

N. A. Sidorova, A. A. Kucko, N. A. Chechkova

## MORPHOLOGICAL STRUCTURE OF HETEROTROPHIC COMMUNITIES OF PROKARYOTES OF BOTTOM SEDIMENTS OF FISHERY RESERVOIRS

*Petrozavodsk State University,  
Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia,  
fagafon@yandex.ru*

*Abstract. The morphological composition of heterotrophic groups of prokaryotes was evaluated to monitor the environment in the zone of sediment accumulation in the water area of fishery reservoirs. The presence of actinomycetes, clostridium, bacilli, diplobacteria and cocci was detected, the ratio of which in the community depended on the depth of occurrence and the fractional composition of bottom sediments.*

*Keywords: heterotrophs, bottom sediments, morphological structure of the community, fishery reservoirs.*

УДК 539. 16/. 17; 631. 51; 581. 19

Г. А. СОКОЛИК, М. В. ПОПЕНЯ, И. А. КОЛЬЦОВ, Е. А. КУХЛЕВСКИЙ

## ИЗМЕНЕНИЕ ЗАПАСА ПОДВИЖНОГО И БИОЛОГИЧЕСКИ ДОСТУПНОГО $^{90}\text{Sr}$ В ПОЙМЕННОЙ ПОЧВЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕЁ ВЛАЖНОСТИ

*Белорусский государственный университет,  
Минск, Республика Беларусь,  
sokolikga@mail.ru*

*Методом последовательного химического фракционирования установлено содержание  $^{90}\text{Sr}$  в подвижной и биологически доступной формах в образцах пойменной почвы заданной влажности (от 6 до 140 % от полной почвенной влагоемкости). Показано, что изменение влажности почвы влияет на содержание  $^{90}\text{Sr}$  в формах, определяющих биологическую доступность этого элемента растениям.*

*Ключевые слова: химическое фракционирование,  $^{90}\text{Sr}$ , формы нахождения, полная влагоемкость почвы, почва*

В связи с аварией на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) в формировании радиационного фона и радиоактивного загрязнения почв на территории Республики Беларусь значительная роль принадлежит  $^{90}\text{Sr}$ . В шести загрязненных областях Беларуси площадь сельскохозяйственных земель с плотностью загрязнения по  $^{90}\text{Sr}$  свыше 5. 55 кБк/м<sup>2</sup> составила 374. 9 тыс. га, а свыше 111 кБк/м<sup>2</sup> – 0. 07 тыс. га. При попадании в почву  $^{90}\text{Sr}$  быстро вовлекался в протекающие там физико-химические процессы, происходило разрушение топливных частиц, выщелачивание  $^{90}\text{Sr}$  в процессе их деструкции и дальнейшая трансформация его состояния [1].

Поглощение  $^{90}\text{Sr}$  почвой связано со многими параллельно протекающими процессами. Сюда относится обменная сорбция радионуклидов минеральной и органической компонентами почвы, избирательная сорбция их глинистыми минералами и соосаждение с соединениями железа и марганца, а также поглощение клетками почвенной микробиоты. Все эти процессы зависят от условий внешней среды, таких как температура, влажность, кислотность почвенного раствора, емкость катионного обмена почвы. Отсюда понятно, что соотношение  $^{90}\text{Sr}$  в формах нахождения, различающихся подвижностью, биологической доступностью в почвах с разными физико-химическими и агрохимическими свойствами может заметно различаться.

Считается, что для оценки запаса  $^{90}\text{Sr}$  в подвижных и биологически доступных растениям формах необходимо и достаточно использовать данные о содержании  $^{90}\text{Sr}$  в водорастворимой, обменной и подвижной фракциях. [2, 3, 4].

В отдаленный постчернобыльский период изучение соотношения форм нахождения  $^{90}\text{Sr}$ , в частности, в пойменных почвах является актуальным, поскольку с течением времени могли произойти изменения в физико-химическом состоянии  $^{90}\text{Sr}$  в различных генетических типах почв Юго-Востока Беларуси. Пойменные луга обычно служат источником кормов для скота, поэтому актуален вопрос о сельскохозяйственном использовании естественных ландшафтов пойм на территории загрязненной радионуклидами Гомельской области [4].

