



УДК 543.54 544.72 553.611.6

## СОРБЦИЯ ИОНОВ ЦЕЗИЯ -137 И СТРОНЦИЯ-90 ПРЕПАРАТОМ «ЭКОС»

**В. Д. БУХАНОВ<sup>1</sup> В. Н. СКВОРЦОВ<sup>2</sup>**  
**А. И. ВЕЗЕНЦЕВ<sup>1</sup> А. А. ШАПОШНИКОВ<sup>1</sup>**  
**Л. А. КОЗУБОВА<sup>1</sup> Г. В. ФРОЛОВ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Белгородский  
государственный  
университет,  
Россия, 308015 г. Белгород,  
ул. Победы, 85

E-mail: bukhanov@bsu.edu.ru

<sup>2</sup> Белгородский отдел ВНИИЭВ  
Россия, 308002 г. Белгород,  
ул. Курская, 4

В данной статье представлены результаты исследований сорбции ионов  $^{137}\text{Cs}^+$  и  $^{90}\text{Sr}^{2+}$  препаратом «Экос». Установлено, что «Экос» обладает ярко выраженными сорбционными свойствами к ионам цезия и замедленной скоростью сорбции ионов стронция. Препарат «Экос» рекомендуется для сорбции ионов  $^{137}\text{Cs}^+$  в объектах окружающей среды и выведения их из организма сельскохозяйственных животных.

Ключевые слова: сорбент, гидроалюмосиликат, сорбционная ёмкость, ионы  $^{137}\text{Cs}^+$  и  $^{90}\text{Sr}^{2+}$ , животноводство.

### Введение

Улучшение качества продуктов животного происхождения путем снижения уровня вредных веществ, регулярно поступающих в организм животных с кормом, решается использованием подкормок, основу которых составляют неорганические сорбенты. Сорбционно активные неорганические субстанции представляют собой глинистые природные материалы типа монтмориллонитов (смектитов), возможно использование цеолитов и др. [1, 2, 3, 4].

Целью нашей научной работы явилось изучение *in vitro* сорбционных свойств гидроалюмосиликатного сорбента «Экос» по отношению к радиоактивным изотопам  $^{137}\text{Cs}^+$  и  $^{90}\text{Sr}^{2+}$ .

### Материал и методы

В роле сорбента разработанного коллективом научных сотрудников Белгородского государственного университета и Белгородской государственной сельскохозяйственной академии, применили природную монтмориллонитовую глину месторождения «Поляна» Шебекинского района Белгородской области. Сорбент имеет коммерческое название – «Экос». Структура монтмориллонита представляет трехслойный пакет типа 2:1, т.е. два слоя кремнекислородных тетраэдров  $[\text{SiO}_4]^{4-}$ , обращенных вершинами друг к другу, с двух сторон покрывающих слой алюмогидроксильных октаэдров  $[\text{Al}(\text{O},\text{OH})_6]$ . Связь между пакетами слаба, межпакетное расстояние велико, поэтому в межпакетное пространство могут внедряться молекулы воды или другие полярные молекулы, а также обменные катионы. Из-за этого явления монтмориллонит при смачивании сильно набухает и тонко диспергируется в воде. Для монтмориллонитовых глин характерна высокая катионообменная емкость [5].

Согласно временному наставлению по применению энтеросорбент «Экос» предназначен для различных видов сельскохозяйственных животных в качестве компонента комбикорма. Препарат не токсичен для животных, не обладает кумулятивными свойствами, эмбриотоксичность, тератогенность и раздражающее действие экспериментально не установлены. Он связывает и выводит из организма токсичные вещества, оптимизирует обмен белков, липидов, жизненно важных микроэлементов и способствует всасыванию витаминов пищеварительной системой, нормализует функцию кишечника, повышает неспецифическую резистентность организма, положительно влияет на продуктивность и воспроизводительные функции животных. При этом улучшается биологическая ценность и экологическая чистота продукции животноводства [1, 3].



