej srede». Semipalatinsk, 2004. P. 261-270.

[25] Yashkarova M.G., Orazzhanova L.K., Gajgina B.S., Bimendina L.A. Ispol'zovanie interpolimernyh kompleksov novyh poliehlektrolitov i poliamfolitov dlya preduprezhdeniya migracii radiacionno zarazyonnyh pochv // Materialy 2-oy Mezhd. nauchno-prakt.konf. «Semipalatinskij ispytatel'nyj poligon. Radiacionnoe nasledie i problemy neraspostraneniya». Kurchatov, 2005. Vol. 1. P. 228-231.

[26] Yashkarova M.G., Kudaibergenov S.E., Bimendina L.A., Orazzhanova L.K., Artem'ev O.I. Disinfection of Sr-90 from polluted soil of Semipalatinsk Nuclear Test Site by interpolymer complexes // Abstr. Intern. Symp. "Macromolecule-MetalComplexes". NewYork, 2001.

[27] Yashkarova M.G. Structuring of soil particles and capturing of radioactive strontium-90 by interpolymer complexes // Abstr. Intern. Symp. "Polyelectrolytes 2002". Lundberg. Sweden, 2002.

[28] Bimendina L., Orazzhanova L., Kunduzbaeva A., Matkasimova C., Yashkarova M. Using of interpolymer complexes for structuring and capturing of Sr-90 from the polluted soils of Semipalatinsk Nuclear Test Site // Abstr. Intern. conf. "Polymers in XXI century". Kiev, 2003. P. 20.

[29] Kudaibergenov S.E., Bimendina L.A., Yashkarova M.G., Orazzhanova L.K. Prevention of the wind and water migration of radionuclides from the topsoil of Semipalatinsk Nuclear Test Site // Abstr. of 11<sup>th</sup> Intern. Symp. "Macromolecule-Metal Complexes". Pisa, Italy, 2005. P. 26.

[30] Kudaibergenov S., Bimendina L., Yashkarova M., Orazzhanova L. Encapsulation of radionuclides contaminated soil particles of Semipalatinsk Test Site by interpolymer complexes // Abstr. 14<sup>th</sup> Int. Workshop on Bioencapsulation & COST 865 meeting. Lausanne, Switzerland, 2006.

[31] Orazzhanova L.K., Yashkarova M.G., Mussabayeva B.Kh. Issledovanie komplekso-obrazovaniya stronciya s poliakrilovoj kislotoj, polivinilovym ehfirom ehfilenglikolya i sistemoj poliakrilovaya kislota-polivinilovyy ehfir ehfilenglikolya // Materialy respubl. nauchno-teor. konf., posvyashchyonnoj 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika K. I. Satpaeva. Karaganda, 1999. P. 218-220.

[32] Orazzhanova L.K., Yashkarova M.G., Musabaeva B.H., Bimendina L.A., Kudajbergenov S.E. Obrazovanie trojnyh polimer-metallicheskih kompleksov v sisteme poliehfilenglikol'-stroncij-poliakrilovaya kislota // Materialy Mezhd. nauchno-prakt. konf. «Tyazhyolye metally i radionuklidy v okruzhayushchej srede». Semipalatinsk, 2000. P. 318-319.

[33] Barabanov V.P., Dobrynina A.F., Kurmaeva A.I., Kulagina E.M. Chemical purification of meat industry wastewater // Khimiya i Tekhnologiya Vody. 1997. Vol. 19, I. 1. P. 66-69.

[34] Mironceva V.V., Mikryukova O.N., Bokova K.S., Kovalenko G.M., Bokova E.S. Ogneshchitnaya obrabotka hlopchatobumazhnyh tkaney kompozicijami, soderzhashchimi polimer-polimernye komplekсы // Nauchno-metodicheskij ehlektronnyj zhurnal «Koncept». 2016. Vol. 3. P. 96-100. URL: <http://e-koncept.ru/2016/56031.html>

[35] Bokova E.S., Kovalenko G.M., Woźniak B., Pawłowa M., Bokova K.S., Grzesiak E. Interpolymer complexes as modifying compounds for reducing cotton blended fabric flammability // FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe. 2016. Vol. 24, I. 6(120). P. 157-160.

