

## ВЛИЯНИЕ КРЕМНИСТЫХ ОПОК НА СОСТАВ ПОЧВЕННЫХ РАСТВОРОВ

*Е. А. Фетисова, Н. В. Сырчина, Т. И. Кутявина*  
*Вятский государственный университет, fetisova-fetisova@mail.ru*

Перспективным направлением регулирования содержания ТМ в почвенных растворах может стать использование природных минеральных сорбентов, к числу которых относятся цеолиты, глаукониты, диатомиты, трепел, кремнистая опока. В ряде исследований показана высокая сорбционная активность этих материалов по отношению к ТМ и возможность применения пористых кремнистых пород для создания удобрений пролонгированного действия (Бодня, 2011, Фетисова и др., 2015).

Получены данные о том, что пористые кремнистые материалы являются не только эффективными сорбентами, но и оказывают мелиорирующее воздействие на почвы, способствуют повышению засухоустойчивости и урожайность растений, укрепляют фитоиммунитет (Пындык, Новиков, 2015). Однако имеются данные и о слабовыраженном и даже негативном воздействии природных сорбентов (цеолитов) на состав почвенных растворов (Бодня, 2011). Неоднозначные данные о влиянии природных сорбентов на свойства почв и развитие растений свидетельствуют о недостаточной изученности этого вопроса и о необходимости выполнения дальнейших исследований.

*Цель работы:* изучить влияние кремнистой опоки на состав почвенных растворов и развитие злаковых культур, оценить возможность использования этого сорбента для снижения вымываемости азотных удобрений из корнеобитаемого слоя почвы.

В качестве объекта исследования использовалась кремнистая опока Каменоярского месторождения (Астраханская область, Черноярский район). Данная опока относится к осадочным опал-кристобалитовым горным породам. Строение породы пористое, тонкозернистое. Химический состав выражается формулой (%):  $\text{SiO}_2(78-80) \cdot \text{Al}_2\text{O}_3(18-22) \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3(0,5) \cdot \text{CaCO}_3(0,12-0,8) \cdot \text{H}_2\text{O}(0,2-0,5)$ .

В астраханских опоках отсутствуют даже следовые количества Pb, Cd, As, Be (Бодня М.С., 2011). В отличие от глин, опоки не размокают в воде и проявляют устойчивость в нейтральных и слабокислых растворах.

Строение и свойства кремнистых опок позволяют высказать предположение о том, что внесение этого материала в почву может оказать существенное влияние на состав почвенных растворов и биодоступность различных минеральных элементов.

В работе изучено влияние опоки на подвижность катионов  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , а также фосфат-, нитрат- и хлорид-ионов. Выбор ионов обусловлен следующими причинами:

Катионы  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  обладают выраженными экотоксичными свойствами, поэтому перевод этих ионов в недоступную для растений форму имеет большое практическое значение.

Катионы  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Zn}^{2+}$  (при умеренном содержании в почвах) выполняют функции микроэлементов, необходимых для нормального развития растений. Уменьшение биодоступности этих элементов может привести к снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Фосфат- и нитрат-ионы являются основными элементами минерального питания растений. Недостаток этих ионов в почвенных растворах оказывает негативное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур.

Хлорид-ионы поступают в почву в составе многих удобрений. Чрезмерное содержание хлоридов может вызвать фитотоксичное воздействие на многие сельскохозяйственные культуры.

Для выполнения исследований использовался агрозем (легкий суглинок), содержащий 4,2% органического вещества. Перед использованием агрозем просеивался через сито с размером ячеек 1 мм.

Образцы опоки дробились и разделялись на фракции с помощью набора сит КП-131. Для экспериментальных исследований использовались гранулы размером 0,25–0,1 мм.

Агрозем без опоки использовался в качестве контрольного грунта, агрозем с добавкой 10% опоки – в качестве экспериментального грунта.

В качестве источника нитратов и фосфатов применялось минеральное удобрение нитрофоска (соотношение N:P:K составляет 16:16:16). Нитрофоска добавлялась в грунт из расчета 2 г на 1 кг воздушно сухого грунта.

pH солевой вытяжки измерялся с помощью pH-метра (pH-150МИ) по ГОСТ 26483-85. Содержание подвижных форм ионов определялось следующими методами:

$\text{NO}_3^-$  – по ГОСТ 26488-85 на спектрофотометре ЮНИКО 2800;

$\text{P}_2\text{O}_5$  – по ГОСТ Р 54650-2011 на спектрофотометре ЮНИКО 2800;

$\text{Cl}^-$  – по ГОСТ 26425 титриметрическим методом;

$\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  – методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрофотометре «СПЕКТР-5» в соответствии с ФР.1.31.2012.13573;

$\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  – по ГОСТ 10398-76; ГОСТ 26428-85 комплексонометрическим методом.

Результаты анализа подвергались статистической обработке по общепринятым формулам в программе «Microsoft Excel».

Для оценки влияния опоки на вымываемость нитрат-ионов применялись делительные воронки, заполненные экспериментальным и контрольным грунтом. В грунт добавлялась аммиачная селитра из расчета 2 г на 200 г грунта, смесь тщательно перемешивалась. С помощью капельного устройства грунт промывался дистиллированной водой. Расход воды составлял 500 мл на 200 г грунта, скорость подачи – 100 мл/час.