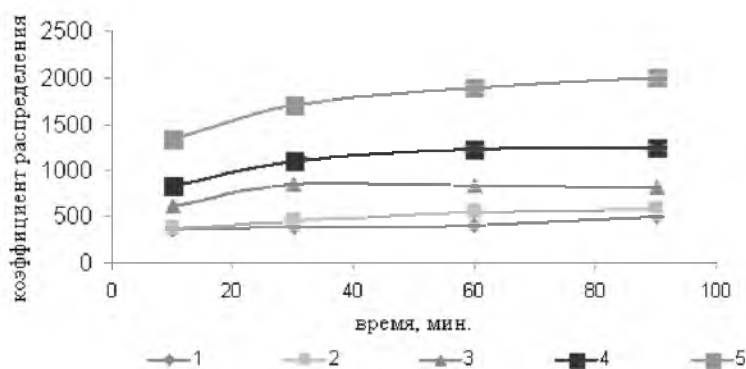
С целью прогнозирования действия сорбента «Экос» в гетерогенной системе содержимого желудочно-кишечного тракта *in vitro* выполнили исследования по выяснению его сорбционных свойств к ионам  $^{137}\text{Cs}^+$  и  $^{90}\text{Sr}^{2+}$ . Сорбционные характеристики препарата «Экос» изучали с учетом значения *pH*, состава и концентрации сорбируемых ионов в модельных растворах. В качестве модельных растворов в данном случае использовались водные растворы, содержащие: соляную кислоту и гидрокарбонат натрия. Выбор состава модельных растворов обусловлен присутствием компонентов этих растворов ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ) в кишечном и желудочном соках, а также в предполагаемом взаимодействии этих компонентов с сорбируемыми ионами. Концентрацию соли в модельных растворах поддерживали на уровне 1 % (по массе), а содержание кислоты с целью варьирования *pH*, изменяли от 0 до  $2 \cdot 10^{-2}$  моль/л. Растворы веществ, необходимых для приготовления модельных растворов, готовили из концентрированных растворов  $\text{HCl}$  и  $\text{NaHCO}_3$  или из соответствующей твердой соли квалификации «хч».

Определение сорбционной емкости по  $^{137}\text{Cs}^+$  и  $^{90}\text{Sr}^{2+}$  проводили в статическом режиме с использованием метода отдельных навесок. В представленных экспериментальных исследованиях навеска сорбента составляла 0.1 г, общий объем раствора – 20 мл, в котором содержались радиоактивные изотопы и исходные компоненты модельного раствора. Полученные суспензии перемешивали. Разделение раствора и сорбента проводили центрифугированием. Определение радиоактивности исходного ( $I_0$ ) и исследуемого ( $I_i$ ) растворов проводили с использованием автоматического радиоанализатора ПСО<sub>2-4</sub>. По полученным данным рассчитывали коэффициент распределения радионуклида –  $K_d = (I_0 - I_i) \cdot V_x \cdot I_i^{-1} \cdot m^{-1}$  и степень его извлечения –  $\Theta = (I_0 - I_i) \cdot I_0^{-1} \cdot 100$  %. Перед началом экспериментов в растворы вносили метки радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  и радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  в количестве  $7 \cdot 10^5$  Бк/дм<sup>3</sup>.

Представленная работа выполнена совместно с соискателем А. Хорошевским. Опыты по изучению сорбционных свойств препарата «Экос» по отношению к радионуклидам  $^{137}\text{Cs}^+$  и  $^{90}\text{Sr}^{2+}$  выполнены в Белгородском государственном университете и Харьковском национальном университете им. В.Н. Каразина.

### Результаты и обсуждение

Сорбционные свойства гидроалюмосиликатного сорбента «Экос» по отношению к  $^{137}\text{Cs}^+$  представлены на рисунках 1-2. На рисунке 1 продемонстрирована корреляция коэффициента распределения  $^{137}\text{Cs}^+$  ( $D = [\text{Cs}^+] \cdot [\text{Cs}^+]^{-1}$ ) от времени и различных значений водородного показателя.



