

## ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ НАКОПЛЕНИЯ УРАНА В ПОЧВЕ: МОДЕЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Миронова А.С., Краплякова Н.С,  
научный руководитель канд. хим. наук Бондарева Л.Г.  
*Сибирский федеральный университет*

Живые организмы постоянно находятся под воздействием природного радиационного фона. Одним из важнейших источников естественного радиационного фона являются естественные радионуклиды (ЕРН). К ЕРН относятся радиоактивные изотопы урана ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ), которые являются долгоживущими и наиболее часто встречающимися в горных породах.

На уровень накопления радионуклидов в почвах и на интенсивность последующего их включения в химические, экологические и пищевые цепи в значительной степени влияет гранулометрический и физико-химико-биологические свойства почв, а также физико-химические свойства самого радионуклида [1, 4].

Уран-238 в почвах находится в форме  $\text{UO}_2^{2+}$ , который образует с органическим веществом почвы хорошо растворимые комплексы, что увеличивает его подвижность в почве. Геохимическими барьерами для  $^{238}\text{U}$  выступают сильно окислительные условия, наличие фосфора и других химических осадителей, глинистое и органическое вещество [3].

Определение естественных радионуклидов в объектах окружающей среды позволяет оценить возможную опасность радиационного воздействия на здоровье человека.

Цель данной работы - в ходе эксперимента получить информацию о накоплении урана в почве и прошедших через почву водных растворах.

Объектом исследования является почва, отобранная методом конверта (согласно ГОСТ 17.4.3.01-83 и ГОСТ 17.4.4.02-84) вблизи лесного массива и жилых строений кампуса СФУ. Почва была очищена от крупных растений, камней, инородных предметов. Пробы почвы массой 300,0 г были помещены в пластиковые цилиндры (колонки) с дренажной системой. Всего было подготовлено 5 проб. На *Рисунке 1* изображены колонки с почвой, их наполняемость указана серым цветом. Стрелками указан полив и прохождение воды через колонку.

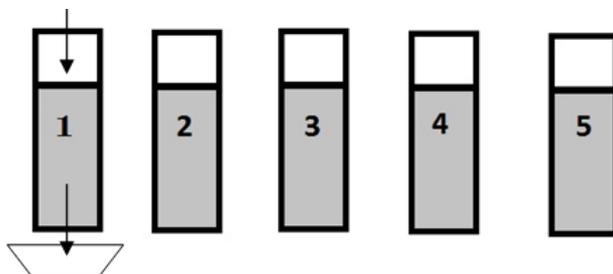
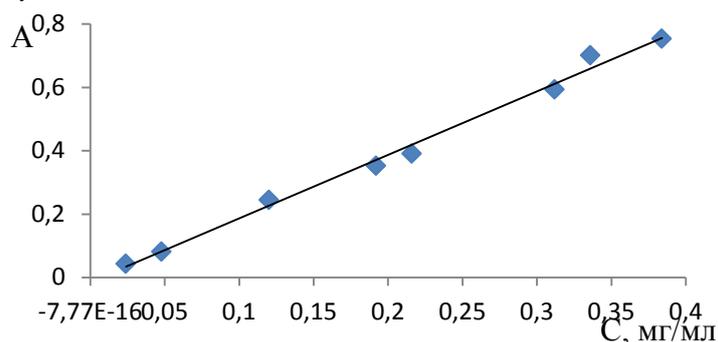


Рисунок 1. Схема эксперимента

Эксперимент начали с регулярного полива проб обычной (отстоявшейся водопроводной) водой для того, чтобы предупредить полное высыхание почвы. Через четыре недели полива, предварительно отобрав контрольную пробу дренажных вод, в колонки внесли раствор нитрата уранила ( $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ ).

Концентрацию урана в водном растворе (нитрата уранила) определяли с арсеназо III. В мерной колбе на 25 мл к аликвоте исследуемого раствора (2,5-5,0 мл) прибавляли 15 мл буфера с pH 2, 0,1% раствора арсеназо III (0,1-0,2 мл), доводили до метки дистиллированной водой. Фотометрировали в 10 миллиметровой кювете относительно раствора сравнения, не содержащего уран, при длине волны 650 нм [2].