Характеристики пойменных почв меняются под влиянием многолетних изменений климатических условий. Важнейшими климатическими параметрами являются количество атмосферных осадков и температура окружающей среды [5]. Из литературы известно, что при избыточном увлажнении радиоактивные элементы могут приобретать повышенную подвижность. Так, например, в заболоченных почвах радионуклиды продвигаются по профилю почв в виде водорастворимых соединений, поэтому может наблюдаться увеличение содержания доступного растениям  $^{90}\text{Sr}$  [6].

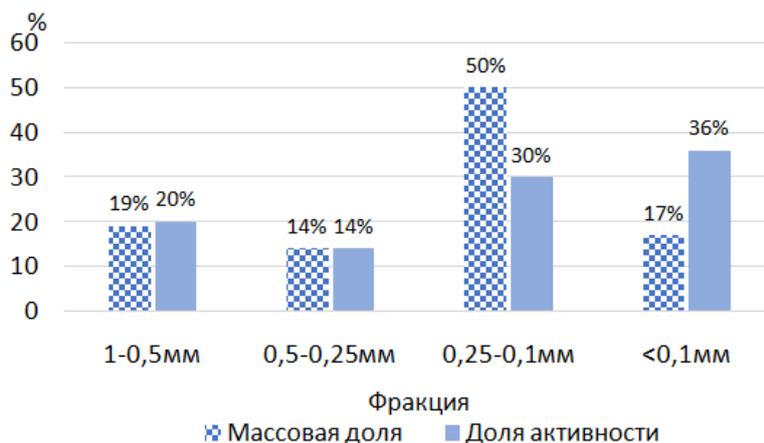
Как правило, все «формы нахождения» радионуклидов в почве стремятся к состоянию динамического равновесия, в результате которого элемент, при снижении его концентрации, например в почвенном растворе, может переходить в него из более труднорастворимых форм, содержащихся в веществе почвенного субстрата. Информация о влиянии влажности на формы нахождения  $^{90}\text{Sr}$  и протекание сорбционно-десорбционных процессов в пойменных почвах будет представлять интерес в научном и практическом отношении.

Цель настоящей работы заключалась в оценке изменения запаса подвижного и биологически доступного  $^{90}\text{Sr}$  в пойменной почве в зависимости от её влажности, поскольку наблюдающиеся изменения температурных условий и количества атмосферных осадков приводят к существенной трансформации гидрологического режима в долинах рек, протекающих по территории Беларуси. Изменение гидрологического режима приводит к нарушению влагообеспеченности пойменных биогеоценозов и существенному изменению состояния почв.

По мнению авторов [7] режим увлажнения будет меняться на протяжении текущего столетия, ожидается пространственная неоднородность выпадения осадков, области повышенных и пониженных осадков будут смещаться от десятилетия к десятилетию во все сезоны. Изменение запаса подвижного и биологически доступного  $^{90}\text{Sr}$  в результате нарушения влагообеспеченности почв будет влиять на интенсивность его перераспределения между компонентами биогеоценозов и может приводить к увеличению накопления радионуклидов растениями, ухудшая экологическое качество продукции растениеводства.

Объектами исследования служили образцы распространенной на территории Юго-Востока Беларуси (0–20)-см слоя аллювиальной (пойменной) дерново-глеевой почвы, развивающейся на супесчаном аллювии, отобранные в летний период 2021 г. вблизи населенного пункта Красноселье Хойникского района Гомельской области, так как на данном участке находятся наиболее характерные почвы для зоны центральной поймы реки Припять. Удельная активность  $^{90}\text{Sr}$  в почвенном образце в расчете на абсолютно сухое вещество составляла  $629 \pm 61$  Бк/кг.