Примечание: 1 – pH=3; 2 – pH=4; 3 – pH=6; 4 – pH=7; 5 – pH=8

Рис. 1. Зависимость коэффициента распределения цезия-137 от продолжительности сорбции и *pH* среды

Полученные результаты объясняются большой скоростью сорбции ионов цезия – 137 в начальном периоде процесса сорбции. Большая скорость сорбции ионов цезия и высокий коэффициент их распределения определяются процессом ионного обмена

Из представленных рисунков установлено, что сорбция ионов цезия препаратом «Экос» высокая. Это имеет немаловажное значение в плане его практического применения для связывания и выведения из желудочно-кишечного тракта животных ионов радиоактивного цезия, которые могут содержаться в кормах и питьевой воде. Также просматривается отсутствие зависимости извлечения  $^{137}\text{Cs}^+$  от продолжительности сорбции и *pH* среды, в представленных интервалах экспозиции.

$^{137}\text{Cs}^+$  на ионы натрия и кальция исходного сорбента, находящиеся в структурных пустотах или непосредственно на поверхности сорбента. Рисунок 2 свидетельствует о линейной зависимости эффективности очистки модельных растворов от ионов  $^{137}\text{Cs}^+$  от кислотности – щелочности среды, так при увеличении  $pH$  среды от 2 до 8 эффективность сорбции возрастает от 62 до 96 масс %.

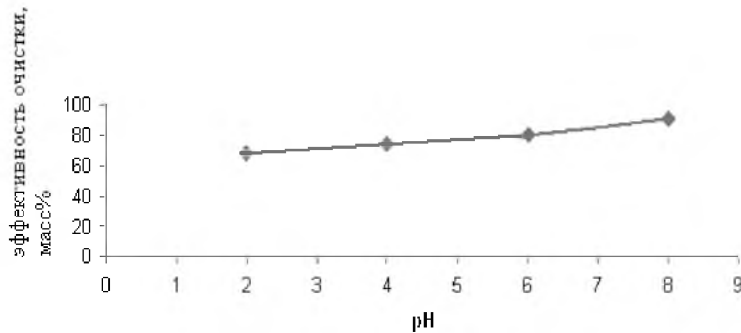
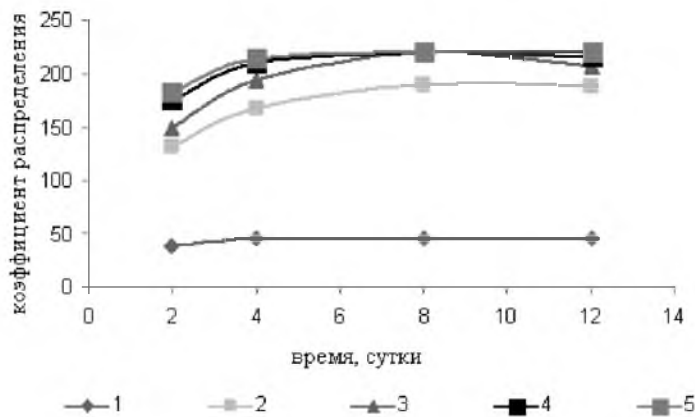


Рис. 2. Влияние величины  $pH$  на эффективность очистки модельных растворов от ионов цезия-137

препарата «Экос» по отношению к  $^{90}\text{Sr}^{2+}$  на порядок меньше, чем к  $^{137}\text{Cs}^+$ . Следует отметить скачкообразную зависимость сорбционной емкости и степени извлечения ионов стронция в интервале  $pH$  от 3 до 4. Замедленная скорость сорбции  $^{90}\text{Sr}^{2+}$  ставит под сомнение возможность эффективного использования исследуемого препарата для снижения данного радионуклида в объектах окружающей среды и его выведения из организма сельскохозяйственных животных.

Результаты исследования сорбции  $^{90}\text{Sr}^{2+}$  приведены на рис. 3-4. Процесс сорбции ионов стронция характеризовался замедленной скоростью. Полученные результаты дают основание предполагать, что скорость сорбции  $^{90}\text{Sr}^{2+}$  во время обмена ионов этого радионуклида на ионы матрицы сорбента лимитируются внутридиффузионными процессами. Сорбционная емкость



Примечание: 1 –  $pH=3$ ; 2 –  $pH=4$ ; 3 –  $pH=6$ ; 4 –  $pH=7$ ; 5 –  $pH=8$

Рис. 3. Зависимость коэффициента распределения стронция – 90 от продолжительности сорбции и  $pH$  среды