Для построения градуировочного графика в мерные колбы на 25 мл вводили 0,5; 1,0; 2,5; 4,0; 4,5; 6,5; 7,0; 8,0; 9,0 и 10,0 мл раствора нитрата уранила, далее действовали по приведенной выше методике спектрофотометрического определения. Измеряли оптическую плотность растворов, далее строили зависимость оптической плотности от концентрации урана. Для дальнейшей работы выбирали линейный участок полученной зависимости [5]. Градуировочный график для определения концентрации урана представлен на *Рисунке 2*.



$$A = 2,006 C - 0,0144$$

**Рисунок 2.** Градуировочный график для определения концентрации урана

По градуировочному графику были выбраны концентрации вносимого соединения в соответствии с максимально определяемой концентрацией. Нитрат уранила концентрацией 0,384 мг/мл, 0,768 мг/мл, 1,152 мг/мл и 1,536 мг/мл был внесён в колонки № 2,3,4 и 5 соответственно. Колонка № 1 – контрольная, в нее нитрат уранила не вносили, а продолжали полив обычной водой. Через сутки после полива раствором урана осуществили отбор воды для контроля на связывание - не связывание урана с компонентами почвы. После был осуществлен ещё один полив обычной водой и ее отбор через неделю и в конце эксперимента.

На завершающей стадии эксперимента почву каждой колонки разделили на два слоя - верхний (3 см) и нижний (*Рисунок 3*).



**Рисунок 3.** Схема разделения пробы почвы

Дальше были получены водорастворимая фракция (водная вытяжка 5,0 г почвы в 50 мл дистиллята) и обменная фракция (почва после водной вытяжки выдерживалась в 30 мл 1 М раствора ацетата аммония). Все пробы отобранных дренажных вод и

вытяжек исследовали методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП МС) Agilent 7500 в Институте химии и химической технологии СО РАН.

В дренажных водах получены содержания урана. Как видно из представленных результатов большее количество урана в дренажной воде было обнаружено после внесения урана по экспериментальной системе (Рисунок 4).

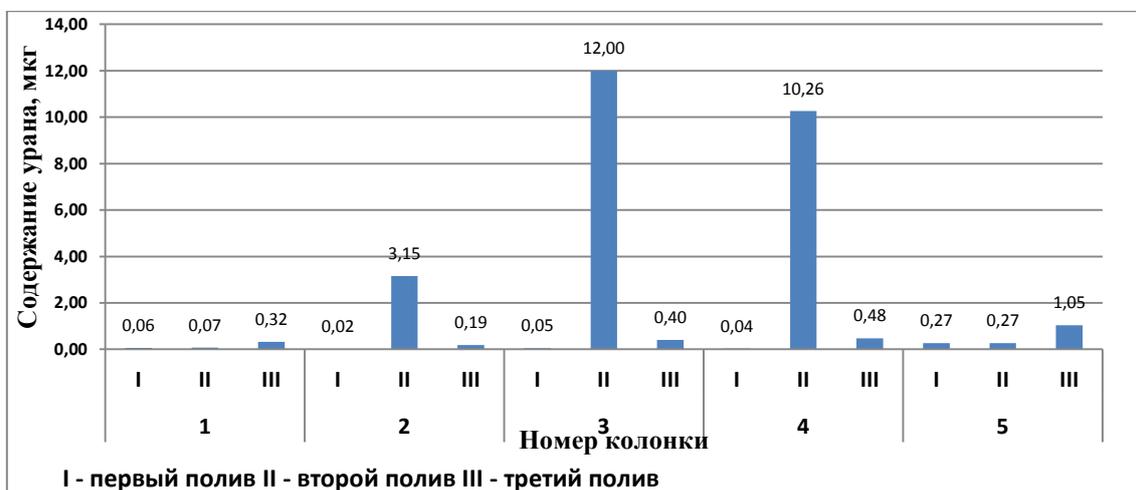


Рисунок 4. Содержание урана (мкг) в воде после полива

Приведены суммарные значения в обменной и водорастворимой фракциях без учета (Рисунок 5) и с учетом (Рисунок 6) урана в контрольной системе. Полученные результаты показали, что большая доля в водорастворимой и обменной фракциях находилась в нижних слоях, что вероятно связано с вертикальной миграцией внесенного урана.