[36] Kovalenko G.M., Bokova E.S. Impregnirovanie tekstil'nyh materialov ogneshchitnymi materialami na osnove interpolimernyh kompleksov // Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 2015. N 6(360). P. 221-226.

[37] Swift T., Swanson L., Bretherick A., Rimme S. Measuring (polyacrylamide) flocculants in fresh water using inter-polymer complex formation // Environmental Science Water Research & Technology. 2015. Vol. 1. P. 332-340.

### Резюме

*Б. Х. Мұсабаева, А. Н. Кливенко, Ж. С. Қасымова, Л. К. Оразжанова*

#### ИНТЕРПОЛИМЕРЛІ КОМПЛЕКСТЕРДІ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МАҚСАТТАРДА ПАЙДАЛАНУ

Шолуда интерполимерлі комплекстерді (ИПК) экологияда пайдалану бойынша әдеби мәліметтер талданған. Топырақ экологиясында топырақтың желдік эрозиясымен күресетін перспективалық антидефляциялық агенттер ретінде, радиациялық шаңды басу үшін және радиациялық ластанған топырақты ремедиациялау мақсатында радионуклидтерді топырақ бетіне аккумуляциялау үшін ИПК пайдалануы талқыланды. Бұрынғы Семей сынақ полигонының радиациялық ластанған топырағанда жүргізілген тәжірибелерде құрамы әртүрлі ИПК Sr-90, Pu-239 және Cs-137 радионуклидтеріне қатысты аккумуляциялау қасиеті көрсеткен. ИПК топырақтың агрохимиялық қасиеттерін жақсартатынын, атап айтқанда, құрылымын жақсартып, тығыздығын төмендетіп, топырақ агрегаттарының суға төзімділіген көп арттыратынын, топырақтың шекті далалық ылғал сымдылығын және нәтижелі су қорын арттыратынын зерттеулер көрсеткен. ИПК көмегімен топырақты құрылымдау механизмі талқыланды. Су экологиясында шайынды сулардан беттік активті заттарды (БАЗ) және биологиялық ластаушыларды бөліп алу үшін, флокулянттарды анықтау үшін және су қорларын ұтымды пайдалану мақсатында ИПК пайдалану мүмкіндіктері қарастырылған. Сонымен қоса, полимерлі материалдардың жанғыштығын азайту үшін түрлендіруші қоспа ретінде ИПК қолдануға арналған жұмыстар қарастырылған.

**Түйін сөздер:** интерполимерлі комплекстер, интерполиэлектролитті комплекстер, топырақты құрылымдау, антидефляциялық агенттер, ремедиация, радионуклидтерді аккумуляциялау, суға төзімділік, фильтрацияға қарсы экран

### Summary

*B. Kh. Mussabayeva, A. N. Klivenko, Zh. S. Kasymova, L. K. Orazzhanova*

#### APPLICATION OF INTERPOLYMERIC COMPLEXES IN THE ECOLOGICAL PURPOSES

In the review the analysis of literary data on application of interpolymer complexes (IPC) in ecology is provided. Results of works on application of IPC in soil ecology as perspective anti-deflationary agents for prevention of a wind erosion of soils, for radiation dust suppression and accumulation of radionuclides on the surface of the soil for the purpose of a remediation of the radioactive infected soils are discussed. IPC of different

structure showed heat-sink properties in relation to Sr-90, Pu-239 and Cs-137 radionuclides in experiences on is radioactive the infected soils of the former Semipalatinsk proving ground. Researches have shown that IPC considerably improve agrochemical indicators of the soil, namely improves its structure, reduces density and sharply increases water durability of soil units, increases extreme field moisture capacity and reserves of productive water. The mechanism of structuring the soil by IPC is discussed. The possibilities of application of IPC in water ecology for extraction of the surfactants and biologically pollutants from waters, for detection of flocculants and also for the purpose of rational use of water resources are considered. Besides, the works devoted to use of IPC as the modifying additives for decrease in combustibility of polymeric materials are considered.

**Key words:** interpolymer complexes, interpolyelectrolyte complexes, structuring soil, anti-deflationary agents, remediation, accumulation of radionuclides, water durability, anti-filtration screen