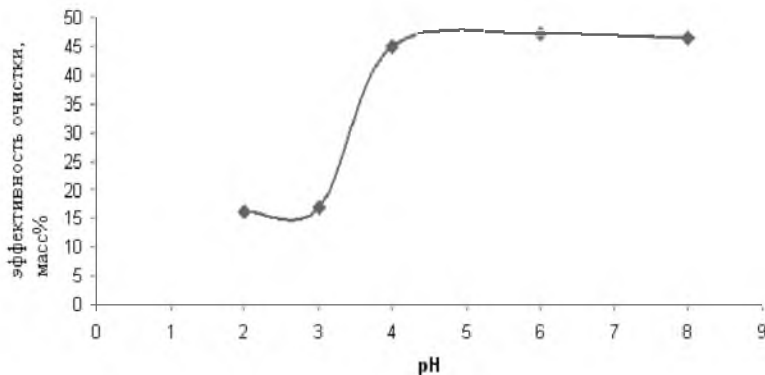


Рис. 4. Влияние величины  $pH$  на эффективность очистки модельных растворов от ионов стронция-90



### Заключение

Установлено влияние таких факторов как: продолжительность сорбции, кислотность - щелочность среды, взаимодействие с компонентами желудочно-кишечного тракта – имеющих определяющее значение при его использовании в практике животноводства на способность препарата «Экос» сорбировать радиоактивные изотопы  $^{137}\text{Cs}^+$  и  $^{90}\text{Sr}^{2+}$ . Гидроалюмосиликатный препарат «Экос» обладает ярко выраженными сорбционными свойствами к ионам цезия-137. Установлена низкая эффективность от использования препарата «Экос» для сорбции ионов стронция-90 в объектах окружающей среды и его выведения из организма сельскохозяйственных животных.

### Список литературы

1. Использование природного гидроалюмосиликата в животноводстве и ветеринарии: Методические рекомендации / А.А. Шапошников, И.А. Бойко, В.Д. Буханов и др. – Белгород, 2000. – 18 с.
2. Профилактические и лечебные свойства природных цеолитов (Биологически активные пищевые добавки типа "Литовит ") / Е.М. Благитко, В.И. Бгатов, А.В. Ефремов и др. – Новосибирск: "Экор", 1999. – 160 с.
3. Современные проблемы качественного питания и получение экологически чистых продуктов животного происхождения / В.Д. Буханов, А.И. Везенцев, Л.И. Науменко, Н.И. Мячикова // Прогрессивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі: Зб. Наук. Пр. – Харків: ХДУХТ, 2009, май. – С. 474-479.
4. Heavy metal removal with Mexican clinoptilolite: multi-component ionic exchange / M. Vaca Mier, R. Lopez Callejas, R. Gehr etc. // Water Research. – 2001. – Vol. 35. – № 2. – P. 276-281.
5. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. – М.: Техносфера. – 2005. – 336 с.

## SORPTION OF CESIUM-37 AND STRONTIUM-90 IONS BY «EKOS» PREPARATION

**V. D. Buhanov<sup>1</sup> V. N. Skvortzov<sup>2</sup>**  
**A. I. Vezentsev<sup>1</sup> A. A. Shaposhnikov<sup>1</sup>**  
**L. A. Kozubova<sup>1</sup> G. V. Frolov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Belgorod State University, Pobedy St., 85,  
Belgorod, 308015, Russia

E-mail: buhanov@bsu.edu.ru

<sup>2</sup>Belgorod department of RRIEV,  
Kurskaya Str., 4, Belgorod, 308002, Russia

The given article presents the research results of ions  $^{137}\text{Cs}^+$  and  $^{90}\text{Sr}^{2+}$  sorption behaviour with the help of the preparation "Ecos". It is determined that "Ecos" has the pronounced sorption properties to the caesium ions and slowed sorption rate of the strontium ions. The preparation "Ecos" is recommended for sorption of caesium ions in the environment objects and their allocation from agricultural animals' organisms.

Key words: sorbate, hydroalumosilicate, ions of caesium and strontium, sorption capacity.