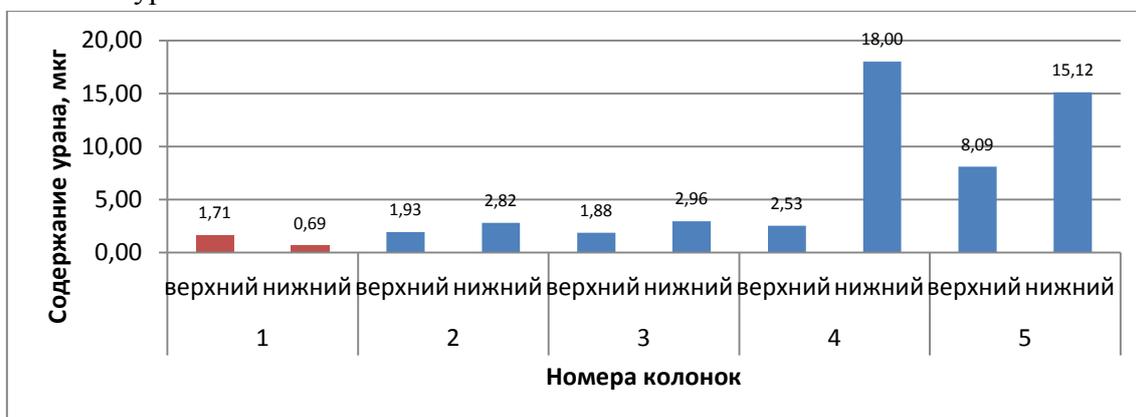
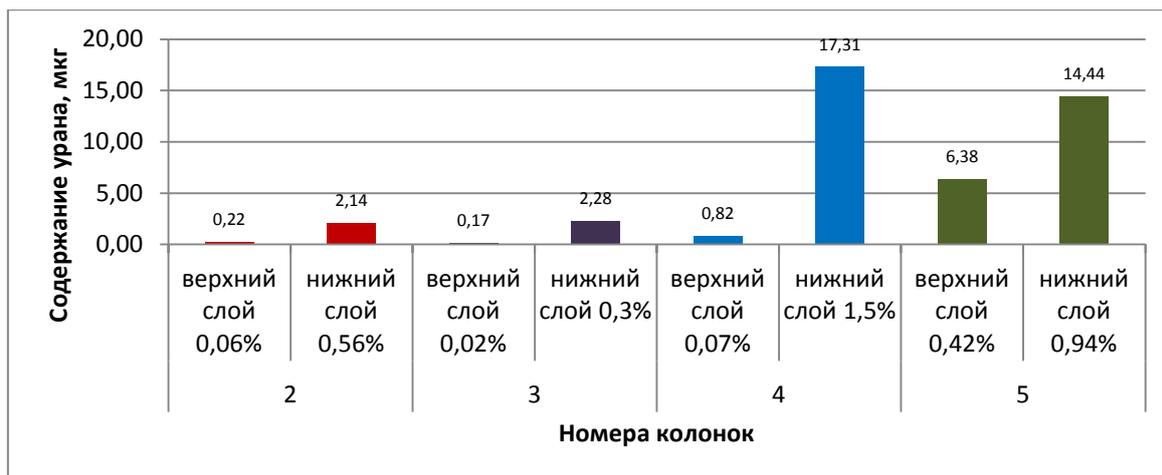


Рисунок 5. Суммарное содержание урана (мкг) в водорастворимой и обменной фракциях (без вычета исходного урана)



**Рисунок 6.** Суммарное содержание урана (мкг) в водорастворимой и обменной фракциях (с вычетом исходного урана)

Рассчитанные процессы вымывающегося урана соответствуют биодоступной форме урана в исследуемых почвах.

При расчете урана в результате дренирования и последовательного фракционирования исследуемых почв было выявлено, что больше 90% от внесенного урана во всех колоннах оставалось в почвенном слое. На основании литературных данных было сделано предположение, что оставшийся уран провзаимодействовал с органическим веществом исследуемых почв.

Корреляционный анализ показал взаимосвязь урана с другими элементами, присутствующими в почве и почвенных растворах. Высокую положительную корреляцию уран имеет лишь с одним элементом - германием. Невысокую положительную корреляцию уран имеет с мышьяком и висмутом. Отрицательную - с литием, хлором, калием, железом, бромом, золотом и другими элементами.

Таким образом, при внесении соли урана в почвенные системы до 1 % от внесенного урана вытекает из колонны сразу же после внесения. Взаимодействие урана с почвенными частицами происходит с образованием водорастворимой и обменной фракций, около 2 % от внесенного урана. Уран слабо коррелирует с другими элементами. Имеет единственную высокую положительную корреляцию с германием.

#### Список литературы

1. Абдулаева, А.С. Радиоактивность горных пород, почв, природных вод Дагестана и обусловленные ими эффективные дозы / А.С. Абдулаева // Юг России: экология, развитие. - Махачкала, 2012.-№ 3. - С. 89-106.
2. Золотов, Ю. А. Методы концентрирования веществ в аналитической химии: труды комиссии по аналит. хим./ Ю.А. Золотов. - Москва: Наука, 1965. – Т. 15, 272 с.
3. Егорова, И.А. Естественные радионуклиды ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ) в высокогорных почвах северо-западного Алтая / И.А. Егорова, А.В. Пузанов, С.Н. Балькин и др. // Мир науки, культуры, образования. - Горно-Алтайск, 2007. - № 4. - С. 16-19.
4. Ковда, В.А. Биогеохимия почвенного покрова / В.А. Ковда. - Москва: Наука, 1985. - 263 с.

5. Петрухина, О.М. Практикум по физико-химическим методам анализа / О.М. Петрухина. - Москва: Химия, 1987. - 248с.