В результате эксперимента установлено, что добавка дробленой опоки в почву приводит к снижению содержания подвижных форм всех изученных

катионов. Подвижность  $Cd^{2+}$  уменьшается на 46–49%; подвижность  $Pb^{2+}$  – на 30–35%; подвижность  $Zn^{2+}$  – на 11–12%.

Одновременно со снижением подвижности катионов, наблюдается существенное снижение содержания подвижных форм фосфора (табл.).

Таблица

**Содержание подвижных форм фосфора в грунтах различного состава**

Образец	Содержание подвижных форм фосфора, мг/кг	pH солевой вытяжки
Вытяжка из контрольного грунта	2700±500	6,29±0,02
Вытяжка из контрольного грунта с добавкой нитрофоски	3400±700	6,17±0,02
Вытяжка из экспериментального грунта с добавкой нитрофоски	2600±500	6,12±0,02

Содержание хлоридов и нитратов в экспериментальных грунтах, по сравнению с контрольными, практически не изменяется.

Вероятной причиной снижения подвижности катионов может быть их сорбция поверхностью опоки. Силикатный каркас кремнистой опоки имеет отрицательный заряд, способствующий процессам сорбции положительно заряженных частиц (Шарапова, 2015).

Под влиянием сорбированных катионов поверхность опоки приобретает положительный заряд, обеспечивающий сорбцию и связывание фосфат-ионов в малорастворимые соединения. Следует отметить, что образование малорастворимых фосфатов характерно для всех изученных катионов.

В отличие от фосфатов, хлориды и нитраты большинства изученных катионов хорошо растворимы в воде. Возможно поэтому подвижность анионов  $Cl^-$  и  $NO_3^-$  в грунтах с опокой практически не изменяется.

Снижение  $pH_{сол}$  солевой вытяжки грунта под влиянием опоки (табл.) можно объяснить активной сорбцией (связыванием) катионов кальция, стронция и др.

Изучение влияния опок на вымывание нитрат-ионов из почвы показало, что при пропускании 500 мл воды из 200 г грунта, содержащего 10% опоки вымывается 62% нитратов, а из грунта без опоки – 92%. Т.е. добавка опоки в почву способствует снижению вымываемости нитратов из верхнего горизонта почвы. Следует отметить, что внесение опоки в грунт приводит к существенному снижению его водопрпускной способности. Чем тяжелее механический состав грунта и чем выше содержание в нем органического вещества, тем сильнее проявляется влияние опоки на водопрпускные свойства. Вместе с тем, засыпка дробленой опокой дна прудов или других искусственных водоемов, может способствовать уменьшению потерь воды вследствие фильтрационных процессов и очистке воды от загрязнения тяжелыми металлами благодаря процессам сорбции катионов и переводу их в малорастворимые соединения (например, фосфаты).

В ходе работы установлено, что внесение кремнистой опоки в почву приводит к существенному изменению состава почвенного раствора. В при-

сутствие опоки происходит уменьшение подвижности двухзарядных катионов. Связывание катионов тяжелых металлов ( $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ) и  $\text{Sr}^{2+}$  способствует снижению экотоксичности почвы и уменьшает риск загрязнения сельскохозяйственной продукции соответствующими элементами.

Связывание таких катионов, как  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Zn}^{2+}$  приводит к снижению биодоступности соответствующих микроэлементов в почвах. Обеднение почв подвижными формами микроэлементов может привести к ухудшению минерального питания растений и снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Под влиянием опоки происходит уменьшение содержания подвижного фосфора. Данный эффект является весьма нежелательным с точки зрения обеспечения нормального минерального питания растений.

Добавка опоки приводит к снижению вымываемости нитратов и уменьшению водопрпускной способности почв.

В целом результаты исследования свидетельствуют о том, что использование опоки в сельском хозяйстве может привести как к положительным (связывание катионов тяжелых металлов, снижение вымываемости азота), так и к отрицательным последствиям (снижение биодоступности микроэлементов, фосфора, уменьшение водопрпускной способности почв). Принятие решения о возможности использования опоки в качестве мелиоранта требует дополнительных исследований в каждом конкретном случае с учетом химического состава и водного режима почв.

#### Литература

Бодня М. С. Влияние опок астраханкой области на ионный состав почвы // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 5(2). С. 140–142.

Пындык В. И. Новиков А. Е. Природные мелиоранты на основе кремнеземов и глиноземов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2015. № 2 (38). С. 73–76.

Фетисова Е. А., Богатырева Н. Н., Сырчина Н. В. Агрехимические свойства опок // Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностика живых систем: Материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 2. (г. Киров, 1–2 декабря 2015г.). Киров: Веси, 2015. С. 213–215.

Шарапова А. В. Обезвреживание сточных вод от тяжелых металлов под действием ультразвука и утилизация противобледенительных жидкостей с применением природных сорбентов: Дис. ... канд. хим. наук. Ульяновск, 2015. С. 26.