Были определены характеристики исследуемой почвы: рН почвенной суспензии в растворе 1 моль/дм<sup>3</sup> KCl и в дистиллированной воде –  $4,38 \pm 0,03$  и  $5,22 \pm 0,03$  соответственно; общее содержание в почве органических компонентов –  $5,16 \pm 0,07$  %; полная почвенная влагоемкость в % от массы абсолютно сухой почвы –  $58,4 \pm 1,1$  %; содержание в почве Ca в обменной форме –  $1394 \pm 203$  мг/кг, содержание в почве K в подвижной форме –  $23,7 \pm 0,4$  мг/кг. Изучен также гранулометрический состав исследуемой почвы ситовым методом по ГОСТ 12536-79 и распределение  $^{90}\text{Sr}$  по этим гранулометрическим фракциям (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Гранулометрический состав и распределение  $^{90}\text{Sr}$  по гранулометрическим фракциям аллювиальной (пойменной) дерново-глеевой почвы**

Как видно из полученных и представленных на рисунке 1 данных, с уменьшением размера почвенных частиц поглощение ими  $^{90}\text{Sr}$  повышается. Основное количество  $^{90}\text{Sr}$  в образцах исследуемой пойменной почвы содержится в их мелкодисперсных фракциях с размерами частиц менее 0,25 мм (66%). Несмотря на то, что процентное содержание почвенной фракции с размером частиц 0,25-0,1 мм преобладает в исследуемых образцах почв над процентным содержанием почвенной фракции с размером частиц <0,1 мм, удельная активность  $^{90}\text{Sr}$  в последней выше.

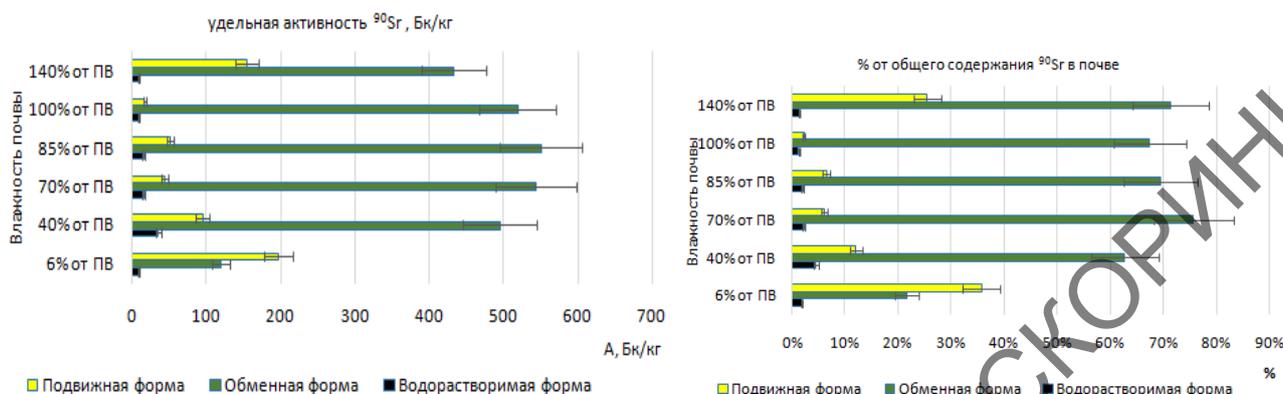
В рамках эксперимента в лабораторных условиях образцы почвы выдерживали в течение 3 недель при различной влажности в диапазоне 40–140 % от полной почвенной влагоемкости (ПВ) и температуре  $(18 \pm 2) ^\circ\text{C}$ . Влажность почвенных образцов контролировали по их массе, в случае необходимости почву дополнительно увлажняли. Для оценки запаса в почве  $^{90}\text{Sr}$  в подвижной и биологически доступной формах использовался распространенный метод последовательных экстракций, где  $^{90}\text{Sr}$  извлекали в различных формах: водорастворимой – дистиллированной водой, обменной – 1 моль/дм<sup>3</sup> раствором ацетата аммония, подвижной – 1 моль/дм<sup>3</sup> раствором соляной кислоты [2]. Почвенные образцы последовательно обрабатывались экстрагирующими растворами с периодическим перемешиванием в течении 24 часов в соотношении компоненты почва: раствор – 1:5. Полученные экстракты пропускали через фильтр 0,45 мкм. В образцах почвы и полученных экстрактах содержание  $^{90}\text{Sr}$  оценивалось методом радиохимического анализа с идентификацией  $\beta$ -активности дочернего изотопа  $^{90}\text{Y}$  на радиометре КРК-1-01 [8]. Химический выход стронция и содержание К, Са в пробах устанавливали методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии с помощью установки ZEE nit 700.

Результаты определения содержания  $^{90}\text{Sr}$  в водорастворимой, обменной и подвижной формах в зависимости от влажности почвы оценивали в Беккерелях на килограмм абсолютно сухого вещества, соответствующее изменение доли  $^{90}\text{Sr}$  в определяемых формах – в % от общего содержания  $^{90}\text{Sr}$  в почве (рисунок 2).

Согласно представленным на рисунке 2 данным, при изменении влажности почвы в диапазоне от 6 до 140 % относительно ПВ, концентрация в ней  $^{90}\text{Sr}$  в водорастворимой форме находилась в интервале 9,94-35,91 Бк/кг, что соответствовало его доле 1,8-4,5 % от общего содержания  $^{90}\text{Sr}$  в почвенных образцах.

В случае воздушно-сухого состояния пойменной почвы (6% от ПВ) удельная активность  $^{90}\text{Sr}$  в обменной форме составляет 120 Бк/кг. Длительное увлажнение почвы (40, 70, 85, 100, 140 % от ПВ) приводит к увеличению удельной активности  $^{90}\text{Sr}$  в обменных формах до 434-495 Бк/кг, максимальное значение которой 551 Бк/кг (75,7 % от его общего содержания в почве) достигается при влажности 85 % от ПВ. При увеличении влажности почвы от 85 до 140 % от ПВ содержание  $^{90}\text{Sr}$  в обменной форме заметно не менялось. Запас  $^{90}\text{Sr}$  в обменной

форме является одной из важных характеристик его относительной подвижности и биологической доступности, свидетельствующий о мобильности  $^{90}\text{Sr}$  в почве и, соответственно, повышенной доступности его для произрастающей растительности. Максимальный суммарный запас  $^{90}\text{Sr}$  в водорастворимой и обменной формах составляет 78 и 71 % от его общего содержания в почве при уровне влажности 70 и 85 % от ПВ соответственно.



**Рисунок 2 – Содержание  $^{90}\text{Sr}$  в водорастворимой, обменной и подвижной формах в образцах аллювиальной (пойменной) дерново-глеевой почвы в зависимости от влажности почвенной среды**

Частично доступен растениям может быть и  $^{90}\text{Sr}$  в подвижной форме, извлекаемый 1М раствором  $\text{HCl}$ , так как имеет место тесная корреляционная связь между коэффициентами перехода  $^{90}\text{Sr}$  в разнотравно-злаковые травостои и содержанием подвижных форм  $^{90}\text{Sr}$  в луговых почвах [3]. Удельная активность  $^{90}\text{Sr}$  в подвижной форме в исследуемой почве в зависимости от уровня влажности варьировалась в интервале 17–155 Бк/кг, что соответствовало 2,3–25,5 % от его общего содержания в данной почве. Было установлено, что максимальное содержание  $^{90}\text{Sr}$  в подвижной форме (197 Бк/кг) характерно для исследуемой почвы в воздушно-сухом состоянии (влажность 6 % от ПВ).

Таким образом, в результате проведенных исследований изучено влияние влажности пойменной почвы на запас  $^{90}\text{Sr}$  в подвижных и биологически доступных формах. На основании полученных результатов можно заключить, что наблюдаемое в последнее десятилетие изменение климатических условий, в частности, изменение влажности пойменной почвы, влияет на содержание в почвенной среде  $^{90}\text{Sr}$  в водорастворимых, обменных и подвижных формах. Поскольку за период потепления (1989–2015 гг.) наблюдалась тенденция увеличения количества осадков особенно в восточной части Полесья (Гомельская область) [9], то при оценке содержания  $^{90}\text{Sr}$  в различных формах нахождения, определяющих его подвижность и биологическую доступность растениям, следует обязательно учитывать условия увлажнения пойменной почвы.

### Список литературы

- 1 Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия–Беларусь) / под. ред. Ю. А. Израэля, И. М. Богдевича. – Москва – Минск : Фонд «Инфосфера», НИА–Природа, 2009. – 140 с.
- 2 Павлоцкая, Ф. И. Формы нахождения и миграция искусственных радионуклидов в почве / Ф. И. Павлоцкая. – М. : Атомиздат, 1979. – 215 с.
- 3 Подоляк, А. Г. Экологизация растениеводства на торфяно-болотных почвах юго-востока Беларуси [монография] / А. Г. Подоляк, В. В. Валетов, А. Ф. Карпенко, М-во образования РБ, РНИУП «Институт радиологии», УО «Мозырский гос. пед. ун-т имени И. П. Шамякина». – Мозырь : МГПУ им. И. П. Шамякина, 2018. – 217 с.

4 Радиоэкологическая оценка пойменных лугов реки Днепр на территории Быховского района / Т. Н. Агеева [и др.] // Экологический вестник. – 2014. – №. 3 (29). – С. 15–21.

5 Логинов, В. Ф. Изменения климата: тренды, циклы, паузы / В. Ф. Логинов, В. С. Микуцкий. – Минск: Беларуская навука, 2017. – 179 с.

6 Подоляк, А. Г. Влияние вертикальной миграции и форм нахождения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в почвах на их биологическую доступность на примере естественных лугов Белорусского Полесья / А. Г. Подоляк // Агрохимия. – 2007. – №. 2 (февраль). – С. 72–82.

7 Данилович, И. С. Современные изменения климата Белорусского Полесья: причины, следствия, прогнозы / И. С. Данилович, В. И. Мельник, Б. Гейер // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. – 2020. – №. 1. – С. 3–13.

8 Методические указания по определению содержания  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в почвах и растениях. – Введ. 1985. – Москва: Министерство сельского хозяйства СССР; М. : МСХ СССР, 1985.

9 Логинов, В. Ф. Особенности изменения осадков в Белорусском Полесье в современный период / В. Ф. Логинов, В. И. Мельник // Природные ресурсы. – 2019. – №. 2. – С. 104–112.

G. A. Sokolik, M. V. Papenia, I. A. Kaltsou, Y. A. Kukhleuski

## CHANGES IN THE STOCKS OF MOBILE AND BIOLOGICALLY AVAILABLE $^{90}\text{Sr}$ IN FLOODPLAIN SOIL DEPENDING ON ITS HUMIDITY

*Belarusian State University,  
Minsk, Republic of Belarus,  
sokolikga@mail.ru*

*Abstract. The content of  $^{90}\text{Sr}$  in mobile and biologically available forms in floodplain soil samples of the given moisture content (from 6 to 140 % of the total soil moisture capacity – TSMC) has been established by chemical fractionation. It was shown that the change in soil moisture affected the content of  $^{90}\text{Sr}$  that determined the bioavailability of that element to plants.*

*Keywords: chemical fractionation,  $^{90}\text{Sr}$ , forms, total soil moisture capacity, soil.*

УДК 004. 9:551. 781. 3 (476. 2)

А. С. СОКОЛОВ

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ПО ДАННЫМ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗРЕЗОВ СКВАЖИН

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,  
г. Гомель, Республика Беларусь,  
alsokol@tut.by*

*В статье описан опыт создания карт геологических отложений с использованием ГИС Surfer и MapInfo. Показаны возможности и преимущества использования данного программного обеспечения для целей геологического картографирования. Дана характеристика распространения отложения сумской свиты в Гомельской области.*

*Ключевые слова: геологические отложения, карты изолиний, ГИС, сумская свита, Гомельская область, Surfer, MapInfo, алгоритм интерполяции, фильтрация.*